

А. В. Рудь, І. М. Бендера,  
Д. Г. Войтюк, С. М. Кравченко, І. О. Мошенко,  
Л. С. Червінський, А. І. Панченко, Я. В. Семен, В. В. Іщенко

**МЕХАНІЗАЦІЯ,  
ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ  
ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО  
ВИРОБНИЦТВА**

Том II

За редакцією професора,  
академіка МАНЕБ А.В. Рудя

Рекомендовано  
Міністерством аграрної політики та продовольства України  
як підручник для підготовки фахівців напрямів 6.090101 «Агрономія»  
та 6.090105 «Захист рослин» у вищих навчальних закладах  
II-IV рівнів акредитації  
Міністерства аграрної політики та продовольства України

Київ  
«Агроосвіта»  
2012

УДК 631.171(075.8)  
ББК 40.7я73  
М55

Гриф надано Міністерством аграрної  
політики та продовольства України  
(лист від 13.12.2011 р. № 18-128-13/2053)

Рецензенти:

*М.І. Бахмат* – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Академії наук вищої школи України, Заслужений діяч науки і техніки України, ректор Подільського державного аграрно-технічного університету;

*О.В. Сидорчук* – доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Національного наукового центру «Інститут механізації і електрифікації сільського господарства»;

*В.В. Іванишин* – кандидат економічних наук, професор, директор навчально-наукового технічного інституту Національного університету біоресурсів і природокористування України;

*Н.Г. Косуліна* – доктор технічних наук, професор, зав кафедри технотроніки і теоретичної електротехніки Навчально-наукового інституту енергетики та комп'ютерних технологій Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка.

М55      **Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва** : підруч. у 2 т : Т 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін. ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 434 с.; іл.  
ISBN 978-966-2007-68-8

У підручнику викладено класифікацію, будову, принцип дії, налагодження, основи використання тракторів, автомобілів, сільськогосподарських машин, механізацію технологічних процесів у рослинництві, електрифікацію та автоматизацію у сільськогосподарському виробництві студентам напрямів 6.090101 «Агрономія» та 6.090105 «Захист рослин» у вищих навчальних закладах II-IV рівнів акредитації Міністерства аграрної політики та продовольства України.

УДК 631.171(075.8)  
ББК 40.7я73

ISBN 978-966-2007-68-8

© А.В. Рудь, І.М. Бендера,  
Д.Г. Войтюк, С.М. Кравченко,  
І.О. Мошенко, Л. С. Червінський,  
А.І. Панченко, Я.В. Семен,  
В.В. Іщенко, 2012

## ВСТУП

Проблема вискоєфективного використання сільськогосподарської техніки комплексна і вирішення цієї проблеми є головним завданням третьої частини «Механізація технологічних процесів у рослинництві» комплексної навчальної дисципліни «Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва», предметом якої є встановлення закономірностей і раціональних систем технологічних, організаційних, виробничих та інших заходів з реалізації технічних можливостей машин, що забезпечують сучасні технології виробництва сільськогосподарської продукції. У разі високопродуктивного використання техніки значно зменшуються витрати праці та кількість працівників, які приймають участь у виробництві, а частка праці, витрачена на виготовлення машин, реалізується ефективніше, внаслідок чого вартість сільськогосподарської продукції знижується.

Зростання виробництва продукції рослинництва у господарствах різних організаційних форм можливе лише завдяки застосуванню технологічних процесів з використанням сучасних тракторів, автомобілів, самохідних комбайнів та сільськогосподарських машин, які забезпечать високу ефективність і якість роботи за мінімальних витрат робочого часу та коштів.

Склад комплексів машин, а також структура машинного парку загалом обумовлюється механізованими технологічними процесами вирощування та збирання сільськогосподарських культур, основою яких є технологічні операції, що передбачають виконання необхідних і достатніх обсягів робіт, починаючи з підготовки ґрунту і завершуючи збиранням та первинною обробкою врожаю.

В основі вирішення питань ефективного використання технічного потенціалу лежить упровадження нових прогресивних механізованих технологічних процесів у рослинництві та раціональне проектування і планування виробничих процесів. Удосконалення використання сільськогосподарської техніки має бути спрямоване на вискоякісне виконання механізованих технологічних операцій і підвищення продуктивності та ефективності роботи техніки.

Необхідність удосконалення механізованих технологічних процесів у рослинництві зумовлюється не лише економічними причинами – підвищенням продуктивності агрегатів, зменшенням експлуатаційних витрат на одиницю роботи, але й питаннями екології та охорони навколишнього середовища, а саме поліпшенням властивостей ґрунтів і збільшенням їх родючості, обґрунтуванням раціональних норм добрив і пестицидів, захистом ґрунтів від водної та вітрової ерозії.

Науково обґрунтоване визначення складу комплексів машин для механізації технологічних процесів у рослинництві та структури машинного парку, а також визначення методів ефективного використання техніки є важливим елементом інженерно-технічної, агрономічної та економічної діяльності фахівців сільськогосподарських підприємств.

Завдання частини «Електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва» полягає в тому, щоб в узагальненому вигляді дати майбутнім агрономам необхідні знання з енергетики України та електропостачання сільських споживачів, електроприводу машин і обладнання сільськогосподарського виробництва, застосування електричного освітлення та опромінення у сільськогосподарському виробництві, використання електричного нагрівання і електротехнологій у сільському господарстві, автоматизації виробничих процесів сільськогосподарського виробництва.

Автоматизація технологічних процесів – це етап комплексної механізації, що характеризується звільненням людини від безпосереднього виконання функцій управління технологічними процесами і передача цих функцій автоматичним пристроям. За автоматизації технологічних процесів отримання, перетворення, передавання і використання енергії, матеріалів та інформації виконуються автоматично за допомогою спеціальних технічних засобів і систем управління.

Зростання технічної забезпеченості та широка електрифікація поряд із розробкою прогресивних технологій сільськогосподарських процесів створюють умови для комплексної електромеханізації й автоматизації виробничих процесів.

Використання бортових комп'ютерів та систем GPS-навігації дають можливість перейти до ведення автоматизованого точного землеробства, яке передбачає картографування урожайності, оперативне визначення вмісту поживних речовин у ґрунті та його кислотності, місцевизначене внесення добрив і засобів захисту рослин, що знижує витрати матеріальних ресурсів та забезпечує отримання запланованої урожайності сільськогосподарських культур.

Підручник написаний відповідно до програми навчальної дисципліни «Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва» і призначений для підготовки фахівців напрямів підготовки 6.090101 «Агрономія» та 6.090105 «Захист рослин» у вищих навчальних закладах II-IV рівнів акредитації Міністерства аграрної політики та продовольства України, а також може бути використаний студентами економічних спеціальностей з напрямів 6.030504 «Економіка підприємств», 6.030508 «Фінанси і кредит», 6.030509 «Облік і аудит», 6.030601 «Менеджмент» у цих самих навчальних закладах.



# ЧАСТИНА III

## МЕХАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РОСЛИННИЦТВІ

### РОЗДІЛ I

#### ОСНОВИ КОМПЛЕКТУВАННЯ І ВИКОРИСТАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ

##### 1.1. Виробничі процеси і операції

**Землеробство** – це складний процес одержання продукції рослинництва. Тому виникає потреба в створенні найкращих умов для розвитку рослин (високоякісний обробіток, внесення необхідних доз добрив та засобів захисту рослин, забезпечення оптимальної вологості ґрунту) за яких різко збільшується виробництво продукції високої якості з найменшими затратами праці й витратами коштів. Досягти цього можна за умови всебічного застосування сучасних методів механізації й автоматизації виробничих процесів, адаптованих до наявних умов високопродуктивних сортів і гібридів сільськогосподарських культур та сучасних, науково обґрунтованих технологій виробництва.

**Технологія** – це сукупність біологічних, хімічних, фізичних та агротехнічних прийомів і закономірностей одержання певного продукту. Наприклад, для одержання ріпакової олії треба виростити ріпак, зібрати його, обмолотити, очистити зерно та переробити його на олію. Для цього виконують технологічні операції, тобто низку дій, в результаті яких змінюється властивість, стан або положення оброблюваного матеріалу.

Операції вирощування та збирання польових культур поділяються на технологічні (внесення добрив, оранка, культивація, сіяба, догляд за посівами, збирання врожаю), транспортні (транспортування добрив та засобів захисту рослин на поле, зерна від комбайна тощо), які тісно пов'язані з виконанням технологічного процесу, та допоміжні (розпланування поля на заїмки, складання машинно-тракторних агрегатів, навантажувально-розвантажувальні роботи тощо).

Процеси можуть бути пересувними й стаціонарними. Пересувні процеси виконуються машинами, які постійно переміщуються на полі різними тяговими засобами, а стаціонарні – без постійного переміщення машин на заздалегідь відведених для цього міс-

цях (токах, зерноочисних агрегатах та комплексах, пунктах приготування робочих розчинів пестицидів тощо).

Перелік і кількість технологічних операцій залежать від біологічних особливостей сільськогосподарських культур, агротехніки їх вирощування, природно-кліматичних умов та організаційних форм виконання робіт.

Технологічна операція оцінюється показниками, що характеризують якість виконання робіт: рівномірність глибини обробітку, витримування норми висіву, повнота знищених бур'янів, втрата зерна під час збирання врожаю тощо, обумовленими агротехнічною документацією.

Технологічний процес включає всю сукупність (у певній послідовності й відповідному взаємозв'язку) доцільних операцій, що виконуються за допомогою машин, механізмів, обладнання за оптимальних режимів роботи в агротехнічні строки для одержання заданої кількості високоякісної продукції. Опрацьовують технологічний процес на основі закономірностей технології і технологічних операцій; він включає перелік енергетичних і транспортних засобів та сільськогосподарських машин за раціональної організації їх використання. Отже, технологічний процес показує, яким засобом і за якої технології досягається поставлена мета – виробництво продукції. Цей процес є складовою частиною загального виробничого процесу, що являє собою взаємозв'язане і взаємозумовлене узгодження технологічних процесів з роботою усіх служб.

Розробленню технологічних процесів приділяють велику увагу: їх розраховують, узгоджують і оформляють документально. У них вказують способи вирощування, строки виконання операцій (підготовки ґрунту, сівби, догляду, збирання), якість виконання робіт, урожай, організацію роботи агрегатів та економічні показники.

Технологічна документація типового процесу включає: агротехнічні операції вирощування і збирання сільськогосподарських культур; графік технологічного процесу; операційні карти виконання основних технологічних операцій; склад комплексів машин для виробництва продукції рослинництва.

Технологічні операції узагальнені на основі досліджень агрономічної науки з урахуванням перспективного впровадження в сільськогосподарське виробництво високоврожайних культур і одержання сталих врожаїв.

У графіку технологічного процесу послідовно наведено всі виробничі операції і строки їх виконання; визначено склад машинно-тракторних агрегатів для виконання операцій з урахуванням високоєфективного їх використання і мінімальної потреби в обслуговуючому персоналі.

В операційних картах деталізуються режими виконання основних операцій; наводяться характеристики і продуктивність агрегатів; розраховується баланс часу використання агрегатів; даються вказівки щодо розрахунку норми висіву, правильного підбирання і встановлення робочих органів, організації використання агрегатів (розпланування поля, вибір схеми руху агрегатів, розпланування поля та загінки тощо).

Типовий технологічний процес під час планування його в кожному окремому господарстві необхідно уточнювати відповідно до конкретних місцевих умов господарства з урахуванням рекомендацій місцевих науково-дослідних установ. Якщо в господарстві немає тієї чи іншої машини, передбаченої типовим процесом виконання операції, її замінюють іншою, якщо така заміна не призведе до значних змін у технологічному процесі.

Успішне впровадження механізованих процесів виробництва продукції неможливе без старанного вивчення їх, своєчасної і високоякісної підготовки технічних засобів, а також без суворої технологічної дисципліни у виконанні регламентованих операцій та додержанні режимів роботи машинно-тракторних агрегатів.

Складовою частиною технологічного процесу в сільському господарстві є удосконалення механізованої технології виробництва продукції, переведення процесу виробництва на промислову основу. Важливим напрямом удосконалення технологічних процесів у рільництві є суміщення операцій, які виконуються комбінованими агрегатами. Прогресивність цього напрямку пояснюється тим, що поліпшуються умови вирощування врожаю (зменшується кількість проходів тракторів і машин на полі, оскільки деякі операції, наприклад передпосівна культивация, сівба і внесення добрив, виконуються одночасно); створюються сприятливі умови для завантаження потужних тракторів під час агрегування їх з комбінованими машинами, тяговий опір яких значно більший, ніж опір некомбінованих машин; під час застосування комплексних технологічних процесів менше ущільнюється ґрунт, а це сприяє підвищенню врожайів сільськогосподарських культур. Проблема суміщення операцій вирішується в двох напрямках – у напрямі визначення технологічної сумісності і в напрямі створення конструкції комбінованих агрегатів. Агрономічна наука вивчає першу, а інженерна – другу частину проблеми. Суміщення операцій дуже ефективно на полях з малими розмірами, де не можна використовувати широкозахватні агрегати або працювати на підвищених швидкостях руху. Застосування комбінованих агрегатів в усіх випадках не знижує врожайності і, зазвичай, зменшує в 1,5...2 рази затрати праці і в 1,2...1,8 рази витрати коштів на виконання механізованих робіт.

## 1.2. Поняття машинно-тракторного агрегату та умови роботи

Основними засобами механізації технологічних процесів виробництва сільськогосподарської продукції є машинно-тракторні агрегати.



**Машинно-тракторним агрегатом** називається сукупність робочих машин-знарядь (плуг, сівалки, культиватори тощо) і джерела енергії (трактор, самохідне шасі, мобільний енергетичний засіб), призначена для виконання однієї або одночасно декількох технологічних операцій.

Робітники, які обслуговують машинно-тракторний агрегат, є особовим складом агрегату.

У сільськогосподарському виробництві застосовуються переважно агрегати двох видів: рухомі й стаціонарні.

Відповідно до виконуваних технологічних процесів агрегати можна поділити на такі групи: ґрунтообробні, посівні й садильні, агрегати для догляду за рослинами, збиральні, агрегати для меліоративних робіт, для ползахисних заходів та агрегати для виконання транспортних робіт. Крім того, агрегати поділяються ще на дрібніші групи відповідно до виконуваних операцій: для оранки, культивації, сівки, збирання зернових культур тощо.

За **способом приєднання** сільськогосподарських машин до джерела енергії розрізняють причіпні, напівначіпні, начіпні, монтовані й самохідні агрегати.

**Причіпним** називається агрегат, машина-знаряддя якого має власну ходову частину, що цілком сприймає масу цієї машини.

**Напівначіпний** – це агрегат, у якого частину маси робочої машини сприймає трактор, а решта маси припадає на ходову частину самої машини.

**Начіпним** називається агрегат, у якого машина-знаряддя начіплена на трактор, тобто у транспортному положенні агрегату масу машини повністю сприймає трактор.

**Монтованим** називається агрегат, в якому складові частини сільськогосподарської машини монтуються на рамі чи інших частинах енергетичного засобу.

Самохідним називається агрегат, двигун і передавальний механізм якого встановлені на шасі робочої машини. Такий агрегат виконує тільки певні технологічні процеси або операції.

За **кількістю одночасно виконуваних операцій** машинно-тракторні агрегати поділяють на прості – які виконують одну опе-

рацію і комплексні – декілька технологічних операцій за один прохід агрегату.

За **характером використання енергії** агрегати поділять на тягові, коли потужність двигуна енергетичного засобу використовується тільки на тягу сільськогосподарських машин, тягово-приводні – потужність двигуна енергетичного засобу використовується на тягу сільськогосподарських машин і на приведення в дію робочих органів від вала відбору потужності чи підросистеми відбору потужності, приводні – потужність використовується тільки на приведення в дію робочих органів машини (стаціонарні агрегати).

Машинно-тракторні агрегати мають задовольняти агротехнічним вимогам технології вирощування сільськогосподарських культур та відповідати за своїми технічними показниками умовам і особливостям експлуатації в сільському господарстві. Головні особливості такі:

а) значна протяжність полів у просторі, яка пов'язана з накопиченням сонячної енергії та поживних речовин ґрунту під час вирощування культурних рослин, потребує переміщення машин на полі; поверхневі шари ґрунту та рослини є матеріалом, який обробляється;

б) виробничі процеси в сільському господарстві виконуються у визначені строки, які пов'язані з фазами розвитку і біологічними особливостями рослин та з природно-кліматичними умовами;

в) матеріали, що обробляються сільськогосподарськими машинами, зазнають безперервних змін як під впливом біологічних процесів, так і внаслідок зміни стану ґрунту та метеорологічних умов.

Машинно-тракторні агрегати використовують у різних умовах: у засушливих степах та на зрошенні – за температур до  $+40^{\circ}\text{C}$  в літній та до  $-30^{\circ}\text{C}$  у зимовий періоди.

Тип ґрунту та його стан (у тому числі до чи після випадання опадів), а також характер проведення попередньої технологічної операції, називають агрофоном.

Якість роботи машинних агрегатів значно залежить від агрофону, наприклад, для плугів: злущена стерня зернових колосових культур; ущільнений ґрунт з поживно-кореновими рештками після збирання кукурудзи на силос; надмірно зволожений ґрунт після збирання цукрових буряків тощо.

До основних природно-кліматичних зон України, які визначають систему машин та використання машинно-тракторного парку, належать Полісся, Лісостеп, Степ, гірські та передгірські райони Криму і Карпат.

### **1.3. Експлуатаційні властивості машинно-тракторних агрегатів**

#### **1.3.1. Експлуатаційні властивості енергетичних засобів**

Експлуатаційні властивості машинних агрегатів характеризуються властивостями робочих машин, енергетичної частини (трактора, самохідного шасі, двигуна самохідного агрегату) та властивостями, що обумовлені з'єднанням машин в агрегат (зчіпка, допоміжні пристрої тощо).

Властивості машинних агрегатів характеризуються системою показників, які можна об'єднати в такі групи: агротехнологічні, енергетичні, маневрові, технічні, техніко-економічні, ергономічні та екологічні.

**Агротехнологічні властивості машинних агрегатів** зумовлюють якість виконання технологічної операції – здатність виконувати технологічну операцію відповідно до встановлених показників якості; прохідність у міжряддях та під кронами без пошкодження рослин; стійкість руху – здатність зберігати заданий напрям руху, що сприяє високоякісному виконанню технологічної операції. До них також належать: допустима швидкість руху, яка забезпечує необхідну якість роботи; допустимі втрати; обсяг технологічних місткостей тощо. Ці властивості мають важливе значення під час вибору машин для виконання технологічної операції за цих умов та для комплектування агрегатів.

До енергетичних властивостей машинних агрегатів відносять показники, які визначають витрати та використання енергії під час виконання технологічних операцій, тяговий та питомий опори, необхідну потужність на тягу та привід механізмів через ВВП, коефіцієнт корисної дії та інше. У процесі комплектування агрегатів енергетичні властивості набувають вирішального значення під час визначення кількісного складу машин в агрегаті, вибору експлуатаційних режимів роботи (наприклад, швидкість руху тощо).

**Маневрові властивості агрегатів** – це їх поворотність, прохідність, стійкість руху, пристосованість до транспортування тощо. Маневрові властивості слід враховувати під час вибору агрегатів для конкретних умов: малі ділянки та короткі гони; робота в теплицях; міжрядний обробіток технічних культур з малими захисними смугами; необхідність транспортування через залізничний переїзд, греблю, вузький місток, тобто можливість швидкого переведення агрегату в положення для тривалого транспортування тощо.

**Технічні властивості машин та агрегатів** – це маса, форма, габаритні розміри, наявність необхідного діапазону робочих пере-

дач, універсальність (здатність у разі переоснащення відповідними пристроями та робочими органами виконувати різні технологічні операції), ремонтпридатність, пристосованість для проведення технічного обслуговування.

**Техніко-економічні властивості агрегатів** – це їх продуктивність та необхідні витрати праці, паливна економічність (витрата палива за одиницю часу, на одиницю виконаної роботи), експлуатаційні витрати коштів (за одиницю часу, на одиницю виконаної роботи або одержаної продукції).

**Ергономічні властивості машин та агрегатів** зумовляють санітарно-фізіологічні умови та безпеку праці, естетичні показники тощо (наприклад, застосування жорсткого каркаса кабіни, який запобігає важким травмам механізатора у разі перекидання трактора, тоноване скло в кабіні тощо).

**Екологічні властивості машинних агрегатів** зумовляють створення умов для протидії водній та вітровій ерозії, ущільненню ґрунту, забрудненню середовища і продукції шкідливими сполуками тощо.

Агротехнічні вимоги до мобільних енергетичних засобів (тракторів, самохідних машин) зводяться зазвичай до забезпечення прохідності машин на рівній поверхні та на схилах; необхідних тягово-зчіпних властивостей, маневреності, плавності руху, діапазону швидкостей руху; якомога меншому впливу дії рушіїв на ґрунт (ущільнення ґрунту, руйнування структури, порушення капілярності тощо); достатніх захисних смуг у міжряддях між рослинами.

Виконання цих вимог перевіряють, порівнюючи фактичні показники з нормативними (з врахуванням допустимих відхилень).

Прохідність тракторів і автомобілів з робочими машинами і причепами оцінюють за можливостями подолання схилів під час руху догори, згори та впоперек схилу з врахуванням бокового ковзання. Також прохідність окремих машин та в агрегаті з причепами оцінюють у подоланні броду з твердим дном, у можливостях руху по снігу, піску, болоті.

Тягово-зчіпні властивості тракторів оцінюють під час тягових випробувань, зазвичай, на таких фонах: для колісних тракторів: трек з бетонним покриттям; стерня колосових культур; поле, яке підготовлене до сівби; для гусеничних тракторів: глиняна укатана дорога; стерня колосових культур; поле, яке підготовлене до сівби.

Результати тягових випробувань зводять у таблицю і будують тягові характеристики, за якими визначають номінальне тягове зусилля трактора, буксування, швидкість руху, витрати палива та інші показники.



**Діапазон швидкостей руху** – це наявність у коробці зміни швидкостей всіх передач, необхідних для виконання всіх технологічних операцій відповідно до агротехнічних вимог.

Середній питомий тиск трактора на ґрунт можна визначити, якщо відомі опорна поверхня ходового апарата і положення центра ваги трактора. Для визначення тиску найчастіше користуються величиною статичного тиску трактора на ґрунт за умови, що розподіл тиску на опорну поверхню рівномірний. Середній питомий тиск на ґрунт  $q$ , кПа, для гусеничного трактора визначають за формулою:

$$q = \frac{m_e g}{2 \cdot 10^3 \cdot L_m \cdot b_e}, \quad (1.1)$$

де  $q$  – середній питомий тиск трактора на ґрунт, кПа;  $m_e$  – експлуатаційна маса трактора, кг;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $L_m$  – довжина опорної бази трактора, що дорівнює відстані між осями крайніх опорних котків плюс довжина ланки гусениці, м;  $b_e$  – ширина гусениці, м.

За агротехнічними вимогами середній питомий тиск на ґрунт допускається не більше 45 кПа для гусеничних машин і не більше 80...110 кПа для колісних.

Дорожній просвіт тракторів загального призначення має бути не менше 300...400 мм, універсально-просапних тракторів (під заднім мостом) – 460 мм.

Агротехнічний просвіт залежить від висоти рослин на період останнього міжрядного обробітку і має бути: 400...500 мм для низькостеблових культур (картопля, цукровий буряк тощо); 650...750 мм для високостеблових культур (кукурудза, соняшник, ріцина тощо).

Захисні зони для просапних тракторів визначають відстанню вздовж горизонталі від середини рядка до зовнішнього та внутрішнього краю колеса або гусениці трактора, вони залежать від фази розвитку рослин. Під час догляду за просапними культурами мінімальна захисна зона має бути не менше 12...15 см. Механізм керування і типи рухів машин мають забезпечувати прямолінійність руху, щоб гарантувати мінімальні захисні зони, які передбачені агротехнічними вимогами на вирощування різних культур.

Ширина колії рекомендується 1680... 1860 і 1330... 1430 мм відповідно для колісних та гусеничних тракторів загального призначення. Конструкція універсально-просапних тракторів має забезпечувати ширину колії в межах 1400...2100 мм і за рахунок проставок для здвоювання коліс до 2800 мм.



Буксування (за номінального тягового зусилля) допускається: для гусеничних тракторів загального призначення не більше 3%; колісних тракторів схеми  $4 \times 4$  – не більше 12%; схеми  $4 \times 2$  – не більше 18%.

Зовнішніми силами (рис. 1.1), які діють на ведучі колеса, є реакції ґрунту, що прикладаються до ґрунтозацепів та ободів коліс: рушійна сила  $P_{руш}$ , сумарна вертикальна складова реакції ґрунту  $R_в$ , сила опору кочення ведучого колеса  $P_f$  та сила ваги коліс  $G_к$ . На ведучі колеса також діє крутний момент  $M_{вк}$ , який передається від двигуна через трансмісію:

$$M_{вк} = M_e \eta_{мк} i_m, \quad (1.2)$$

де  $M_{вк}$  – крутний момент на ведучих колесах трактора, кН·м;  $M_e$  – крутний момент на колінчастому валу двигуна, кН·м;  $\eta_{мк}$  – коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) трансмісії колісного трактора,  $\eta_{мк} = 0,91 \dots 0,92$ , гусеничного  $\eta_{м2} = 0,86 \dots 0,88$ ;  $i_m$  – загальне передатне число трансмісії.

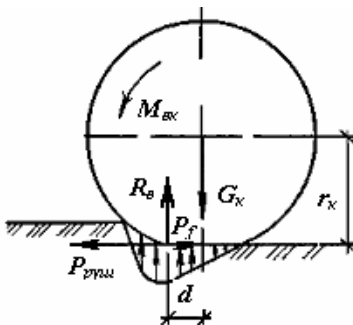


Рис. 1.1. Схема створення рушійної сили ведучим колесом.

Сила опору кочення ведучих коліс  $P_f$  діє на одній лінії з рушійною силою  $P_{руш}$  на відстані  $r_к$  від центра колеса. Ця відстань – радіус кочення не стала величина, а змінюється залежно від тиску в шині та вгрузанні ґрунтозацепа. У гусеничних тракторів – це середній активний радіус ведучої зірочки.

Розглянемо рівняння моментів відносно осі обертання колеса для умов рівномірного та прямолінійного руху:

$$M_{вк} - P_{руш} r_к + P_f r_к - R_в d = 0, \quad (1.3)$$

звідки:

$$M_{\text{вк}} = M_e \eta_{\text{мк}} i_m = (R_e d - P_f r_{\kappa}) + P_{\text{руш}} r_{\kappa} = M_o + P_{\text{руш}} r_{\kappa}, \quad (1.4)$$

$$P_{\text{руш}} = \frac{M_e \eta_{\text{мк}} i_m}{r_{\kappa}} - \frac{R_e d - P_f r_{\kappa}}{r_{\kappa}}. \quad (1.5)$$

З рівняння (1.4) видно, що крутний момент на ведучих колесах  $M_{\text{вк}}$  витрачається на подолання опору обертання ведучих коліс  $M_o$  і на створення рушійної сили  $P_{\text{руш}}$ .

Рушійна сила виникає як горизонтальна складова реакції ґрунту, що створюється у напрямку руху в результаті взаємодії з ґрунтом ведучого апарата трактора. Це основна сила, що рухає агрегат, величина її обмежується з одного боку, силою зчеплення трактора з ґрунтом  $P_{\text{зч}}$  і, з другого, – дотичною силою  $P_{\text{д}}$ , яка залежить від крутного моменту двигуна  $M_e$  та радіуса колеса (зірочки)  $r_{\kappa}$ .

Тягове зусилля трактора це основний параметр, що визначає його клас та взаємозв'язок з комплексом машин. Трактори класифікують за максимальною величиною номінального тягового зусилля. Користуючись рівнянням тягового балансу машинного агрегату для рівномірного руху можна визначити тягове зусилля:

$$P_m = P_{\text{руш}} - (P_f \pm P_{\alpha}), \quad (1.6)$$

де  $P_m$  – тягове зусилля трактора, кН;  $P_{\text{руш}}$  – рушійна сила, кН;  $P_f$  – сила опору кочення, кН;  $P_{\alpha}$  – сила, що витрачається на подолання підйому, кН.

Опір пересуванню трактора складається з двох складових – опору на деформацію ґрунту під час створення колії та опору пересуванню у вигляді зусилля, що долається рушійною силою до створення тягового зусилля. У зв'язку з тим, що складові опору кочення під час експериментального визначення важко розділити, у практичних розрахунках їх враховують спільно. Опір на пересування трактора визначають за формулою:

$$P_f = fG, \quad (1.7)$$

де  $f$  – коефіцієнт опору коченню.

Під час руху трактора на підйом виникає додатковий опір  $P_{\alpha}$ . Враховуючи, що  $\sin \alpha = h / l = i$  (де  $l$  та  $h$  відповідно довжина і висота підйому) можна визначити опір  $P_{\alpha}$ :

$$P_{\alpha} = Gi, \quad (1.8)$$

де  $i$  – нахил місцевості.

Зробивши необхідні перетворення, можна визначити тягове зусилля трактора для рівномірного руху:

$$P_m = \frac{10N_{en}\eta_{mk}i_m}{n_n r_k} - G(f \pm i). \quad (1.9)$$

Ефективність використання енергетичних засобів оцінюють за такими показниками: ступінь використання тягового зусилля і тягової потужності, ступінь завантаження двигуна.

Ступінь використання тягового зусилля оцінюють коефіцієнтом:

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{mn}}, \quad (1.10)$$

де  $\xi_p$  – коефіцієнт використання тягового зусилля;  $R_a$  – тяговий опір агрегату, кН;  $P_{mn}$  – номінальне тягове зусилля трактора, що відповідає максимальній тяговій потужності, кН.

Ступінь використання номінальної потужності двигуна оцінюють коефіцієнтом:

$$\xi_{Ne} = \frac{N_e}{N_{en}}, \quad (1.11)$$

де  $N_e$ ,  $N_{en}$  – фактична ефективна та номінальна потужність двигуна, кВт.

Економічній роботі енергетичного засобу відповідає ступінь завантаження  $\xi_p \geq 0,75 \dots 0,9$ , а двигуна  $\xi_{Ne} \geq 0,7 \dots 0,8$ .

### 1.3.2. Експлуатаційні властивості робочих машин

Технологічні властивості робочих машин спрямовані на виконання вимог технологічних операцій (окремих робіт) та забезпечення оптимальних умов для розвитку рослин.

Для кожного технологічного процесу та різних типів машин застосовують десятки різноманітних показників оцінювання їх технологічних властивостей, які можна умовно класифікувати за такими групами.

Перша група показників характеризує умови роботи машин. До них відносять: тип ґрунту; рельєф та мікрорельєф; вологість та щільність ґрунту; висоту на полеглисть рослин; урожайність; попередник та попередній обробіток.

Друга група показників оцінює якість роботи машин у типових умовах за оптимальних та граничних режимів роботи.

Для основних видів машин це такі показники:

- ґрунтообробних машин – глибина обробітку, загортання післяжнивних решток, добрив, підрізання бур'янів, брилістість, розпушеність та гребнистість поверхні поля;
- машин для внесення добрив – внесення заданої дози, фактична робоча швидкість захвату, нерівномірність внесення за шириною захвату та довжиною проходу;
- посівних та посадкових – висів заданої норми насіння (рослин), глибина та якість загортання в ґрунт, пошкодження насіння, розсади, саджанців, величина прошарку ґрунту між насінням та добривами та іншими;
- машин для догляду за посівами – глибина обробітку, ширина захисної смуги, пошкодження та присипання землею культурних рослин, ступінь підрізання бур'янів, доза внесення пестицидів, води, добрив та іншого;
- збиральних машин – втрати, висота зрізу, глибина викопування, фактичне подавання, ступінь очищення качанів, якість подрібнення листостеблової маси, пошкодження та забруднення домішками основної та супутньої продукції (зерно, бульби, коренеплоди тощо).

Узагальнювальні та результативні показники характеризують технологічні властивості машин, їх вплив на родючість ґрунтів, урожайність, якість та збереження продукції.

Дотримування технологічних вимог у процесі експлуатації машин визначають шляхом порівняння одержаних результатів відповідно до нормативів та оцінюють у межах допустимих відхилень у балах.

У процесі виконання агрегатом технологічної операції робочі машини створюють тяговий опір, який визначають шляхом динамометрування в польових умовах або розрахунком. Тяговий опір  $R_m$  та потужність, яка витрачається на його подолання  $N_m$  є основними показниками енергетичних властивостей робочих машин.

Для однотипних машин, які відрізняються тільки шириною захвату введено поняття питомого опору машин, яке визначають за формулою:

$$k = \frac{R_m}{B}, \quad (1.12)$$

де  $k$  – питомий опір машини, кН/м;  $R_m$  – тяговий опір машини, кН;  $B$  – ширина захвату машини, м.

Для машин, які відрізняються як шириною захвату, так і глибиною обробітку (наприклад плуги) питомий опір розраховують за формулою:

$$k_{nl} = \frac{R_{nl}}{Bh_{op}}, \quad (1.13)$$

де  $R_{nl}$  – тяговий опір плуга, кН;  $h_{op}$  – глибина оранки, м.

Тяговий опір плуга залежить від швидкості руху агрегату. Питомий опір плуга за зміни швидкості визначають за формулою:

$$k_{nl}^v = k_{nl}[1 + 0,006(v^2 - v_0^2)], \quad (1.14)$$

де  $k_{nl}^v$  – розрахунковий питомий тяговий опір плуга з урахуванням швидкості руху агрегату, кН/м<sup>2</sup>;  $k_{nl}$  – питомий тяговий опір плуга за швидкості руху агрегату  $v_0 = 5$  км/год;  $v$  – фактична швидкість руху орного агрегату, км/год.

Для інших сільськогосподарських машин питомий тяговий опір, з урахуванням швидкості руху агрегату, визначають за формулою:

$$k = k_0[1 + \frac{\Delta_0}{100}(v - v_0)], \quad (1.15)$$

де  $k$  – розрахунковий питомий тяговий опір сільськогосподарських машин з урахуванням швидкості руху, кН/м;  $k_0$  – питомий тяговий опір сільськогосподарських машин у разі руху із швидкістю  $v_0 = 5$  км/год, кН/м;  $\Delta_0$  – темп наростання питомого тягового опору робочих машин у разі збільшення швидкості руху агрегату, %.

Для комбінованого агрегату питомий тяговий опір визначають як суму опору складових машин агрегату, приведених до 1 м ширини захвату:

$$R_a = \Sigma k B, \quad (1.16)$$

де  $R_a$  – загальний тяговий опір агрегату, кН;  $\Sigma$  – сума питомого опору складових машин агрегату, кН.

Наприклад, сума питомого опору комбінованого агрегату в складі трактора, вертикальної фрези та сівалки визначають за формулою:

$$\Sigma k = k_1 + k_2, \quad (1.17)$$

де  $k_1$  і  $k_2$  – питомий опір відповідно фрези та сівалки.

На практиці сума питомого опору комбінованого агрегату може дещо перебільшувати складовий питомий опір машин через незбіг сумарних сил тягового опору складових машин агрегату.

Тяговий опір сільськогосподарських машин  $R_m$  визначають за формулою:

$$R_m = k B_k, \quad (1.18)$$

де  $B_k$  – конструктивна ширина захвату машини, м.

Під час роботи агрегату на площі із схилами виникає додатковий тяговий опір, який визначають за формулою:

$$R_m^\alpha = G_m \sin \alpha \approx G_m i, \quad (1.19)$$

де  $G_m$  – вага машини, кН;  $\alpha$  – кут нахилу місцевості, град.;  $i$  – нахил місцевості в сотих частках.

Тяговий опір причіпних машин у разі холостого переїзду залежить від ваги машини та опору коченню ходових коліс грунтом:

$$R_m^x = G_m (f_m \pm i), \quad (1.20)$$

де  $f_m$  – коефіцієнт опору коченню ходових коліс робочої машини.

#### 1.4. Комплектування машинно-тракторних агрегатів

Для визначення кількості сільськогосподарських машин в агрегаті треба знати тягові властивості трактора, тяговий опір зчипки і питомий опір робочих машин.

Основним у розрахунках машинно-тракторних агрегатів є правильне оцінювання тягових властивостей трактора й робочих тягових опорів машин відповідно до умов роботи. Слід враховувати й те, що тяговий опір машин періодично може збільшуватись, а тому для забезпечення нормальної роботи агрегату треба мати запас сили тяги трактора.

Наприклад, за незначного, але частого збільшення тягового опору двигун може долати його на зниженій частоті обертання, що негативно впливає на продуктивність, оскільки зменшується середня швидкість агрегату. Виходячи з цього, треба так комплектувати агрегат, щоб зниження швидкості від зменшення частоти обертання колінчатого вала двигуна траплялося якомога рідше. Кількість машин в агрегаті має бути такою, щоб можливе збільшення тягового опору не перевищувало запасу сили тяги трактора.

Є такі методи розрахунку машинно-тракторних агрегатів: аналітичний; графічний; за готовими таблицями; за допомогою електронних обчислювальних машин. Найчастіше агрегати розраховують за першим методом, який і розглянемо докладніше.

Згідно з агротехнічними вимогами до польової операції та умов роботи у загілці вибирають тип сільськогосподарських машин, трактор і робочу швидкість агрегату.

Знаючи тип трактора й робочу швидкість агрегату, визначають номінальне тягове зусилля трактора  $P_{н.зак}$ .

Визначають максимальну ширину захвату агрегату за формулою:

$$B_a = \frac{P_{н.зак} - R_з}{k} . \quad (1.21)$$

Ширину захвату комбінованого агрегату (наприклад, передпосівний обробіток і сівба) визначають за формулою:

$$B_a = \frac{P_{н.зак} - R_з}{k_1 + k_2} , \quad (1.22)$$

де  $k_1$  – питомий опір культиватора, кН/м;  $k_2$  – питомий опір сівалки, кН/м.

Визначають кількість машин-знарядь в агрегаті:

$$n_m = \frac{B_a}{b_m} . \quad (1.23)$$

Визначають тяговий опір агрегату:

$$R_a = k b_m n_m + R_з . \quad (1.24)$$

Визначають коефіцієнт використання тягового зусилля трактора:

$$\eta = \frac{R_a}{P_{н.зак}} . \quad (1.25)$$

У такій послідовності розраховують машинно-тракторні агрегати, які працюють на місцевості з рівним рельєфом. За наявності підйому на загінці треба враховувати зусилля, яке затратиметься на його подолання.

Для орних агрегатів спочатку визначають тяговий опір одного корпусу плуга:

$$R_k = k_o a b , \quad (1.26)$$

де  $a$  – глибина оранки, м;  $b$  – ширина захвату корпусу плуга, м.

Начіпні машини порівняно з причіпними мають низку істотних переваг. Маса начіпних машин у 1,2... 1,5 рази менша від маси подібних причіпних машин. Зменшення маси начіпних машин знижує непродуктивні витрати енергії на їх переміщення. Тяговий опір начіпних машин, що припадає на 1 м ширини захвату, на

10...20% менший, ніж опір, що припадає на 1 м ширини захвату причіпних машин.

Начіпні машини збільшують зчіпну вагу трактора і цим поліпшують його тягові властивості. Застосування начіпних машин значно підвищує маневреність агрегату. Начіпні машини можна швидко піднімати й опускати, їхні робочі органи легко очищати. Застосування начіпних машин підвищує продуктивність агрегатів на 14...20% і на 5...19% зменшує погектарну витрату палива.

Під час комплектування тягово-привідних агрегатів тяговий опір агрегату визначають за формулою:

$$R_a = R_m + R_{np}, \quad (1.27)$$

де  $R_m$  – тяговий опір агрегату, який визначають за формулою:

$$R_m = kb_m \pm G_m \frac{i}{100}; \quad (1.28)$$

$R_{np}$  – приведений тяговий опір агрегату на привід робочих органів машин знаходять за формулою:

$$R_{np} = \frac{0,159 N_{ВВП} i_{np} \eta_{m2}}{r_k n_n \eta_{ВВП}}, \quad (1.29)$$

де  $N_{ВВП}$  – потужність, що передається через вал відбору потужності трактора на привід робочих органів машин, кВт;  $i_{np}$  – передатне число трансмісії трактора на робочій передачі;  $\eta_{m2}$  – механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора;  $r_k$  – радіус перекочування ведучих коліс (зірочок) трактора, м;  $n_n$  – номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна трактора, с<sup>-1</sup>;  $\eta_{ВВП}$  – механічний коефіцієнт корисної дії передачі від двигуна до вала відбору потужності.

Розрахунки з комплектування збиральних машин (на прикладі зернозбиральних комбайнів) виконують шляхом визначення допустимої робочої швидкості агрегату, виходячи з пропускної здатності робочих органів:

$$v_p \leq \frac{q}{BU}, \quad (1.30)$$

де  $v_p$  – робоча швидкість збирального агрегату, м/с;  $q$  – пропускна здатність робочих органів комбайна, кг/с;  $B$  – ширина захвату жатки комбайна, м;  $U$  – урожайність хлібної маси, кг/м<sup>2</sup>.



### 1.5. Швидкість руху машинно-тракторного агрегату

Підвищення робочих швидкостей машинно-тракторних агрегатів – це один з напрямів підвищення продуктивності праці в сільському господарстві.

Швидкість машинно-тракторного агрегату на польових роботах впливає не тільки на кількість виконуваної роботи, а й на її якість. Академік В. П. Горячкін робочу швидкість агрегату підпорядковував характеру й суті технологічного процесу.

Агротехнічні вимоги до швидкості агрегатів під час виконання окремих сільськогосподарських операцій дуже різноманітні. За такої різноманітності технологічних вимог до поступальної швидкості агрегат повинен мати широкі можливості для забезпечення найвигідніших режимів у встановленому діапазоні. Слід зазначити, що в усіх випадках робоча швидкість має забезпечувати найвищу продуктивність праці й найменшу витрату палива, не знижуючи якості роботи.

У машиновикористанні розрізняють теоретичну й робочу швидкості агрегату. Теоретичною швидкістю агрегату називають швидкість, яку розвивав би трактор за номінальної частоти обертання колінчастого вала двигуна, якби не було буксування рушіїв. Теоретичну швидкість руху агрегату визначають за формулою:

$$v_m = 0,377 \frac{n_d r_0}{i_{mp}}, \quad (1.31)$$

де  $v_m$  – теоретична швидкість руху агрегату, м/с;  $n_d$  – частота обертання колінчастого вала двигуна,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $i_{mp}$  – передаточне число трансмісії трактора на розрахунковій передачі.

Робочу швидкість руху агрегату визначають за формулою:

$$v_p = v_m (1 - \delta/100), \quad (1.32)$$

де  $\delta$  – буксування рушіїв трактора, %.

Застосування підвищених швидкостей із забезпеченням високої якості виконання робіт сприяє підвищенню продуктивності машинно-тракторних агрегатів. Проте використання агрегатів на таких режимах має низку особливостей, які слід враховувати. Наприклад, в експлуатаційних умовах у широких межах змінюється тяговий опір агрегатів. Для збільшення виробітку агрегатів механізатори в таких випадках вдаються до маневрування швидкостями, забезпечуючи найвищу швидкість, яку, згідно з агротехнічними вимогами, можна допускати під час виконання процесу.

## 1.6. Кінематика машинно-тракторних агрегатів

### 1.6.1. Кінематичні характеристики машинних агрегатів



**Кінематика агрегату** – це траєкторія руху агрегату під час виконання сільськогосподарських робіт. Під час виконання технологічних операцій машинний агрегат здійснює робочі та холості ходи.



**Спосіб руху** – закономірність циклічно повторюваних елементів руху машинного агрегату.

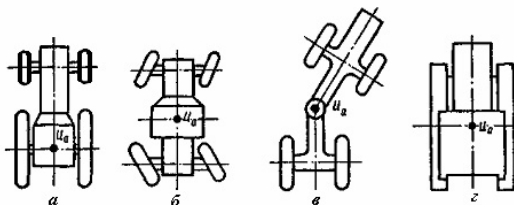
За будь-яких способів руху агрегату траєкторія складається з прямо- та криволінійних відрізків, до того ж кожна машина та її робочі органи рухаються за різними траєкторіями.

Для характеристики кінематики машинного агрегату під час виконання технологічних операцій введені деякі умовні поняття та позначення.

**Кінематичним центром ( $\Pi_a$ )** називають таку точку агрегату, відносно траєкторії якої розглядають кінематику всіх інших його точок.

Умовно прийняті розміщення кінематичного центру  $\Pi_a$  для основних типів тракторів наведені на рис. 1.2.

Так, в агрегатів із колісними тракторами з однією ведучою віссю за  $\Pi_a$  прийнято проекцію на площину руху точки середини ведучої осі, а в тракторів схеми 4 x 4 та всіма керованими колесами – проекцію на площину руху точки середини прямої, яка з'єднує середини ведучих осей. В агрегатів з колісними тракторами, які обладнані шарнірним остовом, за  $\Pi_a$  прийнято проекцію на площину руху центра шарніру, а у гусеничних тракторів та самохідних машин – проекція на площину руху точки перехрещення поздовжньої осі трактора з вертикальною площиною, яка проведена через середини опорних ланок гусениці.



**Рис. 1.2. Розміщення кінематичного центра агрегату:**

*a* – колісний трактор з однією ведучою віссю; *б* – трактор зі всіма ведучими і керованими колесами; *в* – трактор з шарнірним остовом; *г* – гусеничний трактор

**Кінематична довжина  $l_a$**  – це проекція відстані між кінематичним центром  $C_a$  та лінією розміщення найвіддаленішого робочого органа у разі прямолінійного руху, вона складається із кінематичної довжини трактора  $l_m$ , зчіпки  $l_{зч}$ , сільськогосподарської машини  $l_M$ .

**Кінематична ширина  $d_k$**  – це проекція відстані між поздовжньою віссю та крайніми точками за шириною агрегату. Розрізняють  $d_k$  праворуч та ліворуч.

**Довжина виїзду  $e$**  – це відстань на яку необхідно проїхати кінематичним центром агрегату  $C_a$  від контрольної лінії на поворотній смузі до початку повороту, щоб попередити пошкодження роєлин або огріхи.

**Центром повороту  $C_n$**  називається точка, відносно якої в цей момент здійснюється поворот  $C_a$  (рис. 1.3).

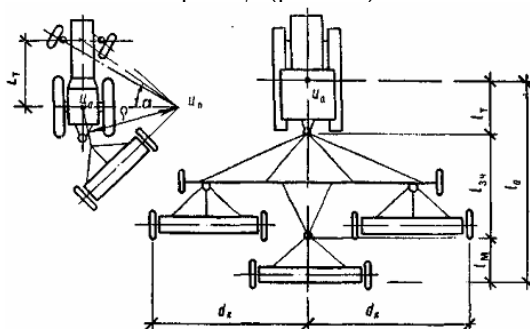


Рис. 1.3. Кінематична характеристика агрегату

**Радіус повороту  $\rho$**  – це відстань між  $C_a$  та  $C_n$ . Під час повороту з постійним радіусом  $C_n$  не змінює свого положення.

Найменший радіус повороту агрегату зумовлюється радіусом повороту трактора, конструктивними особливостями машин та зчіпки, габаритами агрегату, швидкістю руху, станом ґрунту, кваліфікацією механізатора.

Розглядаючи кінематику агрегату (див. рис. 1.3) можна графічним методом визначити його найменший радіус  $\rho_{min}$ :

$$\rho_{min} = L_m \operatorname{ctg} \alpha, \quad (1.33)$$

де  $L_m$  – поздовжня база трактора, м;  $\alpha$  – кут повороту напрямних коліс, град.

Величину  $\rho_{min}$  можна також визначити експериментально шляхом вимірювання відбитків ходового апарата на ґрунті. В реальних умовах експлуатації через бокове ковзання та уведення коліс

фактичний радіус повороту збільшується порівняно з розрахунковим на деяку величину, яка залежить від конструкції ходового апарата та швидкості руху на повороті.

Маневрові властивості машинних агрегатів характеризуються: поворотливістю, стійкістю та керованістю руху, прохідністю. Поворотливість – це властивість агрегату переходити з прямолінійного на криволінійний рух та навпаки.

Перехід руху з траєкторії, яка близька до прямолінійної, (коли  $\rho = \infty$ ) до руху з мінімально допустимим радіусом повороту проходить не миттєво, а поступово. Такі повороти називають «вхід у поворот» та «вихід з повороту». Вони здійснюються по кривій змінної кривизни (*клотоїди*), яка характерна тим, що радіус кривизни  $\rho$  обернено пропорційний довжині пройденого шляху  $S$ , тобто:

$$\rho = K_n / S \text{ або } K_n = \rho S. \quad (1.34)$$

Коефіцієнт поворотливості  $K_n$ , являє собою добуток радіуса повороту  $\rho$  на шлях  $S$ , який необхідно пройти агрегату, щоб досягти цього радіуса. Він характеризує як швидко агрегат входить у поворот, тобто його поворотливість і називається показником поворотливості.

Для агрегатів з колісними тракторами:

$$K_n = L_m v_n / \omega, \quad (1.35)$$

де  $v_n$  – поступальна швидкість агрегату на повороті, км/год;  
 $\omega$  – кутова швидкість повороту, рад/с.

Стійкість руху (поздовжня та поперечна), тобто властивість зберігати сталий напрям руху.

Керованість руху, тобто властивість агрегату переходити з сталого напрямку руху на інший, який задається дією керування. Для стійкості руху керованих мобільних машин у горизонтальній площині керовані колеса мають знаходитися попереду ведучих коліс. Якщо керовані колеса розміщені позаду ведучих коліс, як, наприклад, у самохідного зернового комбайна, стійкість руху машини на повороті менша.

Прохідність агрегату – це властивість агрегату без допоміжних засобів своїм ходом долати перешкоди, які можуть зустрітись на шляху руху. Розрізняють два типи перешкод: пухкі ґрунти, схили місцевості, броди та глибокі рівчаки; круті схили тощо. Перші вимагають таких властивостей, щоб мобільний енергетичний засіб розвивав рушійну силу, яка близька до граничного значення за зчепленням ходового апарата, а другі – низькими розміщенням центра ваги, максимальними кутами поздовжньої та поперечної стійкості агрегату.

### 1.6.2. Повороти агрегатів та ширина поворотної смуги

Під час виконання технологічних операцій деяку частину шляху складають повороти та заїзди агрегату. В середньому вони становлять 10...12%, а на коротких гонах – до 40% загального шляху агрегату. Залежно від виду повороти класифікують на: безпетльові – за дугою кола без прямолінійного відрізка (дугоподібні); з прямолінійним відрізком;

- петльові – грушоподібні (відкрита петля); вісімкоподібні (закрита петля);
- повороти з заднім ходом агрегату з відкритою та закритою петлею (начіпні агрегати);
- голчасті – у разі реверсивного ходу агрегату.

Можливі й інші різновиди поворотів: з застосуванням бокової та подвійної петлі, кутові тощо (рис. 1.4).

У тих випадках, коли не потрібно визначати дійсну траєкторію агрегату, а достатньо лише підрахувати середню довжину повороту застосовують умовний радіус повороту  $\rho_y$  – радіус півкола, довжина якого дорівнює фактичній довжині  $L_n$  безпетльового дугоподібного повороту агрегату на кут  $\pi$  (рис. 1.5).

$$L_n = \pi \rho_y. \quad (1.36)$$

Довжину безпетльового повороту з прямолінійним відрізком та врахуванням довжини виїзду  $e$  (рис. 1.5б) можна визначити так:

$$L_x = \pi \rho_y + X - 2\rho_y + 2e \approx 1,4\rho_y + X + 2e, \quad (1.37)$$

де  $L_x$  – довжина холостого ходу агрегату під час поворотів, м;  
 $X$  – ширина повороту, м.

Для інших способів повороту їх довжину наведено в довідковій літературі [2]. Розглядаючи інші способи повороту можна зробити такий практичний висновок, що у випадках, коли за вимогами агротехніки і техніки безпеки це можливо, краще застосовувати повороти з відкритою ніж з закритою петлею.

Мінімальну ширину поворотної смуги  $E$  з врахуванням умовного радіуса повороту визначають таким чином:

для безпетльових поворотів:

$$E_{min} = e + \rho_y + d_k \approx 1,5\rho_y + e; \quad (1.38)$$

для петльових поворотів:

$$E_{min} = e + 2,7\rho_y + d_k \approx 3\rho_y + e. \quad (1.39)$$



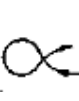
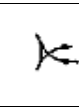
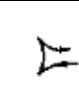
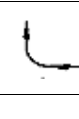

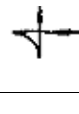


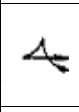
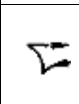

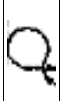
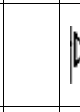
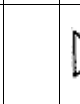
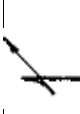




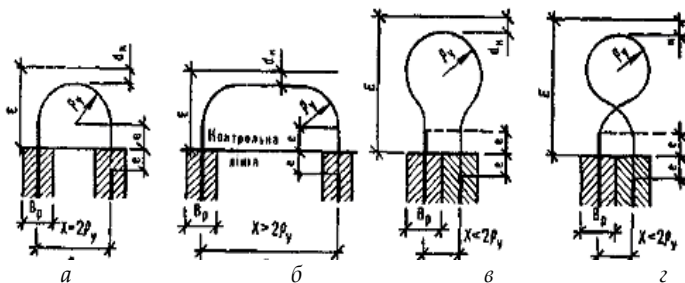
Повороти на 180° (під час роботи з гоновими способами руху)					Повороти на 90° (під час роботи з коловими способами руху)				
безпетльові		петльові		із заднім ходом трактора		петльові		із заднім ходом трактора (начіпні агрегати)	
за колом	з прямо- молій- ною ділян- кою	грушоподі- бний (відкрита петля)	вісімкою (закрита петля)	закрита петля	відкрита петля	без- пет- льові	відкрита петля		
				(начіпні агрегати)					
									
Окремі випадки									
однобічні повороти									із заднім ходом трактора
зігнуто-петльові повороти									
з прямолінійним заднім ходом									

Рис. 1.4. Схеми та класифікація поворотів (за С.А. Іофіновим)



**1.5. Схеми холостих поворотів агрегату ( $\rho_y$ ) — умовний радіус повороту):**

а — за колом; б — з прямолінійною ділянкою; в — відкритий петльовий (грушоподібний)» г — закритий петльовий (вісілкоподібний)

Поворотна смуга має бути кратною ширині захвата агрегату, що поліпшує якість обробітку.

У разі групової роботи агрегатів поворотну смугу відбивають такої ширини, яку має агрегат з найбільшим радіусом повороту.

### 1.6.3. Основні способи руху агрегатів

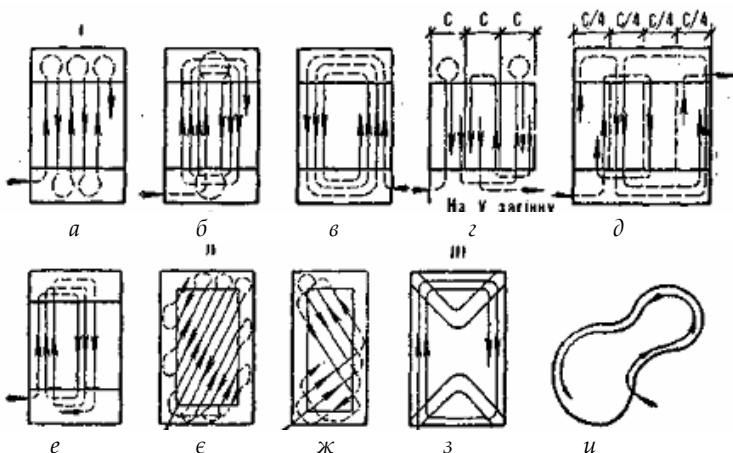
Для виконання сільськогосподарських робіт застосовують різні способи руху агрегатів: гонові, діагональні та крутові (фігурні).

У разі тонового способу агрегат рухається вздовж одного з боків поля, а холості повороти виконує на його кінцях (поворотних смугах). Обробіток поля (загінки) у такому випадку може здійснюватися човником, всклад, врозгін або комбінованим способом (рис. 1.6).

Під час роботи човником поля на окремі загінки не розбивають і у разі внесення добрив, поверхневого обробітку ґрунту, сівби, міжрядного обробітку агрегати виконують поступально-зворотний рух, починаючи з одного боку поля і завершують обробіток усієї площі на протилежному боці. Можлива організація робіт від середини поля, коли два агрегати після першого проходу з лівим і правим кроком оброблюють площу від середини до зовнішніх меж.

У разі діагонального способу руху агрегат виконує робочі ходи під кутом до сторони поля (рис. 1.6II). Цей спосіб характеризується рухом агрегату човником під час обробітку поля в один слід або перехресним рухом під час обробітку поля в два сліди.

У разі крутового способу руху агрегат виконує робочі ходи від зовнішніх меж поля до центра і від центра до периферії.



### 1.6. Схеми основних способів руху агрегатів:

I – гонові: а – човником; б – всклад; в – врозгін; г – з чергуванням загінок всклад і врозгін; д – безпетльовий; е – з перекриттям; II – діагональний: є – човником; ж – перехресний; III – круговий: з – на полях з правильною конфігурацією; и – теж, з неправильною

Якість виконання технологічних операцій суттєво залежить від способу руху. Так, гонові способи краще застосовувати на оранці, культивуванні, сівбі, діагональні – на вирівнюванні, боронуванні, луценні стерні в один або два сліди, а колові – на збиранні зернових культур, природних та сіяних трав, льону-довгунцю, луценні дисковими луцильниками на полях з короткими гонами та неправильної конфігурації.

Вибір способу руху обґрунтовують якістю виконання роботи, зручністю обслуговування та виробітком машинних агрегатів.

Показники якості виконання роботи та зручність обслуговування за різних способів руху залежать від технологічного процесу (наприклад, для оранки кількість утворених звальних гребенів та розгінних борозен, ліній розмітки і таке інше). Способи руху агрегатів зручно оцінювати коефіцієнтом робочих ходів  $\phi$ :

$$\phi = \frac{\Sigma L_p}{\Sigma L_p + \Sigma L_x} = \frac{L_p^{cp} n_p}{L_p^{cp} n_p + L_x^{cp} n_x}, \quad (1.40)$$

де  $L_p^{cp}$ ,  $L_x^{cp}$  – середня довжина робочого та холостого ходів, м;  $n_p$ ,  $n_x$  – кількість робочих та холостих проходів агрегату на загінці.

Кількість робочих та холостих проходів агрегату на загінці виначають за формулами:



$$n_p = \frac{C}{B_p}, \quad n_x = n_p - 1, \quad (1.41)$$

де  $C$  – ширина загінки, м.

#### 1.6.4. Підготовка поля до роботи агрегатів

Підготовка поля передбачає виконання організаційно-технічних заходів, спрямованих на досягнення високої продуктивності машин та якості виконання польових робіт.

Після огляду поля та усунення перешкод, які можуть створити несприятливі умови для роботи агрегату, обирають спосіб та напрямок руху, відмічають поворотні смуги, розбивають поле на загінки.

**Загінка** – частина поля, яка виділена для виконання технологічної операції відповідно до обраного способу руху.

**Поворотна смуга** – частина загінки, що виділена для поворотів агрегату на холостому ході.

**Контрольна лінія** – лінія між поворотною смугою та решетою загінки, на якій включають та виключають робочі органи машини. Контрольну лінію доцільно відбивати однокорпусним плугом глибиною 6... 12 см (залежно від виконуваної операції).

Для розпланування поля використовують віхи висотою 1,5...2,5 м, сажені (2 м), екери, кутомір та інший інструмент.

Під час розпланування поля загінки намічають паралельно його довгій стороні у зв'язку з тим, що із збільшенням довжини гону зростає виробіток агрегату.

Поле неправильної конфігурації намагаються розбити на загінки прямокутної форми, а залишений, наприклад, під час оранки трикутник обробляють вздовж довших сторін або по колу з поворотами на незораному полі, щоб не ущільнювати ґрунт колесами чи гусеницями трактора.

Оптимальну ширину загінки визначають за максимальним значенням коефіцієнта робочих ходів або за такою формулою:

$$C_{opt} = \sqrt{16\rho_y^2 + K_c B_p L_p}, \quad (1.42)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт пропорційності, який залежить від способу руху. Для способу руху всклад, врозгін або комбінованого  $K_c = 2$ .

## 1.7. Продуктивність та виробіток машинних агрегатів

### 1.7.1. Поняття та визначення



**Продуктивністю агрегату** називають обсяг роботи нормативної якості, що виконується агрегатом за одиницю часу. Обсяг роботи може визначатися в одиницях площі, маси продукції, шляху тощо. За одиницю часу приймається, зазвичай, година. Всю роботу, що виконана агрегатом за якийсь період (за кілька годин, зміну, день і т. п.), називають його виробітком.

Залежно від виду роботи продуктивність вимірюють у гектарах обробленої або зібраної площі (оранка, сівба, культивування, збирання) або в тоннах одержаної продукції (молотьба, силосування, сінаж, зерноочисні роботи). Продуктивність транспортних засобів у більшості випадків вимірюють в тоннокілометрах (т·км), а навантажувально-розвантажувальних – у тоннах (т).

Продуктивність машинно-тракторних агрегатів в кінцевому випадку формує рівень продуктивності праці в сільському господарстві, яка характеризується кількістю роботи певної якості, виконаної в одиницю часу, або у вартісному виразі – кількістю споживчої вартості, виробленої за одиницю часу. При цьому чим вища якість виконаної роботи, тим більша її споживча вартість. Зв'язок продуктивності праці з якістю виконання робіт виражається через співвідношення кількісних та якісних сторін споживчої вартості. Якщо кількість продукції однакова, але продукція відрізняється за якістю, то продуктивнішою вважають працю, за якої в однакових з іншими умовами за один і той же час виконують роботу більш високої якості.

Розрізняють продуктивність теоретичну  $W_{\text{т}}$ , що обчислюється як потенційно можлива продуктивність агрегату у разі повного використання конструктивної ширини захвату, теоретичної швидкості руху і часу, до якого відноситься продуктивність агрегату за годину чистої (основної) роботи  $W_z$ , яка враховує ступінь технічно можливого використання конструктивної ширини захвату і теоретичної швидкості руху агрегату; технічну продуктивність агрегату за годину змінної роботи у разі технічно можливого використання ширини захвату, швидкості руху і часу  $W_{\text{з}}$ ; технічний (нормативний) змінний виробіток  $W_{\text{зм}}$ , що враховує оптимальне використання ширини захвату, швидкості руху та часу зміни роботи агрегату; фактичну продуктивність і фактичний змінний виробіток  $W_{\text{з.ф}}$  і  $W_{\text{зм.ф}}$ , які визначають за реально виконаним обсягом роботи, за фактичних (робочих) ширини захвату, швидкості руху і часу корисної (продуктивної) роботи.

### 1.7.2. Розрахунок продуктивності машинно-тракторного агрегату

Годинну теоретичну продуктивність мобільних агрегатів на польових роботах умовно можна відобразити прямокутником, одна сторона якого дорівнює конструктивній ширині захвату агрегату  $B_k$ , а друга – довжині шляху, пройденого агрегатом без буксування рушіїв трактора за теоретичної швидкості руху  $v_m$  за одну годину безперервної роботи:

$$W_{zm} = 0,1 B_k v_m. \quad (1.43)$$

Теоретичний змінний виробіток визначають за формулою:

$$W_{zm} = 0,1 B_k v_m T_{zm}, \quad (1.44)$$

де  $T_{zm}$  – тривалість зміни, год.

Наведені формули ураховують лише ширину конструктивного захвату агрегату, теоретичну швидкість і повний час зміни, але не відображають змін цих параметрів у процесі роботи агрегату. Якщо враховують реальні умови роботи агрегату і технічні можливості машин, то визначену за таких обставин продуктивність називають технічною. Дійсні можливі значення ширини захвату, швидкості руху і часу чистої роботи відрізняються від теоретичних або номінальних значень.

Дійсну ширину захвату агрегату називають робочою  $B_p$ . Ступінь використання конструктивної ширини захвату оцінюють коефіцієнтом використання ширини захвату  $\xi_s$ , який визначають як відношення справжньої ширини захвату до конструктивної (табл. 1.1).

$$\xi_s = \frac{B_p}{B_k}. \quad (1.45)$$

Таблиця 1.1

#### Значення коефіцієнтів використання ширини захвату агрегату

Назва технологічної операції	Коефіцієнт використання ширини захвату $\xi_s$
Оранка	1,0...1,1
Суцільна культивування	0,95...0,96
Боронування	0,94...0,95
Сівба, садіння, міжрядний обробіток	1,0
Скошування трав на сіно	0,95...0,96
Скошування хлібів у валки	0,94...0,95
Підбирання та обмолочування валків	1,0...4,0
Збирання силосних культур суцільної сівби	0,95...0,96

Дійсна робоча швидкість руху агрегату  $v_p$  також відрізняється від теоретичної  $v_m$ . На неї впливають буксування рушіїв трактора; зміна частоти обертання колінчастого вала тракторного двигуна, спричинена коливанням навантаження за зміни умов роботи; зміна радіуса кочення у зв'язку з різною глибиною вгрузання коліс або деформацією балонів під час роботи на різних ґрунтових фонах; переключення передач та криволінійний хід агрегату. Вплив цих факторів оцінюють коефіцієнтом використання швидкості, який визначають як відношення середньої робочої швидкості руху агрегату  $v_p$  до теоретичної  $v_m$ , тобто:

$$\xi_v = \frac{v_p}{v_m}. \quad (1.46)$$

Робота агрегату супроводжується втратами часу на холості повороти, заїзди та переїзди з однієї загінки або ділянки на іншу і на зупинки агрегату з різних причин – для заправки технологічних місткостей добривами, розчинами пестицидів або посівним матеріалом, технічного обслуговування машин або трактора, з організаційних причин.

Ефективність використання часу зміни оцінюють коефіцієнтом використання часу  $\tau$ , який визначають як відношення часу фактичної роботи  $T_p$  до загального часу зміни  $T_{зм}$ , тобто:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}. \quad (1.47)$$

Згідно із зазначеними факторами, що впливають на роботу машинно-тракторного агрегату, технічні продуктивність і виробіток визначають за такими формулами:

за годину змінної роботи:

$$W_{зз} = 0,1 B_p v_p \tau; \quad (1.48)$$

за зміну:

$$W_{зм} = 0,1 B_p v_p T_p. \quad (1.49)$$

Дійсна продуктивність агрегату – це продуктивність, яку фактично забезпечив агрегат у реальних умовах під час виконання тієї чи іншої операції. Дійсна продуктивність може відрізнятися від технічної внаслідок відхилення ширини захвату, швидкості руху і чистого робочого часу від технічно обґрунтованих. Чим краще скомплектований агрегат і організоване його використання, тим більшою мірою фактична продуктивність відповідає технічній.

Добовий виробіток агрегату, га, визначають за формулою:

$$W_{доб} = W_{зм} k_{зм}, \quad (1.50)$$

де  $k_{зм}$  – коефіцієнт змінності, який визначають як відношення тривалості роботи агрегату протягом доби  $T_{доб}$  до тривалості зміни  $T_{зм}$ .

Сезонний виробіток агрегату можна визначити, якщо відоме число днів роботи  $D_p$  агрегату протягом сезону:

$$W_{сез} = W_{доб} D_p. \quad (1.51)$$

### 1.7.3. Баланс часу зміни та коефіцієнт використання часу зміни

Продуктивність машинно-тракторного агрегату залежить від повноти використання часу зміни. Для характеристики абсолютно-го використання часу розглянемо у загальному вигляді баланс часу зміни:

$$T_{зм} = T_p + T_{пз} + T_{пов} + T_{то} + T_{пер} + T_{обс} + T_{воп} + T_{тп} + T_{нм} + T_{он} + T_{пу}, \quad (1.52)$$

де  $T_{зм}$  – загальна тривалість або повний час зміни;  $T_p$  – чистий робочий час міни, витрачений на корисну роботу агрегату;  $T_{пз}$  – тривалість підготовчо-завершальних робіт, що пов'язана з витратою часу на проведення щозмінного технічного обслуговування агрегату, підготовку його до переїзду, переїзди на початку та наприкінці зміни, одержання наряду і здавання роботи;  $T_{пов}$  – час на холості повороти і заїзди під час роботи на загінці;  $T_{то}$  – тривалість технологічного обслуговування агрегату протягом зміни, що пов'язана із заправкою сівалок, заміною транспортних засобів тощо;  $T_{пер}$  – тривалість можливих внутрішньо-змінних переїздів агрегату з однієї робочої ділянки на іншу;  $T_{обс}$  – тривалість організаційно-технічного обслуговування агрегату в загінці, пов'язана з очищенням робочих органів, перевіркою якості роботи, технологічними регулюваннями та технічним обслуговуванням;  $T_{воп}$  – час для відпочинку та особистих потреб обслуговуючого агрегат персоналу;  $T_{тп}$  – витрата часу на усунення технологічних порушень робочого процесу в складових елементах агрегату (накопичення технологічних мас у робочих органах, намотування і напресування рослинних решток і бур'янів тощо);  $T_{нм}$  – час простоїв агрегату за технічних несправностей машин;  $T_{он}$  – час простоїв агрегату за організаційних неполадок;  $T_{пу}$  – час простоїв агрегату за погодних умов.

Визначений за формулою (1.52) час називають експлуатаційним. Під час нормування польових механізованих робіт, тобто визначення норм виробітку за годину  $W_{гн}$  або за зміну  $W_{зм}$ , не враховують простої агрегату за технологічних порушень  $T_{тп}$ , технічних несправностей машин  $T_{нм}$ , організаційних неполадок  $T_{он}$ , та ті, що викликані погодними умовами  $T_{пу}$ . Ці простої відносять до так званого ненормованого часу, що складається з регламентованих перерв, не обумовлених виконанням виробничого завдання.

До нормативного балансу часу зміни відносять чистий робочий час  $T_p$ , час виконання регулярних підготовчо-заклучних робіт  $T_{пз}$ , час на повороти і заїзди  $T_{пов}$ , тривалість технологічного обслуговування агрегату  $T_{то}$ , час на внутрішньозмінні переїзди агрегату з однієї робочої ділянки на іншу  $T_{пер}$ , час організаційно-технічного обслуговування агрегату в заїзці  $T_{обс}$  і час регламентованих перерв на відпочинок та особисті потреби обслуговуючого персоналу  $T_{воп}$ .

Коефіцієнт використання часу зміни визначають за формулою:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}. \quad (1.53)$$

Дослідження і досвід передових механізаторів показують, що за належної підготовки агрегатів і робочих місць до роботи, раціональної організації праці, а також впровадження передових форм і методів використання техніки коефіцієнти використання часу зміни можуть досягати значень, наведених у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

### Значення коефіцієнта використання часу зміни

Операції	Полісся	Лісостеп	Степ
1	2	3	4
Оранка плугами:			
начіпними	0,77	0,81	0,85
причіпними	0,72	0,76	0,80
Суцільна культивация культиваторами:			
начіпними	0,77	0,81	0,85
причіпними	0,72	0,76	0,80
Операції	Полісся	Лісостеп	Степ
Міжрядний обробіток з підживленням	0,63	0,67	0,70
Луцення стерні луцильниками:			
начіпними	0,77	0,81	0,85
причіпними	0,72	0,76	0,80
Боронування боронами:			
зубовими	0,72	0,76	0,80
дисковими	0,77	0,81	0,85
сітчастими	0,81	0,86	0,90

Закінчення табл. 1.2.

1	2	3	4
Сівба:			
зернових і зернобобових культур	0,68	0,71	0,75
кукурудзи, соняшнику, ріпичи та	0,68	0,71	0,75
овочів			
Садіння:			
картоплі з одночасним внесенням добрив	0,45	0,48	0,50
розсади овочевих культур	0,54	0,57	0,60
Скошування зернових культур жатками	0,63	0,67	0,70
Збирання зернових культур комбайнами	0,59	0,62	0,65
Скошування трав косарками:			
причіпними	0,68	0,71	0,75
начіпними	0,72	0,76	0,80
Згрібання сіна граблями:			
бічними	0,77	0,81	0,85
поперечними	0,72	0,76	0,80
Стягування соломи волокушами	0,41	0,43	0,45
Підбирання підбирачами-копнувачами	0,63	0,67	0,70
Розкидання органічних добрив	0,45	0,48	0,50
Обприскування	0,72	0,76	0,80
Збирання картоплі:			
комбайнами	0,54	0,57	-
картоплекопачами	0,70	0,75	0,80
Збирання цукрових буряків комбайнами	0,54	0,57	0,60

#### 1.7.4. Поняття про умовну еталонну одиницю роботи та облік механізованих робіт

Протягом сільськогосподарського сезону різні трактори або один і той самий трактор виконують різноманітні роботи, обсяг яких вимірюють у фізичних одиницях – га, м, м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>, т·км та інших. Для спрощення планування та аналізу використання тракторів за таких умов застосовують відповідну одиницю обліку їх роботи, яку називають умовним еталонним гектаром.

Умовний еталонний гектар (у. е. га) – це обсяг роботи, що відповідає оранці одного гектара давньоорних земель в умовах, які приймають за еталонні: агрофон – стерня зернових колосових на середньосуглинистому ґрунті з вологістю 20...22 %; глибина оранки 20...22 см, питомий опір ґрунту 50 кН/м<sup>2</sup>, швидкість руху агрегату 5 км/год; висота над рівнем моря до 200 м, поле правильної (прямокутної) конфігурації з довжиною гонів 800 м і рівним рельєфом (кут схилу до 1°), без кам'янистості та перешкод.

Трактор кожної марки, що працює в таких умовах, виконує визначений обсяг робіт, який називають годинним  $W_{г.е}$  або змінним  $W_{зм.е}$  еталонним виробітком (табл. 1.3).

Трактор, що має виробіток в еталонних умовах за 1 год змінного часу один умовний еталонний гектар, прийнято за еталонний трактор (е. т.). Це трактор з ефективною потужністю двигуна 55 кВт та гаковою потужністю 35 кВт. Такі умови приблизно задовольняє трактор ДТ-75, що має виробіток в еталонних умовах 1 у. е. га за 1 год змінного часу (див. табл. 1.3).

Таблиця 1.3

### Годинний і змінний еталонний виробіток тракторів

Марка трактора	Нормативний еталонний виробіток, у. е. га		Марка трактора	Нормативний еталонний виробіток, у. е. га	
	За годину змінного часу $W_{г.е}$	За зміну $W_{зм.е}$ ( $T_{зм} = 8$ год)		За годину змінного часу $W_{г.е}$	За зміну $W_{зм.е}$ ( $T_{зм} = 8$ год)
K-701	2,7	21,6	MT3-102	1,02	8,16
K-700A	2,2	17,6	MT3-80	0,7	5,6
K-700	2,1	16,8	MT3-82	0,73	5,84
T-150,T-150K	1,65	13,2	ЮМЗ-6М	0,6	4,8
ДТ-175С	1,80	14,4	T-40М	0,53	4,24
T-130	1,76	14,08	T-40АМ	0,54	4,32
T-130 Б	1,54	12,32	T-30	0,35	2,8
ДТ-75	1,0	8	T-25А	0,3	2,4
ДТ-75М	1,1	8,8	T-16М	0,22	1,76
MT3-100	0,98	7,84			

В основу визначення коефіцієнта переведення фізичних тракторів в еталонні покладено співвідношення норм виробітку за годину змінного часу (або зміну) в умовних еталонних гектарах певного та еталонного трактора.

Для оцінювання рівня використання окремих тракторів і в цілому всього машинно-тракторного парку, планування потреби в тракторах і пально-мастильних матеріалах, планування технічного обслуговування і ремонту машин, витрат на їх експлуатацію та інших техніко-експлуатаційних показників роботи машинно-тракторного парку облік тракторних робіт ведуть в умовних одиницях.

Якщо в господарствах використовують технічно обґрунтовані норми виробітку, то під час виконання змінної технічної норми  $W_{зм.н}$  на будь-якій роботі трактор кожної марки за зміну (8 год) має



виробити приблизно одну і ту саму кількість умовних еталонних гектарів на еталонний трактор (майже 8 у. е. га). Тому переведення обсягу робіт, визначеного у фізичних одиницях, в умовні еталонні гектари ґрунтоване на співвідношеннях еталонного виробітку і технічно обґрунтованих норм на польові механізовані роботи.

Для визначення обсягу робіт в умовних еталонних гектарах (у. е. га) спочатку необхідно обчислити кількість виконаних нормозмін  $N_{н.зм}$ , тобто число виконаних змінних технічно обґрунтованих норм виробітку:

$$N_{н.зм} = \frac{\Omega_{факт}}{W_{зм.н}}, \quad (1.54)$$

де  $\Omega_{факт}$  – обсяг робіт у фізичних одиницях, виконаний трактором на певній операції (га, т, т·км, м і так далі);  $W_{зм.н}$  – змінна технічна норма виробітку, встановлена в господарстві на виконання певної операції (в тих самих одиницях).

Потім обчислену кількість нормо-змін, виконаних певним трактором, треба помножити на змінний еталонний виробіток  $W_{зм.е}$  цього трактора (див. табл. 1.3) і одержаний таким чином добуток буде обсягом робіт в умовних еталонних гектарах  $\Omega_{у.е.га}$ :

$$\Omega_{у.е.га} = N_{н.зм} W_{зм.е}. \quad (1.55)$$

Якщо на якусь роботу не встановлена норма виробітку, то переведення в умовні еталонні гектари здійснюють шляхом множення кількості відпрацьованих годин  $T_{год}$  під час виконання цієї роботи (без урахування простоїв) на годинний еталонний виробіток  $W_{г.е}$  певного трактора:

$$\Omega_{у.е.га} = T_{год} W_{г.е}. \quad (1.56)$$

Сумарний облік роботи трактора (в у. е. га) протягом сезону (року) визначають множенням кількості виконаних нормо-змін протягом цього строку за видами робіт  $N_{н.змі}$  на змінний еталонний виробіток цього трактора:

$$\Omega = \sum N_{н.змі} W_{зм.е}. \quad (1.57)$$

### 1.7.5. Шляхи підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів

Оскільки продуктивність МТА залежить передусім від експлуатаційних властивостей двигуна, трактора і сільськогосподарсь-

кої машини, режимів роботи агрегату та організації робіт, то головними шляхами підвищення її продуктивності є:

Підтримування в процесі експлуатації тракторів високого рівня реалізації потужності на валу двигуна і на гаку за рахунок своєчасного та проведеного в належному обсязі технічного обслуговування тракторів з використанням засобів діагностування, своєчасного усунення несправностей і розрегулювань та інше.

Зниження питомих опорів машин і агрегату завдяки своєчасному та високоякісному проведенню технічного обслуговування, використанню комплексних і комбінованих агрегатів, у яких загальний опір менший сумарного опору машин під час їх роздільної роботи, використанню найраціональніших зчіпок, правильному (вздовж лінії тяги, без перекосів) причіплюванні та начіплюванні машин, виконанню робіт в оптимальні строки (наприклад, у разі агротехнічної і механічної стиглості ґрунтів) та інше.

Правильне комплектування агрегатів за рахунок вибору найраціональнішої ширини захвату і вибір раціонального швидкісного режиму (маневрування передачами, використання всережимного регулятора, робота на підвищених швидкостях, використання широкозахватних і комбінованих агрегатів, маркерів і слідопокажчиків), що забезпечують повне використання конструктивної ширини захвату і потужності двигуна, якнайкраще завантаження трактора та його роботу з максимальним тяговим к.к.д. і найбільшою тяговою потужністю.

Дотримування агротехнічних вимог і вимог охорони праці.

Підвищення ступеня використання часу зміни і коефіцієнта змінності в результаті кращої організації роботи агрегатів згідно з планом-маршрутом у дво- і тризмінному режимах, впровадження раціональних способів руху для цих умов роботи агрегату, покращення підготовки робочого місця агрегату (тобто розпланування поля на заїмки оптимальної ширини, відбивка мінімальних поворотних смуг).

Застосування в господарствах диспетчерської служби, що забезпечує можливість своєчасного контролю за ходом виконання змінних норм виробітку, усунення простоїв агрегатів та повну ліквідацію непродуктивних витрат часу.

Організація групової роботи агрегатів із забезпеченням поточкових методів виробництва, покращення технологічного обслуговування агрегатів, використання засобів механізації під час технологічного і технічного обслуговування машин, безперебійне постачання їх паливно-мастильними матеріалами, запасними частинами та інструментом.

Автоматизація регулювання, підтримування сталості технологічних процесів, водіння агрегатів заданою траєкторією, регулювання швидкісного режиму і зчіпки трактора з машиною.

Підвищення кваліфікації механізаторських кадрів, наукова організація праці, моральне і матеріальне стимулювання праці механізаторів.

### **1.8. Витрата палива і мастильних матеріалів**

Робота машинно-тракторних агрегатів супроводжується експлуатаційними витратами праці механізаторів і допоміжного персоналу, механічної енергії, матеріальних та грошових коштів. Щоб кваліфіковано керувати механізованим аграрним виробництвом, треба вміти аналізувати відносні матеріально-енергетичні витрати і затрати живої праці на одиницю продукції.

Витрати палива в аграрному секторі економіки України становлять 357 кг на 1 га ріллі, або близько 52 кг на тонну сільськогосподарської продукції в зерновому еквіваленті. Забезпечити такий рівень витрат сьогодні Україна не має змоги, тому першочергове завдання – зменшити енергоємність виробництва сільськогосподарської продукції до рівня 20...25 кг/т зернового еквівалента, досягнутого в більшості розвинених країнах. Тому пізнання закономірностей витрати палива, властивих механізованому виробництву сільськогосподарської продукції, дозволить цілеспрямовано вести пошуки його економного використання.

У розрахунках, пов'язаних з використанням машинно-тракторних агрегатів, розрізняють годинну витрату палива на відповідних режимах роботи; змінну витрату, яку визначають за часом роботи та годинною витратою палива на кожному режимі; питому витрату палива на одиницю потужності двигуна або на одиницю гакової потужності трактора за відповідних режимів роботи; погектарну витрату палива; питому витрату, віднесену до одиниці вирощеної або обробленої продукції, наприклад, на 1 т вирощеного і зібраного врожаю чи на 1 т обробленого на току зерна та на одиницю витрачених коштів.

Витрата палива під час роботи агрегату залежить від енергоємності виконуваної операції, умов роботи й завантаження двигуна. Витрату палива робочим агрегатом найзручніше відносити до одиниці виконаної роботи.

Під час виконання сільськогосподарської операції двигун агрегату витрачає паливо на безпосереднє виконання роботи, на самопересування агрегату під час холостих переїздів і на поворотах та на холосту роботу двигуна під час зупинок.

Загальну витрату палива за будь-який відрізок часу роботи агрегату можна визначити, скориставшись таким рівнянням:

$$G_{\text{заг}} = G_p T_p + G_x T_x + G_z T_z, \quad (1.58)$$

де  $G_p$ ,  $G_x$ ,  $G_z$  – годинна витрата палива двигуном трактора під час роботи з навантаженням, під час холостого ходу агрегату, під час холостої роботи двигуна на зупинці;  $T_p$ ,  $T_x$ ,  $T_z$  – тривалість роботи агрегату з навантаженням, на холостому ходу та на зупинках з працюючим двигуном, год.

Витрату палива на один гектар обробленої площі обчислюють за формулою:

$$g_{\text{за}} = \frac{G_p T_p + G_x T_x + G_z T_z}{W_{\text{зм}}}. \quad (1.59)$$

Для економічного виконання сільськогосподарських робіт машинно-тракторні агрегати треба утримувати у справному стані, складати оптимальні маршрути руху агрегатів по полях і правильно комплектувати агрегати.

Висока продуктивність і економічність агрегату забезпечуються оптимальним регулюванням всіх механізмів трактора й машин. Практика експлуатації показує, що внаслідок неправильного регулювання або порушення регулювання в процесі роботи погіршується ефективність агрегату.

Порушення регулювання двигуна призводить до різкого підвищення питомої витрати палива, а отже, й до збільшення його погектарної витрати. Численні досліді і практика експлуатації агрегатів показують, що на погектарну витрату палива впливає довжина загінки, на якій здійснюються робочі ходи, і спосіб руху агрегату. Погектарна витрата палива буде тим менша, чим більша довжина загінки.

Для агрегатів слід складати маршрути руху на кожний період польових робіт. Слід добиватися скорочення тривалості зупинок і тим самим зменшувати нераціональну витрату палива. На погектарну витрату палива впливає буксування трактора: чим воно більше, тим більше витрачається палива на обробіток одиниці площі.

Завдяки правильній експлуатації машинно-тракторних агрегатів добиваються значної економії палива й мастильних матеріалів, зниження собівартості виконання механізованих робіт, зменшення витрат на використання техніки.

## 1.9. Витрати праці під час виконання механізованих робіт

Витрати праці  $Z_n$  на виконання механізованих робіт характеризують досконалість виробничого процесу. Чим раціональніше організований процес, в основу якого покладено прогресивні прийоми, тим менші витрати праці, дешевіша сільськогосподарська продукція. Якщо роботу виконують машинно-тракторні агрегати, витрати праці залежать від кількості обслуговуючого персоналу і продуктивності агрегатів:

$$Z_n = \frac{n_m + n_{\partial.n}}{W_{\Sigma, \text{ЗМ}}}, \quad (1.60)$$

де  $n_m$  – кількість механізаторів, які обслуговують агрегат;  $n_{\partial.n}$  – кількість допоміжних працівників;  $W_{\Sigma, \text{ЗМ}}$  – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Якщо ж агрегат обслуговує не постійна кількість працівників (наприклад, під час роботи посівного агрегату один механізатор зайнятий частково – тільки підвозить мінеральні добрива і зайнятий при цьому протягом двох-трьох годин, останні три-чотири години він зайнятий на виконанні іншої роботи), витрати праці (год/га) слід визначати за таким рівнянням:

$$Z_n = \frac{n_1 T_1 + n_2 T_2 + \dots + n_i T_i}{W_{\text{ЗМ}}}, \quad (1.61)$$

де  $n_1, n_2, \dots, n_i$  – кількість робітників, які обслуговують агрегат;  $T_1, T_2, \dots, T_i$  – тривалість роботи відповідних робітників протягом зміни, год;  $W_{\text{ЗМ}}$  – змінна продуктивність агрегату, га.

Отже, для зменшення витрат праці агрегати треба складати так, щоб кількість обслуговуючого персоналу була найменша, а робота агрегатів була організована найраціональніше, щоб забезпечувався максимальний виробіток за найвищої якості виконання робіт.

Витрати праці на одиницю виробленої продукції визначають за формулою:

$$Z_{n.n} = \frac{\Sigma Z_{n_i}}{U_{\kappa}}. \quad (1.62)$$

Чим менші витрати праці з кожної операції і більший урожай, тим менші питомі витрати на вироблену продукцію. Головними резервами зниження витрат праці є впровадження прогресивних технологічних процесів, виконуваних комплексами машин, високий рівень використання техніки, одержання високих врожаїв сільськогосподарських культур.

### 1.10. Питомі експлуатаційні витрати під час роботи машинного агрегату

Питомі експлуатаційні витрати та одиницю виконаної роботи визначають за формулою:

$$C_{\text{пит}} = C_{\text{оп}} + C_{\text{пм}} + C_{\text{рен}} + C_{\text{крто}}, \quad (1.63)$$

де  $C_{\text{оп}}$  – витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн/га;  $C_{\text{пм}}$  – витрати на пально-мастильні матеріали, грн/га;  $C_{\text{рен}}$  – витрати на реновацію складових машинного агрегату, грн/га;  $C_{\text{крто}}$  – витрати на капітальний ремонт та технічне обслуговування складових машинного агрегату, грн/га.

Витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу визначають за формулою:

$$C_{\text{оп}} = \sum \frac{m_i t_i}{W_{\text{зм.н}}}, \quad (1.64)$$

де  $m_i$  – кількість механізаторів та допоміжних працівників, які обслуговують агрегат, осіб;  $t_i$  – годинна тарифна оплата по  $i$ -тому розряду, грн/год;  $W_{\text{зм.н}}$  – змінна норма виробітку, грн/га.

Витрати на реновацію складових машинного агрегату визначають за формулою:

$$C_{\text{рен}} = \sum \frac{B_i a_{\text{рен.і}}}{100 W_{\text{з.ек}} T_{\text{р.і}}}, \quad (1.65)$$

де  $B_i$  – балансова вартість складових машинного агрегату, грн.;  $a_{\text{рен.і}}$  – норми відрахувань на реновацію складових машинного агрегату, %;  $W_{\text{з.ек}}$  – продуктивність машинного агрегату за годину експлуатаційного часу, га/год;  $T_{\text{р.і}}$  – нормативні річні завантаження складових машинного агрегату, год.

Витрати на капітальний ремонт і технічне обслуговування складових машинного агрегату визначають за формулою:

$$C_{\text{крто}} = \sum \frac{B_i (a_{\text{кр.і}} + a_{\text{прто.і}})}{100 W_{\text{з.ек}} T_{\text{р.і}}}, \quad (1.66)$$

де  $a_{\text{кр.і}}$  – норми річних відрахувань на капітальний ремонт, %;  $a_{\text{прто.і}}$  – норми річних відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування складових машинного агрегату, %.



## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке машинно-тракторний агрегат?
2. Як класифікуються машинно-тракторні агрегати?
3. Які вимоги щодо комплектування агрегатів?
4. Якими показниками характеризуються експлуатаційні властивості тракторних двигунів?
5. Що таке питома витрата палива? Як вона залежить від ступеня завантаження двигуна?
6. У чому полягає суть регуляторної характеристики?
7. Як визначається ефективний коефіцієнт корисної дії двигуна?
8. Що таке коефіцієнт пристосовності двигуна?
9. Яким вимогам має відповідати трактор?
10. Що таке баланс потужності трактора і які його складові?
11. Якими основними показниками характеризуються тягові властивості тракторів?
12. Які є заходи поліпшення зчіпних властивостей тракторів?
13. Як будується тягова характеристика трактора?
14. У чому полягає суть тягових випробувань тракторів?
15. Чим характеризується тяговий баланс агрегату для рівномірного руху?
16. Як визначається дотична сила тяги трактора?
17. Що таке рушійна сила? Як її визначають?
18. Як визначити зчіпну вагу трактора? Як впливає вона на тягові властивості тракторів?
19. Які є залежності для обчислення опору руху трактора під час перекошування і на підйомі?
20. У чому полягає суть тягових опорів робочих машин?
21. Що таке питомий опір ґрунту під час роботи агрегатів? Які розміри питомого опору ґрунту для виконання технологічних операцій?
22. Як впливає робоча швидкість на питомий опір ґрунту? За якою залежністю можна визначити цей вплив?
23. У чому полягає призначення зчіпок? Як вони класифікуються?
24. Як визначити фронт зчіпки?
25. Що називається продуктивністю агрегату, в яких одиницях вона вимірюється?
26. Що таке теоретична, технічна і фактична продуктивність агрегату? Які розрахункові формули для їх визначення?
27. Які складові входять до балансу часу зміни?
28. Як визначити коефіцієнт використання часу зміни, які є шляхи його збільшення?

29. Як розрахувати продуктивність машинного комплексу і технологічної лінії?
30. Які є основні шляхи підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів?
31. Що таке умовна еталонна одиниця роботи і як ведуть облік тракторних робіт в умовних одиницях?
32. Що таке погектарна витрата палива?
33. Як обчислюють погектарну витрату палива?
34. Від яких факторів залежить погектарна витрата палива?
35. Що таке норма витрати палива?
36. Як визначити витрату мастильних матеріалів?
37. Які шляхи зменшення погектарної витрати палива?
38. Як обчислюють питомі витрати праці на виконання технологічної операції?
39. Як визначають витрати праці на одиницю виробленої продукції?
40. Як визначають питомі експлуатаційні витрати та одиницю виконаної роботи?
41. Як визначають витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу?
42. Як визначають витрати на реновацію складових машинного агрегату?
43. Як визначають витрати на капітальний ремонт і технічне обслуговування складових машинного агрегату?



## РОЗДІЛ II

### ВИКОРИСТАННЯ

#### ТРАНСПОРТНИХ І НАВАНТАЖУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

##### 2.1. Транспортне обслуговування збиральних агрегатів

З метою забезпечення неперервності збирального процесу необхідно визначити кількість транспортних засобів, яка забезпечить безперервну роботу збиральних агрегатів. Цю кількість визначають за формулою:

$$n_{mз} = \frac{t_p}{t_n + t_{mз}}, \quad (2.1)$$

де  $t_p$  – тривалість рейсу транспортного засобу, хв;  $t_n$  – тривалість наповнення кузова транспортного засобу технологічним матеріалом, хв;  $t_{mз}$  – тривалість однієї технологічної зупинки збирального агрегату, пов'язаної із зміною транспортних засобів, хв.

Тривалість рейсу визначають за формулою:

$$t_p = t_n + t_{mз} + t_{\text{в}} + t_{\text{зв}} + t_{\text{взб}} + t_{\text{роз}} + t_o + t_{\text{об}}, \quad (2.2)$$

де:  $t_{\text{в}}$  – тривалість поїздки транспортного засобу з вантажем, хв;  $t_{\text{зв}}$  – витрати часу на зважування вантажу, хв;  $t_{\text{взб}}$  – витрати часу на відкривання і закривання бортів, хв;  $t_{\text{роз}}$  – тривалість розвантажування транспортного засобу, хв;  $t_o$  – витрати часу на оформлення документів вантажів, хв;  $t_{\text{об}}$  – тривалість поїздки транспортного засобу без вантажу, хв.

Складові тривалості рейсу  $t_{\text{зв}}$ ,  $t_{\text{взб}}$  і  $t_o$  належать до додаткової допоміжної роботи. Нормативи часу на елементи останньої наведені в таблиці 2.1.

Тривалість розвантажування транспортних засобів (причепів) визначається їх кількістю в складі тракторно-транспортного агрегату, типом кузова, особливостями конструкції надставних бортів (суцільні, ґратчасті, сітчасті, низькі, високі тощо), кількістю платформ у причепі, конструктивними особливостями механізму відкривання бортів, способом розвантажування та іншим. Для практичних розрахунків тривалість розвантажування причепів шляхом перекидання платформи можна приймати  $t_{\text{роз}} = 3,6$  хв.

Таблиця 2.1

**Нормативи часу на елементи допоміжних робіт, хв**

Елементи допоміжної роботи	Кількість причепів	
	один	два
Зважування вантажу	1,5	2,0
Очищення кузова	1,0	1,5
Відкривання бортів	0,5	0,8
Закривання бортів	1,0	1,6
Ув'язування та розв'язування вантажів	6,0	10,0
Оформлення документів	1,0	1,0
Маневрування агрегату	2,0	3,0
Причіплювання причепа	4,0	-
Відчіплювання причепа	3,0	-
Відкривання та закривання люка	1,5	-
Опускання і витягування шланга	1,5	-
Включення і виключення насоса	1,0	-
Одягання протигаза	1,0	-

Тривалість наповнення кузова транспортного агрегату визначають за формулою:

$$t_{\text{нап}} = \frac{600V_{\text{кн}}\rho_v\psi}{B_p g_p U_{\text{ск}}}, \quad (2.3)$$

де  $V_{\text{кн}}$  – місткість кузова тракторного причепа, м<sup>3</sup>;  $\rho_v$  – об'ємна маса вантажу, т/м<sup>3</sup>;  $\psi$  – коефіцієнт використання місткості кузова транспортного засобу (в розрахунках приймати  $\psi = 1,0$ );  $B$  – робоча ширина захвату збирального агрегату, м;  $v_p$  – робоча швидкість збирального агрегату, км/год;  $U_{\text{ск}}$  – урожайність сільськогосподарської культури, яку збирають, т/га.

Тривалість поїздки транспортного засобу з вантажем становить

$$t_{\text{зв}} = \frac{60l_{\text{зв}}}{v_{\text{зв}}}, \quad (2.4)$$

де  $l_{\text{зв}}$  – відстань руху транспортного засобу з вантажем, км;  $v_{\text{зв}}$  – швидкість руху транспортного засобу з вантажем, км/год.

Тривалість поїздки транспортного засобу без вантажу становить:

$$t_{\text{бв}} = \frac{60l_{\text{бв}}}{v_{\text{бв}}}, \quad (2.5)$$

де  $l_{\text{об}}$  – відстань руху транспортного засобу без вантажу, км;  
 $v_{\text{об}}$  – швидкість руху транспортного засобу без вантажу, км/год.

Швидкості руху тракторно-транспортних агрегатів диференційовані залежно від марки трактора, номінальної вантажопідйомності причепа, групи доріг (швидкість руху без вантажу) та групи доріг і класу вантажу (швидкість руху з вантажем). Значення швидкостей руху тракторних транспортних агрегатів наведені в типових нормах виробітку і витрачання палива на тракторно-транспортні роботи у сільському господарстві.

Під час проектування транспортних робіт вантажі за ступенем використання номінальної вантажності тракторного причепа поділяють на чотири класи. Ступінь використання номінальної вантажності характеризується коефіцієнтом використання вантажності, який визначають як відношення фактично перевезеної маси вантажу до номінальної вантажності причепа:

$$\gamma_{\text{с.пр}} = \frac{q_{\text{т}}}{q_{\text{н.пр}}} = \frac{V_{\text{кп}} \rho_{\text{в}} \psi}{q_{\text{н.пр}}}, \quad (2.6)$$

де  $q_{\text{т}}$  – маса вантажу, що його перевозять за одну поїздку, т;  
 $q_{\text{н.пр}}$  – номінальна вантажність тракторного причепа, т.

Вантажі, які забезпечують ступінь використання номінальної вантажності, що дорівнює 1, належать до першого класу; 0,71...0,99 – до другого; 0,51...0,7 – до третього і 0,41...0,5 – до четвертого класу.

Під час проектування транспортних операцій слід намагатися повною мірою використовувати номінальну вантажність транспортних засобів. Дослідження свідчать, що 1% недовикористання вантажності самохідних машин з дизельним двигуном у разі завантажень понад 50% призводять до збільшення сумарних шкідливих викидів на 1,3% та перевитрати палива на 1,1%. Підвищення коефіцієнта використання вантажності на 1% понад 0,5 номінальної сприяє зниженню сумарних шкідливих викидів на 1...1,4% та зменшенню витрати палива на 1,2...2%.

**За видом і станом покриття доріг**, які визначають швидкість тракторно-транспортних агрегатів, дороги об'єднують у такі три групи:

I – з твердим покриттям, ґрунтові міжселищні в доброму стані та снігові добре второвані;

II – гравійні; щебеневі розбиті; піщані, міжселищні, ґрунтові, роз'їжджені після дощу; стерня зернових; задернілий ґрунт із твердим станом взимку і влітку;

III – розбиті, з глибокими коліями, після відлиги, гребенисті; рілля нормальної вологості й замерзла, поле після збирання коре-

небульбоплодів, перезволожено; бездоріжжя у весняний та осінній паводки; снігове покриття завглибшки до 15 см.

Визначивши складові часу рейсу транспортного засобу, можна розрахувати потребу в ньому для забезпечення безперебійної роботи збиральних агрегатів в конкретних умовах. Викладена методика найбільшою мірою орієнтована на способи руху збиральних агрегатів, за яких впродовж часу рейсу завантажування кузова не переривається.

Узгодженість роботи збиральних агрегатів і обслуговуючих їх транспортних засобів відображують на графіку, який показує, як відбуваються в часі чергування та взаємодія основних елементів робочого циклу машинних агрегатів в процесі роботи. За графіком можна визначити і потребу в транспортних засобах. Під час побудови графіків на осі абсцис відкладають час роботи агрегатів (хв), а на осі ординат – шлях, що його проходять збиральний і транспортні агрегати (м).

Шлях  $l_{зрх}$  (м), що його проходить збиральний агрегат до повного наповнення кузова транспортного засобу продукцією, яку збирають з поля, визначають за формулою:

$$l_{зрх} = \frac{10^4 V_{кп} \rho_e \psi}{B_p U_{ск}}, \quad (2.7)$$

Шлях  $l_{зрх}$  називають запасом робочого ходу агрегату за технологічною місткістю і він визначає довжину шляху агрегату між двома послідовними замінами транспортних засобів.

Графік складають таким чином, щоб до моменту наповнення кузова транспортного засобу під час його руху поряд із збиральним агрегатом, був на черзі наступний (другий) транспортний засіб, готовий для прийняття збіраної продукції, потім третій, четвертий і доти, доки знову не підійде до збирального агрегату перший транспортний засіб після виконання транспортної роботи – перевезення вантажу до місця його використання.

Для засвоєння послідовності виконання розрахунку розглянемо приклад визначення потреби в транспортних засобах (трактор ЮМЗ-6АК1 і причеп 2ПТС-4-887Б) для обслуговування гичкозбирального агрегату в складі трактора МТЗ-80 та гичкозбиральної машини БМ-6Б.

Вихідні дані: урожайність гички  $U_{ск} = 10$  т/га; її об'ємна маса  $\rho = 0,35$  т/м<sup>3</sup>, ширина захвату гичкозбиральної машини  $B=2,7$ м; швидкість руху гичкозбирального агрегату  $v=6,0$  км/год; відстань від поля до місця використання гички  $l_{зв} = l_{об} = 2,5$  км; рух тракторно-транспортного агрегату здійснюється на гравійній дорозі.

Із технічної характеристики причепа 2ПТС-4-887Б знаходимо, що з основними бортами його вантажність  $q_{н.пр} = 4$  т, а місткість кузова  $V_{кп} = 5\text{ м}^3$ .

У типових нормах на механізовані сільськогосподарські роботи знаходимо, що  $t_{то} = 1,8$  хв.,  $t_{за} = 1,5$  хв.,  $t_{зб} = 1,5$  хв. і  $t_{ог} = 1,0$  хв. За видом покриття гравійна дорога належить до II групи.

Скориставшись формулою (2.6), розраховуємо коефіцієнт використання вантажності причепа:

$$\gamma_{с.пр} = \frac{(5 \times 0,35 \times 1)}{4} = 0,44$$

Отже, гичка як транспортований вантаж, належить до четвертого класу.

За типовими нормами на тракторно-транспортні роботи знаходимо, що для агрегату в складі трактора ЮМЗ-6АКЛ і причепа вантажністю 4 тонни швидкість руху без вантажу на дорогах II групи становить  $v_{бб} = 19$  км/год., а швидкість руху з вантажем четвертого класу на дорогах другої групи  $v_{зб} = 15$  км/год.

За формулою (2.3) визначаємо тривалість наповнення гичкою кузова причепа 2ПТС-4-887Б:

$$\frac{t_{наб}(600 \times 5 \times 0,35 \times 1)}{2,7 \times 6,0 \times 10} = 6,5 \text{ хв.}$$

Тривалість поїздки тракторно-транспортного агрегату з гичкою за формулою (2.4) становить:

$$\frac{t_{зв}(60 \times 2,5)}{15} = 10 \text{ хв.,}$$

а без гички за формулою (2.5) становить:

$$\frac{t_{г}(60 \times 2,5)}{19} = 8 \text{ хв.}$$

Звідси тривалість рейсу за формулою (2.2) дорівнюватиме:

$$t_p = 6,5 + 1,8 + 10 + 1,5 + 1,5 + 3,6 + 1,0 + 8 = 34 \text{ хв.}$$

Використовуючи формулу (2.1), визначаємо необхідну кількість транспортних засобів для обслуговування гичкозбирального агрегату:

$$n_{тр} = \frac{34}{(6,5 + 1,8)} = 4.$$

За формулою (2.7) розраховуємо довжину шляху, який проходить гичкозбиральний агрегат між двома послідовними змінами транспортних засобів:

$$l_{зрх} = \frac{(10^4 \times 5 \times 0,35 \times 1)}{(2,7 \times 10)} = 648 \text{ м.}$$

За визначеною відстанню перевезення гички та розрахованими й прийнятими складовими тривалості рейсу будуємо графік уз-

годження та взаємодії гичкозбирального агрегату і тракторно-транспортних засобів (рис. 2.1).

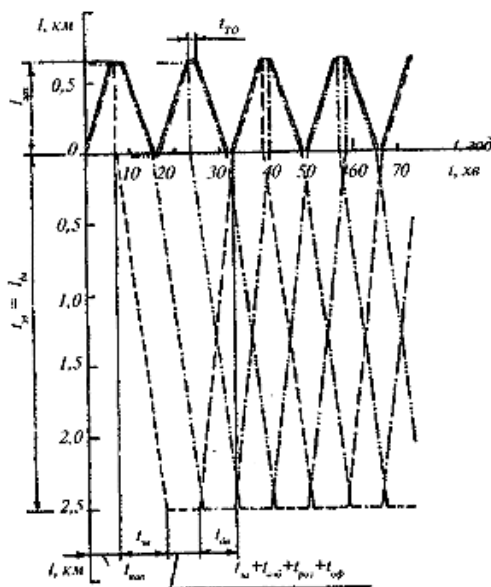


Рис. 2.1. Графік узгодження роботи гичкозбирального агрегату МТЗ-80 + БМ-6Б і транспортних агрегатів ЮМЗ-6АКЛ + 2ПТС-4-887:

- робота гичкозбирального агрегату;
- 1-й транспортний агрегат;
- 2-й транспортний агрегат;
- 3-й транспортний агрегат;
- ..... 4-й транспортний агрегат.

## 2.2. Розрахунок кількості автомобілів для обслуговування зернозбиральних комбайнів

Під час групової роботи зернозбиральних комбайнів у складі збирально-транспортного загону кількість автомобілів для обслуговування комбайнів визначають за формулою:

$$n_{\text{СК}} = \frac{n_{\text{к}} t_{\text{р}} W_{\text{зм}}}{60 q_{\text{на}} \gamma_{\text{са}}}, \quad (2.8)$$

де  $n_k$  – кількість комбайнів у групі;  $t_p$  – тривалість рейсу автомобіля, хв;  $W_{zt}$  – продуктивність комбайна (по зерну), т/год;  $q_{на}$  – номінальна вантажність автомобіля, т;  $\gamma_{ca}$  – коефіцієнт використання вантажності.

Необхідність в обслуговуванні комбайна зумовлена заповненням його бункера зерном. Тривалість заповнення бункера визначають за формулою:

$$t_{нав} = \frac{60V_{бз}\rho_z\psi}{W_zU_z}, \quad (2.9)$$

де  $V_{бз}$  – місткість бункера для зерна комбайна, м<sup>3</sup>;  $\rho_z$  – об'ємна маса зерна, т/м<sup>3</sup>;  $\psi$  – коефіцієнт використання місткості бункера для зерна;  $W_z$  – продуктивність комбайна за 1 год чистої роботи, га/год;  $U_z$  – урожайність зерна, т/га.

Підставимо у формулу (2.9) продуктивність комбайна:

$$W_z = 0,1B_p g_p, \quad (2.10)$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату жатки комбайна, м;  $v_p$  – робоча швидкість руху комбайна, км/год.

Тоді формула (2.9) прийме вид:

$$t_{нав} = \frac{600V_{бз}\rho_z\psi}{B_p g_p U_z}. \quad (2.11)$$

Про визначення робочої швидкості комбайна йшлося вище.

Тривалість рейсу автомобіля визначають з виразу:

$$t_p = t_{рух} + t_{зав} + t_{зв} + t_{роз}, \quad (2.12)$$

де  $t_{рух}$  – тривалість руху автомобіля з вантажем і без вантажу, хв;  $t_{зав}$  – тривалість повного завантажування автомобіля зерном у полі, хв;  $t_{зв}$  – витрати часу на зважування автомобіля з розрахунку на один рейс, хв;  $t_{роз}$  – тривалість розвантажування автомобіля на току (зерноочисному пункті), хв.

Тривалість руху автомобіля з вантажем і без вантажу становить:

$$t_{рух} = \frac{60l_a}{g_{рпп}\beta_a}, \quad (2.13)$$

де  $l_a$  – відстань перевезення зерна (або пробіг з вантажем за рейс чи довжина завантаженої поїздки), км;  $v_{рпп}$  – розрахункова швидкість автомобіля, км/год (для природних ґрунтових доріг, що належать до III групи,  $v_{рпп} = 28$  км/год);  $\beta_a$  – коефіцієнт використання пробігу автомобіля,  $\beta_a = 0,5$ .

Тривалість повного завантаження автомобіля в полі залежить від організації перевезень зерна від комбайнів. У разі використання нагромаджувача-перевантажувача:

$$t_{зав} = \frac{60q_a}{W_{нп}}, \quad (2.14)$$

де  $q_a$  – номінальна вантажопідйомність автомобіля, яким перевозять зерно від комбайнів, т;  $W_{нп}$  – продуктивність перевантажувального пристрою нагромаджувача-перевантажувача, т/год.

У разі прямих перевезень зерна від комбайнів:

$$t_{зав} = t_{вив}n_{\delta} + t_{пер}(n_{\delta} - 1), \quad (2.15)$$

де  $t_{вив}$  – тривалість вивантажування зерна із бункера комбайна, хв;  $n_{\delta}$  – кількість бункерів зерна, що вміщуються в кузові автомобіля;  $t_{пер}$  – витрати часу на переїзд автомобіля від одного комбайна до другого, коли у кузові нагромаджується зерно з двох і більше бункерів комбайнів збиральної ланки.

Тривалість механізованого вивантажування зерна із бункера зернозбирального комбайна визначають за формулами:

під час вивантажування зерна на зупинках:

$$t_{вив} = \frac{1000V_{\delta 3}\rho_3\psi}{60W_{ш}}, \quad (2.16)$$

під час вивантажування на ходу:

$$t_{вив} = \frac{1000V_{\delta 3}\rho_3\psi}{60W_{ш}} \left( 1 + \frac{B_p g_p U_3}{36W_{ш}} \right), \quad (2.17)$$

де  $V_{\delta 3}$  – місткість бункера, м<sup>3</sup>;  $\rho_3$  – об'ємна маса зерна, т/м<sup>3</sup>;  $\psi$  – коефіцієнт використання місткості бункера,  $\psi = 0,95$ ;  $W_{ш}$  – продуктивність вивантажувального шнека, кг/с (для СК-5М  $W_{ш} = 15$  кг/с; для "Енисей-1200", "Енисей- 1200Н", "Енисей-1200-1"  $W_{ш} = 17$  кг/с; для "Дон-1200", "Дон-1500"  $W_{ш}=40$  кг/с);  $B_p$  – робоча ширина захвату жатки комбайна, м;  $g_p$  – робоча швидкість руху комбайна, км/год;  $U_3$  – урожайність зерна, т/га.

Кількість бункерів, необхідну для завантажування автомобіля (із заокругленням до цілого меншого числа), визначають з урахуванням вантажності автомобіля та маси зерна в бункері:

$$n_{\delta} = \frac{q_{на}}{q_{\delta}} = \frac{q_{на}}{V_{\delta 3}\rho_3\psi}, \quad (2.18)$$

де  $q_{на}$  – номінальна вантажність автомобіля, т;  $q_{\delta}$  – маса зерна в бункері, т;  $V_{\delta 3}$  – місткість бункера, м<sup>3</sup>;  $\rho_3$  – об'ємна маса зерна, т/м<sup>3</sup>;  $\psi$  – коефіцієнт використання місткості бункера зерна,  $\psi = 0,95$ .

Тривалість переїзду автомобіля від одного комбайна до другого, коли у кузові автомобіля нагромаджується зерно з двох і більше



бункерів, приймають у межах  $t_{пер} = 1...3$  хв., але вона не має перевищувати часу, що визначається із відношення:

$$t_{пер} < \frac{t_{цк}}{n_k} = \frac{(t_{нав} + t_{виб})}{n_k}, \quad (2.19)$$

де  $t_{цк}$  – тривалість циклу (заповнення бункера плюс вивантажування зерна з нього) комбайна, хв;  $n_k$  – кількість комбайнів в обслуговуванні ланці.

Витрати часу на зважування автомобіля на автомобільних вагах  $t_{зв} = 4,5$  хв, а тривалість механізованого розвантажування автомобіля  $t_{роз} = 3,6$  хв.

Кількість автомобілів, необхідну для відвезення зерна від комбайнів, визначають за формулою:

$$n_{ав} = \frac{t_p n_k}{(t_{нав} + t_{виб}) n_{б}}. \quad (2.20)$$

Одержане значення заокруглюють до найближчого більшого цілого числа, щоб уникнути простоїв комбайнів в очікуванні автомобілів. За заокругленим значенням  $n_{ав}$  уточнюють тривалість рейсу автомобіля:

$$t_p = \frac{(t_{нав} + t_{виб}) n_{б} n_{ав}}{n_k}. \quad (2.21)$$

Щоб уникнути одночасного заповнення бункерів комбайнів зерном, початок роботи кожного з них зміщують у часі з інтервалом  $t_{пр}$ , який визначають із співвідношення:

$$t_{пр} = \frac{(t_{нав} + t_{виб})}{n_k}.$$

Для визначення черговості надходження відповідних автомобілів до відповідних комбайнів з метою вивантажування зерна будують графік узгодження їх роботи. Його будують таким чином, щоб до закінчення заповнення зерном бункера кожного із комбайнів був вільний автомобіль для вивантажування в нього зерна. На графіку вивантажування зерна  $t_{виб}$  має починатися в кінці часу заповнення зерном  $t_{нав}$  бункера відповідного комбайна.

Для зменшення втрат урожаю під час транспортування рівень зерна в кузові автомобіля має бути на 10...15 см нижчий від верхніх кромek бортів, які нарощують для повнішого використання вантажності автомобілів. При цьому вантажна висота автомобілів з додатковими бортами не має перевищувати вантажну висоту комбайнів. Вантажна висота комбайна – це відстань від рівня землі до нижньої точки кожуха вивантажувального шнека, що віддалена від його вільного кінця приблизно на 1,2...1,3 м. Максимальну висоту

додаткових бортів визначають як різницю між вантажною висотою комбайна та вантажною висотою автомобіля по основних бортах.

Під час обслуговування комбайнів автомобілі можуть завантажуватися як на зупинках, так і на ходу. У першому випадку завантажування автомобіля визначається місткістю кузова та місткістю бункера комбайна, у другому – тільки місткістю кузова автомобіля.

Розрахункові залежності для визначення висоти додаткових бортів  $h_{\delta}$  такі:

під час вивантажування зерна на зупинках:

$$h_{\delta} = \frac{V_{\delta 3} n_{\delta} - V_{ka}}{F_{en}} + 0,1(h_{ak} - h_{ea}), \quad (2.22)$$

під час вивантажування на ходу:

$$h_{\delta} = \frac{q_{na} - V_{ka} \rho_3}{\rho F_{en}} + 0,1(h_{ak} - h_{ea}), \quad (2.23)$$

де  $V_{\delta 3}$ ,  $V_{ka}$  – місткість, відповідно, бункера для зерна комбайна і кузова автомобіля, м<sup>3</sup>;  $n_{\delta}$  – ціле число бункерів зерна, що перевозять автомобілем за рейс:

$$n_{\delta} = \frac{q_{na}}{V_{na} \rho_3 \psi}, \quad (2.24)$$

$q_{na}$  – номінальна вантажність автомобіля, т;  $\rho_3$  – об'ємна маса зерна, т/м<sup>3</sup>;  $F_{en}$  – площа вантажної платформи автомобіля, м<sup>2</sup>;  $h_{ak}$  – вантажна висота комбайна, м;  $h_{ea}$  – вантажна висота автомобіля на основних бортах, м.

Послідовність розрахунків розглядаємо на прикладі визначення кількості автомобілів ГАЗ-53Б, необхідних для перевезення зерна озимої пшениці від трьох зернозбиральних комбайнів „Дон–1500Б” за таких вихідних даних: урожайність зерна  $U_3 = 4$  т/га, його об'ємна маса  $\rho_3 = 0,79$  т/м<sup>3</sup>, робоча ширина захвату жатки  $B_p = 4,8$  м, робоча швидкість руху комбайна  $v_p = 5,6$  км/год, а відстань перевезення зерна  $l_{\delta} = 6$  км.

З технічної характеристики комбайна знаходимо, що місткість бункера зерна становить  $V_{\delta 3} = 6$  м<sup>3</sup>, а з технічної характеристики автомобіля – номінальну вантажність  $q_{na} = 4,5$  т і вантажну висоту по бортах  $h_{ea} = 1,93$  м. Внутрішні розміри платформи – 3740 x 2170 x 580 мм, за якими місткість кузова становить  $V_{ka} = 4,7$  м<sup>3</sup>; площа вантажної платформи  $F_{en} = 8,1$  м<sup>2</sup>.

Приймаємо, що коефіцієнт використання місткості бункера для зерна  $\psi = 0,95$ , розрахункова швидкість автомобіля  $v_{poz} = 28$  км/год, тривалість зважування автомобіля  $t_{3a} = 4,5$  хв, а його механізованого розвантажування  $t_{poz} = 3,6$  хв, продуктивність вивантажувального шнека  $W_{ш} = 40$  кг/с, вивантажування зерна з бункера комбай-

на здійснюється на ходу, а його вантажна висота  $h_{\text{вк}} = 2,45$  м.

Тривалість заповнення бункера комбайна зерном буде рівною:

$$t_{\text{нав}} = \frac{600 \times 6 \times 0,79 \times 0,95}{4,8 \times 5,6 \times 4} = 25,1 \text{ хв};$$

тривалість руху автомобіля з вантажем і без нього:

$$t_{\text{рух}} = \frac{60 \times 6}{28 \times 0,5} = 25,7 \text{ хв.}$$

Маса зерна в одному бункері комбайна становитиме:

$$q_6 = V_{\text{бк}} \rho_z \eta = 6 \times 0,79 \times 0,95 = 4,5 \text{ т.}$$

Кількість бункерів, необхідних для завантажування автомобіля, дорівнює:

$$n_6 = 4,5 / 4,5 = 1.$$

Оскільки у кузові автомобіля нагромаджується зерно тільки з одного бункера, то переїзди автомобіля від одного комбайна до другого не матимуть місця, а тому  $t_{\text{пер}} = 0$ .

Тривалість вивантажування зерна із бункера комбайна становитиме:

$$t_{\text{нав}} = \frac{1000 \times 6 \times 0,79 \times 0,95}{60 \times 40} \left( 1 + \frac{4,8 \times 5,6 \times 4}{36 \times 40} \right) = 2 \text{ хв.},$$

а тривалість завантажування автомобіля дорівнює  $t_{\text{зав}}$ , оскільки має місце:

$$t_{\text{зав}} = 2 \times 1 + 0(1 - 1) = 2 \text{ хв.}$$

Тоді тривалість рейсу буде становити:

$$t_p = 25,7 + 2 + 4,5 + 3,6 = 35,8 \text{ хв.},$$

а необхідна кількість автомобілів для відвезення зерна від комбайнів становитиме:

$$n_{\text{ав}} = \frac{35,8 \times 3}{(25,1 + 2) \cdot 1} = 3,96 \text{ авт.}$$

Приймаємо 4 автомобілі та уточнюємо тривалість рейсу автомобіля:

$$t_p = \frac{(25,1 + 2) \times 1 \times 4}{3} = 36,1 \text{ хв.}$$

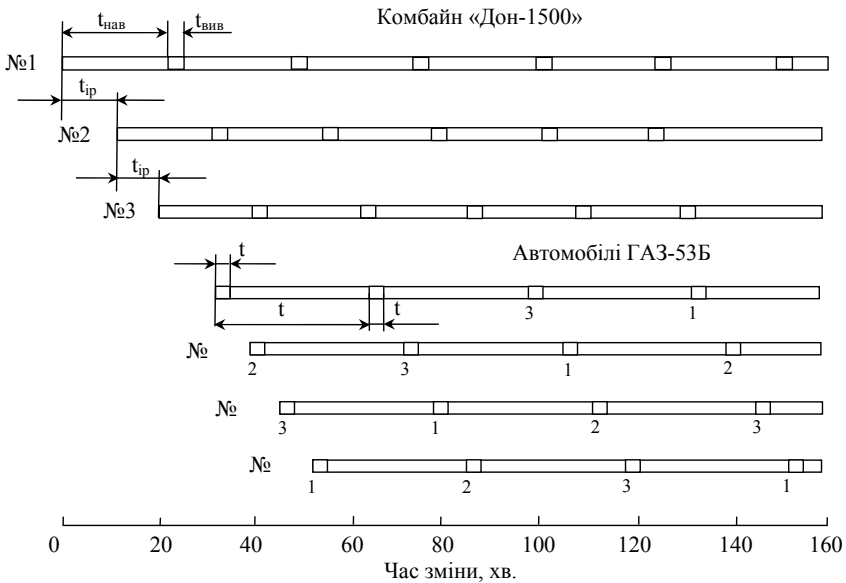
Час простою автомобіля за рейс становить:

$$t_{\text{пр}} = 36,1 - 35,8 = 0,3 \text{ хв.}$$

Для побудови графіка узгодження роботи комбайнів і автомобілів у складі збирально-транспортного загону визначаємо інтервал руху між комбайнами:

$$t_{ip} = \frac{25,1+2}{3} = 9 \text{ хв.}$$

На рис. 2.2. наведено графік узгодження роботи комбайнів і автомобілів, побудований на підставі проведених розрахунків. У верхній його частині в прийнятому масштабі відкладають час роботи комбайнів, який для окремого комбайна є послідовністю відрізків тривалості заповнення бункера зерном  $t_{нав}$  і тривалості вивантажування зерна  $t_{вив}$ . Початок роботи комбайнів зміщений один щодо другого на розраховану величину інтервалу руху в часі  $t_{ip}$ .



**Рис. 2.2. Графік узгодження роботи збирально-транспортного загону**

Нижче ліній, що інтерпретують роботу комбайнів, проводять послідовно відрізки тривалості рейсу  $t_p$  автомобіля з виділенням часу на завантажування з-під комбайна  $t_{зав}$ . Початок роботи окремих автомобілів зміщений у часі, як і початок роботи комбайнів. Початок завантажування автомобіля відповідає закінченню заповнення бункера комбайна зерном.

На графік наносять шкалу часу зміни, а також значення  $t_{нав}$ ,  $t_{вив}$ ,  $t_{зав}$ , уточнену тривалість рейсу  $t_p$ , інтервал руху комбайнів  $t_{ip}$ , їх номери та номери автомобілів. На рис. 2.2. під лінією роботи окре-

мого автомобіля цифрами "1", "2" і "3" позначені номери обслуговуваних комбайнів.

Якщо автомобіль може прийняти в кузов два бункери зерна, то тривалість завантажування автомобіля впродовж рейсу включатиме час двох вивантажувань зерна з-під комбайнів і час на переїзд від одного комбайна до другого.

Отже, графік узгодження спільної роботи комбайнів і автомобілів показує, як відбувається в часі чергування основних елементів робочого циклу технологічних і транспортних агрегатів, що входять до складу збирально-транспортного загону. Розрахункові (вихідні) дані для побудови графіка уточнюються за результатами контрольних обмолотів перед початком збирання зернових.

Визначаємо доцільність і можливість нарощування бортів для автомобілів ГАЗ-53Б, що відвозять зерно від комбайнів "Дон-1500". Для цього скористаємося відповідною формулою, за якою одержуємо:

$$h_6 = \frac{4,5 - 4,7 \times 0,79}{0,79 \times 8,1} + 0,1 = 0,22 (2,45 - 1,93 = 0,52 \text{ м.})$$

Таким чином, для повнішого використання вантажопідйомності автомобіля на перевезенні зерна від комбайнів і завантажуванні його на ходу слід наростити основні борти на 220 мм. За такої висоти додаткових бортів автомобіль пройде під вивантажувальним шнеком, оскільки різниця між вантажною висотою комбайна та вантажною висотою автомобіля становить 520 мм.

### **2.3. Комплектування тракторних транспортних агрегатів**

Ефективність використання тракторів на транспортних роботах значною мірою залежить від правильного вибору складу тракторно-транспортного агрегату, тобто кількості причепів, їх типу та загальної вантажності. Основними факторами, що визначають склад тракторного поїзда, є тягові можливості трактора за потужністю двигуна і зчепленню ведучих коліс із ґрунтом, стан шляхів тощо. Тягові можливості трактора за потужністю двигуна і зчепленням ведучих коліс із ґрунтом визначають максимально допустиму повну масу і вантажність агрегатованих причепів, а вони в свою чергу – продуктивність тракторно-транспортного агрегату. Остання залежить також від швидкості його руху, яка відповідно до марки трактора, типу причепа, групи доріг та класу вантажу коливається в межах 7,8...30 км/год.

Максимально допустиму за потужністю двигуна загальну вагу причепів (вага причепів + вага вантажу)  $G_{\text{пр. max}}$  (кН) визначають за формулою:

$$G_{\text{пр. max}} = \frac{P_{\text{дн}} G [f(a_{\text{пр}} - 1) + 1]}{f_{\text{пр}} a_{\text{пр}} + i}, \quad (2.25)$$

де  $P_{\text{дн}}$  – номінальна дотична сила тяги трактора, кН;  $G$  – вага трактора, кН;  $f$ ,  $f_{\text{пр}}$  – коефіцієнти опору коченню, відповідно, трактора і причепа;  $a_{\text{пр}}$ ,  $a_{\text{пр}}$  – коефіцієнти підвищення опору руху (розгону), відповідно, трактора і причепа в момент рушання агрегату з місця у певних дорожніх умовах;  $i$  – схил місцевості, соті частки одиниці.

Номінальну дотичну силу тяги (кН), що її розвиває трактор за потужністю двигуна, можна визначити за формулою:

$$P_{\text{дн}} = \frac{10 N_{\text{ен}} i_T \eta_{\text{мз}}}{r_k n_n}. \quad (2.26)$$

де  $N_{\text{ен}}$  – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт;  $i_T$  – передатне відношення трансмісії трактора на розрахунковій передачі;  $\eta_{\text{мз}}$  – механічний к.к.д. трансмісії (для гусеничних тракторів з урахуванням втрат на тертя в шарнірах гусеничних ланцюгів);  $r_k$  – радіус кочення, м;  $n_n$  – номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна, хв<sup>-1</sup>.

Необхідні для підрахунку  $P_{\text{дн}}$  вихідні величини є в технічних характеристиках тракторів. Слід зазначити, що максимально допустиму вагу буксированих причепів визначають щодо ділянки маршруту з найбільшим опором коченню і за тягового зусилля чи дотичної сили тяги, які відповідають другій передачі. При цьому перша передача залишається резервною для подолання підйомів та інших особливо важких ділянок шляху.

Радіус кочення для гусеничних тракторів дорівнює радіусу початкового кола  $r_{\text{нк}}$  ведучих зірочок, а для колісних тракторів на пневматичних шинах визначають за формулою:

$$r_k = r_{\text{нк}} + k_{\text{ш}} h_{\text{ш}}, \quad (2.27)$$

де  $r_{\text{нк}}$  – радіус посадочного кола сталевго обода, м;  $k_{\text{ш}}$  – коефіцієнт усадки шини (на твердому ґрунті він дорівнює 0,7; на стерні і перелозі – 0,75; на зораному полі – 0,8);  $h_{\text{ш}}$  – висота поперечного профілю шини, м.

Коефіцієнти підвищення опору розгону трактора і причепа характеризують відносний запас сили тяги трактора, необхідний для подолання додаткових опорів, що виникають під час рушання та розгону агрегату до визначеної швидкості. Ці додаткові опори зумовлені подоланням інерції спокою мас трактора і причепа

(причепів), які рухаються. Значення коефіцієнтів опору коченню і розгону, а також зчеплення ведучих коліс з дорогою наведені в табл. 2.2.

Кількісні значення коефіцієнтів опору коченню причепів де-що відрізняються від їх значень для тракторів на пневматичних шинах через більший тиск усередині коліс.

Під час визначення максимально допустимої ваги причепів слід враховувати маршрут руху і розрахунок вести щодо ділянки шляху з найбільшим опором коченню.

Якщо тракторно-транспортний агрегат працює на перезволожений ґрунтовій чи сніговій дорозі, вологій стерні, тобто за недостатнього зчеплення ходового апарата з ґрунтом, то рушійна сила обмежується не потужністю двигуна, а умовами зчеплення ведучих коліс з опорною поверхнею. У таких випадках дотичну силу на колесах  $P_{дн}$  треба порівнювати з силою зчеплення ведучих коліс із ґрунтом  $P_{зч.}$ . Якщо сила менша за дотичну силу, то у формулі для розрахунку максимально допустимої ваги причепів замість величини  $P_{дн}$  слід поставити величину  $P_{зч.}$ .

Таблиця 2.2

### Коефіцієнти опору коченню, зчеплення ходових апаратів та підвищення опору руху (розгону)

Вид дороги	Коефіцієнт опору коченню		Коефіцієнт зчеплення ведучих коліс із ґрунтом $\mu$	Коефіцієнт підвищення опору руху (розгону)	
	колісного трактора $f$	причепа $f_{пр}$		трактора $a_{тр}$	причепа $a_{пр}$
Асфальтова і цементно-бетонна	0,014-0,018	0,03-0,04	0,80-0,90	4,35	1,50-3,35
Ґрунтовий шлях сухий	0,03-0,05	0,03-0,14	0,60-0,80	2,48	1,80
Ґрунтовий шлях вологий	0,05-0,10	0,05-0,15	0,30-0,50	1,84	1,76
Зоране поле	0,16-0,20	0,18-0,25	0,40-0,70	1,84-2,12	1,42-1,87
Уторована снігова дорога	0,03-0,05	0,04-0,06	0,30-0,47	3,04	3,00
Снігова цілина	0,24-0,28	0,23-0,30	0,20-0,30	2,20	1,85

Сила зчеплення ведучих коліс із ґрунтом під час агрегування трактора з двовісним причепом становить:

$$P_{зч} = \mu G_{зв}, \quad (2.28)$$

а з одновісним:

$$P_{зч} = \mu \left( G_{зв} + \frac{L_m + l_{np}}{L_T} G_{доо} \right) \quad (2.29)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт зчеплення рушіїв із ґрунтом;  $G_{зв}$  – зчіпна вага трактора (навантаження на рушії), кН;  $L_T$  – поздовжня база трактора, м;  $l_{np}$  – відстань від причіпної скоби до вертикальної площини, яка проходить через вісь задніх коліс трактора, м;  $G_{доо}$  – навантаження, що передається від напівпричепа на причіпне обладнання трактора, кН.

Зчіпна вага трактора  $G_{зв}$ , що дорівнює величині нормальної реакції ґрунту на ведучий апарат, змінюється залежно від стану трактора (перебуває він у стані спокою чи рухається або працює з навантаженням). Для колісних тракторів з одним ведучим мостом, що перебувають у стані спокою, зчіпну вагу з точністю, достатньою для практичних розрахунків, визначають за формулою:

$$G_{зв} = \frac{G(L_T - l_{цм}) \cos \alpha}{L_T} \approx \frac{2}{3} G, \quad (2.30)$$

а для тракторів, що рухаються:

$$G_{зв} = \frac{G(L_T - l_{цм}) \cos \alpha + M_{вк}}{L_T}, \quad (2.31)$$

де  $l_{цм}$  – відстань від центра маси трактора до вертикальної площини, яка проходить через геометричну вісь кочення ведучих (задніх) коліс, м;  $\alpha$  – кут схилу місцевості, град;  $M_{вк}$  – крутний момент на ведучих колесах трактора, кН·м.

За достатнього зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом, коли дотична сила тяги лімітується потужністю і завантаженням двигуна, крутний момент на ведучих колесах визначають за формулою:

$$M_{вк} = P_{дв} r_k, \quad (2.32)$$

а за недостатнього зчеплення:

$$M_{вк} = P_{зч} r_k. \quad (2.33)$$

За недостатнього зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом зчіпну вагу рекомендують визначити за формулою:

$$G_{зв} = \frac{G(L_T - l_{цм}) \cos \alpha}{L_T - \mu r_k}. \quad (2.34)$$



Для гусеничних і колісних тракторів з двома ведучими мостами зчіпна вага (кН) становить:

$$G_m = G \cos \alpha. \quad (2.35)$$

За малих значень кута підймання (до  $7...10^\circ$ ) можна вважати, що  $\cos \alpha = 1$ .

Для двовісного причепа  $G_{\text{доп}} = 0$ . Для одновісного причепа максимальне навантаження, що можна передати на причіпну скобу трактора, визначають за формулою:

$$G_{\text{доп}}^{\text{max}} = \frac{L_T}{L_T + l_{np}} (2G_{2ш, \text{max}} - G_{mt}), \quad (2.36)$$

де  $G_{2ш, \text{max}}$  – максимально допустиме навантаження на шину, кН;  $G_{mt}$  – навантаження на ведучу вісь від експлуатаційної маси, кН.

Навантаження, що передається від причепа на трактор найдоцільніше визначати експериментально шляхом зважування. Для цього завантажений причіп причіпною скобою має спиратися на підпірку, установлену на платформу автомобільних ваг. До того ж колеса причепа мають знаходитися поза платформою. Висота підпірки має дорівнювати відстані від землі до причіпної скоби.

Математична обробка відповідних експериментальних даних про вплив одновісних причепів на зчіпну вагу агрегованих з ними колісних тракторів та розподіл маси цих причепів по точках опори показала, що у разі зміни номінальної вантажності причепів у межах  $q_{н, пр} = 20...90$  кН навантаження, які передаються на причіпну скобу трактора, можна подати у вигляді таких залежностей: без вантажу в причепі:

$$G_{\text{доп. зв}} = 0,6q_{н, пр}, \quad (2.37)$$

з вантажем:

$$G_{\text{доп. зв}} = 4,10 + 1,33q_{н, пр}. \quad (2.38)$$

Наведені залежності рекомендується використовувати для визначення сили зчеплення ведучих коліс тракторів із ґрунтом під час агрегування їх з одновісними причепами.

Визначивши силу зчеплення ведучих коліс з ґрунтом, максимально допустиму вагу причепів у складі тракторно-транспортного агрегату (поїзда), розраховують за формулою:

$$G_{np, \text{max}} = \frac{P_{зч} - G[f(a_{mp} - 1) + i]}{f_{np} a_{np} + i}. \quad (2.39)$$

Кількість причепів в агрегаті становитиме:

$$n_{np} = \frac{G_{np, \max}}{G_{np, x} + 10q_{n, np}\gamma_{c, np}}, \quad (2.40)$$

де  $G_{np, x}$  – вага незавантаженого причепа, кН;  $q_{n, np}$  – номінальна вантажопідйомність причепа, т;  $\gamma_{c, np}$  – статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності причепа. Він становить:

$$\gamma_{c, np} = \frac{V_{кп} \rho_{\psi} M}{q_{n, np}}, \quad (2.41)$$

де  $V_{кп}$  – місткість кузова причепа, м<sup>3</sup>;  $\rho_{\psi}$  – об'ємна маса вантажу, т/м<sup>3</sup>;  $\psi$  – коефіцієнт використання місткості кузова.

Кількість причепів заокруглюють до цілого меншого числа і визначають тяговий опір транспортного агрегату:

$$R_{am} = n_{np} G_{np} (f_{np} + i), \quad (2.42)$$

де  $G_{np} = G_{np, x} + q_{n, np} \gamma_{c, np}$  – вага причепа з вантажем, кН.

Потім визначають показники раціональності складу агрегату, наприклад, коефіцієнт використання номінальної сили тяги трактора:

$$\xi_p = \frac{R_{am}}{P_{mn} \pm Gi}, \quad (2.43)$$

де  $P_{mn}$  – номінальне тягове зусилля трактора на вибраній передачі, кН.

Щоб встановити необхідну для подолання максимального підйому у разі зрушення з місця передачу, слід розрахувати потрібне значення номінального тягового зусилля трактора. Розрахунок ведуть за формулою:

$$P_{mn} \geq G_{np} (f_{np} a_{np} + i) + G[f(a_{mp} - 1) + i]. \quad (2.44)$$

Коефіцієнт використання номінальної сили тяги трактора для транспортних агрегатів знаходиться в межах 0,90...0,95. Для подолання важких дорожніх умов переходять на нижчу передачу.

Розрахований таким чином тракторний поїзд перевіряють на достатність зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом, використовуючи нерівність:

$$P_{зч} - G(fa_{mn} + i) \geq G_{np} n_{np} (f_{np} a_{np} + i). \quad (2.45)$$

Прохідність транспортного агрегату у важких дорожніх умовах можна перевірити за формулою:

$$\frac{G_{зч}}{n_{np} G_{np}} \geq \frac{f_{np} + i}{\mu}. \quad (2.46)$$

Під час комплектування тракторних поїздів слід узгоджувати вантажність причепів з потужністю тракторів. Зокрема, причепа з

малою вантажністю не можуть бути достатньо ефективно використані з потужними тракторами. У разі повного навантаження за тягою одержують дуже довгий поїзд, маневрувати яким утруднено, особливо на вузьких польових шляхах. До складу тракторних поїздів доцільно включати один одновісний причіп, який іде безпосередньо за трактором, і один або кілька двовісних причепів. Включати до складу поїзда більш як один напівпричіп не можна, оскільки наступний у результаті перерозподілу його маси за точками опори буде перевантажувати колеса попереднього.

На поліпшених шляхах на транспортних роботах варто використовувати трактори К-701 і Т-150К. З ними можна скласти такі поїзди: К-701 + напівпричіп ОЗТП-9954 вантажністю 10 т + причіп ОЗТП-8572 вантажністю 13 т; К-701 + напівначипний причіп ОЗТП-8573 вантажністю 14,5 + причіп ОЗТП-8572; Т-150К + напівначипний причіп 1-ПТС-9 моделі ММЗ-771Б вантажністю 9 т + причіп 3-ПТС-12Б моделі ММЗ-768Б вантажністю 12 т. За несприятливих шляхових умов і за наявності значних схилів з трактором Т-150К агрегують один причіп 1ПТС-9, а в особливо важких умовах – 2ПТС-6.

Комплектуючи тракторно-транспортні агрегати, слід впевнитися в справності гальмівної системи, засобів світлової і звукової сигналізації (показники поворотів, гальмування і габаритів, освітлення номерних знаків, сигналу).

Під час агрегування тракторів класу 1,4 з напівпричепами їх з'єднують за допомогою гідрогака. Їх з'єднання з вилкою причіпно-го пристрою не допускається, оскільки розвантажуються передні колеса й погіршується керування трактором.

Для роботи з двовісними причепами на трактор установлюють буксирний пристрій, що має амортизувальну пружину. Його кріплять до кронштейна механізму навішування у разі знятої центральної тяги. Колію передніх і задніх коліс трактора встановлюють не менш як 1600 мм, педалі гальм лівого та правого коліс блокують, а колеса перевіряють на одночасність гальмування.

Для прикладу обґрунтуємо склад тракторно-транспортного агрегату для перевезення лляної трести з поля до льонопереробного пункту. Для цього є трактори МТЗ-80, напівпричепи 1ПТС-4 та причепи 2ПТС-4М-785А. Умови руху агрегату такі: льонище, де розміщена треста, знаходиться на відстані 50 м від польової дороги; польова ґрунтова дорога, якою рухатиметься агрегат, має протяжність 550 м; дорога з асфальтобетонним покриттям до льонопереробного пункту – протяжність 4,4 км; під час виїзду на польову дорогу агрегат має подолати підйом  $i = 0,01$ . Отже, агрегат з вантажем має пересуватися дорогами відповідно III, II і I груп. Найважчі умови руху будуть на першому етапі. Тому їх і приймаємо за розраху-

нкові, які характеризуються такими показниками для трактора і причепів:  $\mu = 0,5$ ;  $f = 0,16$ ;  $f_{np} = 0,18$ .

З технічної характеристики трактора і довідкових даних знаходимо:  $N_{ен} = 58,9$  кВт;  $G = 31,5$  кН;  $n_n = 2200$  хв<sup>-1</sup>;  $i_{T2} = 142$ ;  $L_m = 2,37$  м;  $l_{np} = 1,3$  м;  $l_{цп} = 0,82$  м;  $r_{нк} = 0,483$  м;  $h_{ш} = 0,305$  м;  $k_{ш} = 0,75$  і  $\eta_{м2} = 0,90$ . З технічної характеристики напівпричепа 1ПТС-4:  $G_{np.x} = 17$  кН,  $V_{кп} = 11$  м<sup>3</sup> (з надставними бортами); причепа 2ПТС-4М-785А:  $G_{np.x} = 15,3$  кН,  $V_{кп} = 6,1$  м<sup>3</sup> (з надставними суцільними бортами); вантажність напівпричепа і причепа однакова і становить  $q_{н.пр} = 4$  т.

Приймаємо, що об'ємна маса лляної трести в снопах  $\rho = 0,15$  т/м<sup>3</sup>. Тоді статичний коефіцієнт використання вантажності становитиме:

для напівпричепа 1ПТС-4:

$$\gamma_{с.пр} = \frac{11 \times 0,15 \times 1}{4} = 0,41;$$

для причепа 2ПТС-4М-785А :

$$\gamma_{с.пр} = \frac{6,1 \times 0,15 \times 1}{4} = 0,23.$$

Таким чином, лляну тресту в снопах за можливим використанням вантажності причепів можна віднести до IV класу. Вище згадувалося, що як розрахункові та визначальні прийнято умови руху по дорогах III групи, на яких з вантажами IV класу нормована швидкість руху трактора МТЗ-80 з причепами номінальної вантажності 4 т дорівнює 12 км/год.

Визначаємо радіус кочення й номінальну дотичну силу:

$$r_k = 0,43 + 0,75 \times 0,305 = 0,712 \text{ м.}$$

$$P_{по} = \frac{10 \times 58,9 \times 142 \times 0,90}{0,712 \times 2200} = 45,77 \text{ кН.}$$

Оскільки під час підйому  $i = 0,01$   $\cos \alpha = 1$ , то зчіпна вага трактора МТЗ-80 становитиме:

$$G_{зч} = \frac{31,5(2,37 - 0,82) \times 1 + 45,77 \times 0,712}{2,37} = 34,35 \text{ кН.}$$

Для визначення сили зчеплення ведучих коліс трактора з грунтом під час агрегування його з одновісним напівприцепом 1ПТС-4 розрахуємо навантаження, що передається на причіпну скобу трактора:

$$G_{од.в} = 4,10 + 1,33 \times 4 = 9,42 \text{ кН.}$$

Зазначимо, що в технічній характеристиці напівпричепа є відомості про це навантаження, яке оцінюється в 10 кН. Різниця, як бачимо, невелика.

Сила зчеплення в цьому випадку за формулою (2.28) становитиме:

$$P_{зч} = 0,5 \left[ 34,35 + \frac{(2,37 + 1,3)}{2,37} \times 9,42 \right] = 24,47 \text{ кН.}$$

Оскільки  $P_{зч} < P_{дн}$ , то це свідчить про недостатнє зчеплення ходового апарата трактора з ґрунтом. Тому повернемося знову до розрахунку зчіпної ваги трактора, але за формулою (2.33), яка визначає її за недостатнього зчеплення рушіїв із ґрунтом. Отже, маємо:

$$G_{зч} = \frac{31,5(2,37 - 0,82) \times 1}{2,37 - 0,5 \times 0,712} = 24,24 \text{ кН.}$$

При цьому сила зчеплення за формулою (2.28) становитиме:

$$G_{нр. \max} = 0,5 \left[ 24,24 + \frac{(2,37 + 1,3)}{2,37} \times 9,42 \right] = 19,41 \text{ кН.}$$

Розраховане значення сили зчеплення приймаємо для визначення складу тракторно-транспортного агрегату з напівприцепом 1-ПТС-4.

За формулою (2.38) встановлюємо загальну вагу буксированих причепів:

$$G_{нр. \max} = \frac{19,41 - 31,5[0,16(1,84 - 1) + 0,01]}{0,18 \times 1,46 + 0,01} = 54,47 \text{ кН.}$$

Кількість напівпричепів 1ПТС-4 в агрегаті за формулою (2.39) становитиме:

$$n_{нр} = \frac{54,47}{17 + 10 \times 4 \times 0,41} = 1,63.$$

Приймаємо, що в складі тракторно-транспортного агрегату має бути один напівпричіп 1ПТС-4 і за формулою (2.42) визначаємо тяговий опір транспортного агрегату:

$$R_{ат} = 1(17 + 10 \times 4 \times 0,41) \times (0,18 + 0,01) = 6,35 \text{ кН.}$$

За формулою (2.44) визначаємо необхідне значення номінального тягового зусилля трактора з урахуванням подолання максимального підйому у разі рушання з місця:

$$P_{ми} \geq 33,4(0,18 \times 1,46 + 0,01) + 31,5[0,16(1,84 - 1) + 0,01] = 13,67 \text{ кН.}$$

Якщо звернутися до тягової характеристики трактора МТЗ-80, то в режимі експлуатації  $N_T = N_{T\max}$  знаходимо найближче до розрахованого значення необхідного тягового зусилля  $P_{ми} = 14,7 \text{ кН}$ , що

відповідає четвертій передачі, на якій  $v_{pn} = 6,95$  км/год. Тоді коефіцієнт використання номінального тягового зусилля трактора на цій передачі за формулою (2.43) становитиме:

$$\xi_p = \frac{6,35}{14,7 + 31,5 \times 0,01} = 0,44.$$

Використовуючи формулу (2.44), визначаємо достатність сили зчеплення

$$19,41 - 31,5(0,16 \times 1,84 + 0,01) \geq 1(0,18 \times 1,46 + 0,01).$$

Права частина наведеної залежності становить 9,83 кН, а ліва – 9,08 кН. Оскільки  $9,83 > 9,08$ , то достатність сили зчеплення забезпечується.

Нарешті, за формулою (2.46) перевіряємо прохідність тракторно-транспортного агрегату:

$$\frac{24,24}{1 \times 33,4} \geq \frac{0,18 + 0,01}{0,5}.$$

Права частина вищенаведеного виразу становить 0,72, а ліва – 0,38. Оскільки  $0,72 > 0,38$ , то це свідчить про можливість подолання тракторно-транспортним агрегатом важкопрохідних ділянок маршруту.

Проаналізуємо можливості агрегування й використання тракторно-транспортного агрегату з двовісним причепом 2ПТС-4М-785А. Сила зчеплення ведучих коліс трактора МТЗ-80 з ґрунтом під час агрегування з цим причепом за формулою (2.28) становить:

$$P_{зи} = 0,5 \times 24,24 = 12,12 \text{ кН}.$$

Максимально допустиму вагу причепів визначаємо за формулою (2.39):

$$G_{np.max} = \frac{12,12 - 31,5[0,16(1,84 - 1) + 0,01]}{0,18 \times 1,46 + 0,01} = 27,73 \text{ кН}.$$

Кількість причепів в агрегаті визначаємо за формулою (2.40):

$$n_{np} = \frac{27,73}{15,30 + 10 \times 4 \times 0,23} = 1,13.$$

Оскільки розраховану кількість причепів в агрегаті слід заокруглювати до меншого цілого числа, то виходить, що в складі агрегату має бути один причіп 2-ПТС-4М-785А. Тяговий опір такого агрегату за формулою (2.42) буде рівний:

$$R_{am} = 1(15,30 + 10 \times 4 \times 0,23) \times (0,18 + 0,01) = 4,65 \text{ кН}.$$

З урахуванням подолання максимального підйому під час рушання з місця необхідне номінальне тягове зусилля трактора за

формулою (2.44) дорівнює:

$$P_{mn} \geq 24,5(0,18 \times 1,46 + 0,01) + 31,5[0,16(1,84 - 1) + 0,01] = 11,20 \text{ кН}.$$

За тяговою характеристикою трактора МТЗ-80 знаходимо, що в режимі експлуатації  $N_T = N_{Tmax}$  найближче до визначеного значення є номінальне тягове зусилля  $P_{mn}$ , що відповідає сьомій передачі з редуктором, на якій  $v_{pn} = 9,15$  км/год. Коефіцієнт використання номінального тягового зусилля на цій передачі за формулою (2.43) буде рівний:

$$\xi_p = \frac{4,65}{12,2 - 31,05 \times 0,01} = 0,39.$$

Використовуючи залежність (2.45), визначимо достатність сили зчеплення:

$$12,12 - 31,5(0,16 \times 1,84 + 0,01) = 2,53 < 24,5 \times 1(0,18 \times 1,46 + 0,01) = 6,61.$$

Оскільки умова достатності сили зчеплення не витримується, то можливі порушення транспортного процесу, викликані, наприклад, буксування рушіїв трактора під час рушання з місця на підйом. У цьому випадку варто вжити заходів щодо поліпшення зчіпних властивостей трактора. Проте прохідність тракторно-транспортного агрегату в цих умовах забезпечується, про що свідчать розрахунки, проведені за формулою (2.46):

$$\frac{24,24}{1 \times 24,5} = 0,99 > \frac{0,18 + 0,01}{0,5} = 0,38.$$

Після подолання важко прохідних ділянок маршруту слід перейти на вищі передачі, які забезпечують транспортні швидкості руху. Але при цьому, крім іншого, варто звернути увагу насамперед на забезпечення умов безпеки руху.

#### **2.4. Експлуатаційні показники використання автомобілів**

Продуктивність транспортних засобів визначають в тоннах ( $m$ ) перевезеного вантажу або в тонно-кілометрах ( $m \cdot \text{км}$ ) транспортної роботи за одиницю часу. Розрізняють годинну, змінну продуктивність, продуктивність за рейс тощо. Якщо продуктивність визначають на підставі технічно обґрунтованих нормативів, то її називають технічною. Для визначення наробітку зручніше користуватися технічною продуктивністю в тонно-кілометрах за годину ( $m \cdot \text{км/год}$ ):

$$W_{m,км} = \frac{60W_{m,км}^p}{t_p}, \quad (2.47)$$

де  $W_{m,км}^p$  – продуктивність автомобіля за рейс,  $m \cdot км$ ;  $t_p$  – тривалість рейсу, хв.

Продуктивність за рейс становить:

$$W_{m,км}^p = q_T l_e = q_{на} \gamma_{ca} l_e. \quad (2.48)$$

де  $q_m$  – маса вантажу, що його перевозять за одну поїздку, т;  $l_e$  – відстань перевезення вантажу, км;  $q_{на}$  – номінальна вантажність автомобіля, т;  $\gamma_{ca}$  – статичний коефіцієнт використання вантажності:

$$\gamma_{ca} = \frac{q_{\gamma}}{q_{на}}. \quad (2.49)$$

Масу вантажу, що перевозять за одну поїздку, визначають за формулою:

$$q_T = V_{ка} \rho_v \psi, \quad (2.50)$$

де  $V_{ка}$  – місткість кузова автомобіля,  $m^3$ ;  $\rho_v$  – об'ємна маса вантажу,  $t/m^3$ ;  $\psi$  – коефіцієнт використання місткості кузова.

Тривалість рейсу встановлюють рівнянням:

$$t_p = t_{н,т,км} W_{m,км}^p + \frac{t_{кр} q_{на}}{\gamma_{ca}} + t_{за}, \quad (2.51)$$

де  $t_{н,т,км}$ ,  $t_{кр}$ ,  $t_{за}$  – відповідно норма часу на 1 т·км, навантаження-розвантажування 1 т вантажу та зважування автомобіля, хв.

Норму часу (хв) на 1  $m \cdot км$  визначають за формулою:

$$t_{н,т,км} = \frac{t_{рух} + t_{пз}}{V_{рп} q_{на} \gamma_{ca} \beta_a}, \quad (2.52)$$

де  $t_{рух}$  – час руху, хв (для розрахунків приймають  $t = 60$  хв);  $t_{пз}$  – підготовчо-завершальний час, хв (приймають 2,5 хв на 1 год роботи);  $V_{рп}$  – розрахункова норма пробігу, км/год;  $\beta_a$  – коефіцієнт використання пробігу автомобіля.

Розрахункова норма пробігу (або розрахункова швидкість автомобіля) диференційована залежно від групи дороги, якою перевозять вантаж. Всі дороги, якими перевозять вантажі на автомобілях поділяють на три групи:



I – дороги з поліпшеним покриттям (асфальтобетонні, цементно-бетонні, гудроновані, брукаті, клінкерні);

II – дороги з твердим покриттям (бруківі, щебенисті, гравійні) та ґрунтові поліпшені;

III – природні ґрунтові дороги.

Прийнята така розрахункова норма пробігу автомобіля: для доріг I групи – 49 км/год, II – 37 і III групи – 28 км/год.

Коефіцієнт використання пробігу характеризує ступінь використання пробігу з вантажем:

$$\beta_a = \frac{l_0}{l_{\text{заг}}}, \quad (2.53)$$

де  $l_{\text{заг}}$  – загальний пробіг за рейс (оборот), км.

Тривалість рейсу обчислюють за формулою:

$$t_p = \frac{62,5t_0}{V_{\text{рно}}\beta_a} + \frac{t_{\text{пр}}q_{\text{на}}}{\gamma_{\text{са}}} + t_{\text{ма}}, \quad (2.54)$$

в якій перший доданок визначає час руху автомобіля за рейс.

Норма часу  $t_{\text{пр}}$  на завантажування-розвантажування 1 т вантажу враховує витрати часу на такі елементи додаткової допоміжної роботи: піднесення та віднесення вантажу на відстань до 15 м, маневрування, ув'язування та розв'язування вантажів, укриття брезентом та його знімання, відкривання і закривання бортів та оформлення документів.

Норми часу на навантажування-розвантажування 1т вантажу першого класу вручну для бортових автомобілів наведені в таблиці 2.3, а в таблицях 2.4 і 2.5 – відповідно у разі механізованого навантажування і ручного розвантажування та навантажування-розвантажування навалочних вантажів механізованим способом.

Таблиця 2.3

**Норми часу на навантажування-розвантажування 1 т вантажу першого класу вручну для бортових автомобілів**

q <sub>на</sub> , м	t <sub>пр.бр.</sub> , хв.	q <sub>на</sub> , м	t <sub>пр.бр.</sub> , хв.	q <sub>на</sub> , м	t <sub>пр.бр.</sub> , хв.
1,0	22,32	3,0	13,91	6,0	8,58
1,5	21,52	3,5	12,03	7,0	7,86
2,0	17,66	4,0	10,50	8,0	6,97
2,5	14,08	5,0	10,16	12,0	5,37

Таблиця 2.4

**Норми часу на механізоване навантажування  
і ручне розвантажування 1 т вантажу першого класу  
для бортових вантажних автомобілів, хв.**

Вантаж	Місткість ковша навантажувача періодичності дії, м³	Вантажність автомобіля, т										
		0,1	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	12,0
Пісок, ґрунт, щебінь та ін.	до 1 м³	18,33	10,87	8,83	8,57	7,49	6,60	6,33	5,45	4,73	4,56	3,57
	від 1 до 3 м³	-	10,35	8,29	8,03	6,96	6,06	5,80	4,91	4,21	3,93	2,95
Напівв'язкий та в'язкий (гній, силос та ін.)	до 1 м³	13,58	11,15	9,09	8,83	7,75	6,56	6,51	5,64	5,01	4,73	3,84
	від 1 до 3 м³	-	10,48	8,38	8,12	7,04	6,16	5,89	5,01	4,29	4,02	3,12
Сипкий	Навантажування із бункера або транспортером	12,86	10,43	8,38	8,12	7,04	6,16	5,89	5,01	4,29	4,02	3,13

Таблиця 2.5

**Норми часу простою бортових автомобілів  
під час навантажування-розвантажуванні навалочних  
вантажів механізованим способом, хв/т**

Вантаж	Способи		Вантажність автомобіля, т							
	навантаження	розвантаження	від 1,5 до 3	від 3 до 5	від 5 до 7	від 7 до 10	від 10 до 15	від 15 до 20	понад 20	
Добрива, гній та ін.	екскаватором до 1 м³	скребками, сітками	5,0	4,30	3,60	3,47	-	-	-	
	те ж, від 1 до 3 м³	те саме	3,25	2,80	2,34	2,25	-	-	-	
Зернові культури	бункером, завантажувачем, транспортером	автомобіле-розвантажувачем	2,70	2,36	1,97	1,85	1,70	1,70	1,48	
Овочі (картопля, буряки та ін.)	з бункера комбайна, навантажувачем	те саме	4,85	4,20	3,54	3,32	3,02	7,85	2,64	

Норми часу на механізоване навантажування-розвантажування 1 т вантажу для автомобілів-самоскидів наведені в таблиці 2.6, а на механізоване навантажування-розвантажування бортових автомобілів за одноразового піднімання вантажу – в таблиці 2.7. У разі перевезення вантажів другого, третього і четвертого класів ці норми слід помножити відповідно на 1,25; 1,66 і 2,0 або поділити на фактичне значення розрахованого статичного коефіцієнта використання вантажопідйомності  $\gamma_{ca}$ .

Таблиця 2.6

**Норми часу на механізоване навантажування-розвантажування автомобілів-самоскидів, хв/т**

Вантаж- ність авто- мобіля, т	Спосіб навантажування і вид вантажу							
	екскаватор з місткістю ковша, м³					з бун- кера	із змі- шувача	з бункера або транс- портером
	до 0,5	від 0,5 до 1	від 1 до 3	до 1	від 1 до 3			
	сільсько- госпо- дарські вантажі (картоп- ля, бу- ряки, гній і т.ін.)	будівельні та інші ван- тажі, що легко виси- паються з кузова (пі- сок, щебінь, земля, гра- вій тощо)		в'язкі та на- півв'язкі вантажі (глина, вогка по- рода, частково замерзлий і за- лежаний вантаж)		розчини, буді- вельні маси (бетон, цемент, вапно та ін.)		сипкі ван- тажі
2,25	4,05	3,20	2,31	3,37	2,90	3,35	6,04	2,78
3,0	4,0	2,59	1,90	2,78	2,33	2,84	5,94	2,19
3,5	3,8	2,32	1,73	2,66	2,01	2,72	5,93	2,03
4,0	3,6	2,25	1,51	2,65	1,87	2,67	5,92	1,83
4,5	3,4	2,24	1,50	2,63	1,75	2,65	5,92	1,70
6,0	3,0	1,97	1,25	2,35	1,43	2,35	5,91	1,38
7,0	2,6	1,89	1,09	2,27	1,25	2,33	5,90	1,24
10,0	-	-	0,84	-	1,03	2,30	5,89	1,00
11,0	-	-	0,75	-	0,95	2,18	5,76	0,91

Таблиця 2.7

**Норми часу на механізоване навантажування-розвантажування бортових автомобілів, хв**

q <sub>на</sub> , т	За одноразового піднімання вантажу масою, т			q <sub>на</sub> , т	За одноразового піднімання вантажу масою, т		
	до 1 включно	1-3	3-5		до 1 включно	1-3	3-5
1,5	13,00	-	-	5,0	7,84	4,81	3,02
2,0	11,40	6,51	-	6,0	7,83	4,44	2,69
2,5	9,97	5,97	-	7,0	7,82	4,11	2,67
3,0	9,04	5,62	3,73	8,0	7,69	3,86	2,60
3,5	8,37	5,16	3,47	10,0	-	3,51	2,60
4,0	7,98	5,10	3,29				

У разі часткової механізації навантажувально-розвантажувальних робіт норми часу на навантажування і розвантажування визначають так.

Для автомобілів-самоскидів у разі навантажування вручну та розвантажування перекиданням норму часу на навантажування приймають в розмірі 50% норми, передбаченої для бортових автомобілів за ручного способу навантажувально-розвантажувальних робіт, а на розвантажування з маневруванням – 3,6 хв для всієї машини, тобто:

$$t_{нр.с} = 0,5t_{нр.бр} + \frac{3,6}{q_T}, \quad (2.55)$$

де  $t_{нр.с}$  – розрахункова норма часу на навантажування-розвантажування автомобіля-самоскида під час його навантажування вручну та розвантажування перекиданням, хв/т;  $t_{нр.бр}$  – табличне значення норми часу на навантажування-розвантажування бортового автомобіля вручну, хв/т (табл. 2.3);  $q_T$  – маса вантажу, перевезеного за одну поїздку автомобілем-самоскидом, т.

Якщо автомобіль-самоскид працює поруч із збиральним агрегатом, що не має бункера (наприклад, кормозбиральні комбайни КПИ-Ф-2,4Д, КПИ-Ф-30, КДП-3000 „Полесьє”, „Maral-1 25” тощо), і відповідно навантажування кузова здійснюється від збиральних машин, то норму часу на навантажування-розвантажування визначають за формулою:

$$t_{нр.с} = (t_{нр.бр} + 3,6)q_T, \quad (2.56)$$

де  $t_{нр.с}$  – тривалість навантажування автомобіля, хв. Її визначають за рівнянням:

$$t_{нр.с} = \frac{600V_{ка}\rho_v\psi}{U_{кк}B_p g_p}, \quad (2.57)$$

де  $U_{кк}$  – урожайність, наприклад, кормової культури, т/га;  $B_p$  – робоча ширина захвату машини, м;  $g_p$  – робоча швидкість руху збирального агрегату, км/год.

Для бортових автомобілів, які навантажуються із збиральних машин, норму часу на навантажування розраховують так само, як і для автомобілів-самоскидів, а на розвантажування вручну – беруть у розмірі 50% норми за ручного способу навантажувально-розвантажувальних робіт, тобто:

$$t_{нр.б} = \frac{600}{U_{кк}B_p g_p} + 0,5t_{нр.бp}. \quad (2.58)$$

Час  $t_{за}$  на зважування за рейс приймають:

а) під час зважування на автомобільних вагах  $t_{за} = 4,5$  хв на кожен автомобіль незалежно від вантажності та класу вантажу;

б) у разі використання десяткових або сотенних ваг  $t_{за}$  автомобілів вантажністю до 4 т становить 9 хв, від 4 до 7 т – 13 і понад 7 т – 18 хв.

Якщо під час виконання рейсу автомобіль заїжджає в проміжні пункти, то на кожен заїзд відводять 9 хв.

Розрахувавши технічну продуктивність автомобіля  $W_{т.км}$  в т·км за годину, визначають продуктивність за зміну:

$$W_{т-км}^{зм} = W_{т-км} T_{зм} = W_{т-км}^p n_p, \quad (2.59)$$

де  $T_{зм}$  – тривалість зміни, год;  $n_p$  – кількість рейсів автомобіля за зміну, яка дорівнює:

$$n_p = \frac{60T_{зм}}{t_{за}}. \quad (2.60)$$

Продуктивність автомобілів за зміну в  $m$  перевезеного вантажу встановлюють за виразом:

$$W_m^{зм} = q_{на} \gamma_{сн} n_p = q_m n_p = V_{на} \rho_e \psi n_p. \quad (2.61)$$

Витрати праці на перевезення 1 т вантажу (люд.-год/т) для автомобілів, які завантажуються від збиральних машин, визначають за формулою:

$$z_{ум} = \frac{t_p (m_{вод} + m_{доп})}{60V_{на} \rho_e \psi} t_p, \quad (2.62)$$

де  $m_{вод}$ ,  $m_{доп}$  – кількість водіїв і допоміжних працівників, які

обслуговують транспортний агрегат.

Витрати праці в розрахунку на 1 га становлять:

$$3_{a,ca} = 3_{ит} U_{кк}. \quad (2.63)$$

Необхідну кількість автомобілів для безперервної роботи збиральних агрегатів визначають за формулою:

$$n_{ав} = \frac{t_p}{t_{нав} + t_{то}}, \quad (2.64)$$

де  $t_{то}$  – тривалість однієї зміни автомобіля під час обслуговування збиральних агрегатів, хв;  $t_{то} = 1,0 \dots 3,6$  хв.

Витрату палива за зміну  $G_{п.зм}$  (л) у разі перевезень скупчених вантажів для бортових автомобілів і автомобілів-самоскидів визначають за формулою:

$$G_{п.зм} = 10^{-2} \left[ g_{км} \left( \frac{l_e n_p}{\beta_a} + 2l_{en} \right) + g_{м-км} n_p W_{м-км}^p \right] + 0,25 n_p, \quad (2.65)$$

а для автомобілів, що завантажуються від збиральних машин:

$$G_{п.зм} = 10^{-2} \left[ g_{км1} \left( \frac{l_e n_p}{\beta_a} + 2l_{en} \right) + g_{км2} l_{нав} n_p + g_{м-км} n_p W_{м-км}^p \right] + 0,25 n_p, \quad (2.66)$$

де  $g_{км}$ ,  $g_{м-км}$  – норма витрати палива відповідно на 100 км пробігу для певних дорожніх умов і 100 т·км транспортної роботи, л;  $g_{км1}$ ,  $g_{км2}$  – норми витрати палива на 100 км пробігу відповідно під час руху автомобіля шляхами та полем під час проведення збиральних робіт, л;  $l_e$ ,  $l_{en}$  – відстань, відповідно, перевезення вантажу і від гаража до місця навантажування, км;  $l_{нав}$  – шлях, що його проходить автомобіль під час навантажування від збиральних машин, км;  $\beta_a$  – коефіцієнт використання пробігу автомобіля;  $n_p$  – кількість рейсів автомобіля, виконуваних впродовж зміни;  $W_{м-км}^p$  – продуктивність автомобіля за рейс, т·км; 0,25 – додаткова витрата палива автомобілями-самоскидами і автопоїздами із самоскидними кузовами в пунктах розвантажування на кожну поїздку з вантажем, л.

Лінійні норми витрати рідкого палива на 100 км пробігу для різних автомобілів наведені у відповідних нормах витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. Для автомобілів і автопоїздів, що виконують роботу, яку обчислюють в тонно-кілометрах, додатково установлюють витрату палива на кожні 100 т·км виконаної транспортної роботи: бензину – 2 л, дизельного палива – 1,3 л, скрапленого нафтового газу – 2,5 л, стисненого природного газу – 2 м<sup>3</sup> а у разі газодизельного живлення двигуна – 1,2 м<sup>3</sup> природного газу і 0,25 л дизельного палива. Під час роботи борто-

вих автомобілів з причепами і сідельних тягачів з напівпричепами та автомобілів-самоскидів з самоскидальними причепами лінійну норму витрат палива збільшують на кожну тонну власної маси причепів і напівпричепів (для автомобілів-самоскидів додатково ще па кожну половину номінальної вантажності самоскидального причепа) залежно від виду палива в таких же розмірах. Під час руху полем у разі проведення сільськогосподарських робіт лінійні норми витрати палива збільшують на 20%, тобто  $g_{км2} = g_{км1}$ .

Шлях (км), що проходить автомобіль у разі навантажування від збиральних машин, визначають за формулою:

$$l_{нав} = \frac{10V_{ка}\rho_v\psi}{U_{кк}B_p}, \quad (2.67)$$

де  $V_{ка}$  – місткість кузова автомобіля, м<sup>3</sup>;  $\rho_v$  – об'ємна маса вантажу, т/м<sup>3</sup>;  $\psi$  – коефіцієнт використання місткості кузова;  $U_{кк}$  – урожайність сільськогосподарської культури, т/га;  $B_p$  – робочий захват агрегату, м.

Визначивши витрату палива за зміну, можна розрахувати і витрату палива на одиницю продуктивності (л/т·км і л/т):

$$g_{т·км}^u = \frac{G_{п·зм}}{W_{т·км}^{зм}}; \quad (2.68)$$

$$g_m^u = \frac{G_{п·зм}}{W_m^{зм}}. \quad (2.69)$$

де  $W_{т·км}^{зм}$ ,  $W_m^{зм}$  – змінна продуктивність автомобіля, відповідно, транспортної роботи і маси перевезеного вантажу.

Погектарну витрату палива (л/га) визначають за формулою:

$$g_{га} = g_t^u U_{кк}. \quad (2.70)$$

Аналіз формули (2.48) свідчить, що основним чинником, який сприяє високопродуктивній роботі автомобіля в експлуатаційних умовах, є підвищення ступеня використання вантажності. При цьому також зменшуються витрати палива та забруднення навколишнього середовища токсичними викидами двигуна з відпрацьованими газами. Так, в процесі розгону вантажного автомобіля вантажопідйомністю 5 т із карбюраторним двигуном витрати палива на одиницю транспортної роботи за збільшення навантаження від 1 до 5 т зменшується в 3,6...3,7 рази, викиди окислу вуглецю (CO) в 3,5...3,8, вуглеводнів (CH) – в 4,3...4,4, окислів азоту (NO<sub>x</sub>) – в 3,1...3,9 сумарні шкідливі викиди, приведені до CO – в 3,0...3,3 рази. Використання половини можливої вантажності автомобіля порівняно з номінальною в процесі розгону зумовлює збільшення викидів, від-

несених до одиниці транспортної роботи: CO – в 1,72...1,74 рази, СН – в 1,92...1,94, NO<sub>x</sub> – в 1,45...1,6 за підвищення витрати палива в 1,7...1,85 рази. Під час руху автомобіля в усталених режимах підвищення коефіцієнта використання вантажності на 1% за навантажень понад 0,5 номінальної вантажності знижує приведені сумарні шкідливі викиди на 0,8... 1,0%.

Для повнішого використання вантажності транспортних засобів на перевезенні вантажів незначної об'ємної маси нарощують борти платформи. Висоту нарощування бортів  $h_6$  (м) визначають за формулою:

$$h_6 = \frac{q_{na} - \rho_v V_{ka}}{\rho_v F_{en}}, \quad (2.71)$$

де  $q_{na}$  – номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т;  $\rho_v$  – об'ємна маса вантажу, т/м<sup>3</sup>;  $V_{ka}$  – місткість кузова, м<sup>3</sup>;  $F_{en}$  – площа вантажної платформи транспортного засобу, м<sup>2</sup>.

Розраховану висоту надставних бортів коригують з урахуванням навантажувальної висоти і розміщення вивантажувального транспортера збиральної машини. Якщо в результаті розрахунків виявиться  $h_6 \leq 0$  (від'ємне число), це означає, що вантажність транспортного засобу використовується повністю і нарощувати борти не треба.

Послідовність визначення експлуатаційних показників використання автомобіля розглянемо на двох прикладах.

**Приклад 1.** Визначити експлуатаційні показники автомобіля ЗИЛ-ММЗ-555 на перевезенні гною з об'ємною масою  $\rho_v = 1,0$  т/м<sup>3</sup> за перевалочної технології його внесення. З технічної характеристики автомобіля-самоскида ЗИЛ-ММЗ-555 знаходимо, що  $g_m = 5,25$  т,  $V_{ka} = 3$  м<sup>3</sup>,  $g_{км} = 37$  л/100 км пробігу, а  $g_{т.км} = 2$  л/100 т·км транспортної роботи. Рух автомобіля здійснюється ґрунтовою природною дорогою (ІІІ група), на якій розрахункова норма пробігу становить  $V_{рпн} = 28$  км/год. При цьому відстань від гаража до місця навантажування гною становить  $l_{zn} = 5$  км, а відстань перевезення  $l_{zn} = 7$  км, тривалість зміни  $T_{зм} = 7$  год. Автомобіль обслуговує один водій. Навантажування гною здійснюють за допомогою навантажувача-бульдозера ПФП-2, місткість ковша якого становить 0,6 м<sup>3</sup>. Тоді з таблиці 2.6 норма часу на механізоване навантажування-розвантажування 1 т гною за відповідних місткості ковша і вантажності становитиме  $t_{н.пр} = 3,0$  хв. Зважування автомобіля з гноєм здійснюють на автомобільних вагах. Тоді  $t_{за} = 4,5$  хв.

За одну поїздку перевозять гною (формула 2.50):

$$q_T = 3 \times 1 \times 1 = 3 \text{ т},$$



а статичний коефіцієнт використання вантажності автомобіля за формулою (2.49):

$$\gamma_{ca} = \frac{3}{5,25} = 0,57.$$

З одержаного значення  $\gamma_{ca}$  можна дійти висновку про доцільність нарощування бортів кузова автомобіля.

Продуктивність за рейс (формула 2.48) дорівнює:

$$W_{т.км}^p = 3 \times 7 = 21 \text{ т} \cdot \text{км},$$

тривалість рейсу за формулою (2.54):

$$t_p = \frac{62,5 \times 7}{28 \times 0,45} + \frac{3,0 \times 5,25}{0,57} + 4,5 = 67 \text{ хв.}$$

а кількість рейсів впродовж зміни за формулою (2.60)

$$n_p = \frac{60 \times 7}{67} = 6.$$

За формулою (2.47) визначаємо технічну годинну продуктивність:

$$W_{т.км} = \frac{60 \times 21}{67} = 18,8 \text{ т} \cdot \text{км/год},$$

за формулою (2.59) – продуктивність за зміну в т·км:

$$W_{т-км}^{зм} = 18,8 \times 7 = 131,6 \text{ т} \cdot \text{км},$$

а за формулою (2.61) – змінну продуктивність в т:

$$W_m^{зм} = 3 \times 1 \times 1 \times 6 = 18 \text{ т}.$$

Витрата палива за зміну за формулою (2.65) дорівнює:

$$G_{п.зм} = 10^{-2} \left[ 37 \left( \frac{7 \times 6}{0,45} + 2 \times 5 \right) + 2 \times 6 \times 21 \right] + 0,25 \times 6 = 42,25 \text{ л},$$

з розрахунку на 1т·км за формулою (2.68):

$$g_{т-км}^u = \frac{42,25}{18} = 2,35 \text{ л/т} \cdot \text{км},$$

а з розрахунку на 1 т перевезеного ґною за формулою (2.69):

$$g_m^u = \frac{42,25}{18} 2,35 \text{ л/т}.$$

Оскільки розрахований статичний коефіцієнт використання вантажності автомобіля-самоскида ЗИЛ-ММЗ-555 на перевезенні гною становить 0,57, за формулою (2.71) визначаємо висоту нарощування бортів. З технічної характеристики даного автомобіля-самоскида знаходимо, що внутрішні довжина і ширина його вантажної платформи дорівнюють відповідно 2,66 і 2,275 м. Тоді за формулою (2.71) одержимо:

$$h = \frac{5,25 - 1,0 \times 3}{1,0 \times 2,66 \times 2,275} = 0,37 \text{ м.}$$

Якщо борти платформи наростити на розраховану величину, то маса перевезеного за одну поїздку гною  $q_T$  дорівнюватиме номінальній вантажності автомобіля. За умови, що маса перевезеного за одну поїздку гною становить, наприклад  $q_T = 5$  т, повторюємо всі розрахунки й визначаємо в результаті витрату палива ( $\lambda$ ) на 1 т-км транспортної роботи і на 1 т перевезеного гною. Обчислюємо економію палива за рахунок нарощування бортів.

**Приклад 2.** Кормозбиральний агрегат в складі трактора Т-150К і комбайна КПКУ-75 з робочим захватом  $B_p = 3,94$  м на швидкості  $V_p = 6,2$  км/год збирає кукурудзу на силос урожайністю  $U_{\text{кк}} = 30$  т/га.

Визначити експлуатаційні показники автомобіля ГАЗ-53А на перевезенні силосної маси об'ємною вагою  $\rho_a = 0,55$  т/м<sup>3</sup> від кормозбирального агрегату. Автомобіль рухається ґрунтовою природною дорогою (ІІІ група) з розрахунковою нормою пробігу  $V_{\text{рнп}} = 28$  км/год. Відстань від гаража до поля (місця навантажування)  $l_{\text{гн}} = 5$  км, а відстань перевезення силосної маси  $l_a = 8$  км. Тривалість зміни  $T_{\text{зм}} = 7$  год, а тривалість однієї заміни автомобіля під час обслуговування кормозбирального агрегату  $t_{\text{мо}} = 2$  хв.

Із технічної характеристики автомобіля та довідкових даних знаходимо, що  $q_{\text{на}} = 4$  т,  $V_{\text{ка}} = 5,5$  м<sup>3</sup>,  $g_{\text{км}} = 25$  л/100 км пробігу,  $g_{\text{км}} = 30$  л/100 км пробігу і  $g_{\text{т.км}} = 2$  л/100 т-км транспортної роботи.

Навантажування кузова автомобіля – механізоване від кормозбирального комбайна, а розвантажування – вручну (розвантажування кузовів бортових автомобілів, які використовують на перевезеннях від збиральних агрегатів, здійснюють здебільшого за допомогою різних стягувальних пристроїв, що їх конструюють і виготовляють механізатори).

Маса силосної маси в кузові автомобіля за формулою (2.50) становить:

$$q_T = 5,5 \times 0,55 \times 1 = 3,02 \text{ т,}$$

статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності за формулою (2.49):

$$\gamma_{ca} = \frac{3,02}{4} = 0,76,$$

а продуктивність за рейс за формулою (2.48):

$$W_{т.км}^p = 3,02 \times 8 = 24,16 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Тривалість навантажування автомобіля за формулою (2.57) дорівнює:

$$t_{np} = \frac{600 \times 5,5 \times 0,55 \times 1}{30 \times 3,94 \times 6,2} = 2,5 \text{ хв}.$$

Визначаємо норму часу на розвантажування вручну бортового автомобіля. З таблиці 2.3 для вантажу першого класу і автомобіля з номінальною вантажністю  $q_{на} = 4$  т знаходимо, що норма часу на навантажування-розвантажування 1 т вантажу становить 10,5 хв. Оскільки обчислений статичний коефіцієнт використання вантажності  $\gamma_{ca} = 0,76$ , то силосну масу можна віднести до вантажів другого класу, а отже, знайдене табличне значення  $t_{н.вр.бр} = 10,5$  хв слід поділити на  $\gamma_{ca} = 0,76$  і матимемо норму часу на навантажування-розвантажування вручну 1 т силосної маси:  $10,5/0,76 = 13,8$  хв. Тоді норма часу на механізоване навантажування від збиральної машини і розвантажування вручну для бортового автомобіля за формулою (2.58) становитиме:

$$t_{np,б} = \frac{600}{30 \times 3,94 \times 6,2} + 0,5 \times 13,83 = 7,72 \text{ хв}.$$

Приймаємо, що зважування автомобіля з силосною масою здійснюється на автомобільних вагах –  $t_{за} = 4,5$  хв. Тоді тривалість рейсу за формулою (2.54):

$$l_p = \frac{62,5 \times 8}{28 \times 0,5} + \frac{7,72 \times 4}{0,76} + 4,5 = 81 \text{ год.},$$

а кількість рейсів за зміну за формулою (2.60):

$$n_p = \frac{60 \times 7}{81} = 5.$$

Годинна технічна продуктивність автомобіля (формула 2.47) становитиме:

$$W_{т.км} = \frac{60 \times 24,16}{81} = 17,9 \text{ т} \cdot \text{км} / \text{год},$$

змінна продуктивність в т·км (формула 2.59) становитиме:

$$W_{m-км}^{зм} = 17,9 \times 7 = 125,3 \text{ т} \cdot \text{км},$$

а змінна продуктивність в т за формулою (2.61) дорівнюватиме:

$$W_m^{зм} = 5,5 \times 0,55 \times 1 \times 5 = 15,10 \text{ т}.$$

Необхідна кількість автомобілів для безперервної та безперебійної роботи кормозбирального агрегату за формулою (2.64) становитиме:

$$n_{ав} = \frac{81}{2,5 + 2,0} = 18.$$

Витрати праці на перевезення 1 т силосної маси за формулою (2.62):

$$З_{ит} = \frac{1 \times 81}{60 \times 5,5 \times 0,55 \times 1} = 0,45 \text{ люд-год/т},$$

а в розрахунку на 1 га за формулою (2.63):

$$З_{а,га} = 0,45 \times 30 = 13,5 \text{ люд-год/га}.$$

Шлях, що його проходить автомобіль під час навантажування від кормозбирального комбайна за формулою (2.67) становитиме:

$$l_{нав} = \frac{10 \times 5,5 \times 20,55 \times 1}{30 \times 3,94} = 0,255 \text{ км}.$$

Витрата палива за зміну (формула 3.66) становитиме:

$$G_{п.зм} = 10^{-2} \left[ 25 \left( \frac{8 \times 5}{0,5} + 2 \times 5 \right) + 30 \times 0,255 \times 5 + 2 \times 5 \times 24,16 \right] = 25,30 \text{ л}.$$

Норми витрати палива на 1 т·км і 1 т відповідно за формулами (2.68) і (2.69) становитимуть:

$$g_{т-км}^н = \frac{25,30}{125,3} = 0,20 \text{ л/т} \cdot \text{км};$$

$$g_m^н = \frac{25,30}{15,10} = 1,67 \text{ л/т},$$

а погектарна витрата палива за формулою (2.70) дорівнюватиме:

$$g_{га} = 1,67 \times 30 = 50,1 \text{ л/га}.$$

Як і в попередньому прикладі визначаємо потребу в наросуванні бортів і в разі необхідності здійснюємо повторні розрахунки і встановлюємо доцільність наросування бортів за економією витрати палива в розрахунку на одиницю зібраної площі.



## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Як визначити кількість транспортних засобів для забезпечення поточності збирання сільськогосподарських культур?
2. Запишіть формулу тривалості рейсу транспортного засобу та

проаналізуйте її складові.

3. Запишіть та проаналізуйте формулу для визначення тривалості наповнення кузова транспортного засобу.

4. Як визначити тривалість поїздки транспортного засобу з вантажем?

5. Охарактеризуйте ступінь використання номінальної вантажності транспортного засобу та запишіть формулу для його визначення.

6. Дайте класифікацію вантажів за ступенем використання номінальної вантажності транспортного засобу.

7. Дайте характеристику і класифікацію доріг за видом та станом покриття.

8. Як визначити шлях збирального агрегату для повного наповнення кузова транспортного засобу?

9. Дайте характеристику графіка узгодження роботи збирального і транспортного агрегатів.

10. Як визначити необхідну кількість автомобілів для обслуговування роботи групи зернозбиральних комбайнів?

11. Як визначити тривалість заповнення бункера зерном?

12. Проаналізуйте формулу для визначення тривалості рейсу автомобіля.

13. Проаналізуйте графік узгодження роботи збирально-транспортного загону.

14. Як визначити максимально допустиму вагу тракторного причепа для його агрегування трактором заданої потужності?

15. Як визначити кількість причепів в тракторно-транспортному агрегаті?

16. Проаналізуйте формулу для визначення прохідності транспортного агрегату у важких дорожніх умовах.

17. Як визначити технічну продуктивність автомобіля в тонно-кілометрах?

18. Як визначити продуктивність автомобіля за рейс?

19. Як визначити норму часу на 1 тонно-кілометр?

20. Як визначити тривалість заповнення кузова автомобіля технологічним матеріалом під час заготівлі кормів?

21. Як визначити витрату палива автомобілем за зміну під час перевезення скупчених вантажів?

22. Як визначити витрату палива автомобілем за зміну під час завантаження від збиральних машин?

23. Як визначити шлях, що проходить автомобіль, у разі завантаження від збиральних машин?

24. Як визначити висоту нарощування бортів автомобіля?

## РОЗДІЛ III

# МАШИННЕ ВИРОБНИЦТВО ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

### 3.1. Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур

Ефективність сільськогосподарської діяльності суттєво залежить від рівня технології та технологічної дисципліни.

Технологія вирощування сільськогосподарських культур – це впорядкована у часі та просторі сукупність операцій, засобів і ресурсів, що забезпечує досягнення поставленої виробничої мети.

Прогресивні технології спрямовані на досягнення запрограмованих кінцевих результатів з ефективним використанням природних та інших непоновлюваних ресурсів.

Інтенсивна технологія вирощування сільськогосподарських культур забезпечує досягнення запрограмованих результатів шляхом ефективного цілеспрямованого впливу на об'єкти виробництва відповідно до фаз розвитку рослин. За інтенсивної технології підвищення врожайності досягається за рахунок поєднання прогресивних агротехнічних прийомів зі своєчасним і якісним проведенням технологічних операцій, враховуючи потреби розвитку рослин на кожній фазі органогенезу. Зокрема, за інтенсивної технології вирощування зернових культур азотні добрива вносять частинами за 3-4 прийоми в різних фазах розвитку рослин, що забезпечує значно вищий коефіцієнт використання добрив.

Крім того, відповідно до потреб вносяться необхідні мікроеlementи, регулятори росту, здійснюються операції щодо захисту рослин від бур'янів, шкідників і хвороб.

Ресурсозберігальна технологія має на меті досягнення запрограмованих результатів з мінімально необхідними витратами непоновлюваних ресурсів. Частковим варіантом ресурсозберігальних технологій є енергозберігальні технології, в яких основна увага приділяється економії енергетичних ресурсів. Ці технології передбачають зниження кількості операцій, мінімалізацію обробітку ґрунту, застосування комбінованих і комплексних агрегатів, локальне внесення добрив, стрічкове і смугове обприскування, зниження норм витрати технологічних матеріалів за рахунок підвищення якості та точності операцій.

Грунтозахисна технологія забезпечує підвищення або збереження родючості ґрунтів шляхом усунення причин машинної та природної деградації ґрунтів (ущільнення, ерозія, винесення гумусу та інших складових родючості).

Технологія no-till (нульовий обробіток ґрунту) – це технологія зберігаючого землеробства, за якої відсутній будь-який обробіток ґрунту, а рослинні рештки залишаються на поверхні ґрунту. В ідеалі, насіння висівають в ґрунт без його пошкодження.

Сьогодні за технології no-till ґрунт залишається незайманим від збирання до сівби і від сівби до збирання. Технологія no-till не передбачає жодного руйнування структури ґрунту, крім як під час сівби. Вторинення в ґрунт проходить тільки тоді, коли роблять прорізи сошниками сіялок.

З бур'янами на початковій стадії запровадження no-till борються внесенням гербіцидів. Вибір типу гербіцидів і часу їх внесення залежить від чисельності бур'янів, їх видового складу і кліматичних умов. Кінцева мета – боротьба з бур'янами за допомогою сівозмін і покривних культур (сидератів) – тобто повна відмова від гербіцидів.

No-till – «нульова технологія» – термін який використовують в Північній Америці. У Великій Британії та інших країнах Європи для описування цього процесу використовується словосполучення «пряма сівба». Ці терміни використовуються здебільшого як синоніми в багатьох частинах світу.

Кожен із варіантів цієї технології має свої характерні засоби і способи досягнення мети. Водночас сучасні технології мають ознаки й інтенсивних, і ресурсозберігальних, і ґрунтозахисних технологій. Вибір варіанту технології, обґрунтування раціональних засобів і потреби в ресурсах є багатоваріантною задачею. Її вирішення потребує взаємодії спеціалістів агрономічного та інженерного профілю. На рівні технології чітко виявляється системна єдність таких елементів, як технічні засоби, технологічні матеріали, середовище і людина.

### **3.2. Структура і розрахунок технологічних карт**

Основним технологічним документом на вирощування і збирання сільськогосподарських культур у конкретному господарстві є технологічна карта, яка включає такі блоки інформації:

- агротехнічний блок, що містить назву операції та основні вимоги до неї (глибина обробітку, норма внесення), обсяг

робіт, початок і тривалість робіт, коефіцієнт втрат врожаю у разі порушення оптимальних агростроків;

- технічне забезпечення операцій і нормативи на використання техніки (змінна норма виробітку, норма витрати палива, еталонна продуктивність);
- потреба в ресурсах: кількість технічних засобів, виробничого персоналу, робочих днів і нормозмін (ресурси часу), палива, технологічних матеріалів;
- показники ефективності та екологічності операцій: витрати праці, прямі витрати коштів, сукупна енергоємність операцій, показник шкідливого впливу операцій на середовище, коефіцієнт енергетичної ефективності технології.

В агротехнічному блоці перелік операцій технологічної карти та основні вимоги до них беруть з типових технологічних карт, які розроблені в Україні для господарств різних форм власності та з різним матеріально-технічним та фінансовим забезпеченням у різних природно-кліматичних зонах України: Полісся, передгірські та гірські райони Карпат, Лісостеп і Степ.

Розраховують обсяги робіт. Так, обсяги робіт під час обробітку ґрунту  $O_r$  визначають за формулою:

$$O_r = Fk_o, \quad (3.1)$$

де  $F$  – площа поля, га;  $k_o$  – кількість обробіток (кратність).

Обсяг робіт під час внесення технологічних матеріалів  $O_m$  визначають за формулою

$$O_m = g_m F, \quad (3.2)$$

де  $g_m$  – норма внесення технологічного матеріалу, т/га;  $F$  – площа поля, га.

Обсяг робіт під час збирання врожаю  $O_y$  визначають за формулою:

$$O_y = UF, \quad (3.3)$$

де  $U$  – урожайність сільськогосподарської культури, т;  $F$  – площа поля, га.

Початок і тривалість виконання технологічних операцій беруть з типових технологічних карт, а коефіцієнт втрат урожаю у разі порушення оптимальних агростроків беруть з характеристики сортів і гібридів сільськогосподарських культур.

Техніку на виконання технологічних операцій беруть з наявної в господарстві техніки або орендованої в інших власників. Під час складання перспективних технологічних карт враховують можливість придбання нової техніки чи її орендування.



Показники з блоку технічне забезпечення операцій і нормативи на використання техніки (змінна норма виробітку, норма витрати палива, еталонна продуктивність) беруть з типових норм виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи, а також з типових технологічних карт.

Показники з третього блоку технологічної карти – потреба в ресурсах, розраховують наступним чином.

Коефіцієнт змінності  $k_{зм}$  під час виконання технологічної операції розраховують за формулою:

$$k_{зм} = \frac{T_{\phi}}{T_{зм}}, \quad (3.4)$$

де  $T_{\phi}$  – фактичний час роботи машинно-тракторного агрегату впродовж доби, год;  $T_{зм}$  – час зміни, год.

Кількість машинно-тракторних агрегатів  $n_a$ , необхідних для виконання технологічної операції, розраховують за формулою:

$$n_a = \frac{O}{W_{зм} k_{зм} D_p}, \quad (3.5)$$

де  $O$  – обсяг виконуваної роботи, га (т);  $W_{зм}$  – змінний виробіток, га (т);  $D_p$  – кількість робочих днів за агротехнічними вимогами.

Кількість робочих днів  $D_p$ , необхідних для виконання технологічної операції на всьому обсязі робіт визначають за формулою:

$$D_p = \frac{O}{n_a W_{зм} k_{зм}}. \quad (3.6)$$

Кількість нормозмін  $N_{зм}$  для виконання технологічної операції на всьому обсязі робіт визначають за формулою:

$$N_{зм} = \frac{O}{W_{зм}}. \quad (3.7)$$

Кількість механізаторів  $n_m$ , необхідних для виконання всього обсягу робіт в агротехнічні строки визначають за формулою:

$$n_m = m_m n_a n_{зм}, \quad (3.8)$$

де  $m_m$  – кількість механізаторів, які обслуговують агрегат;  $n_a$  – кількість машинно-тракторних агрегатів, необхідних для виконання технологічної операції у повному обсязі в агротехнічні строки;  $n_{зм}$  – змінність роботи агрегатів (однозмінна, двозмінна).

Кількість допоміжних робітників  $n_{\partial}$ , необхідних для виконання всього обсягу робіт в агротехнічні строки визначають за формулою:

$$n_{\partial} = m_{\partial} n_a n_{зм}, \quad (3.9)$$

де  $m_{\partial}$  – кількість допоміжних робітників, які обслуговують агрегат;  $n_a$  – кількість машинно-тракторних агрегатів, необхідних для

виконання технологічної операції у повному обсязі в агротехнічні строки;  $n_{зм}$  – змінність роботи агрегатів (однозмінна, двозмінна).

Кількість палива  $G_n$ , яке необхідне для виконання всього обсягу робіт визначають за формулою:

$$G_n = g_n O, \quad (3.10)$$

де  $g_n$  – погектарні витрати палива на виконання технологічної операції, кг/га.

Кількість технологічних матеріалів  $G_m$ , що необхідні для виконання всього обсягу робіт визначають за формулою:

$$G_m = g_m O, \quad (3.11)$$

де  $g_m$  – погектарні витрати технологічних матеріалів на виконання технологічної операції, кг/га.

Показники з четвертого блоку технологічної карти – показники ефективності та екологічності операцій розраховують наступним чином.

Загальні витрати праці  $З_n$  на виконання технологічної операції на всьому обсязі робіт визначають за формулою:

$$З_n = (m_m + m_d) N_{зм} T_{зм}, \quad (3.12)$$

де  $m_m$  – кількість механізаторів, які обслуговують агрегат;  $m_d$  – кількість допоміжних робітників, які обслуговують агрегат;  $N_{зм}$  – кількість нормозмін для виконання всього обсягу робіт;  $T_{зм}$  – час зміни, год.

Питомі витрати праці на виконання технологічної операції визначають за формулою:

$$З_{n,n} = \frac{З_n}{O}, \quad (3.13)$$

Виробіток агрегатів  $W_e$  в умовних еталонних гектарах під час виконання всього обсягу робіт дорівнюватиме:

$$W_e = \lambda N_{зм} T_{зм}, \quad (3.14)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт переведення фізичних тракторів в еталонні;  $N_{зм}$  – кількість нормозмін для виконання всього обсягу робіт;  $T_{зм}$  – час зміни, год.

Прямі витрати  $S$  на виконання всього обсягу робіт під час виконання технологічної операції визначають за формулою:

$$S = S_a + S_{TO} + S_m + S_z + S_d, \quad (3.15)$$

де  $S_a$  – амортизаційні відрахування на техніку, грн;  $S_{TO}$  – витрати коштів на технічне обслуговування і ремонт техніки, грн;  $S_m$  – витрати коштів на технологічні матеріали, грн;  $S_z$  – витрати коштів на заробітну плату механізаторів і допоміжних робітників, грн;  $S_d$  – витрати коштів на додаткові видатки, грн.

Сукупну питому енергоємність  $E_o$  виконання технологічного процесу визначають за формулою:

$$E_o = E_n + \sum E_m + (E_T + E_r + E_p + E_l) / W_a, \quad (3.16)$$

де  $E_n$  – енергія палива, витраченого на виконання технологічного процесу, МДж/га;  $E_m$  – енергія витратних технологічних матеріалів, МДж/га;  $E_T$ ,  $E_r$ ,  $E_p$ ,  $E_l$  – енергетичний еквівалент години роботи трактора, робочих машин, допоміжного обладнання, праці людей, МДж/год;  $W_a$  – годинна продуктивність машинно-тракторного агрегату, га/год.

Показник шкідливих наслідків роботи машинно-тракторного агрегату визначають за формулою:

$$E_{ш} = \sum_k E_{шк}, \quad (3.17)$$

де  $E_{шк}$  – енергетичний вираз шкідливих наслідків  $k$ -того типу під час виконання технологічної операції, МДж.

Приклад заповнення технологічної карти і умовні позначення фізичних величин наведені в табл. 3.1. Технологічні операції в карті записують у послідовності їх виконання.

Таблиця 3.1

**Технологічна карта на вирощування  
(назва сільськогосподарської культури)**

Номер (шифр) операції	Назва операції	Одиниці виміру обсягу робіт	Обсяг робіт	Початок робіт	Тривалість робіт, днів	Коефіцієнт змінності	Коефіцієнт витрат урожаю	Склад МТА	Змінна норма витратки, га, т.	Норма витрати		Потрібно на один агрегат	
										палива, кг/га	технологічних матеріалів, кг/га	механізаторів	допоміжних робітників
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			$O$	$D_n$	$D_p$	$k_s$	$k_o$		$W_{зм}$	$g_n$	$g_m$	$m_m$	$m_o$

Еталонна продуктивність, у.е.га/год.	Необхідно для виконання робіт							Показники ефективності та екологічності				
	агрегатів	робочих днів	нормозмін	механізаторів	допоміжних робітників	палива, кг	технологічних матеріалів, кг	витрати праці, год	умовний витраток, у.е.га	прямі витрати, грн.	сукупна енергоємність, МДж	показник шкідливих впливів, МДж
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$\lambda$	$n_a$	$D_p$	$N_{зм}$	$n_m$	$n_o$	$G_n$	$G_m$	$3_n$	$W_e$	$S$	$E_o$	$E_{ш}$
						$\sum_i G_{ni}$	$\sum_i G_{mi}$	$\sum_i 3_{ni}$		$\sum_i S_i$	$\sum_i E_{oi}$	$\sum_i E_{ui}$

Під час проектування технологій доцільно виділити окремі технологічні цикли, що об'єднують сукупність операцій зі спільними кінцевими завданнями (основний обробіток ґрунту, передпосівний обробіток, сівба, догляд за посівами, збирання врожаю, післязбиральна обробка врожаю). Операції в технологічному циклі взаємозв'язані агротехнічними вимогами і часовими рамками. Часто технологічні цикли мають альтернативні варіанти (наприклад, напівпаровий обробіток ґрунту, покращений обробіток ґрунту). Це вимагає оцінювання показників окремого циклу і вибору раціонального для конкретних умов варіанту.

Розрахунок характеристик і показників технологічної карти проводиться за формулами 3.1-3.17. Потреба в ресурсах палива і технологічних матеріалах окремих видів, а також показники витрат праці і коштів, енергоємності та шкідливих наслідків технології визначаються як сума відповідних величин окремих операцій.

Узагальненими показниками ефективності технології вирощування сільськогосподарської культури є:

економічна ефективність:

$$E_{ек} = \left( \sum_p C_p U_p - \sum_i S_i \right) / \sum_i S_i ; \quad (3.18)$$

ефективність праці:

$$E_{np} = \left( \sum_p C_p U_p - \sum_i S_i \right) / \sum_i 3_n ; \quad (3.19)$$

коефіцієнт енергетичної ефективності технології:

$$K_{ет} = \sum_p (\alpha_p U_{op} - \alpha_p U_{ер}) / \left( \sum_i E_{oi} \right), \quad (3.20)$$

де  $E_{ек}$  – економічна ефективність виробництва сільськогосподарської продукції за цією технологічною картою, грн;  $C_p$  – ціна продукції  $p$ -го виду (основної та додаткової), грн/т;  $U_p$  і  $U_{ер}$  – відповідно, фактична врожайність продукції  $p$ -го виду і потенційна врожайність для цієї технології та природно-виробничих умов, т/га;  $E_{np}$  – ефективність праці, грн/год;  $S_i$  – прямі витрати на  $i$ -ту технологічну операцію, грн/га;  $\alpha_p$  – енергетичний еквівалент продукції  $p$ -го виду, МДж/т;  $U_{ер}$  – незворотні технологічні втрати продукції  $p$ -го виду, т/га;  $E_{oi}$  – витрати сукупної непоновлюваної енергії на  $i$ -ту операцію, МДж/га.

Узагальненим показником екологічності технологічної системи є відношення корисних результатів технології до суми витрат непоновлюваних ресурсів і шкідливих наслідків функціонування технології в енергетичному виразі

$$\varepsilon = \sum_p (\alpha_p U_{op} - \alpha_p U_{ep}) / \left( \sum_i E_{oi} + \sum_i \sum_k E_{uik} \right). \quad (3.21)$$

Інженерне забезпечення технологій полягає в спільному з агрономічною службою виборі прогресивного варіанта технології з урахуванням конкретних природно-виробничих умов обґрунтуванні раціонального комплексу машин, оптимального розподілу обсягу робіт під час виконання технологічних операцій агрегатами з різними параметрами, побудови раціональних механізованих процесів у рамках технології, визначення потреби в ресурсах. Наведемо як зразок типову технологічну карту на вирощування озимої пшениці.

### ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Урожайність, ц/га	65
Попередник	стерньові
Рівень ресурсного забезпечення	високий
Клас ґрунтів	4
Група підприємств	II

Дози внесення добрив:	
Органічних, т/га.	–
Мінеральних добрив, кг/га. в тому числі:	210
азотних, кг.д.р./га.	90
фосфорних, кг.д.р./га.	60
калійних, кг.д.р./га.	60

# Технологічна карта

Номер операції	Технологічна операція	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Склад агрегату			Обслуговувачий персонал		Норма виробітку	Кількість нормозмін	Витрати праці на весь обсяг робіт, люд.-год.	Тарифна ставка за нормозміну, грн		Зарплата за весь обсяг робіт, грн				Витрати палива, кг	
				енергомашина	с.-т. машина	марка	кількість	механізатори				інші робітники	механізаторам	іншим робітникам	разом	на одиницю роботи	на весь обсяг робіт		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Передпосівний обробіток ґрунту та сімба																			
1	Протрування та обробка насіння біостимуляторами (Вітавакс 200 ФФ 2,5 л/т, Агроси-мугін 5-10 мл/т)	т	20		ПС-10А	1		2	70,20	0,28	3,99		20,52		11,69	11,69		13,00	
2	Навантаження мінеральних добрив	т	20	ЮМЗ-6,1	ПЕ-Ф-1А	1	1		109,00	1,61	11,29	29,87		48,18		48,18	0,65	16,20	
3	Транспортування мінеральних добрив в поле і заправка сіялок	т	20	ЮМЗ-6,1	2ПТС-4-793А	1	1		26,60	1,61	11,29	24,12		38,90		38,90	0,81		
4	Навантаження насіння	т	20		ЗМ-30	1		1	124,00	1,61	11,29		20,52		33,10	33,10			
5	Транспортування насіння в поле, заправка сіялок	т	20	ГАЗ-3307	УЗСА-40	1		1		1,61	11,29								
6	Провішування ліній для 1-го ходу агрегату і відбивка поворотних смуг	га	100		вручну			2		1,00	14,00		18,64		37,28	37,28			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
7	Підготовка ґрунту та сімба посівним комплексом (норма висіву 4,5-5 млн. шт/га (200-250 кг/га). Глибина заортання насіння 5-6 см. Внесення добрив Р <sub>30</sub> К <sub>30</sub> )	га	100	John Deere 9420	посівний комплекс АТД-11.35	1	1		62,00	1,61	11,29	39,83		64,24		64,24	4,40	440,00
Разом за період																		
Догляд за посівами																		
8	Відбір монолітів (4 рази, розмір моноліту 50х30, глибина 20 см)	шт.	16					3		1,00	21,00		18,64		55,92			
9	Навантаження мінеральних добрив	т	9					1	4,50	1,30	9,80		18,64		24,18			
10	Транспортування мінеральних добрив	т	9	Т-16М		1	1		7,30	1,30	9,80	24,12		31,28		31,28	1,40	12,60
11	Підживлення (N <sub>30</sub> )	га	100	ЮМЗ-6,1	МВУ-900	1	1		77,10	1,30	9,80	29,87		38,74		38,74	0,61	61,00
12	Весняне обстеження посіву на виявлення бур'янів, шкідників, хвороб	га	100		прово- дить спеціаліст					1,00	7,00							
13	Знищення мишоподібних гризунів (аміачна вода 100-200 мл на нору або отруєні приманки 3,0 г Реденфоса в нору)	га	12					1	4,00	3,00	21,00		18,64		55,92			
14	Підвезення води для приготування робочого розчину	т	30	Т-150К	МЖ-10	1	1		42,10	1,96	13,73	26,55		52,06		52,06	1,03	30,90
15	Приготування розчину, доставка та внесення гербіцидів (2,4 Д500, 1,4 л/га, вода 300 л/га)	га	100	МТЗ-80	ОП-2000-2-01	1	1		51,00	1,96	13,73	39,83		78,10		78,10	1,25	125,00

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
16	Навантаження мінеральних добрив	т	9		вручну			1	4,50	1,30	9,08		18,64		24,18	24,18		
17	Транспортування мінеральних добрив	т	9	Т-16М		1	1		7,30	1,30	9,08	24,12		31,28		31,28	1,40	12,60
18	Підживлення азотними добривами (N <sub>30</sub> )	га	100	ЮМЗ-6,1	МВУ-900	1	1		77,10	1,30	9,08	29,87		38,74		38,74	0,61	61,00
19	Обстеження посіву і виявлення ураженості хворобами та шкідниками (обприскування застосовують у разі враження 2% посівів)	га	100		проводить спеціаліст					1,00	7,00							
20	Підвезення води для приготування робочого розчину	т	30	Т-150К	МЖ-10	1	1		42,10	1,96	13,73	26,55		52,06		52,06	1,03	30,90
21	Приготування розчину, доставка та внесення інсектицидів (Данадим 400 к.е., 1 л/га, вода 300 л/га)	га	100	МТЗ-80	ОП-2000-2-01	1	1		51,00	1,96	13,73	39,83		78,10		78,10	1,25	125,00
22	Підвезення води для приготування робочого розчину	т	30	Т-150К	МЖ-10	1	1		42,10	1,96	13,73	26,55		52,06		52,06	1,03	30,90
23	Приготування розчину, доставка та внесення фунгіцидів (Фалькон 0,6 л/га, вода 300 л/га)	га	100	МТЗ-80	ОП-2000-2-01	1	1		51,00	1,96	13,73	39,83		78,10		78,10	1,25	125,00
24	Навантаження мінеральних добрив	т	7		вручну			1	4,50	1,96	13,73		18,64		36,55	36,55		
25	Транспортування мінеральних добрив	т	7	Т-16М		1	1		7,30	1,96	13,73	24,12		47,29		47,29	1,40	9,80
26	Підвезення води для приготування робочого розчину	т	30	Т-150К	МЖ-10	1	1		42,10	1,96	13,73	26,44		52,06		52,06	1,03	30,90

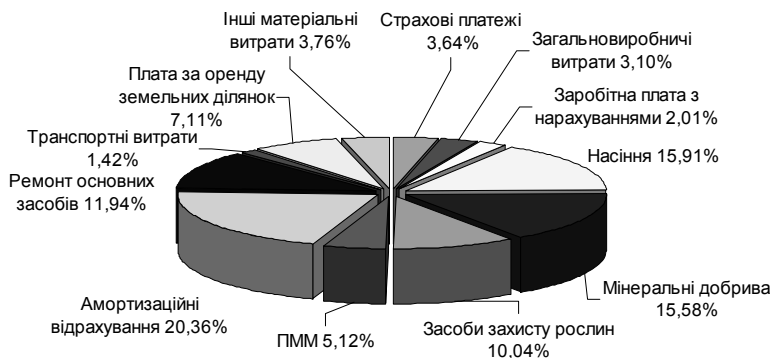


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
27	Приготування та внесення розчину сечовини (Доза N <sub>30</sub> , вода 300 л/га)	га	100	MT3-80	ОП-2000-2-01	1	1		51,00	1,96	13,73	39,83		78,10		78,10	1,25	125,00
28	Обстеження посіву і виявлення ураженості хворобами та шкідниками (за необхідності застосовують обприскування інсектицидами та фунгіцидами)	га	100		проводить спеціаліст					1,00	7,00							
Разом за період																		
Збирання врожаю																		
29	Пряме комбайнування з поділенням та розкиданням соломки на полі	га	100	„New Hol-land“ TC-57		1			9,50	10,53	73,68	39,83		419,26		419,26		1010,00
30	Транспортування зерна на тік	т.км	3250	КАМА3-5510		1				10,53	73,68							
31	Очищення та сортування зерна	т	650		ЗАР-20	1		3	119,00	5,46	114,71		20,52		336,25	336,25		
32	Сушіння зерна	т	650		Україна-50	1		1	350,00	1,86	13,00		20,52		38,11	38,11		
33	Транспортування зерна на склад	т	624		У13-Т1-50	1		1	350,00	1,86	13,02		20,52		38,17	38,17		
Разом за період																		
Всього																		
														419,26	412,53	831,79	1010,90	
														1278,56	691,34	1969,90	2259,80	

### Собівартість вирощування озимої пшениці по стерньових попередниках (урожайність – 65 ц/га)

Показник	На 100 га посіву	На 1 га посіву	На 1 т продукції	Структура витрат, %
Витрати праці, люд.-год.	617,26	6,17	0,95	-
Заробітна плата (основна, додаткова) з нарахуванням, грн	4038,29	40,38	6,21	2,01
Насіння, грн	32000,00	320,00	49,23	15,91
Мінеральні добрива, грн	31350,00	313,50	48,23	15,58
Засоби захисту рослин, грн	20207,50	202,08	31,09	10,04
Пально-мастильні матеріали, грн	10304,69	103,06	15,85	5,12
Амортизаційні відрахування, грн	40970,61	409,70	63,03	20,36
Ремонт основних засобів, грн	24022,68	240,23	36,96	11,94
Транспортні витрати, грн.	2847,50	28,48	4,38	1,42
Плата за оренду земельних ділянок, грн	14300,00	143,00	22,00	7,11
Інші матеріальні витрати, грн	7572,07	75,72	11,65	3,76
Страхові платежі, грн	7332,14	73,32	11,28	3,64
Загальновиробничі витрати, грн	6238,53	62,39	9,60	3,10
Разом виробничі витрати (виробнича собівартість), грн	201184,01	2011,84	309,51	100,00

Витрати під час вирощування озимої пшениці по стерньових попередниках представлені діаграмою (рис. 3.1).



**Рис. 3.1. Діаграма витрат під час вирощування озимої пшениці по стерньових попередниках**

### 3.3. Шляхи підвищення ефективності та екологічності механізованих технологій

Технологічний прогрес є неодмінною умовою підвищення економічної ефективності та екологічності сільськогосподарського виробництва. Проте відсутність чітких критеріїв, які давали б змогу відрізнити істинний прогрес від уявного, нерідко є причиною вибору помилкових напрямів розвитку технологій і технічних засобів для їх реалізації. Так, оцінювання техніки і технологій лише за економічними критеріями типу (3.18) і (3.19) нерідко є причиною появи негативних тенденцій щодо збереження родючості ґрунтів і охорони природного середовища. До таких тенденцій відносять надмірну частку в структурі парку машин енергонасичених агрегатів з великою експлуатаційною масою.

Значно інформативнішим є аналіз коефіцієнта енергетичної ефективності технології (3.20) та її екологічності (3.21). У загальному вигляді коефіцієнт  $K_{em}$  можна записати:

$$K_{em} = \frac{E_u^n - E_u^e}{E_m}, \quad (3.22)$$

або

$$K_{em} = \frac{E_u^n}{E_m} (1 - \phi_e) = K_{em}^n (1 - \phi_e) = K_{em}^n \phi_u, \quad (3.23)$$

де  $E_u^n = \sum_p \alpha_p U_{op}$  – енергетичний вираз основної та побічної продукції потенційного врожаю, МДж/га;  $E_u^e = \sum_p \alpha_p U_{ep}$  – енергетичний вираз втрат урожаю, МДж/га;  $E_m = \sum_i E_{oi}$  – сукупна енергомисткість технології, МДж/га;  $K_{em}^n$  – значення потенційного коефіцієнта енергетичної ефективності технології за заданих витрат сукупної енергії;  $\phi_e$  – коефіцієнт втрат врожаю;  $\phi_u$  – доля зібраного врожаю від потенційно можливого за цієї технології.

Інколи перехід на нову технологію супроводжується не лише підвищенням врожайності та коефіцієнта  $K_{em}$ , але й зниженням витрат ресурсів  $E_m$ . Такі інтенсивні ресурсозберігальні технології характеризують переважно якісні технологічні скачки, що зумовлені сукупністю агротехнічних, технічних і організаційних факторів. При-

кладом такого технологічного скачка може бути перехід від традиційної технології вирощування цукрових буряків до технології, що базується на сівбі – одноростковим дражжованим насінням на кінцеву густоту, стрічковому внесенні гербіцидів і локальному внесенні добрив, застосуванні комбінованих і комплексних агрегатів. Така інтенсивна ресурсозберігальна технологія дозволяє досягти запрограмованого врожаю за зниження витрат праці приблизно на 40%, зниженій витраті добрив вдвічі і пестицидів втричі. В результаті сукупні витрати енергії  $E_m$  знижуються майже на 40%, а коефіцієнт  $K_{em}$  зростає приблизно на 70%.

Важливим напрямом розвитку механізованих технологій вирощування і збирання сільськогосподарських культур є підвищення їх екологічності. Показник екологічності технології аналогічно до формул (3.22) і (3.23) можна записати у вигляді:

$$\varepsilon = \frac{E_u^n - E_u^a}{E_m + E_u} = \frac{E_u^n}{E_m} \cdot \frac{1 - \varphi_a}{1 + f_e E_u} = \frac{K_{em}}{1 + f_e E_u}, \quad (3.24)$$

де  $E_u = \sum_k E_{uk}$  – енергетичний вираз сумарних шкідливих наслідків технології щодо середовища, МДж/га;  $f_e = 1/E_m$  – величина, що обернена до сукупних енерговитрат, га/МДж.

Отже, екологічність технологій залежить від ефективності використання ресурсів ( $K_{em}$ ) і шкідливих наслідків ( $E_u$ ). У загальній сумі шкідливих наслідків технологій вирощування сільськогосподарських культур більше 90% припадає на забруднення середовища і продукції засобами хімізації.

Для оцінювання напряму розвитку технології зручно використовувати рівень екологічності нової технології у порівнянні з базовою (існуючою):

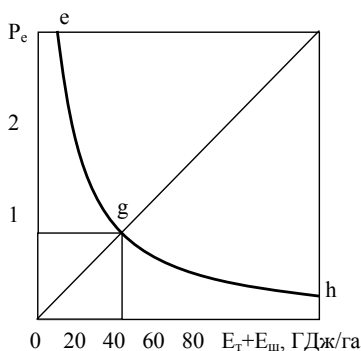
$$P_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_\delta} = \frac{K_{em}}{K_{em}^\delta} \cdot \frac{1 + f_e^\delta E_u^\delta}{1 + f_e E_u}. \quad (3.25)$$

У разі зафіксованих значень характеристик базової технології і величини  $K_{em}$  залежність (3.25) має гіперболічний характер. Частковий випадок якщо  $K_{em} = K_{em}^\delta$  зображений на рис. 3.2.

Вітка гіперболи  $ge$  характеризує екологічно сприятливий розвиток технології, а  $gh$  – несприятливий.

На основі аналізу енергетичної ефективності та екологічності технологій вирощування і збирання сільськогосподарських культур можна оцінити рівень існуючих і нових технологій, а також обґрун-

товано вибирати напрями екологічно сприятливого розвитку механізованих технологій. До таких напрямів належать:



**Рис. 3.2. Графік залежності рівня екологічності механізованої технології від показника шкідливих наслідків**

а) зменшення технологічних втрат врожаю за рахунок своєчасності та якості механізованих робіт, зменшення прямих втрат на всьому технологічному ланцюжку переміщення врожаю від поля до сховища або переробних пунктів;

б) зменшення ресурсомісткості технологій за рахунок підвищення коефіцієнта корисного використання технологічних матеріалів (насіння, добрив, пестицидів), мінімізації обробітку ґрунту, економії енергетичних ресурсів;

в) підвищення екологічності механізованих технологій насамперед за рахунок зменшення втрат хімічних засобів захисту рослин на всіх технологічних етапах від складу до поля, застосування прогресивних агротехнічних прийомів внесення препаратів (локальне внесення добрив, ультрамалооб'ємне обприскування і контактне нанесення пестицидів, стрічкове і смугове обприскування, інтегрований захист рослин). Зменшення ущільнення ґрунтів ходовими системами машин, застосування ґрунтозахисних агротехнічних заходів;

г) зменшення втрат часу як непоновлюваного ресурсу сільськогосподарського виробництва за рахунок високої організації робіт, розвитку інфраструктури технологічних систем, забезпечення високого рівня механізації всіх технологічних і допоміжних операцій.

Реалізація цих напрямів означає перехід на вищий рівень культури механізованого виробництва сільськогосподарської продук-

ції, розвиток механізації за інтенсивною, ресурсозберігальною і екологічно сприятливою технологією.

### **3.4. Енергетичний аналіз механізованих технологій**

#### **3.4.1. Мета і завдання енергетичного аналізу**

Мета енергетичного аналізу технології виробництва сільськогосподарської продукції: дати енергетичну оцінку технології.

Завдання енергетичного аналізу технології виробництва продукції полягає в розрахунках витрат енергії в кожній технологічній операції відповідно до довідникових еквівалентів і обсягів праці, використання машин і матеріалів за технологічною картою на виробництво сільськогосподарської продукції на одному гектарі.

Показниками енергетичного аналізу технології виробництва продукції є: коефіцієнт енергетичної ефективності, а також відсоткова частина витрат енергії на живу працю, використання тракторів, сільськогосподарських машин, транспортних засобів, насіння, добрив, пестицидів та інших матеріалів.

Біоенергетичне оцінювання технологічних процесів базується на тому, що жива і матеріалізована праця є енергією (фізичною розумовою) людини, механічною, електричною, тепловою, хімічною та іншими видами енергії під час видобування сировини, виготовленні матеріалів, машин, будівництва виробничих об'єктів, підготовки кадрів, експлуатації машин, будівель тощо.

У сільському господарстві результатами живої і матеріалізованої праці є сільськогосподарська продукція: зерно, овочі, м'ясо, молоко, вовна тощо, яка трансформувала енергію рослин, тварин, птиці в продукти харчування, фураж, органічні добрива, сировину для промисловості.

Рациональне використання відновлюваної (сонячної) і невідновлюваної (видобувної) енергії є головною умовою збільшення виробництва сільськогосподарської продукції. Енергетичний аналіз дає можливість порівняти технології вирощування і збирання сільськогосподарських культур для зменшення частки невідновлюваної енергії: палива, хімічних добрив і препаратів за високої продуктивності праці та якості продукції. В енерговитратах бачимо частку живої праці.

#### **3.4.2. Основні терміни**

**Енергетичний аналіз** – розрахункові дослідження, за яких матеріали, засоби виробництва, людська праця та її результати оцінюються витратами енергії.

**Первинна енергія** – неперетворена енергія, яка знаходиться в природних енергоресурсах (нафта, газ, вугілля та інші).

**Вторинна енергія** – перероблена первинна енергія, зручна для використання (бензин, дизельне паливо, електрична енергія та інші).

**Непоновлювана енергія** – видобувна енергія (вугілля, газ, нафта, сланці).

**Поновлювана енергія** – енергія сонця, рух повітря, рух води, геотермальне тепло, ядерна реакція, термоядерний синтез.

**Енергоемність технологічного процесу** – витрати енергії, необхідні для здійснення технологічного процесу.

**Енергетичний еквівалент** – витрати всіх видів енергії на одиницю використаних предметів і засобів праці.

**Енергоемність сільськогосподарської продукції** – витрати енергії, необхідні для отримання одиниці маси сільськогосподарської продукції.

**Енергомісткість сільськогосподарської продукції** – кількість енергії, що міститься в одиниці маси сільськогосподарської продукції.

**Прямі витрати енергії** – витрати палива, електричної і теплової енергії безпосередньо в технологічному процесі.

**Відносні витрати енергії** – витрати енергії на предмети і засоби праці, що використовуються у виробничому процесі.

**Енергоемність засобів механізації** – витрати енергії на виробництво і ремонт засобів механізації технологічного процесу.

**Енергія праці** – витрати енергії людини в технологічному процесі.

**Витрати сукупної енергії (повні енерговитрати)** – витрати всіх видів енергії, перенесеної в процесі виробництва на результат праці.

**Коефіцієнт енергетичної ефективності** – показник співвідношення кількості непоновлюваної енергії, що міститься у виробленій продукції, до кількості непоновлюваної енергії, витраченої на формування врожаю.

**Біоенергія** – енергія, одержана біологічним шляхом в результаті життєдіяльності живої природи.

**Біоенергетичне оцінювання процесів** – енергетичне оцінювання технологічного процесу отримання біоенергії або біоенергоносія.

### **3.4.3. Розрахунки енергоемності та ефективності механізованих технологій виробництва сільськогосподарської продукції**

Коефіцієнт енергетичної ефективності  $K_{ee}$  визначається із відношення не- поновлюваної енергії, що міститься в кінцевій сільсь-

когосподарській продукції до кількості непоновлюваної енергії, витраченої на формування врожаю:

$$K_{ee} = \frac{E_{np}}{E_{\epsilon}} = \frac{A_{np} U K_c}{E_{\epsilon 1}}, \quad (3.26)$$

де  $E_{np}$  – кількість непоновлюваної енергії, що міститься в кінцевій сільськогосподарській продукції, МДж;  $E_{\epsilon}$  – кількості непоновлюваної енергії, витраченої на формування врожаю, МДж;  $A_{np}$  – енергетичний еквівалент одержаної продукції МДж/кг (табл. 3.2);  $U$  – врожайність сільськогосподарської культури, кг/га;  $K_c$  – коефіцієнт вмісту сухої речовини (табл. 3.2);  $E_{\epsilon 1}$  – всі енергетичні витрати на виробництво продукції на одному гектарі, МДж/га.

Таблиця 3.2

### Вміст енергії та сухої речовини в урожаї сільськогосподарських культур

Культура	Вміст загальної енергії в 1 кг сухої речовини, МДж	Середній коефіцієнт вмісту сухої речовини
Пшениця озима (зерно)	19,13	0,86
Озиме жито (зерно)	19,49	0,86
Ячмінь (зерно)	19,13	0,86
Овес (зерно)	18,80	0,86
Просо (зерно)	19,70	0,86
Гречка (зерно)	19,38	0,86
Рис (зерно)	18,59	0,86
Горох (зерно)	20,57	0,86
Соя (зерно)	20,57	0,88
Кукурудза: зерно	17,60	0,86
зелена маса	16,39	0,25
Цукрові буряки	18,26	0,14
Кормові коренеплоди	16,39	0,25
Соняшник: насіння	19,38	0,92
зелена маса	16,80	0,25
Картопля	18,29	0,20
Овочеві культури	14,36	0,10
Люцерна на сіно	21,83	0,25
Багаторічні трави на сіно	18,91	0,20
Однорічні трави на сіно	16,39	0,20
Лукопасовищні трави	16,19	0,20
Зернофуражні культури на зелений корм	15,40	0,30

Енерговитрати  $E_{\epsilon 1}$  на технологічний процес в розрахунку на один гектар площі визначають за формулою:



$$E_{\text{сг}} = E_{\text{пр}} + E_p + \frac{E_{\text{ж}} + E_{\text{м}} + E_{\text{з}} + E_{\text{т}} + E_{\text{тз}}}{W} + E_{\text{тз}} \quad (3.27)$$

де  $E_{\text{пр}}$  – прямі витрати енергії (паливо, електроенергія), МДж/га (табл. 3.3);  $E_p$  – витрати енергії на виробництво добрив, пестицидів, насіння та інших речовин, МДж/га (табл. 3.3);  $E_{\text{ж}}$  – енергетичні витрати живої праці, МДж/га;  $E_{\text{м}}$ ,  $E_{\text{з}}$ ,  $E_{\text{т}}$  – енергоємність машин, зчіпок і енергетичних засобів на годину змінного часу, МДж/год.;  $E_{\text{тз}}$  – енергоємність транспортного засобу (автомобіль + причеп, трактор + причеп), МДж/год;  $W$  – продуктивність агрегату за одну годину часу зміни, га/год.

Таблиця 3.3

### Енергетичні еквіваленти на оборотні засоби виробництва

Оборотні засоби	Одиниця виміру	МДж	Оборотні засоби	Одиниця виміру	МДж
Енергетичні ресурси			Пестициди		
Бензин	1 кг	54,4	Гербіциди:		
Бензин	1 л	42,3	олії	1 кг д.р.	419,6
Дизельне паливо	1 кг	52,8	порошок	1 кг д.р.	263,6
Дизельне паливо	1 л	47,7	гранули	1 кг д.р.	363,7
Вугілля	1 кг	32,6	Інсектициди:		
Природний газ	1 м³	49,4	олії	1 кг д.р.	365,0
Дрова	1 кг	19,6	порошок	1 кг д.р.	253,2
Електроенергія	1 кВт·год	12,0	гранули	1 кг д.р.	312,1
Мінеральні добрива			Фунгіциди:		
Азотні	1 кг д.р.	86,8	олії	1 кг д.р.	272,6
Фосфорні	1 кг д.р.	12,6	порошок	1 кг д.р.	116,6
Калійні	1 кг д.р.	8,3	гранули	1 кг д.р.	216,7
Комплексні	1 кг д.р.	51,5	Бордоська рідина:		
Місцеві добрива			вапно гашене	1 кг	11,6
Гній (80% вологості)	1 кг	0,42	мідний купорос	1 кг	86,0
Компости (60% вологості)	1 кг	1,70	сірка молота	1 кг	68,2
Вапняні матеріали	1 кг	3,80	Тютюновий екстракт	1 кг	30,0
			Піретрум	1 кг	45,0
Насіння					
Буяки цукрові та кормові	1 кг	18,4	Тютюн і махорка	1 кг	18,7
Люцерна	1 кг	20,2	Трави багаторічні	1 кг	19,7
Овочеві	1 кг	18,7	Баштанні	1 кг	18,7
Зернові, зернобобові, кукурудза, льон-довгунець, соняшник, соя і визначаються для кожної культури як добуток вмісту енергії на середній коефіцієнт вмісту сухої речовини з таблиці 3.2.					

Прямі витрати енергії на виконання технологічного процесу визначають за формулою:

$$E_{np} = H_n A_n + H_e K_e + H_m K_k, \quad (3.28)$$

де  $H_n$ ,  $H_e$ ,  $H_m$  – витрати палива (кг/га), витрати електричної енергії (кВт-год/га), тепла (ккал/га);  $A_n$  – тепломісткість палива, МДж/кг;  $K_e$  – коефіцієнт переведення кіловат-годин в мегаджоулі;  $K_k$  – коефіцієнт переведення кілокалорій в мегаджоулі.

Витрати електричної енергії  $H_e$  на підготовку насіння і добрив до висіву розраховують за формулою:

$$H_e = P_e N, \quad (3.29)$$

де  $P_e$  – питомі витрати енергії на підготовку насіння і добрив до сівби, кВт-год/кг;  $N$  – норма висіву насіння і добрив, кг/га.

Витрати теплової енергії  $H_m$  на підготовку насіння і добрив до висіву розраховують за формулою:

$$H_m = P_m N, \quad (3.30)$$

де  $P_m$  – питомі витрати енергії на підготовку насіння і добрив до сівби, ккал/кг;  $N$  – норма висіву насіння і добрив, кг/га.

Матеріалізовані витрати енергії  $E_p$  на добрива, пестициди, воду та інші речовини, що використовуються в механізованих технологіях вирощування і збирання сільськогосподарських культур визначають за формулою:

$$E_p = \frac{A_p H_p}{T_p}, \quad (3.31)$$

де  $A_p$  – енергетичний еквівалент (витрати енергії на виробництво одиниці речовини), МДж/кг;  $H_p$  – норма внесення речовини на одиницю площі, кг/га;  $T_p$  – термін дії речовини (мінеральних добрив, пестицидів – один рік, органічних добрив – три роки).

Енерговитрати живої праці  $E_{ж}$  обслуговуючого персоналу розраховують на основі норм продовольчої і сільськогосподарської організації ООН ФАО, які передбачають градацію праці на дуже важку, важку, середню, легку та дуже легку, використовуючи формулу:

$$E_{ж} = \Pi_n A_{ж} + \Pi_{пд} A_{жд}, \quad (3.32)$$

де  $\Pi_n$ ,  $\Pi_{пд}$  – кількість основних (трактористи, комбайнери та інші) і допоміжних (сівачі, вантажника та інші) робітників, осіб;  $A_{ж}$ ,  $A_{жд}$  – енергетичні еквіваленти витрат живої праці основних і допоміжних робітників, МДж/год (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Енергетичні еквіваленти сільськогосподарської техніки  
і трудових ресурсів**

Сільськогосподарські машини і знаряддя, професії робітників	На 1 кг маси за 1 годину або за 1 люд.-год, МДж
1	2
Трактори та самохідні шасі	0,0243
Автомобілі вантажні	0,0143
Причепи та напівпричепи	0,263
Навантажувачі: на базі тракторів	0,048
на базі автомобілів	0,046
з електричним приводом	0,211
Плуги, глибокорозпушувачі, плоскорізи, нарізувачі борозен	0,036
Лушпильники, дискові борони, зчіпки	0,80
Знаряддя для поверхневого розпушення ґрунту	0,102
Культиватори для суцільного і міжрядного обробітку	0,051
Машини для внесення: мінеральних добрив, подрібнювачі	0,071
твердих органічних добрив	0,058
рідких добрив	0,032
Обприскувачі штангові та вентиляторні	0,246
Обпилювачі	0,107
Сівалки для сівби зернових, просапних і овочевих культур	0,107
Комбіновані багатоопераційні машини	0,094
Жатки валкові, підбирачі	0,211
Комбайни зернозбиральні	0,151
Комбайни кормозбиральні та кукурудзозбиральні	0,124
Зерноочисні машини, зерноочисні та сушильні агрегати	0,148
Машини для збирання соломи	0,120
Косарки-плющилки, скиртоукладачі, скирторізи	0,094
Граблі, волокуші	0,109
Прес-підбирачі	0,177
Машини та обладнання для досушування сіна	0,143
Машини для збирання льону, конопель, кенафу	0,260
Комбайни бурякозбиральні	0,098
Машини гичкозбиральні, буряконавантажувачі	0,109
Бурякозбиральні машини	0,200
Картоплесаджалки, картоплекопачі, картоплесортувачі	0,194
Комбайни картоплезбиральні	0,158
Розсадосадильні машини	0,119
Машини для вирощування та збирання тютюну (махорки)	0,112

Закінчення табл. 3.4

1	2
Дошувальні машини: самохідні	0,033
далекоструминні	0,042
Насосні станції	0,038
Електротехнічне обладнання, електродвигуни	0,211
Тяглова худоба	0,020
Сільськогосподарська авіація з врахуванням витрат рідкого палива	3500
Кінний та ручний реманент	
Сівалка кінна	0,038
Плути, підгортачі кінні	0,024
Косарки, жатки кінні	0,030
Борони кінні	0,045
Вози	0,010
Граблі, волокуші, преси кінні	0,036
Лопати, вила, граблі, коси та інші ручні знаряддя	0,012
Трудові ресурси	
Трактористи-машиністи, комбайнери	60,8
Шофери	60,3
Електромонтери, оператори	61,2
Польові та інші допоміжні робітники (ручна праця)	33,3

Енергоємність засобів механізації: сільськогосподарських машин  $E_m$ , зчіпок  $E_z$ , енергетичних засобів (тракторів)  $E_t$  та інших засобів виробництва частково переносить на створену продукцію енергію, яка витрачена на виробництво цих засобів. Енергоємність машини  $E_m (E_z, E_t)$ , що приходить на одну годину роботи, враховує також витрати на реновацію, капітальний та поточний ремонт і технічний догляд. Визначають  $E_m (E_z, E_t)$  за формулою:

$$E_m = \frac{A_m M_m}{100} \left( \frac{a_p}{T_{нм}} + \frac{a_k + a_{нмо}}{T_{зм}} \right), \quad (3.33)$$

де  $A_m$  – енергетичний еквівалент машини, МДж/кг (табл. 3.4);  $M_m$  – маса машини, кг;  $a_p, a_k, a_{нмо}$  – відрахування на реновацію, капітальний ремонт, поточний ремонт і технічне обслуговування машини, %;  $T_{нм}, T_{зм}$  – нормативне та зональне річне завантаження машини, год.

Під час розрахунків слід враховувати, що трактори і складні сільськогосподарські машини (зернозбиральні і кормозбиральні комбайни, бурякозбиральні і картоплезбиральні комбайни та інші) підлягають капітальному і поточному ремонтам та технічному обслуговуванню, а зчіпки та прості машини і знаряддя – поточному ремонту і технічному обслуговуванню.

Енергоємність транспортного засобу (автомобіля + причепа)

$E_{mз}$  під час перевезення сільськогосподарської продукції і технологічних речовин переноситься на один гектар сільськогосподарської культури і визначається за формулою:

$$E_{mз} = \frac{A_a M_a B U (a_p + a_k + a_{nmo})}{5 \cdot 10^4 G_a}, \quad (3.34)$$

де  $A_a$  – енергетичний еквівалент автомобіля, МДж/кг;  $M_a$  – маса автомобіля, кг;  $B$  – відстань перевезення технологічного матеріалу, км;  $U$  – урожайність, кг/га;  $a_p, a_k, a_{nmo}$  – відрахування на реновацію, капітальний ремонт, поточний ремонт і технічне обслуговування автомобіля на 1000 км пробігу, %;  $G_a$  – вантажопідйомність автомобіля, кг.

Для автомобіля витрати палива  $\Pi_a$  (кг/т) на одиницю маси перевезеного технологічного матеріалу визначають за формулою:

$$\Pi_a = \left( H_a + \frac{H_a K_a}{100} \right) \frac{2B\gamma_n}{100G_a}, \quad (3.35)$$

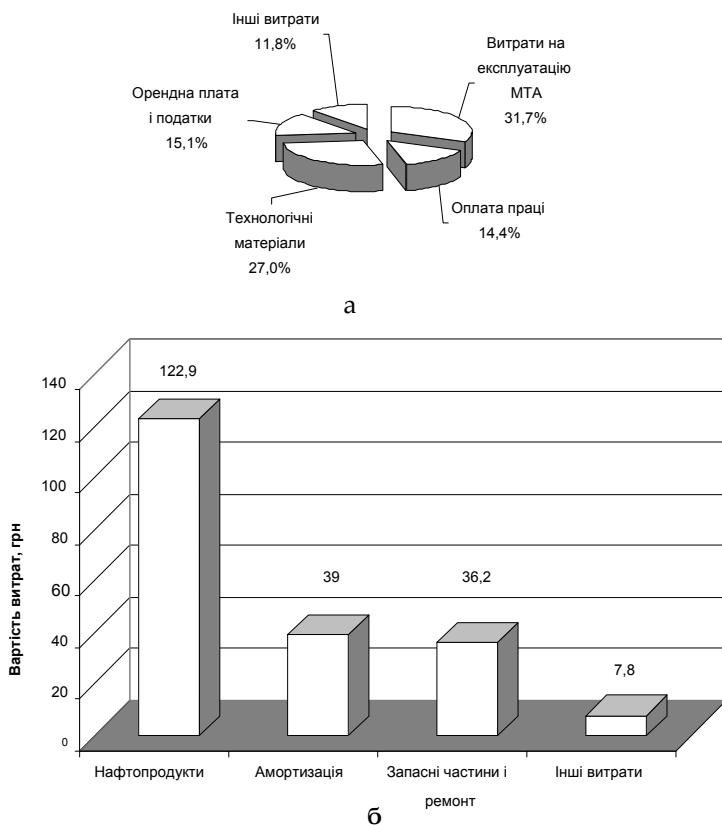
де  $H_a$  – лінійна норма витрати палива на 100 км пробігу, л;  $K_a$  – збільшення норми витрати палива залежно від категорії дороги чи інших факторів, %;  $B$  – відстань перевезення технологічного матеріалу, км;  $\gamma_n$  – щільність палива, кг/л (бензину  $\gamma_n = 0,72$  кг/л, дизельного палива  $\gamma_n = 0,82$  кг/л);  $G_a$  – вантажопідйомність автомобіля, кг.

#### **3.4.4. Новітні техніко-технологічні рішення для різних систем обробітку ґрунту і сівби під час вирощування зернових культур**

Технологія вирощування сільськогосподарських культур характеризується значно розтягнутим у часі процесом формування врожаю і враховує цілу низку керованих та некерованих факторів, таких як потенціал сорту, система захисту рослин від шкідників та хвороб, система удобрення, ґрунтово-кліматичні умови, система обробітку ґрунту і посіву, характеристики технологічних матеріалів і технічних засобів, терміни виконання робіт тощо.

Для забезпечення систем обробітку ґрунту, що є послідовно взаємопов'язаними польовими операціями, може використовуватись велика кількість різноманітних технічних засобів, які різняться як за способом впливу на ґрунт, так і за технічними і експлуатаційними параметрами, але які за відповідних режимів налагодження та роботи мають забезпечити реалізацію технологічних прийомів відповідно до агротехнічних вимог як за якістю, так і за термінами їх виконання. Вибрана система обробітку ґрунту впливає фактично на всі аспекти виробництва і в екологічному, і в економічному плані, але з точки зору механізації особливо гостро стоїть питання вартості

виконання технологічних операцій та відповідно собівартості отриманого врожаю (рис. 3.3).



**Рис. 3.3. Структура витрат на виробництво продукції рослинництва в розрахунку на 1 га посівної площі (а) і вартість витрат на експлуатацію машинно-тракторних агрегатів (б)**

На сьогодні сільгосптоваровиробникам пропонується ціла низка технологій вирощування основних сільськогосподарських культур, які, зазвичай, базуються на рецептурному принципі виконання технологічних прийомів конкретними марками сільськогосподарських машин чи агрегатів, і навіть дуже часто конкретизується виробник відповідного сільськогосподарського знаряддя. При цьому практично важко провести порівняльне оцінювання таких

технологій за показниками їх відносної ефективності.

Одним з основних базових елементів різних технологій, який в подальшому визначає належність кожної з технологій до конкретної з груп, є система основного обробітку ґрунту. Саме вона і комплекс технічних засобів для її реалізації значною мірою визначають рівень енергозаощадження конкретної технології, її екологічну та економічну спрямованість.

Аналіз і узагальнення літературних даних, наукових публікацій провідних організацій України, світових тенденцій розвитку технологій та їх технічного забезпечення дає змогу систематизувати основні технологічні вимоги до різних способів основного і передпосівного обробітку та сівби і провести класифікацію систем обробітку ґрунту, виділивши з них чотири найбільш типові.

**Традиційна технологія на базі оранки** (рис. 3.4а) передбачає наступні технологічні прийоми: провокація проростання насіння бур'янів і падалиці; руйнування капілярів і підрізання бур'янів; розпушування ґрунту на глибину 20...32 см з повним обертанням скиби; повне загортання рослинних решток на глибину 8...12 см; підготовка рівномірного за глибиною насінневого ложа і дрібно-рудчкової структури посівного шару ґрунту; загортання насіння на задану глибину за умов сівби в якісно підготовлений ґрунт.



Рис. 3.4. Традиційна (а), консервувальна (б), мульчувальна (в) та з елементами mini-till (г) технології обробітку ґрунту

**Консервувальна технологія на базі глибокого розпушування** (рис. 3.4б): мульчування ґрунту подрібненими рослинними рештками; розпушування верхнього шару з перемішуванням рослинних решток та безполицевим основним обробітком на глибину 25...40 см; збереження до 50% рослинних решток на поверхні ґрунту; повне підрізання бур'янів; загортання насіння на задану глибину за умов сівби із значною кількістю рослинних решток на поверхні ґрунту; можливе додаткове накопичення продуктивної вологи в метровому шарі.

**Мульчувальна технологія** на базі мілкого розпушування (рис. 3.4в): мульчування ґрунту подрібненими рослинними рештками; розпушування з перемішуванням рослинних решток верхнього шару ґрунту на глибину до 10 см; збереження не менше 30% рослинних решток на поверхні ґрунту; повне підрізання бур'янів; загортання насіння на задану глибину за умов сівби із незначною кількістю рослинних решток на поверхні ґрунту; можливе додаткове збереження продуктивної вологи в кореневмісному шарі ґрунту.

**3 елементами mini-till на базі поверхневого розпушування на глибину загортання насіння** (рис. 3.4г): мульчування ґрунту подрібненими рештками; максимальне збереження рослинних решток на поверхні; хімічне прополювання бур'янів; поверхневий обробіток ґрунту на глибину загортання насіння; сівба із значною кількістю рослинних решток на поверхні ґрунту; можливе додаткове збереження продуктивної вологи в кореневмісному шарі ґрунту.

В Україні ще й досі значна частина господарств використовує традиційні, затратні технології виробництва сільськогосподарської продукції. Актуальним є впровадження світового досвіду господарювання на основі нових техніко-технологічних підходів.

Стрімке зростання цін на енергоносії вимагає динамічного впровадження перспективних ресурсоощадних технологій, без яких жорстка конкуренція на світовому ринку, може спричинити небажані наслідки.

В УкрНДВПВТ ім. Л. Погорілого в останні роки проводиться експертиза технологій вирощування культур на різних системах обробітку ґрунту, а в останні роки закладено науково-випробувальну сівозміну з відпрацювання проекту «АгроОлімп-150». Проведено ранжування систем обробітку ґрунту і новітніх техніко-технологічних рішень для їх реалізації. На основі універсалізації машин та їх інтелектуалізації шляхом використання елементів керованого землеробства передбачено можливість вибору раціонального машинно-тракторного парку, який базується на двох типах тракторів (основний – трактор тягового класу 3, допоміжний – тягового класу 1,4) і одинадцяти найменуваннях сільськогосподарських машин та засобах керованого землеробства. Це дозволило застосувати чотири системи обробітку ґрунту (традиційну, консервувальну, мульчувальну та з елементами mini-till), при цьому є змога реалізації 20 технологій вирощування зернових культур в усіх зонах України.

У результаті, за близьких за розмірами інвестицій для впровадження окремо кожної з технологій, забезпечується можливість реалізації на означеному парку машин однієї або, за необхідності, декількох систем обробітку ґрунту.



Ефектом впровадження такого парку є економія капіталовкладень, ресурсозбереження, зменшення кількості техніки і витрат праці. Показниками які характеризують ефективність впровадження різних систем обробітку ґрунту є витрати палива та прямі експлуатаційні витрати. Додатковими перевагами є можливість вибору найбільш прийнятної для господарства системи обробітку ґрунту і, як наслідок, відновлення ґрунтів та покращення екології довкілля.

Критеріями раціонального відбору техніки є якісне забезпечення виконання робіт відповідно агротехнічним вимогам, експлуатаційно-економічні показники роботи вибраних машин. При цьому під конкретні технологічні операції за результатами випробувань вибрано кращі зразки вітчизняного та зарубіжного машинобудування. У випадку відсутності вітчизняних зразків запропоновано імпорتنі машини рівень ефективності роботи яких є еталонним і буде в найближчій перспективі відтворено вітчизняними аналогами, на що мають бути сконцентровані та спрямовані інтелектуальні та інноваційні потужності вітчизняного машинобудування.

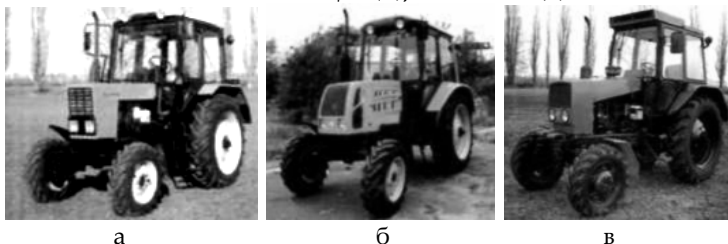
Згідно з вказаними варіантами більшість технологічних операцій для 4 вказаних систем обробітку ґрунту є загальними це збирання врожаю з подрібненням та розподіленням рослинних решток на поверхні поля, внесення добрив за результатами моніторингу ґрунту, мульчування поверхні ґрунту (після збирання врожаю), сівба з одночасною передпосівною культивацією, захист рослин у процесі вегетації. Відповідно це вимагає шість типів технологічних машин і два типи енергетичних засобів – базовий потужністю 110...162 кВт: ТЯ-200 «Ярило» (рис. 3.5а), ХТА-200 «Слобожанець» (рис. 3.5б), ХТЗ-17221 (рис. 3.5в) та допоміжний потужністю 55...75 кВт: Беларус 82.1 (рис. 3.6а), КИЙ-14820 (рис. 3.6б), ЮМЗ-8240 (рис. 3.6в).

На базові та допоміжні трактори встановлюють обладнання для підтримання курсової стійкості машинно-тракторних агрегатів, яке дає змогу усунути перекриття та огріхи під час виконання технологічних операцій, знизити витрати технологічних матеріалів на 15%, підвищити продуктивність праці на 10...15% і підвищити урожайність до 10%.

До технологічних операцій які є специфічними для кожної із систем обробітку ґрунту належать оранка в традиційній системі обробітку ґрунту, глибоке розпушування (чизелювання) в консервувальний та мілкий обробіток в мульчувальний. Ключовою окремою технологічною операцією у цьому виконанні проекту «Агро-Олімп-150» є сівба з одночасною передпосівною культивацією, що вимагає спеціальних сівалок.



**Рис. 3.5. Базові енергетичні засоби: ТЯ-200 «Ярило» (а), ХТА-200 «Слобожанець» (б), ХТЗ-17221 (в)**



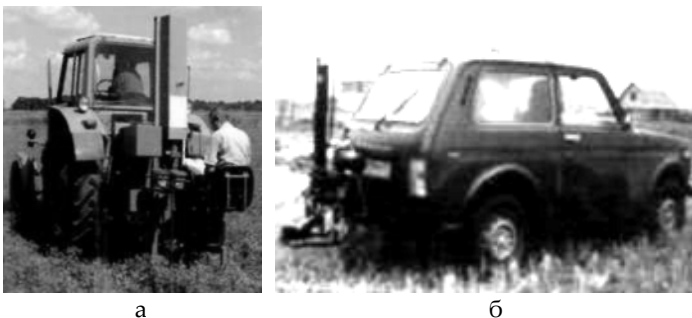
**Рис. 3.6. Допоміжні енергетичні засоби: Беларус 82.1 (а), КИЙ-14820 (б), ЮМЗ-8240 (в)**

Специфічною операцією є хімічне прополювання бур'янів в системі з елементами mini-till з відповідними технічними засобами.

Інтелектуалізація машин досягається засобами керованого землеробства з відповідними функціями: моніторинг стану ґрунту забезпечується гідрофікованим пробовідбирачем з системою управління (рис. 3.7); внесення добрив за результатом моніторингу ґрунту забезпечується розподільвачами мінеральних добрив з програмно-апаратним комплексом реалізації технології змінного нормування; хімічне прополювання бур'янів забезпечується обприскувачем обладнаним засобами управління, контролером управління та навігаційною системою; диференційоване забезпечення рослин поживними речовинами протягом вегетації забезпечується обладнанням для оптичного зондування стану рослин; курсова стійкість машинно-тракторних агрегатів забезпечується відповідним обладнанням.

Для кожної з технологічних операцій та енергетичних засобів сформульовано вимоги, за якими був здійснений підбір техніки, який передбачав не тільки основний можливий варіант, але й альтернативні засоби.

Так, для мульчування поверхні ґрунту запропоновано борону дискову легку причіпну БДЛП-8 виробництва ТОВ «Краснянське «СП «Агромаш».



**Рис. 3.7. Начіпний гідрофікований пробовідбирач ґрунту НПІ-1,0 (а) і пробовідбирач Agri Land N 2005 (б)**

Борона забезпечує агротехнічні вимоги (глибину обробітку 6...8 см, необхідні параметри підрізання бур'янів не менше 95%, нерівномірність глибини обробітку не більше 1,5 см, кількість грудочок розміром до 50 мм не менше 80%, збереження поживних решток на поверхні не менше 50%, повне загортання добрив у ґрунт), має прийнятні експлуатаційно-технологічні показники, високу (не менше 5 га/год) продуктивність, прийнятні витрати палива (не більше 6,5 л/га), високу надійність.

Додатковими позитивами борони дискової є: якісне копіювання рельєфу поля за шириною захвату машини за рахунок секційного виконання конструкції борони; можливість адаптації до різних ґрунтово-кліматичних умов роботи шляхом зміни кута атаки балок батарейних секцій; модульна конструкція, що дозволяє використовувати машину в різних опціях робочої ширини захвату – 8 м або 4 м; надійне кріплення дисків на квадратному валу, що не унеможливорює їх прокручування.

Відповідно здійснено вибір всіх решти машин всього проекту. Ключовими машинами, які визначають систему обробітку ґрунту є плуг (традиційна), глибокорозпушувач (консервувальна), лемешно-дисковий культиваторного типу чи дисковий агрегат (мульчувальна), спеціальна сівалка (mini-till).

При цьому для оранки вибрано плуг обертовий ПО-5 виробництва ТОВ ВП «Інтерагротек». Плуг призначений для виконання гладкої оранки без звальних гребенів та розвальних борозен.

Робочий орган (корпус який включає стійку, штампозбірний поковзень, леміш, полицю, польову дошку) захищений зрізним болтом. Можлива комплектація різними за призначенням полицями та передплужниками, або кутознімами.

Плуг має наступні переваги: застосування передплужників сприяє кращому обертанню скиби та більш якійсній роботі на фо-

нах із значним вмістом рослинних решток; можливість адаптації до різних ґрунтово-кліматичних умов роботи шляхом зміни ширини захвату в межах 1,6...2,2 м; забезпечення гладкої оранки, що виключає необхідність застосування додаткових знарядь на вирівнювання звальних гребенів і розвальних борозен; забезпечення раціонального без загінок човникового способу руху орного агрегату на полі.

Для глибокого розпушування вибрано глибокорозпушувач ГР-2,5 виробництва ТОВ НВП «БІЛОЦЕРКІВМАЗ». Глибокорозпушувач призначений для глибокого безполицевого обробітку ґрунту на глибину 25...50 см для захисту від ерозії, руйнування плужної підшви, поліпшення водоповітряного режиму кореневмісного шару, снігозатримання, підвищення вмісту агрономічно цінних водотривких агрегатів та інших показників родючості ґрунту. Складається з основної рами, ґрунторозпушувальних лап, причіпного пристрою, двох опорних котків. Основна рама – жорстка просторова конструкція, виконана з труб квадратного перетину, яка забезпечує за допомогою кронштейнів кріплення робочих органів – ґрунторозпушувальних лап.

Особливості роботи ґрунторозпушувача полягають в наступному: ґрунторозпушувальні лапи асиметричної форми зміцнені накладками з долотом в нижній частині, розміщені в два ряди з зустрічним спрямуванням розпушувального ефекту, сприяють утворенню розгалуженої мережі тріщин шляхом одночасного розпушування, піднімання і зсуву ґрунтового масиву, що забезпечує інтенсивну аерацію та сприяє вологонакопиченню; опорні котки – шиповані металеві циліндри з можливістю забезпечення швидкого фіксованого положення глибини ходу робочих органів, сприяють додатковому розпушенню верхнього шару ґрунту.

Як альтернатива може бути використано глибокорозпушувач ЧД-40-02 виробництва ВАТ «Краснянське СП «Агроташ», агрегат чизельний начіпний АЧН-3,0 «Хома» виробництва ВАТ «Галещина, машзавод», глибокорозпушувач АГР-3,4 (ВАТ ВО «Восход») та інші.

Поверхнєве розпушування забезпечується культиваторами лемешно-дисковими КЛД-3 виробництва ТОВ «Галещина, машзавод».

Культиватор лемішно-дисковий КЛД-3 має наступні особливості: збільшений інтервал розставлення лап забезпечує сколювання і розпушування ґрунту навколо робочого органа на відстані, що перевищує розмір робочого органа; додаткова дія дисків і котка сприяє високій якості розпушування поверхневого шару ґрунту.

Можливими альтернативними машинами можуть бути АГД-3,5 (СТ ВФ «Агрореммаш»), «КШН-5,6 «Резидент» (ВАТ «Галещина, машзавод»), ЛДВ-4 (ВАТ «Уманьферммаш», агрегат ґрунтообробний АГ-3,0-20 (ТОВ НВП «БІЛОЦЕРКІВМАЗ», агрегат комбінований широкозахватний АКШ-3,6 (ВАТ «Хмільниксільмаш»),

агрегат «Смарагд» фірми «Лемкен».

Для сіви з одночасною культивацією запропонована сівалка рядкова «Rapid» RD 400C виробництва фірми «Ведерстад» (Швеція). Сівалка рядкова «Rapid» RD 400C» призначена для сіви насіння зернових, бобових та олійних культур за різних систем обробітку ґрунту.

Особливості конструкції сівалки: робочі розпушувальні органи сівалки дискового типу; сошники – комбіновані дисково-анкерного типу забезпечують загортання насіння у ґрунт без необхідності його поверхневого обробітку.

Альтернативними сівалками можуть бути сівалки Клен-6Т (МНСВП «Клен»), «Cirrus 4001» (фірма Amazone, Німеччина), Speedliner 3000 (фірма Kuhn, Франція).

Ефективність проекту за різних систем обробітку ґрунту на площі 2500 га з п'ятипільною зернобобовою сівозміною представлена в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

### Ефективність техніко-технологічних рішень для різних систем обробітку ґрунту

Назва	Система обробітку ґрунту				
	традиційна	консер- вувальна	мульчу- вальна	mini- till	диферен- ційована
Капіталовкладення на технічне переоснащення, млн. грн	15,8	14,0	13,9	11,9	14,0
Натуральні показники					
Витрати палива, л/га	72	61	53	44	58
Валовий збір, тис. т	10,0	9,5	9,3	8,8	10,5
Вартісні показники					
Валові витрати, млн грн	10,9	10,6	10,4	9,8	10,4
Валовий дохід, млн грн	16,1	15,2	14,8	13,9	16,9
Прибуток, млн грн	5,2	4,6	4,4	4,1	6,5
Рентабельність, %	47,7	43,4	42,3	41,8	62,5

## 3.5. Організація роботи машинно-тракторних агрегатів

### 3.5.1. Операційна технологія виконання механізованих робіт



**Операційна технологія** – це комплекс агротехнічних, технічних, організаційних, економічних і екологічних правил з високопродуктивного використання машинно-тракторних агрегатів, який забезпечує високу якість виконання польових механізованих робіт.



**Технологічна операція** – це сукупність дій, спрямованих на предмет праці (грунт, рослину, зерно, насіння, добрива, пестициди та інше) з метою зміни його властивостей, положення, стану матеріалу чи середовища в процесі вирощування і збирання сільськогосподарських культур.

Для конкретних умов господарств розробляються операційні технології з окремих видів робіт і представляють їх у формі операційно-технологічних карт.

Операційно-технологічні карти включають наступні розділи: умови роботи, агротехнічні вимоги до виконання цієї технологічної операції, раціональне комплектування машинно-тракторного агрегату і підготовка його до роботи, схему агрегату з вказаними технологічними та габаритними параметрами, підготовку поля до роботи та схему руху агрегату, основні експлуатаційні показники роботи агрегату, контроль якості виконання роботи, вказівки з охорони праці та техніки безпеки, протипожежні заходи.

### **3.5.2. Управління якістю польових робіт**

Управління якістю польових робіт передбачає постійний контроль зі сторони агрономічної служби господарства за виконанням технологічних операцій, виконанням агротехнічних вимог і встановлених нормативів.

Контроль якості польових механізованих робіт поділяють на ввідний, поточний і приймальний.

Ввідний контроль (інструктаж) проводять до початку роботи. Його мета детально ознайомити механізатора з майбутньою роботою та умовами її виконання:

- з агротехнічними вимогами; при цьому особливу увагу звертають на правильне комплектування агрегатів, проведення попередніх регулювань і технологічного налагодження та витримування максимально допустимих швидкостей руху;
- з правилами підготовки поля (його розпланування, розбивання на заїмки, виділення поворотних смуг), визначення місць завантаження машин технологічним матеріалом тощо;
- з порядком проведення перших проходів і організацією роботи агрегатів у заїмці;
- з правилами оцінювання якості роботи;
- з нормами виробітку, витратою палива, оплатою праці, охороною праці і технікою безпеки.

Ввідний інструктаж проводить керівник виробничого підрозділу.

Поточний контроль передбачає перевірку якості під час перших проходів агрегату і періодично впродовж робочого дня. Його проводить тракторист машиніст і агроном. Мета поточного контролю – уточнити відповідність технологічних регулювань агрегату умовам роботи.

Приймальний контроль якості роботи виконує агроном чи керівник підрозділу. При цьому з врахування результатів поточного контролю визначають якість і кількість виконаної роботи для оплати праці.

Якість роботи оцінюють за дев'ятибальною системою. Розподіл балів за значеннями показників якості різний для різних видів робіт. Залежно від кількості набраних балів роботу оцінюють наступним чином: 8-9 балів – відмінно, 6-7 балів – добре, 4-5 балів – задовільно, 3 бали і нижче – незадовільно.

У разі значного погіршення якості за показниками, не врахованими в таблицях оцінювання, але наведеними в агротехнічних вимогах, агроном має право знизити оцінку роботи на 1-2 бали або цілком її забракувати. Причини зниження оцінки якості роботи вказують в обліковому листі механізатора.

У випадку групового використання техніки необхідно, щоби кожен агрегат працював в окремій загінці. Якщо всі агрегати працюють в одній загінці, оцінку якості роботи механізаторів можна виводити як середню (зі згоди виконавців робіт). Середні значення показників і загальну оцінку якості роботи заносять в обліковий лист тракториста-машиніста.

### **Агротехнічні вимоги до якості польових робіт**

Виконання технологічних операцій в оптимальні строки створює сприятливі умови для росту і розвитку рослин, підвищує урожайність сільськогосподарських культур.

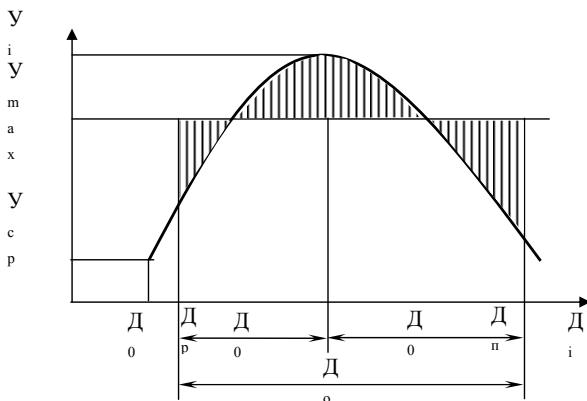
Збільшення тривалості виконання польових робіт (рис. 3.8) призводить, з одного боку, до зниження збору продукції з одиниці площі, оскільки мінімальний строк відповідає найбільшому збору продукції  $U_{max}$ , а з іншого – зменшує капіталовкладення в машинний парк і тим самим через амортизаційні відрахування знижує прямі експлуатаційні витрати.

Обробка багаточисельних експериментальних даних показує, що зміна врожайності культур ( $Y_i$ , т/га) залежно від календарного строку має певну закономірність і може бути виражена залежністю:

$$Y_i = aD_i^2 + bD_i + Y_0, \quad (3.36)$$

де  $a$  і  $b$  – емпіричні коефіцієнти (беруть за даними найближчої сільськогосподарської дослідної станції), т/га·доба<sup>2</sup> і т/га·доба;

$D_i$  – календарний строк виконання роботи, днів;  $U_0$  – урожайність під час виконання роботи в найбільш ранній строк.



**Рис. 3.8. Залежність урожайності сільськогосподарських культур від строків і тривалості виконання технологічних операцій**

Оптимальну тривалість виконання роботи  $D_{opt}$  за критерієм мінімуму експлуатаційних витрат на одиницю продукції визначають за формулою:

$$D_{opt} = \frac{0,3}{K_{\kappa}} \left( \frac{K_t C_{\delta m} + C_{\delta m} H_{am}}{p C_n W_z T_{\delta}} \right)^{1/2}, \quad (3.37)$$

де  $K_{\kappa}$  – коефіцієнт використання календарного часу в період виконання роботи, що враховує кліматичні умови;  $K_t$  – доля часу використання трактора на цій роботі;  $C_{\delta m}$ ,  $C_{\delta m}$  – балансова вартість трактора і машини, грн;  $H_{am}$  – річна норма амортизаційних відрахувань;  $p$  – експериментальний коефіцієнт (беруть за даними найближчої сільськогосподарської дослідної станції), т/га·доба<sup>2</sup>;  $C_n$  – товарна вартість одиниці отриманої продукції, грн;  $W_z$  – середня продуктивність агрегату, га/год;  $T_{\delta}$  – середня тривалість роботи агрегату на протязі доби, год.

Якість виконання польових робіт залежить від конструкційних особливостей, регульованих параметрів, технічного стану, а також від умов роботи: фізико-механічних властивостей ґрунту, рельєфу місцевості, густоти стояння і полеглисті рослин та інших.



Один і той самий процес може характеризуватися декількома показниками. Так, якість оранки оцінюють за глибиною, рівномірністю глибини, вирівняністю поверхні, ступенем загортання пожнивних решток, бур'янів і добрив, відсутністю огріхів, якістю заорювання поворотних смуг і країв поля та іншими. Щоби зменшити трудомісткість оцінювання якості роботи у виробничих умовах, число показників має бути за можливості мінімальним.

Кожному показнику встановлюють допустиме відхилення (допуск). У разі відсутності необхідних даних для обґрунтування допусків з окремих показників якості роботи вони можуть бути отримані спеціальними дослідженнями на зональній сільськогосподарській дослідній станції.

Допуск якісних показників технологічного процесу може бути обґрунтований наступними критеріями: зміною зібраної продукції з одиниці площі; мінливістю якості роботи через різний технічний стан машини, а також умови обробітку ґрунту і його вихідних властивостей; показниками, обумовленими наступними процесами обробітку ґрунту.

Для тих видів сільськогосподарських процесів, які безпосередньо впливають на урожайність сільськогосподарської культури, допуски на якісні показники встановлюють за зниженням врожайності (рис. 3.9).

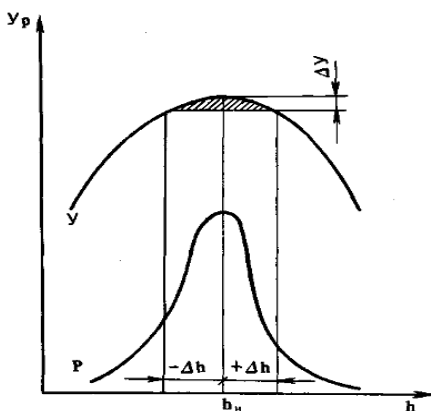


Рис. 3.9. Схема встановлення глибини загортання за допустимим зниженням урожайності сільськогосподарської культури

Зміна урожайності в функції глибини сівби насіння виражається деякою кривою  $U$  другого порядку, а фактичний розподіл

глибини  $h$  загортання насіння кривою  $P$ , близькою до нормального розподілу.

Задаючись  $\Delta U$ , отримуємо допуск на глибину загортання насіння від встановленого нормативу  $h_n$ , що відповідає найбільшому збору продукції.

Не всі вказані в довідниках агротехнічні вимоги слід розглядати як обов'язкові в цих умовах. Так, наприклад, за достатньої вологості ґрунту рослини озимої пшениці краще розвиваються у разі невеликої глибини загортання насіння. В цьому випадку вже на 7...8-й день після сівби, а інколи й раніше появляются сходи, розвиваються сильні рослини, формується потужна коренева система. Найбільш сильні рослини отримують у разі загортання насіння на глибину, близьку до залягання вузла кущення. В цьому випадку утворюється коротке міцне міжвузля і за несприятливих погодних умов в період зимівлі не обривається коренева система.

Чим глибше посіяно насіння, тим більша довжина колеоптиля у рослин (рис. 3.10) і відстань між первинною і вторинною кореневими системами, оскільки вузол кущення залягає приблизно на однаковій глибині. В цьому випадку сходи виростають ослаблені, рослини витягуються і мають низьку енергію кущення.

У засушливі роки, коли верхній шар ґрунту пересушений, і за наявності вологи в нижніх шарах ґрунту глибину загортання насіння збільшують до 7...8 см.

У зв'язку із зміною якості роботи внаслідок зношування і регулювання машин допуск устанавлюють як функцію граничних зношувань і регулювань. Наприклад, нерівномірність глибини оранки ґрунту  $\delta_n$  при масових замірах в функції ширини  $\Delta$  кромки лемеша плуга описується кривою, наведеною на рисунку 3.11.

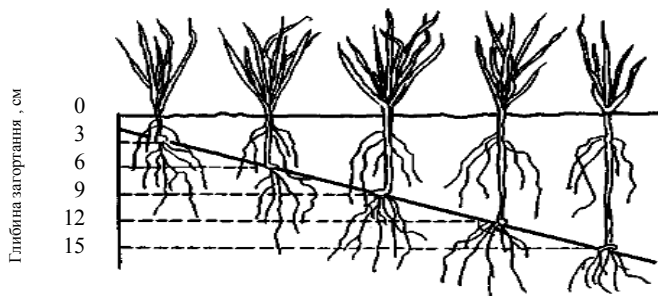


Рис. 3.10. Довжина колеоптилю у рослин озимої пшениці за різної глибини загортання насіння (від 3 до 15 см) в умовах оптимального строку сівби і незначної зміни глибини залягання вузла кущення – від 0,5 до 2,7 см

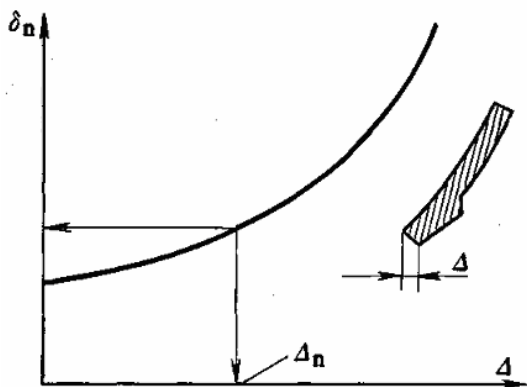


Рис. 3.11. Крива встановлення допусків на граничне зношування (ширину кромки затуплення лемеша)

За норматив приймаємо ступінь нерівномірності глибини оранки, яку визначають за формулою:

$$\delta_n = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{h_{\text{ср}}}, \quad (3.38)$$

де  $h_{\max}$ ,  $h_{\min}$ ,  $h_{\text{ср}}$  – максимальна, мінімальна і середня глибина оранки, см.

Це відповідає відсутності кромки затуплення лемеша. Тоді допуск визначається технічно гранично допустимим зношенням вузла, в такому випадку – граничною шириною кромки лемеша:  $\Delta = 4$  мм.

Для встановлення сумарного допуску з врахуванням впливу зміни технічного стану машин і умов, в яких вони працюють, випробовують в роботі машину, що має технічний стан, близький до граничного зношування і порушенню регулювань, на типовій ділянці і визначають чисельне значення показників якості роботи. Якщо необхідно виявити вплив на допуск тільки технічного стану машини, замір роблять на одній типовій ділянці, але за двох технічних станів машини – вихідного (цілком справного) і граничного за величиною зношування.

Якщо визначають вплив на допуск зовнішніх умов роботи, заміри проводять на трьох ділянках, що відрізняються за умовами (наприклад, за характером мікрорельєфу) але за однакового технічного стану машини.

Наводимо, як зразок, операційно-технологічну карту на сівбу озимої пшениці.

# 1. УМОВИ РОБОТИ

- 1.1. Площа поля 100 га.
- 1.2. Довжина тону 1000 м.
- 1.3. Ширина поля 1000 м.
- 1.4. Нахил місцевості 3%.
- 1.5. Робоча швидкість до 10 км/год.
- 1.6. Тяговий опір посівного агрегату 1,5 кН/м.
- 1.7. Потужність на привід вентилятора 6,1 кВт.

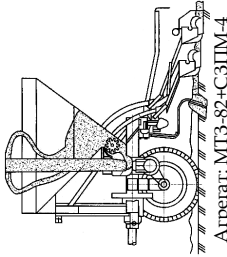
# 2. АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

- 2.1. Сіяти жито на глибину до 5...6 см.
- 2.2. Відхилення глибини заоргання насіння не більше  $\pm 0,5$  см.
- 2.4. Просвіти в рядках не допускаються;
- 2.5. Відхилення від норми висіву насіння не більше 1,5%.
- 2.6. Ширина міжрядь 12,5 см.

# 3. ПІДГОТОВКА АГРЕГАТУ ДО РОБОТИ

- 3.1. Встановлення тиску в шинах коліс трактора: передніх – 0,16 МПа, задніх – 0,137 МПа;
- 3.2. Встановлення ширини колії трактора - 1800 мм;
- 3.3. Встановлення норми висіву насіння.
- 3.4. З'єднання ВПП сіялки з ВВП трактора.
- 3.5. Встановлення універсальної системи автоматичного контролю.
- 3.6. Перевірка норми висіву;
- 3.7. Встановлення сошників на глибину заоргання насіння.
- 3.8. Приєднання підрозрядників маркерів до підросистеми трактора.
- 3.9. Встановлення вильоту маркерів.

# 4. СХЕМА ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ



# 5. ПІДГОТОВКА ПОЛЯ І СХЕМА РУХУ АГРЕГАТУ

- 5.1. Провишування лінії першого проходу агрегату. Віхи від краю поля – половина ширини захвату агрегату. Відстань між віхами – 80...100 м.
- 5.2. Приймаємо ширину поворотної смуги, рівную чотирьом захватам посівного агрегату  $E = 16$  м.
- 5.3. Границю поворотної смуги відмічаємо віхами.
- 5.4. Коефіцієнт робочих ходів  $\phi = 0,96$ .
- 5.5. Спосіб руху агрегату – човниковий.

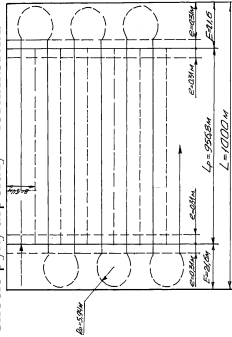


Схема руху посівного агрегату

# 6. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ

- 6.1. Марка трактора МТЗ-82.
- 6.2. Марка зернової сіялки СЗПМ-4.
- 6.3. Сила тяги трактора 10,8 кН.
- 6.4. Тяговий опір агрегату 7,13 кН.
- 6.5. Коефіцієнт використання номінальної сили тяги трактора  $\xi = 0,727$ .
- 6.6. Зміна продуктивність  $W_{зм} = 22,2$  га.
- 6.7. Потіктарна витрата палива 4,87 кг/га.
- 6.8. Основна робоча передача 5.

# 7. ГРАФІК РОБОЧОЇ ЗМІНИ

Елементи робочого часу	Зміна						
	Год	1	2	3	4	5	6
Технічне обслуговування перед роботою	0,4	5,7					
Перейзди	0,3	4,3					
Чиста робота агрегату	4,8	68,6					
Технологічне обслуговування	0,8	11,4					
Відпочинок механізатора	0,3	4,3					
Інші витрати	0,4	5,7					

# 8. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ РОБОТИ

Показники	Допуск нормативів	Бали
Відхилення від заданої глибини заоргання насіння, см	$\pm 0,5$ $\pm 1,0$ $> \pm 1,0$	2 1 0
Відхилення від заданої норми висіву насіння, %	$\Delta 0 \pm 1,0$ $\Delta 0 \pm 1,5$ $> \pm 1,5$	2 1 0
Відхилення від заданої ширини стикових міжрядь, см	$\Delta 0 \pm 3$ $\Delta 0 \pm 5$ $> \pm 5$	2 1 0
Відхилення від прямолінійності посіву, см	$\Delta 0 \pm 3$ $\Delta 0 \pm 5$ $> \pm 5$	2 1 0



## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Розкрийте поняття інтенсивної технології вирощування сільськогосподарських культур.
2. Розкрийте поняття ресурсозберігальної технології вирощування сільськогосподарських культур.
3. Розкрийте поняття ґрунтозахисної технології вирощування сільськогосподарських культур.
4. Розкрийте поняття технології no-till вирощування сільськогосподарських культур.
5. Назвіть та проаналізуйте інформаційні блоки технологічної карти на вирощування і збирання сільськогосподарської культури.
6. Як визначають обсяги робіт під час обробітку ґрунту, внесення технологічних матеріалів і збиранні сільськогосподарських культур?
7. Як визначити коефіцієнт змінності та необхідну кількість машинно-тракторних агрегатів для виконання технологічної операції?
8. Як визначити кількість робочих днів, необхідних для виконання технологічної операції та кількість нормозмін на всьому обсязі робіт?
9. Напишіть та проаналізуйте формули для визначення кількості механізаторів та допоміжних працівників для виконання всього обсягу робіт в агротехнічні строки.
10. Як визначити кількість палива і технологічних матеріалів для виконання всього обсягу робіт?
11. Як визначити загальні та питомі витрати праці на всьому обсязі робіт?
12. Як визначити виробіток машинно-тракторних агрегатів в умовних еталонних гектарах?
13. Як визначити прямі експлуатаційні витрати коштів на виконання всього обсягу робіт?
14. Як визначити сукупну питому енергоємність виконання технологічного процесу?
15. Розкрийте поняття показника шкідливих наслідків роботи машинно-тракторного агрегату та запишіть формулу для його визначення.
16. Охарактеризуйте узагальнені показники ефективності технології вирощування сільськогосподарської культури: економічна ефективність, ефективність праці, коефіцієнт енергетичної ефективності технології.

17. Охарактеризуйте узагальнений показник екологічності технології.
18. Охарактеризуйте сучасну технологічну карту на вирощування озимої пшениці за високого рівня ресурсного забезпечення.
19. Назвіть шляхи підвищення ефективності та екологічності механізованих технологій.
20. Мета та завдання енергетичного аналізу механізованих технологій.
21. Основні поняття і терміни енергетичного аналізу механізованих технологій.
22. Запишіть та проаналізуйте формулу для визначення коефіцієнта енергетичної ефективності технології.
23. Запишіть та проаналізуйте формулу для визначення енергетичних витрат на технологічний процес в розрахунку на один гектар площі.
24. Як визначити прямі витрати енергії на виконання технологічного процесу?
25. Як визначити матеріалізовані витрати енергії на добрива, пестициди, воду та інші матеріали?
26. Як визначити енергетичні витрати живої праці обслуговуючого персоналу?
27. Як визначити енергоємність засобів механізації?
28. Як визначити енергоємність транспортного засобу?
29. Як визначити витрати палива автомобілем на одиницю маси перевезеного технологічного матеріалу?
30. Охарактеризуйте традиційну технологію обробітку ґрунту на базі оранки.
31. Охарактеризуйте консервувальну технологію обробітку ґрунту на базі глибокого розпушування.
32. Охарактеризуйте мульчувальну технологію обробітку ґрунту на базі мілкого розпушування.
33. Охарактеризуйте технологію mini-till на базі поверхневого розпушування ґрунту на глибину загортання насіння.
34. Охарактеризуйте базові енергетичні засоби проекту «АгроОлімп-150».
35. Охарактеризуйте допоміжні енергетичні засоби проекту «АгроОлімп-150».
36. Охарактеризуйте технічні засоби для моніторингу стану ґрунту.
37. Охарактеризуйте сучасні технічні засоби для традиційної технології обробітку ґрунту.
38. Охарактеризуйте сучасні технічні засоби для консервувальної технології обробітку ґрунту.
39. Охарактеризуйте сучасні технічні засоби для мульчувальної технології обробітку ґрунту.

40. Охарактеризуйте сучасні технічні засоби для технології mini-till обробітку ґрунту.
41. Зробіть аналіз ефективності техніко-технологічних рішень для різних систем обробітку ґрунту.
42. Дайте визначення операційної технології та технологічної операції.
43. Охарактеризуйте основні розділи операційно-технологічної карти.
44. Поясніть суть управління якістю польових робіт.
45. Охарактеризуйте оцінку якості польових робіт за дев'ятибальною системою.
46. Як впливають строки і тривалість технологічної операції на урожайність сільськогосподарських культур.
47. Як визначити оптимальну тривалість виконання роботи за критерієм мінімуму експлуатаційних витрат на одиницю продукції?
48. Як пов'язані допуски на глибину загортання зернових культур із зниженням їх урожайності?
49. Як впливає глибина загортання зернових культур на довжину колеоптиля і енергію кущення?
50. Запишіть та проаналізуйте формулу для визначення ступеня нерівномірності глибини оранки.

## РОЗДІЛ IV

### КОМПЛЕКСНА МЕХАНІЗАЦІЯ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБИРАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

#### 4.1. Механізований технологічний процес виробництва зернових та зернобобових культур

**Озима пшениця** – основна злакова культура, яка дає високоякісне продовольче зерно. В Україні озима пшениця є основною зерновою культурою. Її посіви займають площу понад 6 млн га, а середня врожайність становить приблизно 30...32 ц/га.

Озима пшениця вимоглива до ґрунтів. Найкращими для її сівби є ґрунти з нейтральною реакцією, високою родючістю та достатньо забезпечені вологою. Добра забезпеченість вологою потрібна у період проростання насіння, кущення та від виходу в трубку до колосіння.

Кращими попередниками для вирощування озимої пшениці є однорічні та багаторічні трави, озимий ріпак, горох, кукурудза на силос, рання картопля, гречка.

Озима пшениця добре реагує на внесення мінеральних та органічних добрив. Для створення 10 ц зерна та приблизно стільки ж соломі рослини озимої пшениці виносять з ґрунту 25...35 кг азоту, 20...30 кг фосфору та 14...20 кг калію.

Перед застосуванням мінеральні добрива потрібно належним чином підготувати. Для цього використовують подрібнювачі (АІР-20) та змішувачі (СЗУ-20) мінеральних добрив. Підготовлені до внесення мінеральні добрива розподіляють на полі розкидачами МВУ-0,5, МВУ-5, МВУ-8Б, МВУ-12, МВУ-16, МВД-100, МВД-900 та іншими.

Після збирання попередника виконують обробіток ґрунту дисковими знаряддями. Для цього застосовують луцильники ЛДГ-5А, ЛДГ-10А, ЛДГ-15А, ЛДГ-20 або важкі дискові борони БДТ-10, БДТ-7,0А, БДТ-3, БДС-8,4, БДВ-3, БДВ-6, МФ-244, МФ-248 та інші.

Після обробітку поля дисковими знаряддями виконують оранку на глибину 20...22 см. Для оранки використовують лемішні плуги ПТК-9-35, ПЛН-8-40, ПЛП-6-35, ПЛН-5-35, ПЛН-4-35, ПЛН-3-35 та інші.

У регіонах, де є загроза руйнування ґрунтів водною або вітровою ерозією, застосовують безполіцевий основний обробіток. Для його виконання використовують культиватори плоскорізи-глибокорозпущувачі КПГ-250, КПУ-400-2, КПУ-400-3, КПУ-400-4 та широкозахватні культиватори-плоскорізи КПШ-9, КПШ-11 та інші. Безполіцевий обробіток ґрунту виконується на глибину 22...25 см.



Оранку під кукурудзу проводять на глибину 27...30 см плугами загального призначення ПЛН-4-35, ПЛН-5-35, ПЛП-6-35, ПТК-9-35, які обладнують кільчасто-шпоровими котками для прикочування сухого чи боровами для вирівнювання вологого ґрунту. Останнім часом все частіше для оранки застосовують оборотні плуги марки ППО-5-40, ППО-8-40, які не залишають після себе звальних гребенів і розгінних борозен.

Передпосівний обробіток ґрунту розпочинають з ранньовесняного боронування зубовими боровами БЗТС-1,0 і БЗСС-1,0 та вирівнювання фізично стиглого ґрунту. Вирівнювання поля забезпечує краще прогрівання ґрунту, зменшення втрат вологи, прискорення проростання бур'янів та створює кращі умови для якісного виконання наступних агротехнічних операцій. Для виконання цієї операції використовують вирівнювачі типу ВП-8, ВПФ-2,5, або шлейф-борони ШБ-2.5. Вирівнювання проводять під кутом 45° до прямої оранки. За умови використання на суцільному обробітку ґрунту комбінованих агрегатів «Європак» «Арамкс», К600PS, Б-622, АПБ-6, АГ-6, АГ-3, КААП-6, вирівнювання поля не проводять.

Для проведення передпосівної культивування використовують культиватори КШУ-4, КШУ-8, КПУ-12, КГ-4, КП-4, КШ-8 та інші. Якщо виконувався протиерозійний основний обробіток, то для проведення передпосівного обробітку використовують комбіновані агрегати типу «Європак», РВК-3,6, АПК-6 та інші.

Високу ефективність має передпосівна інкрустація насіння, тобто нанесення рідкого полімерного плівкоутворювача в суміші з пестицидами, мікроелементами та іншими біологічно активними речовинами. Таким розчином обробляють насіння за допомогою протруювачів ПС-10А, Мобитокс-С, ПК-20, ПС-30 або комплексів обладнання для протруювання та інкрустування КПС-10 і КПС-40.

Норму висіву насіння озимої пшениці визначають з таких міркувань, щоб на момент збирання на 1 м<sup>2</sup> поля було приблизно 500...600 продуктивних стебел. Враховуючи відсоток польової схожості насіння та втрати протягом вегетації, необхідно висіяти на 1 га поля приблизно 3,5...5,0 млн насінин, що за фізичною масою становить близько 180...220 кг/га.

Глибина загортання насіння озимої пшениці визначається головним чином вологістю ґрунту. За наявності у посівному шарі достатньої кількості вологи глибина висіву становить 3...4 см, а якщо ґрунт пересохлий, то глибину висіву збільшують до 5...6 см.

Сівалки на норму висіву регулюють зміною передатного числа механізму привода висівних апаратів та довжини робочої частини котушки. Для орієнтовного визначення їх величин користуються діаграмами, наведеними в заводських інструкціях. З метою уточ-

нення норми висіву зерновий ящик сівалки заповнюють на 1/3 об'єму. Під насіннєпроводи підставляють брезент. Раму сівалки встановлюють на підставки так, щоб вільно оберталось приводне колесо. Кількість обертів опорно-приводних коліс (котків) сівалки на площі 0,01 га (0,02 га для сівалки СЗПЦ-12) і частоту їх обертання розраховують.

Після контрольного висіву зважують насіння, множать його масу на 100 (для сівалки СЗПЦ-12 на 50) і визначають фактичну норму висіву в кг/га. Якщо вона виходить за межі заданої норми висіву більше як на  $\pm 5\%$ , змінюють довжину робочої частини котушок і повторюють перевірочний висів до одержання контрольної порції насіння у допустимих межах.

Для одержання технологічних колій перекривають відповідні висівні апарати сівалки. Ширина технологічних колій і відстань між ними приймаються такими, щоб можна ефективно використовувати серійну техніку по догляду за рослинами.

Так, якщо в господарстві є штанговий підживлювач ПШ-21,6 і обприскувачі ОПШ-2000, ОП-2000-2-01, ОП-3200-1, Харді TZ, TWIN-TA, то формують технологічні колії шириною 1,8 м з відстанню між серединами проходів агрегату 21,6 м і шириною доріжок 0,45 м. Для цього на середній сівалці СЗ-3,6А трисівалкового агрегату перекривають 6, 7, 18 і 19-й висівні апарати через один прохід. Краще, якщо в одній загінці працюють два трисівалкових агрегати, один з яких має постійно перекриті відповідні сошники. Для агрегатів на базі сівалки СЗП-10,8 перекривають 30,31, 42 і 43-й висівні апарати через один прохід.

За наявності обприскувачів ПОМ-630, ОПШ-15-01, ОМ-630-2, TWIN-LA та розкидачів 1РМГ-4Б, МВУ-5А. МВД-900 з пристроєм для збільшення ширини і рівномірності внесення добрив, запропонованих ученими ННЦ «ІМЕСГ», відстань між серединами технологічних колій встановлюють 16,2 м, а технологічні колії 1,8 м. У цьому випадку сіють двома агрегатами в одній загінці – односівалковим (сівалка СЗ-5,4) і трисівалковим на базі СЗ-3,6А або односівалковим (сівалка СЗ-10,8).

Якщо в господарстві є розкидачі МВД-100, 1РМГ-4Б, СТТ-10 і обприскувачі ОПШ-15-01, ОМ-320-2, відстань між серединами технологічних колій становить 10,8 м. Осіму пшеницю сіють трисівалковим агрегатом з перекритими у середній сівалці 6, 7, 18 і 19-м апаратами.

В окремих господарствах використовують одномаркерну колію, яка утворюється за рахунок перекриття лише 18-го висівного апарата сівалок типу СЗ-3,6А. Агрегати р догляду за посівами рухаються нт. правим колесом трактора. За рахунок одномаркерної

колії зменшується дія водної і вітрової ерозії на доріжках та заростання їх бур'янами.

Якщо сіють пневматичною широкозахватною сівалкою СЗПЦ-12, то перекривають 34, 35, 46 і 47-й сошники. У результаті ширина колії становитиме 1,8 м, а відстань між серединами колій за суміжних проходів агрегату – 12 м.

У беззчіпкової трисекційної стерньової сівалки-культиватора СЗС-6 в середній секції перекривають 1 і 9-й висівні апарати через один прохід агрегату. Ширина доріжки становить 0,46 м, колії – 1,82 м, а відстань між коліями за суміжних проходів – 12,3 м. Цього можна досягти також, якщо в загінці працюватимуть два агрегати, один з яких – з постійно перекритими відповідними сошниками, а також за рахунок застосування сівалки СЗС-12.

Останнім часом у господарствах використовують зернові сівалки виробництва іноземних фірм: Джон Дір 455, Тай-2020, Тай-2010, а також вітчизняні – «Клен», Магістраль 6000 та інші.

Частина господарств вирощує озиму пшеницю без використання технологічних колій.

Норма висіву насіння ярої пшениці залежить від ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування та сорту і знаходиться у межах 3,5...5,0 млн схожих насінин на 1 га, що за фізичною масою насіння відповідає приблизно 140...200 кг/га.

Яру пшеницю висівають звичайним рядковим способом з шириною міжрядь 15 см або вузькорядним з міжряддями 7,5 см. Спосіб руху посівних агрегатів – човниковий. Одночасно з сівбою ярої пшениці вносять до 70...100 кг/га мінеральних добрив.

Для сівби озимого жита, як правило, використовують насіння, доведене до кондиції першого класу посівного стандарту, масою 1000 зерен не менше 35 г та силою росту понад 80%.

Висівати овес потрібно у ранні строки, одночасно з ячменем або відразу після нього. Встановлено, що запізнення з сівбою цієї культури скорочує вегетаційний період і негативно позначається на врожайності зерна. Ранні посіви менше пошкоджуються іржею та стебловими шкідниками.

Кращими сортами для вирощування вівса є Райдужний, Славутич, Чернігівський 27 та інші. Для сівби використовують насіння першого класу посівних кондицій масою 1000 насінин не менше 30-35 г, силою росту не нижче 80% та чистотою не менше 97%. Норма висіву визначається ґрунтовими умовами, сортом та родючістю ґрунту. В умовах зони Полісся та Лісостепу України висівають 5...6 млн схожих зерен на гектар.

Залежно від умов зволоження ґрунту глибина висівання вівса може змінюватися в межах 3...6 см.

Сівбу кукурудзи розпочинають у той період, коли середньодобова температура ґрунту на глибині загортання насіння досягає 10...12° С. Сівбу кукурудзи виконують пунктирним способом з шириною міжрядь 70 см, а на зрошуванні – 90 см. Норма висіву насіння становить 25...30 кг/га, що відповідає приблизно 45...55 тис. рослин на 1 га на момент збирання. З урахуванням польової схожості насіння і пошкодження рослин в процесі догляду, густоту посіву необхідно збільшувати на 20...25%. Сівбу кукурудзи виконують універсальними пневматичними сівалками вітчизняного виробництва СУПН-6А, СУПН-8А, СУПН-12, УПС-12, СУ-12, або зарубіжними Джон Дір 1760, МФ-543-8, МФ-543-6 та іншими. Глибина загортання насіння – близько 4...5 см.

Горох потрібно висівати якомога раніше, як тільки поспіє ґрунт. Ця культура досить легко переносить холод, а мінімальна температура проростання насіння гороху становить 1...2° С. Сходи з'являються за температури 4...6° С і можуть досить легко переносити заморозки до мінус 4...5° С.

Норми висіву гороху залежать від умов вирощування, зони, механічного складу ґрунту і сортових особливостей. Механізована технологія передбачає отримання до збирання заданої кількості рослин на одному гектарі, що визначається перш за все нормою висіву. У Лісостепу та на Поліссі норми висіву середньо- і дрібнонасінних сортів становлять 1,2...1,5 млн насінин на гектарі (200...270 кг/га), в центральному і північному Степу – 1,1...1,2 (180...220 кг/га). У разі вирощування на важких ґрунтах, а також за умови проведення після сходового боронування посівну норму збільшують на 10...15%. Сіють горох звичайними рядковими сівалками СЗ-3,6А, СЗ-5,4, СЗ-10,8, СЗП-12, СЗП-16, СЗПЦ-12, «Клен», Джон Дір 455 та іншими, а також стерньовими сівалками СТС-6, СЗС-6, СЗС-12, Тай-2020 і Тай-2010 та іншими. Останні дві сівалки англійського виробництва агрегатують відповідно з тракторами МФ-8260 і МФ-4270.

Горох потребує відносно великої глибини висіву насіння. Глибина загортання насіння 5...6 см.

Озиму пшеницю за необхідності підживляють у фазах кущення, виходу в трубку та колосіння твердими азотними добривами за потоковою чи перевантажувальною технологією. Для перевантаження мінеральних добрив використовують спеціальні автомобілі САЗ-3502, ЗАУ-3, УЗСА-40. Для підживлення посівів використовують також рідкі комплексні добрива.

У разі великої забур'яненості посівів кукурудзи, особливо багаторічними бур'янами, стійкими проти гербіцидів та появи тріщин на поверхні ґрунту виконують міжрядний обробіток посівів. Глибина пушення міжрядь під час першого обробітку має бути

6...8 см, другого – 4...6 см, а на полях, які засмічені багаторічними бур'янами, глибину пушення необхідно збільшити на 2...3 см.

Для міжрядного обробітку посівів кукурудзи на зерно використовують просапні культиватори з кількістю секцій, яка відповідає кількості засіяних рядків, тобто для дванадцятирядної сівалки – КРН-8,4, для восьмирядної – КРН-5,6А, для шестирядної або дванадцятирядної сівалок – КРН-4,2.

Обробку посівів пестицидами планують з урахуванням прогнозу їх розвитку, уточнюючи строки її проведення за даними поточних обстежень і оцінювання фітосанітарного стану рослин.

Розчин суспензій і емульсій для обприскування посівів готують за допомогою серійних агрегатів АПЖ-12, СТК-5, а також машини ЗЖВ-Ф-3,2. Сучасні обприскувачі обладнано додатковими місткостями та міксерами для приготування розчину пестицидів. Для обприскування посівів найефективніше використовувати штангові обприскувачі ОПШ-15-01, ПОМ-630, ОП-2000-2-01, ОПШ-2000-21,6, S 300, ХардиТУ, Харди TZ, TWIN-LA, TWIN-TA та інші.

Залежно від агрокліматичних умов, стану хлібів та наявності техніки спеціалісти господарств вибирають однофазний (пряме комбайнування) чи двофазний (з укладання хлібів у валки і наступним обмолотом) спосіб збирання. Останнім часом впроваджується збирання хлібів з обчісуванням колосків. Для цього створено спеціальні жатки ЖОН-4 і ЖОН-6 до зернозбиральних комбайнів. Це дає можливість зменшити затрати праці і коштів на збиранні врожаю.

Для скошування зернових у валки використовують жатки ЖВР- 10А, ЖВН-6А, ЖВП-6А, ЖВП-4,9, ЖЗБ-4,2 та інші.

Озиму пшеницю збирають комбайнами КЗС-9, КЗСР-9 «Славутич», КЗС-1580 «Лан», Джон Дір 9500, Case 1680, LEXION480, Мета 208, Медион 340, Доминатор 68С, МФ-38, ДОН-1500Б, ДОН-161, ДОН-091 та іншими.

Зерно обробляють на зерноочисних ЗАВ-50, ЗАВ-40, ЗАВ-25 і зерноочисно-сушильних комплексах КЗС-50, КЗС-25Ш і КЗС-25Б. У невеликих господарствах використовують прості зерноочисні машини ОВП-20А, ОВС-25, МС-4,5 та інші.

Незернову частину врожаю зазвичай збирають за трьома технологіями: потоковою з подрібненням, копицевою або валковою. Остання використовується у кількох варіантах підбирання соломи: підбирачем-ущільнювачем ПВ-6,0, скиртоутворювачем СПТ-60, переобладнаним фуражиром (ФН-1,4 + ПВФ-1,4), тюковими (ППЛ-Ф-1,6, ПКТ-Ф-2,0,» К-454, Quadrant 1150, MF 185) і рулонними (ПРП-1,6, ПР-Ф-750. ППР-110, Rollant 66, MF-146 та іншими преспідбирачами. Скиртують соломку машинами ПФ-0,5 та УСА-10. Для

укладання рулонів навантажувач ПФ-0,5 обладнують пристроєм ППУ-0,5.

Комплекси машин обґрунтовані за методикою з використанням ПЕОМ за двома критеріями: мінімумом затрат робочого часу і приведених витрат. До складу комплексу машин, обґрунтованого за критерієм затрат робочого часу, входить високопродуктивна, у тому числі й іноземна, але дорога техніка, а приведених витрат – менш продуктивна, але дешевша техніка.

Збирання кукурудзи на зерно в качанах слід починати за вологості зерна не більше 40%, а з обмолочуванням – до 30%.

Кукурудзу на зерно збирають за такими технологічними схемами: з очищенням качанів комбайнами КСКУ-6А та «Херсонець-9» з наступним їх доочищенням, сушінням і закладанням на зберігання за допомогою машин ОП-15П, ТАУ-0,75, ТПК-20 або комплекту обладнання механізованих пунктів ПМУ-15, ПП-10; в неочищених качанах переобладнаними комбайнами КСКУ-6А або «Херсонець-9» з демонтованими блоками качаноочисних апаратів з наступною післязбиральною обробкою на стаціонарі; з обмолотом зернозбиральними комбайнами СК-5М, РСМ-10 і КЗС-9 з приставками відповідно ППК-4, КМД-6 і ПЗКС-6.

З метою зменшення втрат та підвищення продуктивності комбайнів збирання кукурудзи у качанах за вологості нижче 30% краще виконувати без качаноочисників. Очищення качанів доцільно виконувати на стаціонарних пунктах.

## **4.2. Механізований технологічний процес виробництва круп'яних культур**

**Гречка** – високоцінна круп'яна культура. З її зерна виготовляють найкращу за смаковими, харчовими та дієтичними якостями крупу, яка містить білок, який легко засвоюється, мінеральні солі, корисні органічні кислоти, жир а також вітаміни, котрі позитивно впливають на фізіологічні процеси в організмі людини.

Гречка – цінна медоносна рослина. У період цвітіння вона забезпечує хороші медозбори. Гречаний мед має високі смакові та лікувально-профілактичні властивості. За сприятливих умов збір меду з гектара посіву гречки досягає 70...90 кг.

В Україні посіви гречки займають площу приблизно 320...330 тис. га. Гречка має низку біологічних особливостей, які зумовлюють специфічність технології її вирощування. З цими особливостями пов'язана все ще відносно низька врожайність цієї культури.

**Просо** є однією з основних круп'яних культур, які вирощуються в Україні. Пшоно, яке отримують з проса, містить близько

80% крохмалю, 10 – 12% білку, 3...4% жиру, 0,12...0,15% цукру та понад 1% клітковини. За вмістом амінокислот та вітамінів В<sub>1</sub>, і В<sub>2</sub> просо переважає інші зернові культури, а за калорійністю пшона на крупа не поступається гречаній, рисовій та кукурудзяній крупам.

**Рис** є однією з найдавніших та найважливіших зерно-круп'яних сільськогосподарських культур, який культивується людиною та забезпечує майже половину людства головним продуктом харчування. Зерно рису містить 7...8% білків, 0,2...0,5% жиру і 80...88% крохмалю. Харчову цінність рису надають висока перетравність (90...98%) та засвоюваність (96%).

У світі за посівними площами та валовим збором зерна рис займає друге місце, поступаючись лише пшениці. В Україні рис вирощують у Херсонській і Одеській областях, а також у Криму на площі приблизно 40...42 тис. га.

Урожайність зерна рису становить приблизно 45...65 ц/га, хоча біологічні властивості свідчать про значно вищий потенціал. Науковими дослідженнями встановлено, що урожай зерна рису може досягати 100 ц/га і навіть вище.

Технологія вирощування рису пов'язана з використанням зрошувальних систем, які будують для створення на полях регульованого водного шару та рівномірного розподілу води на них. Створення таких зрошувальних систем дає можливість цілком механізувати вирощування рису та культур, що входять у рисову сівозміну.

У рисосійних господарствах України основою інженерної рисової зрошувальної системи є поливні карти, які поділені на окремі чеки, відгороджені невеликими водоутримувальними земляними валами. Карти мають прямокутну форму, розміщуються у напрямку основного схилу місцевості. Площа карти знаходиться у межах 15...30 га за довжини гонів 1000...1500 м і ширині 200...300 м. Межами карти служать зрошувальні та скидні канали, які проходять паралельно довшим сторонам карти.

Валки ділять карту на чеки. Поздовжні валки чеків ідуть паралельно довшій стороні карти. Площа чека становить від 2 до 4 га і залежить головним чином від вирівняності рельєфу місцевості. Невеликі розміри чеків є одним із недоліків такої системи, тому що внаслідок коротких гонів зменшується коефіцієнт робочих ходів і знижується продуктивність машин.

Складовою частиною рисової зрошувальної системи є колектороскидна мережа, яка дозволяє регулювати водний режим поля, відводити надлишки води з чеків для просушування їх перед збиранням урожаю. Для подавання води із зрошувача до чека і від чека на скидання застосовують водоспуски.

Механізована технологія вирощування та збирання гречки ґрунтується на найновіших досягненнях сільськогосподарської науки та розробці і використанні новітньої сільськогосподарської техніки. Технологія передбачає такі агротехнічні заходи: розміщення після найкращих попередників, правильний вибір типів ґрунтів, оптимальна система основного обробітку ґрунту, раціональна система застосування добрив, сівба насінням тільки високих посівних кондицій у кращі строки, ефективний догляд за посівами, своєчасне збирання врожаю.

Гречка є добрим попередником для багатьох зернових культур, тому що накопичує у ґрунті фосфор у легко розчинній формі, який використовують наступні культури сівозміни.

За урожайності 2 т/га зерна і 6 т/га соломи гречка виносить з ґрунту 85 кг азоту, 61 кг фосфору та 150 кг калію.

За інтенсивністю споживання мінеральних речовин гречка у 23 рази випереджає озиме жито і у 12 разів яру пшеницю. Для утворення 1 ц зерна гречка використовує 4,4 кг азоту, 3,0 кг фосфору і 7,5 кг калію.

На бідних ґрунтах з невисоким вмістом гумусу необхідно внести 20...25 т/га органічних добрив (підстилковий гній, компост). Для внесення твердих органічних добрив використовують розкидачі кузовного типу ПРТ-16, ПРТ-10, МТТ-Ф-13, РОУ-6 та інші.

Ефективність мінеральних добрив залежить від ґрунтово-кліматичних умов, вмісту поживних речовин у ґрунті та післядії добрив, що були внесені під попередник. В середньому, під гречку вносять від 0,3 до 0,9 т/га гранульованих мінеральних добрив. Важливим до того ж є співвідношення у мінеральних добривах основних елементів живлення рослин. Внесення мінеральних добрив виконують машинами МВУ-12, МВУ-8Б, МВУ-0,5, МВУ-5А, МВД-900, МВД-100 та іншими.

Основний обробіток ґрунту після зернових та зернобобових культур передбачає душення стерні, зяблеву оранку та за необхідності суцільну культивуацію.

Лушення виконують відразу ж після збирання попередника. Для виконання лушення застосовують дискові луцильники ЛДГ-5А, ЛДГ-10А, ЛДГ-15А, ЛДГ-20. В залежності від видів бур'янів та ступеня засміченості виконують двохкратне лушення з інтервалом у 5...7 днів. Глибина лушення становить від 6...8 до 10...12 см.

У разі вирощування гречки після кукурудзи або інших культур з добре розвиненою кореневою системою проводять дискування полів. Для цього застосовують важкі дискові борони БДТ-10, БДТ-7,0А, БДС-8,4, БДВ-6, БДВ-3 та інші. У разі вирощування гречки після цукрового буряку та картоплі лушення не проводять.



Оранку проводять через 2...3 тижні після лушення на глибину 20...22 см. За значної засміченості багаторічними бур'янами оранку виконують не менше, ніж на 25 см. Для виконання оранки застосовують лемішні плуги ПЛН-3-35, ПЛН-4-35, ПЛН-5-35, ПЛН-8-40 та інші. Останнім часом все частіше використовують для оранки оборотні плуги ППО-4-40, ППО-5-40, ПНО-3-40, ПНО-5-40 та інші.

Для знищення бур'янів проводять суцільну культивуацію на глибину 6...8 см. Обробіток виконують культиваторами КШУ-4, КШУ-8, КШУ-12, АКПЗ-7,2, КПШ-8 та іншими.

Гречка – культура пізнього висіву і тому тривалість періоду від початку весняних польових робіт до сівби становить понад місяць.

Весняний цикл робіт з підготовки ґрунту розпочинають з ранньовесняного боронування, головною метою якого є закриття вологи. Боронування виконують середніми та важкими зубовими бородами БЗСС-1,0 та БЗТС-1,0 в агрегаті із зчіпками СП-11 А, СП-16А, СГ-21Б та іншими.

Після боронування виконують 1-2 суцільних обробітки ґрунту. Перша культивуація збігається у часі з сівбою ранніх ярих зернових культур. Вона сприяє прогріванню ґрунту та активному проростанню бур'янів. Глибина обробітку при цьому становить 10...12 см. Для її виконання використовують культиватори КПЗ-9,7, КПСП-4, КПСН-4.

Наступний обробіток ґрунту проводять перед сівбою гречки на глибину приблизно 5...7 см. Виконують його комбінованими агрегатами КАЛП-6, АГ-6, АГ-3, АПБ-6 та іншими.

Протруювання насіння круп'яних культур виконують такими машинами: ПСШ-5, ПС-10А, ПК-20 та іншими. В результаті обробки насіння мікроелементами урожайність гречки підвищується на 15...18%.

Сівбу гречки проводять тоді, коли ґрунт на глибині 8...10 см прогріється до температури 12...14 °С. Частіше всього гречку висівають звичайним рядковим способом з шириною міжрядь 12,5 і 15 см та широкорядним з міжряддями 45 см.

Кожен з цих способів сівби має свої переваги та недоліки. У разі широкорядного способу сівби є можливість виконувати пущення міжрядь, проводити захист від бур'янів, шкідників та виконувати підживлення рослин. За цього способу економія посівного матеріалу на кожному гектарі становить 20...25 кг.

У разі звичайного рядкового способу сівби не потрібно виконувати міжрядний обробіток, рослини дозрівають більш рівномірно, сильніше загущуються бур'яни, але збільшується норма висіву насіння.

У разі широкорядної сівби норма висіву становить 1,6...2,0 млн насінин на 1 га, що за фізичною вагою відповідає 33...42 кг/га. У разі рядкової сівби вона значно більша і становить 2,8...4,0 млн шт./га, або це дорівнює 58...84 кг/га.

Для сівби гречки звичайним рядковим способом використовують зернові сівалки СЗ-3,6А, СЗ-5,4, СЗ-10,8 та інші. Для сівби широкорядним способом застосовують сівалки точного висіву ССТ-12В, СТВ-12, ССТ-18В, УПС-12, СУ-12 та інші.

На важких ґрунтах насіння гречки доцільно висівати на глибину 4...5 см, на легких, які швидко підсихають – на 7...8 см, а в усіх інших випадках глибина висіву становить 5...6 см.

Сівбу проса виконують залежно від ґрунтово-кліматичних умов у той час, коли ґрунт на глибині загортання насіння прогріється до температури 10...12° С.

Для рядкового способу сівби проса на чорноземних ґрунтах зони Лісостепу норма висіву становить 4,0...4,5 млн схожих насінин на 1 га, а для каштанових ґрунтів зони Степу вона коливається у межах 2,5...3,5 млн шт./га. У разі широкорядного посіву норма висіву становить, відповідно 2,5...3,0 і 1,8...2,5 млн насінин на 1 га. В умовах посушливої весни, за невеликих запасів ґрунтової вологи норму висіву доцільно збільшити на 5...10%.

Для сівби проса звичайним рядковим способом використовують зернові сівалки СЗ-3,6А, СЗ-5,4, СЗ-10,8 та інші. У разі широкорядного способу просо висівають буряковими сівалками типу ССТ-12В, які обладнані пристосуванням для сівби проса. На легких ґрунтах та структурних чорноземах глибина загортання становить 4...6 см, а на важких суглинистих ґрунтах глибину висіву насіння зменшують до 3...4 см. Насіння проса необхідно завжди висівати у вологий ґрунт. Тому у разі підсихання верхнього шару глибину посіву необхідно збільшити до 8 см.

Строки виконання сівби та норму висіву насіння **рис**у визначають для кожного конкретного господарства з урахуванням погодних, ґрунтово-гідрологічних умов та біологічних властивостей сорту.

Однією з головних умов появи дружних сходів є використання якісного посівного матеріалу. Насіння рису 1-го класу має відповідати таким посівним якостям: сортова чистота – не менше 98,0%, схожість – не нижче 95,0%, наявність домішок та зерен інших рослин – не більше 1,0%.

Дослідами встановлено, що для сівби рису оптимальним періодом є кінець квітня – початок травня, коли температура ґрунту на глибині загортання насіння становить не менше 12...14°С.

Від глибини загортання насіння у великій мірі залежить урожай рису. Рис негативно реагує на глибоке загортання насіння у

грунт. Оптимальною є глибина 1,5...2,0 см. Науковими дослідженнями встановлено, що у разі загортання насіння на глибину понад 3,0 см урожайність рису знижується на 15...20%.

Кількість продуктивних стебел на одиниці площі є одним із факторів, від яких залежить урожай рису. Найвищі врожаї зерна одержують за наявності на 1 м<sup>2</sup> приблизно 400...600 продуктивних стебел. Для забезпечення такої щільності необхідно висіяти на 1 га близько 6...9 млн схожих насінин.

Для росту та розвитку рослин рису необхідно впродовж всього періоду вегетації підтримувати оптимальний водний режим. Для отримання нормальних сходів відразу ж після сівби поле затоплюють шаром води товщиною до 10 см з тим, щоб насіння набухло. Цей період залежить від температури повітря, ґрунту та води, і триває від 3 до 8 днів. Після цього воду скидають для надходження кисню до проростків. Як тільки верхній шар ґрунту просохне і позначаться рядки, посіви один чи два рази зволожують.

Сівбу рису з глибоким загортанням насіння розпочинають, коли ґрунт на глибині 10 см прогріється до температури 8...10 °С. Велике значення має глибина загортання насіння. На важких ґрунтах вона становить 4...5 см, а на легких – приблизно 6...7 см. Після сівби поле обов'язково прикочують. Для отримання необхідної густоти посівів, необхідно використовувати насіння з високою енергією проростання і висівати на одному гектарі не менше 7...8 млн схожих насінин.

Технологія вирощування рису без початкового затоплення значною мірою змінює поливний режим рисових полів. Як показали дослідження, найвищий урожай отримали у разі затоплення чеків через 10...15 днів після появи сходів, практично постійний шар води на посівах рису з глибоким загортанням насіння треба створювати після підживлення азотними добривами та обробки полів проти бур'янів злаковими гербіцидами.

На посівах гречки виконують досходове та післясходове боронування. Досходове боронування виконують у тому випадку, коли після сівби пройшли дощі і утворилася ґрунтова кірка. Післясходове боронування проводять у фазі першого життєздатного листка. Післясходове боронування сприяє кращому доступу повітря до кореневої системи, завдяки чому вона краще розвивається. Крім того, під час виконання як досходового, так і післясходового боронування знищується значна кількість однолітніх бур'янів.

Досходове і післясходове боронування виконують легкими зубовими боронами ЗБП-0,6А, ЗОР-0,7, БСО-4Б та іншими.

За широкорядного способу сівби застосовують обробіток міжрядь. Він дає можливість підтримувати ґрунт у розпушеному ста-

ні, покращуючи тим самим його повітряний режим та знищувати бур'яни. Кількість обробітків міжрядь залежить від засміченості посівів бур'янами, ущільнення ґрунту, кількості та інтенсивності опадів тощо.

Перший міжрядний обробіток виконують на глибину 6...8 см у той період, коли посіви зійшли і з'явились декілька справжніх листків. Другий міжрядний обробіток проводять на глибину 8...12 см, поєднуючи його з підживленням. Третій міжрядний обробіток виконують до змикання рядків на відносно невелику глибину (6...7 см).

Для зменшення кількості бур'янів у посівах гречки використовують гербіциди. Для знищення однолітніх двохдольних бур'янів за 2...3 дні до появи сходів посіви обробляють робочими розчинами гербіцидів. Для їх внесення використовують начіпні ОМ-630-2, ЕКО-600-12, ЕКО-800-12, причіпні ОПШ-2000, ОП-2000, ОПК-2000, ОПШ-15 та інші штангові обприскувачі.

Збирання врожаю – завершальний етап у технології виробництва круп'яних культур. Залежно від кліматичних умов, стану хлібів та наявності техніки вибирають скошування з укладанням гречки у валки і наступним обмолотом чи пряме комбайнування.

Для скошування гречки у валки використовують жатки ЖВП-6А, ЖВР-10А, ЖВН-6А, ЖВП-4,9, ЖЗБ-4.2 та інші. Полеглі посіви скошують жатками ЖРБ-4,2, які обладнані ексцентриковим мотом.

Через 4...6 днів після скошування валки обмолочують зернозбиральними комбайнами КЗС-9 «Славутич», КЗС-1580 «Лан», ДОН-1500Б, ДОН-161, ДОН-091, ДжонДір 9500, Case 1680, LEXION480, Мера 208, Медіон 340, Домінатор 68С, МФ-38 та іншими.

Солому збирають одночасно з обмолочуванням валків за потоковою технологією. Подрібнену соломку транспортують причепами 2ПТС-4-887Б місткістю 45 м<sup>3</sup> до місць скиртування і за допомогою скиртометів ПФ-0,5 формують у скирти.

Щоб запобігти зігріванню і зниженню якості зерна гречки, яке після обмолочування має значну кількість органічних та мінеральних домішок з підвищеною вологістю, слід відразу ж провести первинну обробку. Зерно гречки, перевезене від комбайнів, обробляють на зерноочисних ЗАВ-40, ЗАВ-25 агрегатах. За невеликих обсягів сівби використовують прості зерноочисні машини ОВП-20А, ОВС-25 або МС-4,5. За вологості менше 14% зерно гречки закладають на зберігання.

Ефективність механізованого технологічного процесу виробництва круп'яних культур залежить від її врожайності та витрат на технологію. Проведені дослідження свідчать, що в усіх природно-

кліматичних зонах України можна отримувати високі врожаї круп'яних культур.

### **4.3. Механізований технологічний процес виробництва технічних культур**

#### **4.3.1. Механізований технологічний процес виробництва цукрового буряку**

**Буряк** – рослина своєрідна і певно мірою досить унікальна. Жодна з сільськогосподарських культур у помірному поясі нашої планети не здатна зрівнятися за показниками біологічної продуктивності з цукровим буряком. За даними науковців, за оптимальних умов вирощування цукровий буряк здатен синтезувати до 28 т/га сухої речовини. Якщо перевести цей показник у більш традиційні величини, то це становитиме близько 95...100 т/га коренеплодів і 30...35 т/га гички.

В Україні цукровий буряк вирощують на площі приблизно 740...750 тис. га і є необхідне наукове забезпечення і відповідні механізовані технології, за допомогою яких можна досягти урожайності коренеплодів на рівні 45...50 т/га, цукристості 17,0...18,5%, виході цукру – до 10 тон з гектара.

Цукровий буряк – культура інтенсивного землеробства. Для формування кожних 10 т коренеплодів і відповідної кількості гички буряк має отримати з ґрунту 50...60 кг азоту, 22...25 кг фосфору, 60...70 кг калію, 12...13 кг магнію, 9...10 кг натрію. Для внесення гранульованих мінеральних добрив використовують машини МВУ-16, МВУ-8, МВУ-5, МВД-900 та інші.

У кислі ґрунти вносять дефекат, вапнякове або доломітове борошно. Цукровий буряк добре реагує на безпосереднє внесення та післядію твердих органічних добрив. Особливо це відчутно на ґрунтах з незадовільними фізичними властивостями. Безпосередньо під цукровий буряк або під попередник вносять по 40...50 т/га твердих органічних добрив розкидачами РУН-Ф-15М, ПРТ-16М, ПРТ-10, МТО-6, РПО-6 та іншими.

З метою одержання високих урожаїв цукрового буряку доцільно застосувати напівпаровий спосіб основного обробітку ґрунту. Він передбачає дискове луцення стерні в два сліди, глибoku (28...32 см) оранку в першій половині серпня ярусними плугами ПНЯ-6-42, ПНЯ-4-40, ПЯ-3-35 і поверхневий обробіток поля зубовими боронами та культиваторами у міру ущільнення ґрунту й появи сходів бур'янів, безполіцеве розпушування пізно восени на глибину 16...20 см впоперек оранки.

Ранньовесняні роботи починають з розпушення ґрунту широкозахватними агрегатами на базі гусеничних тракторів, зчіпок, важких зубових борін ЗБЗТС-1,0 (перший ряд) і легких борін ЗОР-0,7 або ЗБП-0,6А (другий ряд). Поверхню ґрунту вирівнюють агрегатом із шлейф-борін ШБ-2,5А і легких борін. Добру якість роботи забезпечують вирівнювачі ґрунту ВП-8Б і ВПН-5,6А в агрегаті з гусеничними тракторами.

Передпосівний обробіток ґрунту виконують в єдиному технологічному процесі з сівбою. Достатню якість на передпосівному обробітку можуть забезпечити просапні культиватори УСМК-5,4Б та широкозахватні беззчіпкові культиватори КШУ-18 і КШУ-12, обладнані вирівнювальними пристроями або комбіновані агрегати типу «Свропак».

Найбільш поширені у сучасному виробництві сорти та гібриди: Білоцерківський однонасінний 45, Ялтушківський однонасінний 30, Веселоподолянський однонасінний 29, Київський ЧС 62, Слов'янський 96, Ювілейний, а також КВС (Німеччина).

Бурякосіючі сільськогосподарські підприємства одержують насіння в посівних одиницях (100 тис. насінин), оброблене захисно-стимулюючими речовинами.

Для сівби і догляду за посівами буряку використовують комплекси 12-рядних (ССТ-12Б, ССТ-12В, СТВ-12, УПС-12, СУ-12, УСМК-5,4Б, УСМК-5,4В) і 18-рядних машин (ССТ-18Б, КОЗР-8,1-01, КРШ-8,1).

Використовують також сівалки іноземного виробництва, зокрема Джон Дір 1760, а також культиватори Джон Дір 886. З метою зменшення витрати гербіцидів і поліпшення екології їх вносять стрічковим способом одночасно з сівбою цукрових буряків або культивацією міжрядь.

Для виконання таких технологічних операцій спеціальних машин в Україні не виготовляють. Тому на практиці створюють агрегат, у якому поєднують з трактором сівалку або просапний культиватор та підживлювач-обприскувач типу ПОМ-630.

Якщо насіння має лабораторну схожість не менше 90%, сіють 12...15 шт. на 1 м рядка. У цьому випадку одержують 8...10 сходів і застосовують механізоване формування густоти рослин. За високої культури землеробства сіють на кінцеву густоту (8...10 насінин на 1 м рядка).

На чорноземах, в умовах достатнього зволоження насіння цукрового буряку загортають на глибину 2...3 см. На ґрунтах з кращою структурою, в умовах недостатнього зволоження або у посушливу погоду насіння глибину загортання збільшують до 4...5 см.

Величина густоти насаджень буряку на момент збирання для зони достатнього зволоження має становити 110...115 тис./га, нестійкого – 100...110 тис./га і недостатнього – 95...100 тис./га.

За механізованої технології виробництва цукрового буряку застосовують зазвичай два способи формування густоти рослин: сімба на кінцеву густоту і формування механічними способами.

Залежно від прийнятої технології вирощування цукрового буряку передбачається застосування таких гербіцидів:

- ▶ Раундап – 4 л/га, через 12...14 днів після лушення стерні. Знищує всі види бур'янів;
- ▶ Пірамін турбо – 2,5 л/га + Франтьєр – 1, 5 л/га, під передпосівну культивуацію. Знищують відповідно двохдольні однорічні і однорічні злакові бур'яни;
- ▶ Матрекс – 2,5 л/га + Пірамін турбо – 2 л/га, у міру появи 4...6 пар листків буряків. Знищують широкий спектр двохдольних однорічних бур'янів.

Перше розпушування ґрунту в міжряддях і захисних зонах рядків (шарування) з використанням захисних дисків, односторонніх плоскорізальних лап і ротаційних батарей; формування густоти посівів механічними (УСМП-5,4) і автоматичними (ПСА-2,7, ПСА-5,4) проріджувачами або просапними культиваторами (УСМК-5,4Б); підживлення рослин (у зоні достатнього зволоження) рідкими мінеральними добривами (УСМК5,4+ПОМ-630-1) і сухими (УСМК-5ДБ); міжрядні обробітки посівів культиваторами, обладнаними спеціальними підгортачами для присипання бур'янів ґрунтом у захисних зонах і рядках; хімічний захист рослин підживлювачами-обприскувачами типу ПОМ-630-1 тощо.

За рекомендаціями науковців на період збирання густота насаджень цукрового буряку має становити: у районах достатнього зволоження 115...120 тис./га, нестійкого 110...115, а в районах недостатнього зволоження 100...105 тис./га рівномірно розміщених рослин.

Цукровий буряк збирають здебільшого потоковим і потоково-перевалочним способом без ручного доочищення коренеплодів. Збирати цукрові буряки можна сучасними комплексами машин за такими технологічними схемами:

- гичка збирається у транспортні засоби, коренеплоди у бункер коренезбиральної машини з наступним навантаженням у транспортні засоби чи на краю поля або з подаванням коренеплодів у транспорт, що рухається поруч;
- гичка розкидається на полі, а коренеплоди викопуються комбайном і подаються в транспортні засоби;

- гичка збирається у транспортні засоби або розкидається на полі, коренеплоди викопуються машиною і укладаються у валок з наступним підбиранням їх, доочищенням і подачею в транспортні засоби.

Ту чи іншу технологічну схему збирання цукрового буряку вибирають залежно від агрокліматичних умов, наявності технічних засобів та інших факторів.

Якість коренів цукрового буряку, які здаються на приймальний пункт, має відповідати таким вимогам: наявність домішок рослинних решток – не більше 3%, механічних пошкоджень – не більше 10%, вміст прив'ялених коренів – не більше 5%. Підморожені, але не почорнілі корені цукрові заводи приймають як некондиційні зі скидкою 20%.

За раціональної організації виробництва, достатнього ресурсного забезпечення і комплексного впровадження механізованих технологій вирощування, якісної переробки отриманої сировини на модернізованих цукрових заводах нашої держави можна щороку отримувати достатньо цукру та інших продуктів переробки коренеплодів.

#### **4.3.2. Механізований технологічний процес виробництва соняшнику**

Один гектар **соняшнику** за врожайності насіння 20 ц/га дає близько 10 ц олії, більш як 6 ц шроту (2,4 ц білка), 4 ц лузги (0,6 ц дріжджів), 15 ц кошиків (10 ц сіна), 20...25 кг меду та іншої продукції.

В Україні є необхідні ґрунтово-кліматичні умови для вирощування високопродуктивних сортів соняшнику з потенціалом урожайності 30...35 ц/га і навіть більше.

Вибір способу і строків підготовки ґрунту під соняшник проводять диференційовано, в основному за двома технологіями, перша з яких передбачає оранку з обертанням скиби і заорюванням стерні, а друга (ґрунтозахисна) – розпушення ґрунту із зберіганням стерні та інших рослинних решток, які захищають ґрунт від вітрової та водної ерозії. Залежно від прийнятої технології підготовки ґрунту використовують відповідні машини і знаряддя.

За першою технологією відразу після збирання попередника (озимих або ярих зернових культур) поле обробляють дисковими луцильниками ЛДГ-20, ЛДГ-15А, ЛДГ-10А або дисковими боронами БДТ-10, БДС-8,4, БДТ-3, Джон Дір 630 та іншими. Якщо поле засмічене коренепаростковими бур'янами, то їх обприскують гербіцидом (у фазі розетки), а потім ґрунт обробляють лемішними лу-



щильниками типу ППІ-10-25. Орють на глибину 25...27 см плугами з передплужниками із загортанням поживних решток.

Безполіцева ґрунтозахисна технологія передбачає обробіток ґрунту голчастими бородами БМШ-20, БМШ-15 або БІГ-3, культиваторами-плоскорізами КПШ-9, КПШ-5, КШН-6 «Галещина», ґрунтообробними агрегатами АКШ-5,6 і АКШ-3,6 та плоскорізами-глибокорозпушувачами ПГ-3-5, КПГ-250А тощо.

Соняшник вимогливий до наявності у ґрунті поживних речовин. Їх виведення характеризується співвідношенням  $N:P_2O_5:K_2O$  як 3:1: 5. На створення 1 т насіння соняшник витрачає 50...80 кг азоту, 20...30 кг фосфору і 120...150 кг калію.

Високий ефект дає внесення твердих органічних добрив, зокрема підстилкового гною за норми 30...40 т/га. Органічні добрива краще вносити під попередник машинами кузовного типу ПРТ-16, ПРТ-10, МТО-12, МТО-6, РОУ-6, РПО-6, МТО-3, а мінеральні – під зяблеву оранку, використовуючи розкидачі МВУ-16, МВУ-8 Б, МВУ-5А, МВД-900 та інші.

Весняний цикл польових робіт починають з вирівнювання зябу вирівнювачами ВП-8А, ВПН-5,6А тощо. За умови використання комбінованих агрегатів типу «Європак» вирівнювання ґрунту не проводять.

Застосування гербіцидів є важливим етапом у технологічному процесі вирощування та збирання соняшнику. Робочий розчин гербіцидів готують безпосередньо перед внесенням за допомогою агрегатів АПЖ-12, СТК-5, МПР-3200 та машини ЗЖВ-Ф-3,2, яка має мішалку. Робочий розчин пестицидів для сучасних обприскувачів готується за допомогою додаткової місткості безпосередньо на обприскувачі.

З метою зменшення витрати дорогих гербіцидів і забруднення навколишнього середовища рекомендується стрічкове їх внесення перед сівбою просапних культур або одночасно з нею.

За 3...4 місяці до початку сівби, насіння соняшнику протруюють на машинах ПС-10А, ПК-20, ПСШ-5 або Мобитокс-С.

Сівбу соняшнику розпочинають тоді, коли середньодобова температура ґрунту на глибині висіву насіння досягає 10...12°C. Сіють соняшник слідом за передпосівною культивуацією сівалками СУПН-12А, СПС-12, СУПН-8А або СУПН-6А, використовуючи для цього висівні диски з отворами діаметром 3 мм, а також сівалки іноземного виробництва Джон Дір 1760, МФ-543-8, МФ-543-6 та іншими. Основний спосіб посіву – пунктирний. Глибина загортання насіння становить 5...7 см, відхилення від встановленої глибини – не більше 1 см.

Найвищі врожаї соняшник дає, коли перед збиранням густота насаджень у південному Степу становить 30...35 тис./га, центральному – 40...45, північному – 45...50, Лісостепу – 50...55 тис./га рослин. Враховуючи польову схожість і пошкодження рослин, висівають насіння на 30...40% більше рекомендованої густоти.

У разі ущільнення ґрунту і наявності тріщин на поверхні землі, а також за появи сходів бур'янів проводять міжрядний обробіток культиваторами КРН-8,4, Джон Дір-886, КРН-5,6А або КРН-4,2А, що обладнані комплектом пропюльвальних борін КЛТ-38.

У разі появи бур'янів, шкідників та хвороб рослини посіви соняшника обробляють пестицидами за допомогою обприскувачів ОПШ-2000-21,6, ОПК-2000, ОПШ-15-01, ПОМ-630, ОМ-630-2, ХардиTV, ХардиTZ, TWIN-LA тощо. У разі значного забур'янення посіви боронують до і після сходів легкими ЗБП-0,6А, ЗОР-0,7 або середніми БЗСС-1,0 бородами. У разі появи бур'янів передбачено внесення страхового гербіциду Фюзілад Супер (1,2 л/га).

Через 40...45 днів після масового цвітіння за вологості насіння 25...30% посіви обробляють розчином десиканту (хлоратом магнію або реглоном) за допомогою авіаційної техніки. Після десикації збирання соняшника необхідно розпочинати, коли середня вологість насіння становитиме 12...14%. Десикація сприяє зменшенню втрат насіння під час збирання на 1...1,5 ц/га.

У більшості господарств збирання розпочинають за вологості насіння 12...14%. Проте за достатньої наявності зерноочисно-сушильних машин його доцільно організувати на 4...5 днів раніше, коли вологість насіння становить 18...20%. У цьому випадку додатково збирають 1,2 - 1,5 центнери насіння з кожного гектара.

Свіжо зібране насіння витримують 25...30 днів для післязбирання дозрівання. Для прискорення цього процесу насіння очищують від органічних домішок і сушать до вологості 8-10%.

Післязбиранну обробку товарного насіння соняшнику раціональніше проводити на зерноочисно-сушильних комплексах типу КЗС або зерноочисних агрегатах типу ЗАВ. У тих господарствах, де соняшник займає відносно невеликі площі, використовують пересувні ворохоочисні машини ОВП-20А, ОВС-25, насінеочисні машини МС-4,5 висока продуктивність яких на очищенні соняшнику досягається за умови роботи в комплексі з ними пересувних зернонавантажувачів ЗПС-100 або ЗМ-60.

Необхідно дотримуватися температурних режимів сушіння. Температура теплоносія у сушарках шахтного типу не має перевищувати 60...65° С, а у барабанних 70...75° С. Температура нагрівання насіння має бути не вище 40...45° С, а зменшення вологості за один цикл – не більше 6%.

За активного вентилявання у складських приміщеннях висота вороху не має перевищувати 0,4...0,5 м, а температура теплоносія – не більше 35...40 °С.

#### **4.3.3. Механізований технологічний процес виробництва ріпака**

**Ріпак** – важлива технічна і олійна культура. У зв'язку з високим вмістом жиру ріпакове насіння належить до групи високо енергетичних кормів – в 1 кг зерна ріпака міститься 1,7...2,1 кормові одиниці. Його насіння містить 40...47% жиру, 20% білка і 5,5...6,5% клітковини. До того ж ріпак цінний, як силосна і сидеральна культура.

В Україні озимий та ярий ріпак як цінну промислову, технічну та олійну культуру почали інтенсивно впроваджувати лише на протязі останніх 15...20 років.

Найвищі врожаї озимого ріпака одержують у разі розміщення по пару, багаторічних травах, зернових колосових і зернобобових культурах, вико-вівсяної сумішки на зелений корм.

Ріпак добре росте на чорноземах, темно-сірих і сірих опідзолених ґрунтах. Найбільш придатними для цієї культури вважаються ґрунти з вмістом гумусу не менше 0,9...1,1%.

Ріпак добре відгукується на післядію органічних і мінеральних добрив. За дослідженнями В.Д. Гайдаша, для утворення тонни насіння ріпак виносить з ґрунту 45...80 кг азоту, 18...40 кг фосфору, 25...100 кг калію, 30...150 кг кальцію, 5...15 кг магнію, 30...45 кг сірки, 0,25...0,30 кг бору.

Наукою і практикою рекомендується під час оранки, бажано під попередник, вносити органічні добрива з розрахунку 25...50 т/га. Більші норми добрив вносять у зоні Полісся. Для внесення твердих органічних добрив застосовують розкидачі кузовного типу марки МТО вантажністю 3, 6, 7, 10 і 12 т, а також низькорамний розкидач добрив РПО-6. Останній можна застосовувати для перевантажувальної технології внесення органічних добрив, використовуючи автомобільні чи тракторні засоби для транспортування їх в поле. Це дає можливість значно збільшити продуктивність машини для розкидання добрив.

Рідкі органічні добрива (гноївка) вносять поверхнево машинами марки МЖТ вантажністю 6, 10 і 16 т, а також машиною ЗЖВ-Ф-3,2.

Фосфорні і калійні мінеральні добрива вносять, зазвичай, під час основного (рідше передпосівного) обробітку ґрунту, а азотні – як підживлення рослин машинами МВД-900 і МВД-0,5 або наявними в господарствах розкидачами типу МВУ різної вантажопідйом-

ності. Високою ефективністю відзначаються розкидачі мінеральних добрив моделей AMAZONE ZA-M (Німеччина) та MDS; AXERA і Аего групи компаній фірми KUHN (Франція).

Для обробітку ґрунту дисковими знаряддями можна використати борони БДС-8,4, БДС-6,8, БДВ-8,5 і БДВ-6,5, БДВ-7, БДВ-4,2, БДВ-3 та БДВ-2. В окремих господарствах є дискові борони з країн дальнього зарубіжжя – Джон Дір 630, МФ-248, МФ-244 та інші.

Орати під ріпак доцільно оборотними плугами вітчизняного виробництва ППО-8-40, ППО-6-40, ППО-5-40, ППО-4-40, ПНО-5-40, ПНО-4-40, ПНО-3-40. Надійністю в роботі відзначаються оборотні плуги іноземного виробництва Джон Дір 995 і Джон Дір 975, ДР-9-8 і ДР-9-6 фірми Массей Фергюсон, Master, Manager і Challenger фірми KUHN. Оборотні плуги забезпечують гладеньку оранку без звальних гребенів і розгінних борозен, що є дуже важливим для подальшого рівномірного загортання дрібного насіння ріпаку в ґрунт.

Для основного безплужного обробітку ґрунту використовують як одноопераційні машини (плоскорізальні, дискові і голчасті) так і комбіновані агрегати. Перевагу слід надавати останнім, які за один прохід повністю готують ґрунт під сівбу.

Комбіновані агрегати в Україні випускають БАТ «Хмільниксільмаш» (АКШ-5,6 і АКШ-3,6) і БАТ «Галещина машзавод» (КШН-6 «Резидент» і АГРО-3,5). З машин країн Західної Європи заслуговують на увагу комбіновані агрегати фірми LEMKEN (сімейство універсальних агрегатів Смарагд шириною захвату 2,6; 3; 4; 4,5; 5 і 6 м), а також фірми KUHN (сімейство комбінованих машин Мікстер захватом 3,00; 3,85; 4,70 і 5,55 м).

За необхідності перед передпосівним обробітком ґрунту вносять гербіциди (Бутизан, Девринол, Трефлан та інші).

Для передпосівного обробітку ґрунту доцільно використовувати комбіновані агрегати як вітчизняного виробництва – АПБ-6, КААП-6, КОМБІ-3900, АГ-3 і АГ-6, так і зарубіжного – «Європак» Б622 (CLAAS), Компактор (LEMKEN), К.600PS (Фармет, Чехія) та інші.

За відсутності комбінованих агрегатів можна скористатись також наявними в господарствах культиваторами КПЗ-9,7, КШУ 12, КШП-8-02 чи УСМК-5,4Б, обладнаними роторними котками.

Перед сівбою насіння необхідно протруїти. Досвід свідчить, що краще скористатись спеціально протруєним в заводських умовах насінням.

Сіють ріпак зерновими сівалками вітчизняного виробництва СЗТ-3,6А, СЗЛ-3,6, «Клен-6» і зарубіжного – Акорд, Амаzone та іншими. На забур'яненних полях ріпак доцільно висівати овочевими сівалками СО-4,2 з міжряддями 45 см і наступним їх пушенням.

Норма висіву насіння у першому випадку становить 5...7, у другому – 3...4 кг/га, або близько 0,8...1,2 млн схожих насінин на 1 га. Глибина загортання насіння впливає на строки появи сходів, формування кореневої системи та її функціонування. На легких ґрунтах вона становить 2,5...3, а на важких – 1,5...2 см.

Під час сівби слід залишати технологічні колії для проходу агрегатів по догляду за посівами. Так, у зерно-трав'яних сівалках СЗТ-3,6А перекривають 6, 7 і 18, 19 висівні апарати з метою отримання незасіяних доріжок (технологічних колій).

Для захисту рослин використовують машини виробництва ВАТ «Завод Львівсільмаш» (обприскувачі ОМ-630-2, ОПШ-1.5-01, ОПШ-2000-21,6 та інші) і ВАТ «Львівагроماشпроект» (обприскувачі ОПШ-2000-21.6-02, МЗУ-320 та інші). Останнім часом добре себе зарекомендували причіпні та начіпні штангові обприскувачі виробництва ВАТ «Богуславська сільгосптехніка». З іноземних машин для захисту рослин в Україні використовуються обприскувачі фірм Харді, Джон Дір, Мелро та інші. За даними дочірнього підприємства «Рейлін» бельгійської фірми MELROE EVROPE в Україні успішно зарекомендували себе самохідні обприскувачі Spra -Coupe 3440, Spra-Coupe 3640 і Spra-Coupe 3430.

Підживлюють рослини, як правило, азотними добривами на початку відновлення весняної вегетації (кінець лютого – початок березня) і у фазі стеблування розкидачами мінеральних добрив (МВД-900, МВУ-5А та іншими).

Озимий ріпак дозріває на 10...12 днів раніше, ніж зернові колосові культури. Ріпак збирають, як правило, роздільним способом. Пряме комбайнування застосовують лише за рівномірного дозрівання рослин і вологості насіння 10...15% та відсутності бур'янів.

Скошують у валки жатками ЖВН-6А, ЖЗБ-4,2 чи ЖРБ-4,2 в агрегаті з зернозбиральними комбайнами СК-5М чи Дон-1200 або жатками ЖВП-6 чи ЖВП-4,9 в агрегаті з тракторами класу 1,4 (МТЗ, ЮМЗ). Висота зрізу рослин має бути не меншою 20...25 см.

Валки підбирають і обмолочують зернозбиральними комбайнами КЗС-9, КЗСР-9, Дон-091 (СК-5М), Дон 161 (Дон-1500Б) та іншими. Для збирання ріпака використовують, крім наведених вище, комбайни фірм CLAAS (Домінатор 108, Домінатор 204. Лексін 480), Джон Дір (Максімайзер 9500), Кейс (Кейс 1640, Кейс 1680), Массей Фергюсон (МФ 38) та інші. Комбайни слід оснастити спеціальним обладнанням типу ПКК-5 для збирання дрібнонасінних культур. Для уникнення втрат урожаю основні місця комбайнів, де можливе висипання насіння, необхідно ретельно герметизувати.

Ріпаковий ворох очищають на стаціонарних зерноочисних агрегатах і комплексах типу ЗАВ-25, КЗС-25Ш чи пересувних маши-

нах ОВС-25. Для тривалого зберігання вологість насіння слід довести до 8%. Вихід ріпакової олії в Україні становить близько 40%, а шроту з насіння – понад 50%.

У разі переробки насіння урожайністю 3 т/га можна отримати близько тонни ріпакової олії з гектара, яку можна використовувати для їжі та як біопаливо, а також 1,6...1,7 т шроту для годівлі тварин. Пальне на основі ріпака дешевше і екологічно чистіше дизельного.

#### **4.3.4. Механізований технологічний процес виробництва сої**

**Соя** – цінна продовольча, кормова і лікарська рослина. Сою використовують під час виготовлення понад 200 продуктів і виробів харчової промисловості. Вона є основою рослинного білка і олії у світі.

Серед 17 олійних культур світове лідерство належить соєвій олії – 25,8%. Один кілограм зерна сої вміщує близько 170 г амінокислот, в той час коли в зерні гороху їх всього лише 87 г, а в зерні кукурудзи лише 47 г. За вмістом білка та жиру соя переважає всі зернобобові культури. Собівартість тонни перетравного білка соєвого шроту в 12...16 разів нижча, ніж хлібних злаків.

За тривалістю вегетаційного періоду сорти сої поділяють на 4 групи: ультракороткостиглі (Медея, Юг-30, Устя); дуже скоростиглі (Васильківська, Фаєтон, Альтаїр, Ізумрудна); скоростиглі (Одеська 150, Аванс, Берегиня); середньостиглі (Успіх, Маркус, Хардін 91). Потенційна врожайність даних сортів у виробничих умовах сягає 25...30 ц/га, а на Півдні, в умовах зрошення – 30...35 ц/га. Вирощувати сою в господарствах доцільно на площі не менше 150...200 га.

Механізований технологічний процес виробництва сої базується перш за все на високій культурі землеробства, запровадженні сортів інтенсивного типу, застосуванні ефективних засобів захисту рослин, науково обґрунтованих норм органічних та мінеральних добрив, використанні сучасних високопродуктивних комплексів машин, виконанні всіх агротехнічних операцій в оптимальні строки.

Вирощувати сою можна на ґрунтах всіх типів, крім солончаків та болотистих. Найбільш придатними для цього є чорноземи, темно-сірі та сірі лісові ґрунти.

Внесення оптимальних норм мінеральних добрив під оранку дає можливість збільшити урожайність сої на 3...5 ц/га. Подальше підвищення норми азотних добрив не забезпечує зростання урожайності, а лише сприяє полягання рослин. Мінеральні добрива вносять розкидачами МВУ-16, МВУ-12, МВУ-8Б, МВУ-5А, МВД-900.

Сою вимоглива до якості основного та передпосівного обробітку ґрунту. Система основного обробітку ґрунту включає такі елементи, як лущення або дискування стерні попередника, глибока зяблева оранка на глибину 23...25 см та суцільна культивация. Лущення виконують дисковими лушчильниками ЛДГ-15, ЛДГ-10А, ЛДГ-5 на глибину 6...8 см. Для дискування застосовують важкі дискові борони БДГ-7,0А, БДВ-10 або аналогічні машини іноземного виробництва, наприклад Джон Дір 975, МФ-244, МФ-248. Дискують на глибину 10...12 см.

Оранку виконують плугами з передплужниками ПЛН-4-35, ПЛН-5-35, ПЛН-6-35, ПЛП-6-35, або оборотними плугами ППО-4-40, ППО-6-40, ПНО-3-40, ПНО-5-40 вітчизняного та ДР-100, ДР-9-6, ДР-9-8, МФ-715, МФ-725 закордонного виробництва.

Після оранки залежно від інтенсивності появи бур'янів застосовують суцільну культивацию на глибину 8...10 см. Для її виконання використовують культиватори КШУ-4, КПС-4М, КП-4, КГ-4, КГ-8, КШУ-8, КШУ-12, КШУ-18 та інші.

Застосування гербіцидів – важливий елемент механізованої технології, що дає змогу успішно вести боротьбу з бур'янами та отримати високі врожаї. Застосування Раундапу, Вулкану чи Урагану за дози 4...4,5 л/га зменшує засміченість полів злаковими та іншими бур'янами на 90...95%.

Гербіциди вносять штанговими обприскувачами ПОМ-630, ОПШ-15-01, ОП-2000, ОПК-2000, ЕКО-2000-18ШПС та іншими. Норма витрати робочого розчину препарату становить 200...250 л/га. Розрив у часі між внесенням гербіцидів та зарубкою їх у ґрунт не має перевищувати 15...20 хв. Для загортання розчину препарату в ґрунт використовують культиватори для суцільного обробітку КШУ-18, КПСН-4 або комбіновані ґрунтообробні агрегати Арамікс, АГ-3, РВК-3,6.

Для сівби сої використовують насіння першого класу районованих сортів з такими показниками: схожість – не нижче 90%, чистота – не нижче 98%, маса 1000 насінин – 130...170 г. Насіння має бути однакового розміру, що важливо для рівномірного, дружнього та швидкого проростання.

Передпосівну культивацию виконують безпосередньо перед посівом сої на глибину 5...6 см. Для цього використовують культиватори для суцільної культивации з плоскорізальними лапами та середні або легкі борони. Сою починають висівати у той період, коли ґрунт на глибині загортання насіння прогрівається до середньодобової температури 12...14°C. Сівбу сої виконують широкорядним способом з шириною міжрядь 45, 60 та 70 см. Глибина загортання

насіння має становити 3...4 см, а за умови недостатньої зволоженості верхнього шару ґрунту – 5...6 см.

Норма висіву насіння сої має становити: для ранньостиглих сортів – 600...700 тис./га схожих насінин, середньостиглих – 500...600 тис./га, пізньостиглих – 400...500 тис./га. Перед сівбою необхідно налагодити сівалки на норму висіву та глибину загортання насіння. Для сівби сої залежно від ширини міжрядь використовують різноманітні сівалки вітчизняного ССТ-12Б, ССТ-18В, СУПН-8, УПС-12, СПС-12, СПС-24, ССН-5,8Д, СО-4,2, та іноземного Джон Дір 1700, Джон Дір 1760, МФ-543-6, МФ-543-8, «Мульти-Корн», «Нодет» виробництва.

Після сівби, до появи сходів вносять ґрунтові гербіциди. Перші сходи з'являються через 7...9 днів після сівби. Механізований догляд за посівами сої містить комплекс заходів по боротьбі з бур'янами, шкідниками і хворобами. Для боротьби з бур'янами доцільно поєднати механічні (досходове та післясходове боронування, рихлення міжрядь) і хімічні способи (обприскування посівів).

Досходове та післясходове боронування є ефективним для руйнування ґрунтової кірки, покращення аерації та знищення бур'янів, стійких до гербіцидів. Для боронування використовують легкі борони БП-ОМ, ЗОР-0,7 та БСО-4Б в агрегаті з зчіпками СГ-21Б та СП-16А. Боронування сходів виконують впоперек рядків.

Глибина міжрядного обробітку має бути менше глибини загортання гербіцидів. Для рихлення міжрядь використовують культиватори УСМК-5,4Б; КРН-4,2; КРН-5,6; КРН-8,4; Джон Дір 856; Джон Дір 886.

Впродовж всього періоду вегетації зазвичай виконують два міжрядних обробітки. Першу культивацію проводять у фазі першого трійчастого листка, а другу – через 10...12 днів.

Соя – культура, яка досить чутлива до вологи. За вегетаційний період вона використовує води у 3...4 рази більше, ніж пшениця. В зоні Степу України без зрошування урожайність її становить не вище 12...15 ц/га, а у разі зрошування – 20...35 ц/га.

Для поливу використовують дощувальні машини і агрегати ДДА-100МА, ДКШ-64, ДМУ «Фрегат», ДФ-120 «Днепр».

Найбільш складним технологічним процесом всієї технології виробництва сої є збирання. За несприятливих умов вегетації нижні боби можуть розміщуватися дуже низько. Під час збирання сої найбільша частина втрат припадає на жатку комбайна.

Частіше всього сою збирають однофазним способом у разі повного дозрівання насіння переобладнаними зернозбиральними комбайнами СК-5М, ДОН-1500, КЗС-9.



За вологості зерна 10...15% частота обертання барабана має бути в межах 400...600 хв<sup>-1</sup>, а зазори у молотильному апараті на вході мають бути 30...38 мм, на виході – 18...28 мм. За збільшення вологості зерна до 16...24% частоту обертання молотильного барабана підвищують до 650...800 хв<sup>-1</sup>, а зазори у молотильному апараті зменшують до 20...21 мм на вході та 10...13 мм на виході.

Післязбиральну обробку насіння сої доцільно виконувати на зерноочисних агрегатах ЗАВ-10, ЗАВ-20, ЗАВ-40 та пересувних машинах ОВС-25, МС-4,5. Очищення та досушування виконують на сушильних комплексах КЗС-10Ш, КЗС-20Ш, КЗС-40, КЗР-5. Температура підігрітого повітря під час досушування зерна сої має бути не вище 32...35° С.

#### **4.3.5. Механізований технологічний процес виробництва льону**

**Льон-довгунець** – одна з тих сільськогосподарських культур, біологічний урожай яких використовується без відходів. З волокна виробляють добротні, міцні тканини. З насіння, яке містить близько 40% жиру виготовляють олію, високоякісні оліфи, лаки. Як ліки її рекомендують вживати людям з порушенням обміну речовин та у разі атеросклерозу.

Розміщують льон-довгунець у сівозмінах після озимої пшениці, багаторічних трав, ярих зернових та просапних культур. Добрим попередником може бути також озиме жито, під яке в ґрунт вносилося 25...30 т/га твердих органічних та 0,6...0,8 т/га мінеральних добрив. На одне й те саме поле льон-довгунець рекомендується повертати не раніше ніж через 5 років.

Після збирання попередника (зернові колосові, трави) площу обробляють дисковими знаряддями (ЛДГ-10А, ЛДГ-15А, БДТ-7А, БДВ-8,5, БДС-8,4 та іншими). За значної засміченості пірієм через 15...20 днів після першого проводять повторне лушення стерні, а також вносять гербіцид типу Раундап.

Основне внесення мінеральних добрив (80...85% від загальної кількості) виконують машинами МВУ-16, МВУ-8Б, МВУ-5А, МВУ-0,5, МВД-900. Для одержання 1 т волокна з гектара всього необхідно внести під льон до 10...12 ц/га мінеральних добрив у стандартних туках. Співвідношення N : P : K має становити 1 : (2...3) : (3...4). Підвищувати дози мінеральних добрив треба лише за рахунок фосфорних та калійних.

Для забезпечення якісного виконання зяблевої оранки використовують оборотні плуги типу ППО-8-40, ППО-5-40, ПНО-4-40,

ПНО-3-40. Восени у міру появи бур'янів проводять суцільну культивуацію з боронуванням.

За 3...4 тижні до сівби насіння льону протрують машинами ПСШ-5, ПС-10А, ПК-20 та іншими.

Високу якість роботи на передпосівному обробітку ґрунту дають комбіновані ґрунтообробні агрегати Б-622, «Європак», Арамікс, К 600PS, АГ-3, АПК-6, АГ-6, АКП-5 та інші.

Насіння льону-довгунцю висівають у зрілий та досить прогрітий ґрунт, коли його середньодобова температура на глибині 10 см становить 7...8°C. Сівбу виконують вузькорядним способом сівалками СЗЛ-3,6 з шириною міжрядь 7,5 см. Глибина загортання насіння на супіщаних ґрунтах становить 2...3 см, на суглинках – 1,5...2 см. У рядки під час сівби вносять 10 кг/га поживної речовини гранульованого борного суперфосфату.

Норма висіву насіння має велике значення для вирощування врожаю льону високої якості. Морфологічна будова стебел льону та кількість нормально розвинених коробочок на одному стеблі значно зумовлюється стеблостоем. У загущених посівах стебла тягнуться у висоту і виростають тоншими, волокна в них утворюються тонкі, видовжені, гнучкі і міцні. У зрідених посівах у рослин формуються товстіші стебла з меншим вмістом волокна і гіршої якості.

Оптимальна густина стебел для отримання врожайності волокна не менше 1 т/га становить 1800...2000 рослин на 1 м<sup>2</sup>.

Після сівби льону-довгунцю ґрунтову кірку руйнують легкими боронами типу ЗБП-0,6А, ЗОР-0,7 або ротаційними мотиками.

Невід'ємною ланкою інтенсивної технології виробництва льону-довгунцю є впровадження системи агротехнічних і хімічних заходів захисту рослин з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов кожного господарства.

На додаток до агротехнічних заходів або у поєднанні з ними слід своєчасно та правильно застосовувати отрутохімікати. Хімічний захист льону від шкідників і хвороб полягає в протруюванні насіння і обробці рослин пестицидами за допомогою штангових обприскувачів вітчизняного виробництва ОПШ-2000-2-21,6, ОП-2000-2-01, ПОМ-630, ОПК-2000, ЕКО-800-12, ОПШ-15-01, обприскувачів зарубіжних фірм Харді, ДжонДір, Рау, Баргам та інших або авіації.

Збирання льону, виготовлення льонотрести та реалізація льонопродукції залишається найбільш трудомісткими процесами, на долю яких припадає близько 80% витрат праці в льонарстві. Збирання льону-довгунцю комбайнами слід розпочинати через 2...3 дні після настання ранньої жовтої стиглості для того, щоб основні його посіви зібрати в стадії жовтої стиглості. Цей період найбільш

сприятливий для отримання високоякісної волокнистої продукції та насіння.

З метою значного зменшення витрат праці та коштів під час підготовки полів до збирання застосовують льонобралки ТЛН-1,5А, молотарки МЛ-2,8П чи МЛВ-2, проходи і поворотні смуги засівають кормовими травами або зернобобовими культурами. Перед збиранням льону їх скошують. Збирання льону-довгунцю потрібно провести за 6...8 робочих днів. У разі збільшення терміну збирання до настання повної стиглості буде втрачатися насіння, знизиться якість волокнистої сировини, зросте забрудненість посівів та вороху.

Збирання льону може проводитись за однією з трьох технологій: сноповою, комбайновою та роздільною. Традиційним є снопове збирання, за якого льон вибирається бралками і зв'язується у снопи, які потім установаються у бабки для сушіння і дозрівання насіння, після чого їх звозять на тік і обмолочують на молотарках. Така технологія не перспективна через великі витрати робочого часу та збільшення термінів збирання.

Комбайновий спосіб збирання льону є найбільш прогресивним і забезпечує високу ступінь механізації процесу збирання та операцій, що пов'язані з первинною обробкою продукції. Комбайнове збирання льону-довгунцю базується на використанні льонокомбайнів ЛК-4А, ЛКВ-4А. За один прохід агрегату виконуються такі трудові роботи, як брання стебел, очісування насінневих коробочок, розстилення льоносоломи або в'язання її у снопи, збирання льонового вороху в причіп. Стають непотрібними такі операції як зв'язування стебел у снопи, їх просушування, навантажування і транспортування вимолоченої соломки. Все це дає змогу скоротити тривалість виконання збиральних робіт на 23 тижні.

Льон на волокно збирають у ранній жовтій та жовтій стиглості. Основний спосіб – комбайновий у трьох варіантах: одночасне в'язання соломки в снопи і реалізація їх на завод; розстилення в стрічки на льонищі, підбирання і в'язання соломки після висихання підбирачами ПТН-1 і здавання її на завод; розстилення в стрічки на льонищі для вилежування, обертання стрічок за допомогою обертачів ОСН-1 і піднімання трести підбирачами з в'язанням в снопи та реалізація останніх на завод чи перевезення до місця зберігання для переробки її в господарстві.

Льонокомбайни ЛКВ-4А і ЛКВ-4Т з в'язальними апаратами, а також підбирачі ПТН-1 забезпечують снопов'язальним шпагатом з розрахунку 4...5 кг/га.

Впроваджено також комплекс машин і обладнання для збирання з поля та переробки на льонозаводах соломки і трести у рулонах. Комплекс машин включає рулонний прес-підбирач ПРП-1,6

з пристроєм ПРЛ-1, навантажувач ПФ-0,5 із спеціальним захватом для рулонів ППЛ-0,5 і розмотувач рулонів льоносоломки і трести ПРЛ-2. Якщо збирати льонову сировину в рулонах, значно скорочуються транспортні витрати.

За комбайнового способу збирання льоновий ворох відвозять тракторними причепами типу 2ПТС-4-887Б на сушильний пункт. Льоновий ворох з-під комбайнів є сумішшю коробочок, насіння, частин стебел, а також бур'янів. Його вологість знаходиться у межах 35...60%. Ворох потрібно якомога швидше висушити, тому що перебування його навіть декілька годин з такою вологістю призводить до самозігрівання, що викликає погіршення посівних якостей насіння.

Ворох обробляють на пунктах сушарками типів: наземного (проект 814-127), конвеєрного (проект 812-2-3) або карусельного (проект 812-1-6) продуктивністю з сухим ворохом відповідно 0,59; 0,54 і 0,90 т/год. Висушений до вологості 12...18% льоновий ворох подають на молотарку-віялку МВ-2,5А або МЛВ-2. Після обмолоту насіння льону очищають на машині СМП-0,5 і засипають на зберігання. Багато господарств переробляють тресту на своїх м'яльно-тіпальних пунктах, які мають м'ялку МЛ-6А, тіпальну машину ТЛ-40 та куделеприготувач КЛ-25. Якість льоносоломки і трести визначають за показниками довжини, вмісту волокна у соломці, міцності, придатності до переробки, кольором та діаметром стеблин. Якісна льонова треста повинна мати довжину 41 см, вміст волокна 11% та середню міцність не менше 20 Н/мм<sup>2</sup>.

ВАТ «Львівагромашпроект» розроблено конструкцію льонобралки ЛНБ-1,5, яка може застосовуватись як в комбайновій технології (для утворення проходів і поворотних смуг), так і в роздільній, для формування стрічок льону.

Інститутом луб'яних культур створено підбирач-молотарку ПМЛ-1 для підбирання і обмолоту стрічок льону.

ВАТ «Ірпіньмаш» розроблено та випробувано вітчизняний льонокомбайн ЛК-4У, який за технічною характеристикою та показниками якості роботи переважає комбайн ЛК-4А.

ВАТ «Львівагромашпроект» розроблено льонокомбайн ЛКУ-1,5, подібний до ЛК-4А, а також ворущилку льону ВРЛ-3.

Для пресування соломки чи трести в рулони можна скористатися прес-підбирачами ППР-110 (КП «Київтракторо-деталь») або ПРЛ-1,2 (ВАТ «Ірпіньмаш»).

Враховуючи те, що комбайнова технологія найбільш відпрацьована і буде застосовуватись у майбутньому, перспективним є виготовлення сепаратора вороху та універсальної сушарки.

Використання у господарствах існуючих машин у поєднанні з новими, вітчизняного виробництва, дасть можливість впровадити механізоване вирощування та збирання льону-довгунцю з максимальною ефективністю та мінімальними витратами робочого часу і коштів.

#### **4.3.6. Механізований технологічний процес виробництва хмелю**

**Хміль** – ціна сільськогосподарська культура, яка вкрай необхідна для пивоваріння, у плодах якого містяться специфічні біологічні з'єднання і речовини, без яких неможливе готування доброякісного пива.

Хміль є багаторічною дводомною кучерявою високостеблевою рослиною, яка відноситься до сімейства коноплевих і займає серед усіх технічних культур особливе місце за походженням та поширенням, агротехнікою і значенням. Це рослина з багаторічним коренем і щорічно відмираючими однорічними стеблами, росте на одному місці до 20 років, вимагає добре окультурених ґрунтів, систематичного внесення органічних і мінеральних добрив.

Хміль вирощують з метою одержання шишок, які використовуються переважно в пивоварній промисловості. Зелені стебла і листя після збирання шишок застосовують для готування силосу і трав'яного борошна, що служать цінним кормом у тваринництві.

Продукцією хмелярства є брикетований хміль, гранульований хміль, екстракти хмелю, комбіновані препарати хмелю. В перерахунку на альфа-кислоту 30% світового споживання продукції хмелярства припадає на гранульований хміль, 30% — на екстракт і лише 40% – на натуральні шишки.

Вегетаційний період хмелю – від початку весняного відростання пагонів до дозрівання шишок – триває залежно від сорту та району вирощування 100...120 днів.

Період розвитку рослин хмелю прийнято розділяти на великий і малий цикли. Під великим циклом варто розуміти тривалість життя хмелю від посаженого чи черешка саджанця до природного відмирання головного кореневища. Малий цикл життя хмелю може тривати в пліні одного року і включає процеси, що відбуваються в рослині, викликані зміною часу року. Він поділяється на два основних етапи: відносний чи зимовий спокій і період вегетації.

У природних умовах хміль розмножується як насінням, так і кореневищами. Розмноження насінням називається генеративним, а частинами рослин – вегетативним. Основою організації виробництва посадкового матеріалу хмелю є вирощування супер-

суперелітних, суперелітних і елітних черешків та саджанців і передавання їх у розсадникові господарства для закладення маткових плантацій. Розсадникові господарства на маткових плантаціях заготовляють посадковий матеріал першої репродукції, що надходить у господарства для закладення виробничих хмільників.

Закладення хмільника – складний і відповідальний етап у хмільництві, що зв'язано з науково обґрунтованим вибором ділянки під хмільник, організацією його території, підбором сортів, підготовкою ґрунту і суворим дотриманням технології посадки.

Вартість одного саджанця звичайного сорту становить 2,5...3 грн, а інтенсивного – 4...4,5 грн. Залежно від сорту використовують відповідні схеми посадки саджанців. Найбільш розповсюджені – 3 x 0,75 м і 3 x 1 м. Перший варіант потребує 4,4 тис. саджанців на 1 га, а другий – близько 3,4 тис.

Густіше потрібно висаджувати кущі на бідних ґрунтах, а на чорноземах рідше, щоб рослини, які інтенсивно розвиваються на початку сезону, не затіняли одне одного.

Першочергові витрати на закладання 1 га хмільника на площах, де вже є побудовані шпалери, становлять від 20 до 26 тис. грн. Закладання 1 га плантацій з розміщенням шпалер обійдеться 28...30 тис. грн. без врахування витрат на догляд. Вартість технологічних операцій догляду за гектаром молодого хмільника становить 6...8 тис. грн, а за гектаром дорослого, що вже дає плоди – 8...10 тис. грн.

Розробником і виробником окремих машин для вирощування та збирання хмелю є науково-дослідний інститут хмелярства (м. Житомир).

Система заходів щодо підготовки ґрунту під закладення хмільників є важливим заходом і включає основний і передпосадковий обробіток. Під час закладки хмільників основний обробіток ґрунту проводять восени плантажними плугами ППН-40 і ППН-50 на глибину 50...60 см. Під оранку вносять 60...80 т органічних і 120...140 кг діючої речовини фосфорно-калійних добрив.

Навесні на ділянці проводять боронування, зарівнювання звальних гребенів і розгінних борозен. Потім ґрунт перехресно дискують, культивують і висівають сидеральні культури. У літній період у фазі цвітіння ці культури заорюють на глибину 25...27 см. Наприкінці серпня і початку вересня в ґрунт вносять органічні (20...40 т/га) і мінеральні (80...120 кг/га) добрива і заорюють на глибину 25...30 см. Після оранки ґрунт вирівнюють і культивують. Ділянку маркують і проводять посадку.

Будівництво шпалер – одна з трудомістких робіт. Спеціальних машин для будівництва шпалер вітчизняна промисловість не випу-

скає, тому для виконання багатьох робіт використовують машини, застосовувані в інших галузях. Для викопування ям і установлення стовпів застосовують бурильно-кранові машини БМ-204, БКГМ-66-2, Д-453А чи БКГО-67, а також екскаватори ПЭ-Ф-1А та ПКУ-0,8А.

Для посадки хмелю застосовують лісо- і разсадосадильні машини. Так, для посадки черешків у розплідниках з вирощування саджанців хмелю використовують разсадосадильну машину СКН-6А, а для посадки саджанців на хмільниках – лісосадильні машини СШН-3 і МЛУ-1. За схеми посадки 70 x 25 см на 1 га висаджують 55...60 тис. черешків. Двовузлові черешки зашпаровують на глибину 6...8 см, а одновузлові на 4...5 см.

Для боротьби з бур'янами до появи сходів хмелю ґрунт обробляють гербіцидом Арезин з розрахунку 2 кг/га. Впродовж літа проводять підгортання, збільшуючи шар ґрунту на 5...6 см і 3...4 розпушування в міжряддях.

Обрізання головних кореневищ – основний агротехнічний прийом, за якого видаляють підземні частини старих стебел і бічні кореневища з метою правильного формування головного кореневища і підтримки його на заданій глибині, що забезпечує нормальне функціонування, довголіття і високу продуктивність рослин хмелю. Донедавна обрізання кореневищ проводили тільки вручну. При цьому для двосторонньої оранки гребенів застосовували пристосування ПРУ-08000, установлені на плузі ПРВН-1,5АХ. Для одночасного розгортання гребенів і обрізки головних кореневищ хмелю використовують підрізник ПКХ-1 і машини ОРХ-1, ОРХ-2 та ОГХ-1.

У комплекс агротехнічних заходів щодо догляду за рослинами хмелю в літній період входять такі операції, як пасинкування, панцирування і карбування.

Найефективнішим способом боротьби з шкідниками і хворобами хмелю є хімічний спосіб. Для механізації робіт з хімічного захисту рослин хмелю від шкідників, хвороб і бур'янів застосовують обприскувач навісний хмільниковий ВШ-400-4 та ґрунтовий фумігатор ПФХ-2. На широкорядних хмільниках з міжряддями 3 м використовують також обприскувачі ОПВ-1200, ОП-2000, ОМ-630 та інші.

Збирання і післязбиральна обробка хмелю – завершальний етап у виробництві хмелю. Збирання починають у період стиглості шишок. У цей час шишки набувають золотаво-зелений колір, у них міститься оптимальна кількість гірких смолоподібних речовин, ефірних олій та інших. Ці властивості шишок хмелю зберігаються протягом 12...15 днів. Тому дуже важливо вчасно зібрати і зберегти врожай до сушіння.

Збирання хмелю є трудомістким процесом. У період збирання врожаю необхідно залучати до 30 працівників на 1 га. З метою збереження якості спійий хміль необхідно зібрати за 10...12 днів.

На обривку шишок з 1 га за врожаю 10 ц/га сухого хмелю витрачається 250...270 люд.-днів.

До збирання хмелю приступають за досягнення технічної стиглості шишок, що визначається наступними ознаками: колір шишок змінюється з трав'янисто-зеленого в золотисто- чи жовто-зелений; вони сформовані, лусочки щільно притиснуті; шишки у разі стиску шелестять, пружинять, мають сильний хмелевий запах, особливо під час розтирання їх руками: у середині шишок знаходиться багато золотаво-жовтих блискучих зерен.

Для механізованого збирання хмелю застосовують пересувні хмелезбиральні машини типу ХМП-1,6 і стаціонарні хмелезбиральні машини типу ЧХ-4Л, ЛЧХ-2, ЛЧХ-6Е, ВХЄ-280, а також хмелезбиральну машину «Бут» виробництва Польщі. Сушіння хмелю здійснюється на 3...4-х ярусних шахтних хмелесушарках Лингарта чи в конвеєрних хмелесушарках ПХБ-750К, ПХБ-900К, СХК-0,3, а для пресування висушеного і сульфітованого хмелю використовують преси ХПГ-8 чи ХПГ-15. Для щільного упакування хмелю використовують прес ПГ-0,2.

Головною метою технології післязбиральної обробки є збереження максимуму цінних речовин свіжозібраного хмелю для поліпшення його пивоварних якостей, більш ефективного використання в процесі готування пива й одержання різних повноцінних хмелепродуктів.

Основний спосіб збереження цінних якостей хмелю – висушування його нагрітим повітрям до оптимальної вологості. Щоб отримати тонну сухого хмелю необхідно висушити 5 т свіжозібраного врожаю. Висушування такої кількості хмелю коштуватиме до 1,5 тис. грн.

Для більш тривалого зберігання хміль пресують і пакують у мішки, виготовлені з джутової чи джутово-кенафної тканини. Крім того, для збільшення терміну збереження на кілька років і кращого використання коштовних речовин хмелю його переробляють у гранули, брикети й екстракти.

Щоб виробництво хмелю було рентабельним, необхідно досягати врожайності не менше 10...12 ц/га за базисного вмісту альфакислоти 3,5%. Але в наш час є сорти, які дають значно вищу врожайність за більшого вмісту альфакислоти. Як свідчать результати спостережень, для того щоб цілком окупилися витрати на введення в дію нового хмільника необхідно 4...5 років. При цьому врожай-



ність має бути вище точки беззбитковості і становити не менше 14...15 ц/га.

#### **4.4. Механізований технологічний процес виробництва кормових культур**

##### **4.4.1. Механізований технологічний процес виробництва однорічних культур**

**Однорічні трави** використовуються як зелений корм, а також для приготування сіна, сінажу і трав'яного борошна. Однорічні трави використовуються як післяжнивні культури. У сівозмінах, де рано збирають основну культуру, післяжнивні посіви віковівсяної та горохово-вівсяної суміші забезпечують урожайність зеленої маси 120...150 ц/га, а разом з соняшником – 200 ц/га.

У літній період зелений соковитий корм є основним у раціоні великої рогатої худоби. Тому сіють однорічні кормові культури спеціально для отримання зеленого корму. Однорічні трави відіграють важливу роль у забезпеченні зеленими кормами промислових тваринницьких комплексів під час стійлового утримання тварин у літній період. На зиму з однорічних зернофуражних культур, зібраних у період воскової стиглості, заготовляють якісний сінаж.

Вирощування сумішей однорічних трав на сінаж дає можливість отримати з одного гектара у 1,5 рази більше кормових одиниць порівняно з вирощуванням цих трав на силос. Збирання однорічних зерно-трав'яних сумішей слід провести протягом не більше 7...8 днів, тому що зерно у фазі воскової стиглості гірше засвоюється тваринами під час згодовування. Збирання необхідно завершити за вологості зерна не нижче 40%.

Найбільш розповсюдженими однорічними травами є віка яра та озима, овес, горох, люпин, ріпак, соняшник, редька та інші.

Вміст протеїну у вівсі, ріпаку та соняшнику в суміші з горохом підвищується на 0,6...11,0% порівняно з вмістом протеїну в травах, посіяних у чистому вигляді. Цьому сприяє підвищення вмісту азоту в ґрунті завдяки діяльності бульбочкових бактерій бобових.

Органічні добрива краще вносити під попередник. На бідних ґрунтах позитивний ефект дає внесення твердих органічних добрив безпосередньо під однорічні трави у нормі 30...40 т/га. Для внесення твердих органічних добрив використовують розкидачі кузовного типу МТО-3, МТО-6, РОУ-6, ПРТ-10 та роторні розкидачі типу РУН-15Б.

На збільшення врожайності однорічних трав позитивно впливають мінеральні добрива. Зернобобові культури відгукуються на

внесення фосфорно-калійних добрив. Для отримання урожайності зеленої маси 25 т/га необхідно внести 40...50 кг/га фосфору та 80...90 кг/га калію.

Для внесення гранульованих мінеральних добрив використовують розкидачі МВУ-0,5, МВУ-5А, МВД-100, МВД-900, МВУ-16Б та інші. Підготовку ґрунту для вирощування однорічних трав розпочинають відразу після збирання попередника. Після зернових та зернобобових виконують лушення стерні лушильниками ЛДГ-5А, ЛДГ-10А, ЛДГ-15А та ЛДГ-20 на глибину 6...8 см.

Через 12...14 днів після лушення проводять зяблеву оранку. Проте, якщо ґрунт сухий і немає дощів, проростання бур'янів затримується, тоді поле орють в оптимальні для цього регіону строки. На полях, де лушення стерні не виконувалось, оранку потрібно проводити слідом за збирання врожаю попередника.

Для сівби однорічних трав оранку виконують на глибину 20...22 см лемішними ПТК-9-35, ПЛН-8-40, ПЛП-6-35, ПЛН-5-35, ПЛН-4-35, ПЛН-3-35 та оборотними ППО-8-40, ППО-6-40, ППО-4-40, ППО-4-40 плугами.

В осінній період у разі появи бур'янів на зораному полі проводять суцільну культивуацію на глибину 6...8 см. Крім підрізання бур'янів культивація забезпечує кришіння, розпушування, вирівнювання і часткове перемішування ґрунту без обертання оброблюваного шару. Виконують її культиваторами КШУ-4, КГ-4, КПС-4М, КП-4, КШУ-8, КГ-8, КПУ-12 та іншими.

Після зими обробіток ґрунту розпочинають з ранньовесняного боронування важкими БЗТС-1,0 та середніми БЗСС-1,0 зубовими боронами. Головною метою такої технологічної операції є закриття вологи.

Після закриття вологи виконують вирівнювання фізично стиглого ґрунту. Для виконання цієї операції застосовують вирівнювачі ґрунту типу ВП-8Б, ВПН-5,6Б, ВПФ-2,5, або шлейф-борони ШБ-2,5. Вирівнювання виконують під кутом 45° до напрямку оранки.

Безпосередньо перед сівбою однорічних трав виконують передпосівну підготовку ґрунту. Добре готують ґрунт для сівби комбіновані агрегати типу «Європак» «Арамкс», К600PS, РВК-3,6, РВК-5,4, Б-622, АПБ-6, АГ-6, АГ-3, КААП-6 та інші.

Для отримання високих врожаїв однорічних трав важливим є підготовка посівного матеріалу до сівби. Для підготовки посівного матеріалу однорічних трав використовують протруювачі ПСШ-5, ПС-10А, ПК-20 та «Мобитокс-С».

Однорічні трави висівають якомога раніше, у перші ж дні, як тільки техніка зможе виїхати у поле. Через здатність до вилягання

віку та горох висівають разом з підтримувальними культурами – ячменем, вівсом, соняшником.

Найвищу врожайність зеленої маси люпину отримують у чистих посівах. Але для створення у раціонах тварин найбільш оптимального співвідношення білка та інших поживних речовин практикують змішані посіви люпину з вівсом та іншими ярими культурами.

Норма висіву насіння суміші однорічних трав на один гектар різна. Зокрема співвідношення у сумішах наступне: вико-овес – 70 кг вики та 100 кг вівса; горох-овес – 200 кг гороху і 100 кг вівса; люпин-овес – 120 кг люпину і 80 кг вівса; горох-соняшник – 200 кг гороху і 30 кг соняшника; вико-соняшник – 80 кг вики і 40 кг соняшники.

Під час вирощування ріпака на зелений корм його можна висівати звичайним рядковим та широкорядним способами. Частіше використовують широкорядний посів з шириною міжрядь 45 та 60 см. Залежно від способу сівби ріпака змінюється норма висіву його насіння. У разі сівби рядковим способом норма висіву насіння ріпака становить 12...15 кг/га, сівби широкорядним способом з міжряддям 45 см норма становить 7...8 кг/га, а за міжряддів 60 см вона дорівнює 5...6 кг.

Глибина загортання насіння однорічних трав залежить від типу ґрунтів та складу суміші і знаходиться у межах від 2...3 см до 5...7 см.

Сівбу однорічних трав частіше всього проводять звичайним рядковим та вузькорядним способами. Для цього використовують сівалки СЗ-3,6А, СЗУ-3,6, СЗТ-3,6, СЗ-5,4, СЗ-10,8, СЗГТЦ-6, СЗПЦ-8, СЗПЦ-12 та інші. Під час сівби вносяться мінеральні добрива, більша частина яких фосфорні.

Після сівби насіння однорічних трав з метою забезпечення рівномірного загортання і кращого контакту насіння з ґрунтом проводять прикочування посівів. Для цього використовують кільчасто-шпорові ЗККШ-6А, ККШ-6 та кільчасто-зубчасті КПП-2, КПП-6, ККН-2,8А котки. Використання котків забезпечує швидше проростання насіння, дружну появу сходів однорічних трав, покращення теплового режиму ґрунту і зменшення витрати вологи.

Під час догляду за однорічними травами, які вирощуються на широкорядних посівах у фазі 2...3-х листків проводяться міжрядні обробітки. На полях, де трави посіяні рядковим способом, боротьба з бур'янами виконується хімічним методом. На посівах гороху та люпину у разі масової появи бур'янів обприскування гербіцидами проводять до появи сходів. Для цього застосовують штангові обприскувачі ЕКО-600-12, ЕКО-800-12. ЕКО-2000-18П, ОПШ-2000, ОПК-2000, ОМ-630-2, ОПШ-І500 та інші.

Під час збирання трав у цей час отримують сінаж відмінної якості. Для збирання однорічних трав на зелений корм використовують причіпні КРП-Ф-2, КИР-1,5Б, КПИ-Ф-30 та самохідні КСК-100, Е-282, Дон-680, Марал-190, Ягуар-880 кормозбиральні машини та комбайни з широким діапазоном регулювання ступеня подрібнювання зеленої маси.

Для збирання однорічних трав на сіно використовують причіпні КПРН-3,0А, КПТ-4,2, КД-Ф-4,0, КП-Ф-6,0, КМБ-6, КТП-6, КПР-6 та самохідні КПС-5Г, Е-302, Е-304 косарки та косарки-плющилки. У господарствах, де посіви однорічних трав займають великі площі, доцільно використовувати високопродуктивну п'ятибрусну самохідну косарку СКП-10.

Через декілька днів після скошування в міру підсихання трав (до вологості 40...45%) проводять їх ворущіння. Для цього використовують граблі-валкоутворювачі ГУР-4,2, ГВК-6А, ГВР-6,0 та широкозахватні поперечні граблі ГП-2-14А, ГП-10 та ГП-Ф-6.

За досягнення вологості 20...25% трави згрібають у валки. Для цього використовують поперечні граблі або граблі-валкоутворювачі. Підбирають сіно з валків за допомогою підбирача-ущільнювача ПВ-1,6А, який подає сіно у тракторні причепа 2ПТС-4-887Б. Після цього сіно транспортують до місця скиртування і за допомогою фронтальних навантажувачів ПФ-0,5 складають у скирти.

Під час заготівлі сінажу однорічні трави скошують тими самими косарками, що і у разі заготівлі силосу. Скошену масу підсушують до вологості 55...60% та згрібають у валки граблями-валкоутворювачами з наступним підбиранням валків комбайнами КПИ-Ф-30, КСК-100, Ягуар-860, Ягуар-880, Марал-190 та іншими. Після цього зібрану сінажну масу до місця заготівлі транспортують автомобілями-самоскидами, трамбують до щільності 450...550 кг/м<sup>3</sup> та герметизують.

#### **4.4.2. Механізований технологічний процес виробництва багаторічних трав**

За даними Інституту аграрної економіки УААН оптимальна структура посівів кормової групи на сільськогосподарських підприємствах має бути такою: багаторічні трави – 45,2%, кукурудза на силос і зелений корм – 27,2%, однорічні трави – 22,4%, кормові коренеплоди – 5,2%. Слід розширити площу багаторічних трав до 4,5...5,0 млн га. Це дасть можливість не тільки збільшити виробництво кормів, а й підвищити родючість ґрунтів.

Під час вирощування трав як безпокровних культур обробіток ґрунту здебільшого напівпаровий з внесенням необхідної кількості

органічних і мінеральних добрив. Якщо ж **багаторічні трави** підсівають під покрив ярих зернових чи озимих культур, обробіток ґрунту такий самий, як і під покривну культуру.

Насіння перед сівом завчасно (1...1,5 місяця) протруюють на машинах ПСШ-5, ПС-10А чи ПК-20.

Сіють багаторічні трави зернотрав'яними сівалками СЗТ-3,6А в агрегаті із зчіпками СП-11А і СП-16А.

У період росту за необхідності проводять хімічний захист рослин, використовуючи серійні обприскувачі ОПШ-15-01, ПОМ-630, ОПШ-2000-21,6, ОПК-2000, ЕКО-800-12, а також техніку іноземного виробництва ( «Dammann» , «Rau» (Німеччина), «Bargain» (Італія), «Kyndertoft», «Hard i» (Данія), «Dubex» (Нідерланди) та інші.

Якщо восени посіви не підживлювали, тоді весною добрива вносять по мерзлоталому ґрунту розкидачами МВУ-16, МВУ-8Б, МВУ-5, 1РМГ-4Б, МВД-900, СТТ-10. Після кожного з укосів трави підживлюють і боронують.

У більшості господарств України трави скошують у фазі бутонізації бобових і колосіння злакових протягом 8...10 днів самохідними косарками-плющилками КПС-5Г, Е-304 та начіпними КПРН-3,0А. За їх відсутності, а також на невеликих ділянках трави косять начіпними косарками КПО-2,1, КРС-2, КС-2,1, КС-Ф-2ДБ, КРН-2,1А, КНФ-1,6. У степових районах на великих площах добре зарекомендувала себе самохідна п'ятибрусна косарка СКП-10 на базі трактора типу Т-40М та причіпна косарка КТП-6,0.

Високою продуктивністю і надійністю в роботі відрізняються дискові косарки марки «Диско» фірми CLAAS з шириною захвату від 2,6 до 8,5 м (12 моделей та модифікацій). Косарка «Диско 8700» захватом 8,5 м агрегується з кормозбиральним комбайном «Ягуар».

Після скошування трави ворують граблями ГВК-6А, ВЦН-Ф-3, ГВР-6,0, ГУР-4,2 і за досягнення вологості 60...65% (для сінажу) або 45...50% (для сіна) згрібають у валки. Крім вказаних граблів-валкоутворювачів, для згрібання трав у валки використовують широкозахватні поперечні граблі ГП2-14А і ГП-10.

Фірма CLAAS пропонує роторні ворущилки «Вольто» шести модифікацій захватом від 4,5 до 10 м, і валкоутворювачі «Лайнер» тринадцяти модифікацій захватом від 3,5 до 12,5 м.

Під час заготівлі сіна велике значення приділяється збереженню поживних речовин та зменшенню втрат вирощеної продукції.

Траву на сіно з валків у разі складання у копичі підбирають за вологості 25...30%, стогування або пресування – 20...22%. За умови наступного досушування розсипного сіна активним вентиляванням в скиртах траву у валках пров'яляють до вологості 35...40%.

Траву на сінаж з валків підбирають за вологості 55...60% у південних районах і 50...55% – в решті районів.

Комплекс машин для збирання сіна із складанням у копиці має підбирач-копнувач ПК-1,6А, копицевіз КУН-10, фронтальний навантажувач ПФ-0,5 і скиртувальний агрегат УСА-10.

За другою технологією сіно з валків підбирають підбирачем-ущільнювачем ПВ-6,0 і подають у тракторні причеми 2ПТС-4-887Б з кузовом місткістю 45 м<sup>3</sup>. У міру заповнення причеми доставляють до місця скиртування. Сіно скиртують за допомогою навантажувача ПФ-0,5 і універсального скиртувального агрегату УСА-10.

До комплексу машин для збирання сіна з стогуванням входить скиртоутворювач СПТ-60 і стоговіз СП-60. Під час укладання декількох стогів утворюється скирта, її формують навантажувачем ПФ-0,5.

Прогресивною технологією заготівлі сіна є його пресування. У нашій країні і за кордоном під час заготівлі сіна все частіше застосовують пресування. Порівняно з технологією виробництва сіна в розсипному вигляді пресування в паки і рулони дає можливість скоротити втрати поживних речовин, знизити витрати на транспортування, зменшити у 3...4 рази площу для зберігання і в 2...2,5 рази витрати праці. В межах України частка пресованого сіна від його загальної кількості становить 35...40%.

Збирання пресованого сіна має відповідати агротехнічним вимогам. Зокрема, щільність сіна у паках має бути рівномірною і знаходитись у межах від 100 до 200 кг/м<sup>3</sup>. Якщо сіно досушується методом активного вентилявання, то його вологість під час пресування може становити 30...35%, а щільність паків має бути 100...130 кг/м<sup>3</sup>.

Одним із видів кормів, який використовується для годівлі сільськогосподарських тварин, є сінаж. Сінаж – це корм, який приготовлений з трав, прив'ялених до вологості 50...55% та зберігається без доступу повітря. Підбирання валків, подрібнення маси та її навантажування починають за вологості рослин 55...60% і закінчують за 50...55%. Механічні втрати подрібненої маси не мають перевищувати 1%.

Трави на сінаж підбирають з валків, подрібнюють і вантажать в транспортні засоби за допомогою кормозбиральних комбайнів. Використовуються також кормозбиральні комбайни КПК-3000 з енергетичним засобом УЕС-2-250 і КДП-3000 в агрегаті з трактором класу 3 (Гомсільмаш, Білорусь), а також Дон-680, уніфікований із зернозбиральним комбайном Дон-1500Б (Ростсільмаш, Росія), і комбайни сімейства «Ягуар» фірми CLAAS (Німеччина).

Згідно з агротехнічними вимогами подрібнена сінажна маса має містити не менш як 80% часточок розміром до 10 мм. Високий ступінь подрібнення дає можливість підвищити якість корму, більше закласти його в траншею або башту і краще ущільнити.

Основним способом приготування сінажу є траншейний. Він відзначається простотою будівництва і закладання, комплексною механізацією всіх процесів. Траншеї будують напівзаглиблені, заглиблені і наземні за типовими проектами 811-19, 817-1 ІХК-2-65П.

Сінажну масу ретельно ущільнюють в траншеях важкими гусеничними тракторами Т-130 з начепленими бульдозерними пристроями або грабельними розрівнювачами. Ущільнювати сінажну масу потрібно безперервно. Траншеї слід заповнити протягом 3...4 днів.

Герметизація сховищ сінажу необхідна для запобігання доступу повітря ззовні, яке може призвести до загнивання сінажу. У разі перерви роботи із завантажування сховищ більш як на 12 годин сінажну масу рекомендується вкрити шаром свіжоскошеної трави товщиною 30 см, а за більш тривалої перерви – поліетиленовою плівкою.

Під час зберігання щільність сінажу має бути у межах 450...550 кг/м<sup>3</sup> за вологості 50%, а у сінажних баштах – 350...400 кг/м<sup>3</sup>. Температура всередині шарів під час заповнення траншеї не має бути вище 37° С. Якщо температура піднімається вище, то необхідно прискорити процес закладання сінажу та посилити трамбування.

Кращими сховищами для сінажу є металеві та залізобетонні башти. Найпоширеніші блочні залізобетонні башти БС-9,15 місткістю 900 т. До складу технологічної лінії завантаження башти сінажною масою входить кормороздавач-живильник КТУ-20.000, конвеєр-завантажувач ТЗБ-30, трубопровід і розподільник маси РМБ-9,15 в башті. Для підгрібання сінажної маси до живильника використовують бульдозерну начіпку БН-1, а для подавання її – живильник-навантажувач ПЗ-Ф-1А.

Останнім часом у країнах Західної Європи використовується технологія заготівлі пресованого сінажу у рудонах і великогабаритних паках, покритих спеціальною поліетиленовою плівкою. Товщина плівки 0,03 мм, ширина 1000 мм, довжина 1800-2000 м. Вага рулону плівки 26...28 кг.

Переваги технології обгортання сінажу у плівку: у 2...2,5 рази зменшується витрата палива, оскільки сінаж не потрібно подрібнювати і трамбувати. Зменшуються транспортні витрати. Поліпшується якість корму.

Слід зазначити, що техніка виробництва іноземних фірм у 2...3 рази дорожча вітчизняної, але, як правило, більш продуктивна і надійна. Тому для підвищення ефективності її використання необхідно значно збільшити її річне завантаження. Цього можна досягти у господарствах з великим обсягом кормовиробництва, за рахунок кооперування у використанні та у машинно-технологічних станціях.

#### **4.4.3. Механізований технологічний процес виробництва кукурудзи на силос**

У кормовому раціоні великої рогатої худоби значну частину, близько 40...60%, становить силос. Такий великий відсоток пояснюється поживною цінністю цього корму, оскільки у 1 кг силосу міститься 0,18...0,21 корм. од., до 12 г перетравлюваного протеїну, 20...30 мг каротину та інші поживні речовини.

За урожайністю та кормовими якостями кукурудза переважає всі інші зернофуражні культури. На родючих ґрунтах за додержання всіх вимог агротехніки кукурудза на силос здатна забезпечити врожайність до 600...800 ц/га і навіть вище.

Кращими попередниками для вирощування кукурудзи на силос є озимі зернові, під які вносилися добрива, зернобобові культури, цукровий буряк, картопля, гречка та кукурудза на зерно.

Для отримання високих врожаїв кукурудзи на силос необхідно вносити не тільки мінеральні, але й органічні добрива. Вони забезпечують рівномірне надходження елементів живлення до рослин, покращують водно-фізичні властивості ґрунту, підвищують уміст гумусу в ньому.

Цінним для кукурудзи, особливо у разі вирощування її на силос є рідкий без підстилковий гній. Він містить 7...8% сухої речовини, 0,25...0,35% азоту, 0,15...0,20% фосфору та 0,35...0,45% калію, а також мікро- та ультрамікроелементи.

Для внесення мінеральних добрив застосовують машини МВД-100, МВУ-0,5, МВД-900, МВУ-5, МВУ-8Б та інші.

Тверді органічні добрива вносять машинами кузовного типу МТТ-23, ПРТ-16, ПРТ-10, МТО-6, РОУ-6М, МТО-3 та іншими, а також роторними розкидачами типу РУН-15Б.

Для внесення рідких органічних добрив використовують машини МЖТ-16, МЖТ-10, РЖТ-8, МЖТ-Ф-6, РЖУ-3,6А та інші.

Основний обробіток ґрунту проводять з урахуванням попередника, типу ґрунту, рельєфу та характеру засміченості поля. Після ранніх попередників (зернових та зернобобових культур суцільної сівби) добрий ефект дає лушення стерні на глибину 7...8 см лущи-



льниками ЛДГ-10А, ЛДГ-15А, ЛДГ-20 та іншими. На полях, які надмірно засмічені кореневищними та коренепаростковими бур'янами, додатково застосовують лемішне лушення на глибину 12...14 см плугами-лушильниками ППЛ-10-25 або плоскорізальний обробіток, для виконання якого використовують широкозахватні культиватори-плоскорізи КПШ-5, КШН-6, КПШ-9, КПШ-11 та інші. Для знищення осоту і пирію вносять гербіциди типу Раундап.

Оранку проводять здебільшого на глибину 27...30 см, а на змитих і мало-гумусних чорноземах та дерново-підзолистих ґрунтах – на глибину орного шару. Особливу увагу звертають на загортання рослинних решток та добрив, вирівнювання звальних гребенів і розгінних борозен.

Після збирання попередників з добре розвиненою кореневою системою (кукурудза на зерно, стерня багаторічних трав) ретельно подрібнюють стеблові та кореневі рештки важкими дисковими боронами БДТ-10, БДВ-8,5, БДС-8,4, БДТ-7,0А, БДТ-3,0, Джон Дір 630, МФ-248, МФ-244 та іншими. Обробіток проводять на глибину 10...12 см у двох напрямках. Після цього вносять добрива та виконують оранку на глибину 27...30 см. Для оранки використовують лемішні плуги ПЛН-3-35, ПЛН-5-35, ПЛП-6-35, ПЛН-8-40 та оборотні ППО-4-40, ППО-6-40, ПНО-4-40, ПНО-5-40 та інші.

Для посилення водопроникності ґрунту та накопичення запасів ґрунтової вологи ефективним агротехнічним заходом є пізньосіннє щілювання ґрунту на глибину 50...60 см. Для його проведення використовують щілювачі ЩН-2-140, ЩП-3-70, ПЩ-3, ПЩ-5 та інші. На схилах щілини нарізають тільки упоперек схилу.

Весняні роботи розпочинають з ранньовесняного боронування, головною метою якого є закриття вологи, руйнування ґрунтової кірки та знищення бур'янів. Боронування проводять зубовими боронами БЗТС-1,0, БЗСС-1,0, ЗБНТУ-1,0 в агрегаті з зчіпками С-11У, СП-16А, СГ-21Б та гусеничними тракторами під кутом до напрямку оранки.

Характерною рисою механізованої технології є весняне вирівнювання поверхні поля вирівнювачами ВП-8Л, ВПН-5,6 тощо. За умови використання на передпосівній культивації комбінованих агрегатів типу «Європак» (Арамікс, К600PS, Б-622, АПБ-6, КААП-6, АГ-6, АГ-3 та інших) поле додатково не вирівнюють.

Сіють кукурудзу пунктирним способом пневматичними сівалками вітчизняного виробництва СУПН-12, УПС-12, СУ-12, СУПН-8А, СУПН-6А або зарубіжними Джон Дір 1760, МФ-543-8, МФ-543-6 та іншими з шириною міжрядь 70 см, а на зрошуваних землях – 90 см. У господарствах зони Степу України для сівки кукурудзи на силос ви-

користовують широкозахватні агрегати на базі енергонасичених тракторів, переобладнаної зчіпки СН-75 і трьох сівалок СУПН-6А.

Кукурудза належить до світлолюбних рослин. Вона погано росте та розвивається у загущених посівах. Тому сівалки регулюють так, щоб на час збирання врожаю забезпечувалася густота рослин на гектарі для раннього силосу – не більше 80...90 тис. шт., а для пізнього – 60...70 тис. шт. З урахуванням польової схожості, яка на 10...15% нижча від лабораторної, і втрат частини рослин з різних причин норму висіву насіння збільшують на 25...30% порівняно з вказаною вище густотою.

Регулюють норму висіву насіння кукурудзи, підбираючи висівний диск з отворами діаметром 5,5 мм і передатне число в механізмі приводу висівного апарата.

Глибина загортання насіння кукурудзи суттєво впливає на появу дружніх сходів, їх повноту, а також ріст та розвиток рослин. У Степу оптимальна глибина посіву становить 5...7 см, у Лісостепу – 5...6 см, на Поліссі – 4...5 см з обов'язковим висівом у вологий ґрунт.

З метою поліпшення контакту насіння з ґрунтом і прискорення появи сходів після сівби поле прикочують кільчасто-шпоровими котками ККШ-6 та ЗКШ-6А. За умови передпосівного обробітку ґрунту комбінованими агрегатами типу «Європак» поле не прикочують.

У міжряддях бур'яни знищують механічним способом, тобто підрізанням їх стрічковими лапами культиваторів для міжрядного обробітку КРН-4,2Б, КРН-5,6Б.

Стрічкове внесення гербіцидів знищує або значно послаблює ріст бур'янів у захисних зонах рядків. Стрічкове внесення має низку переваг порівняно із суцільним обприскуванням. Перш за все знижується вартість виконання хімічного обробітку, тому що препарат вноситься не самостійно, а одночасно з міжрядним обробітком за один прохід агрегату.

Стрічкове внесення гербіцидів є ефективним з погляду на охорону навколишнього середовища, тому що зменшується небезпека накопичення залишкової кількості препаратів у разі інтенсивного їх використанні протягом декількох років. У системі сівозміні стрічкове внесення гербіцидів дає можливість обробляти посіви не боячись за негативний вплив пестицидів на чутливі до цих препаратів наступні у сівозміні культури.

У разі вирощування кукурудзи на силос виконують 2–3 пущення міжрядь просапними культиваторами КРН-4,2Б, КРН-5,6Б, КРН-8,4, Джон Дір-886К, Джон Дір-856. Кожний наступний міжрядний обробіток виконується приблизно через 15...20 днів після по-

переднього. Глибина міжрядного пушення залежить від строків його проведення, фази розвитку рослин та вологості ґрунту і змінюється від 10...12 см до 6...8 см.

Механізована технологія вирощування та збирання кукурудзи на силос не передбачає великої кількості операцій із захисту від шкідників та хвороб у період вегетації. Але це зовсім не означає, що до збирання не потрібно слідкувати за їх появою. Для хімічного захисту посівів у міру появи шкідників та хвороб використовують інсектициди та фунгіциди. Робочі розчини препаратів вносять за допомогою причіпних та начіпних штангових обприскувачів ОПШ-2000, ОПШ-15-01, ОПК-2000, ОМ-630-2, ЕКО-600-12, ЕКО-800-12 та інших.

Добре себе зарекомендувала технологія внесення хімічних засобів захисту рослин з системою примусового осадження крапель робочого розчину штучно створеним повітряним потоком. Для цього використовують обприскувачі іноземного виробництва Деганія (Ізраїль), Comander TW1N-FORS (Данія), Jacto AD-18 II (Бразилія) та вітчизняний ЕКО-2000-18П виробництва ВАТ «Богуславська сільгосптехніка».

Період збирання кукурудзи на силос має відповідати наявності у рослинах найбільшої кількості поживних речовин – фаза молочновоскової стиглості. Висота зрізу стебел – не більше 8...10 см. Вологість силосної маси за довжини подрібнюваних частинок 20...30 мм має становити 65...75%. Для підвищення якості силосу у процесі закладання маси на зберігання рекомендується додавати хімічні консерванти. Загальні втрати під час збирання та транспортування кукурудзи на силос не мають перевищувати 3%.

Різноманітні технології заготівлі силосу включають такі операції: скошування рослин, подрібнення їх та завантажування у транспортні засоби, транспортування силосної маси до місця зберігання, внесення консервантів, розрівнювання та ущільнення маси, герметизація заповнених силосних траншей та башт.

Механізовані технології заготівлі силосу передбачають, зазвичай, використання високопродуктивних самохідних та причіпних комбайнів, транспортних засобів великої вантажності, машин для закладання силосу в сховища та його трамбування.

Кукурудзу на силос збирають на початку воскової стиглості. Для цього використовують кормозбиральні комбайни Ягуар-860, Марал-190, «Полесьє-3000», К-Г-6 «Полісся», «Дон-680», КСК-МОА, Е-281С, Е-282, КЗК-4,2, КПИ-Ф-30, КПИ-2,4 та комплексом УЗС «Полесьє-250» з комбайном ПКК-Ф-90. Комбайн КСК-100А можна обладнати пристроєм УВК-Ф-1 для внесення консервантів у подрібнену масу.

Для транспортування подрібненої маси до місць зберігання використовують тракторні транспортні агрегати та автомобілі-самоскиди з надставними бортами. При цьому тракторні агрегати економічно доцільно застосовувати на коротких відстанях перевезення (до 3 км).

Силосну масу ущільнюють у траншеях гусеничними тракторами Т-130, Т-150, ДТ-175, які обладнані бульдозерними пристроями.

Силос на зберігання закладають у напівзаглиблені траншеї та силосні башти. Місткість сховищ має бути 1000...3500 т. Якість закладання силосу на зберігання оцінюють за двома основними показниками: тривалістю наповнення сховища та об'ємною вагою силосу.

Відмінною вважають роботу, коли період закладання однієї траншеї чи башти не перевищив 3...4 дні, допустимою – 5...6 днів. Силос вважають високої якості, якщо його об'ємна вага буде перевищувати 600 кг/м<sup>3</sup>. Якщо цей показник буде менше 500 кг/м<sup>3</sup> якість силосу вважається незадовільною.

Після завершення закладання силосної маси її рекомендується терміново накрити, щоб ізолювати від повітря та атмосферної вологості. Затримка з укриттям призводить до втрати цінного корму через пліснявіння верхніх шарів, гниття та зігрівання. У разі дотримання технології загальне зменшення сухої речовини у результаті бродіння не має перевищувати 8...12% у траншеях та 7...8% у баштах.

## **4.5. Механізовані технологічні процеси виробництва овочевих культур**

### **4.5.1. Механізований технологічний процес виробництва картоплі**

Картоплярство в Україні, а, отже і його механізація відкинута на рівень городництва, де використовується здебільшого ручна праця. До того ж витрати робочого часу на центнер картоплі на сільськогосподарських підприємствах зони Степу за останні 10 років зросли у 4,1 рази, Лісостепу – 2,5 і Полісся – 2,4 рази.

Виробництво **картоплі** в Україні за останні 10 років знаходиться на рівні 300...350 кг на душу населення і задовольняє внутрішній попит. За цей самий час собівартість виробництва центнера картоплі зросла більше ніж у два рази. Це обумовлено тим, що картоплярство в Україні не отримує належної підтримки і цим самим гальмується його розвиток.

Наявні технічні засоби і особливості використання комплексів машин для вирощування та збирання картоплі поділяють на відповідні технологічні лінії: приготування і внесення добрив; основний

обробіток ґрунту; підготовка насінного матеріалу; передсадивний обробіток ґрунту і садіння бульб; догляд за картоплею; збирання і закладання врожаю на зберігання.

Кращими попередниками для вирощування картоплі є озимі зернові та зернобобові, круп'яні культури, однорічні та багаторічні трави.

Після збирання попередника (зернові, трави) поле лушать дисковими знаряддями, вносять добрива і орють плугами з передплужниками. Якщо є коренепаросткові бур'яни, то проводять дворазове луцення на глибину 6...7 см дисковими знаряддями і на глибину 10...12 см лемішними дуцильниками чи плоскорізами. На дерново-підзолистих ґрунтах поглиблюють орний шар з обов'язковим внесенням не менше 30...40 т/га гною, що є дуже важливим для підвищення урожаю картоплі.

Наукою і практикою рекомендується під час оранки на зяб вносити під картоплю на Поліссі та в західних районах 50...60 т/га гною, в Лісостепу – 30...40, Степу – 20...30 т/га. Для внесення твердих органічних добрив використовують кузовні розкидачі типу МТО вантажністю 3, 6, 7, 10 і 12 т. Заслужує на увагу високопродуктивний низькорамний розкидач РПО-6, який агрегується з тракторами класу 1,4. Він працює за перевантажувальною технологією. Органічне добриво (підстилковий гній, компост) доставляється в поле автомобільними чи тракторними транспортними засобами вантажопідйомністю 5...6 т, перевантажується в розкидач і вноситься.

Як органічне добриво, слід ширше використовувати сидеральні культури (люпин, ріпак та інші). Перед приорюванням їх необхідно подрібнити машинами типу КИР-1,5. Для приорювання доцільно використати ярусні плуги ПНЯ-6-42 і ПНЯ-4-42. Повна вартість вирощування і приорювання сидератів у 3-5 разів нижча від внесення такої самої кількості добрив. У міру віддалення полів від тваринницьких ферм ефективність застосування сидератів зростає.

Фосфорні та калійні мінеральні добрива рекомендується вносити під зяб машинами МВД-900, МВУ-5, МВУ-8Б та іншими за потоковою чи перевантажувальною технологіями, а азотні – весною під час передсадивного нарізування гребенів або підготовки ґрунту.

Для обробітку ґрунту дисковими знаряддями можна використати борони вітчизняного виробництва БДС-8,4, БДС-6,8, БДВ-8,5, БДВ-6,5, БДВ-7, БДВ-4,2, БДВ-3, БДВ-2. В окремих господарствах є дискові борони з країн дальнього зарубіжжя Джон Дір 630, МФ-248, МФ-244 та інші.

Виконувати оранку під картоплю краще оборотними плугами вітчизняного виробництва ППО-8-40, ППО-6-40, ППО-5-40, ППО-4-

40, ПНО-5-40, ПНО-4-40, ПНО-3-40. Надійністю в роботі відзначаються оборотні плуги іноземного виробництва Джон Дір 995 і Джон Дір 975, ДР-9-8 і ДР-9-6 фірми Массей Фергюсон. Оборотні плуги забезпечують гладеньку оранку без звальних гребенів і розгінних борозен.

На дерново-підзолистих ґрунтах необхідно орати плугами з поглиблювачами орного шару та обов'язковим внесенням не менше 30...40 т/га гною, що є дуже важливим для підвищення врожаю картоплі.

Ранньовесняне боронування з метою закриття вологи на суші ґрунтах здійснюють агрегатами на базі гусеничних тракторів типу Т-150, зчіпок СГ-21 і важких зубових борін БЗТС-1,0. Суґлинкові ґрунти за необхідності переорюють плугами без полиць.

У технологічній лінії підготовки насінного матеріалу доцільно передбачити механізоване виймання бульб із сховища та їх протруювання, використовуючи транспортер-завантажувач ТЗК-30А, транспортер-підбирач ТПК-30А і протруювач ПСК-20А.

Для передсадивної підготовки ґрунту можна скористатись вертикально-фрезерним культиватором КВФ-2,8, який якісно розпушує ґрунт на глибину до 14 см.

Садіння картоплі розпочинають, коли температура ґрунту на глибині 10 см становить не менше 6...8° С. Садити картоплю можна в попередньо нарізані гребені, або без нарізання гребенів з наступним їх формуванням.

Для механізованого завантаження мінеральних добрив під час їх внесення з одночасним нарізанням гребенів просапні культиватори КОН-2,8А, або КРН-4,2Г переобладнують: замість банок туковисівних апаратів АТД-2 встановлюють бункер місткістю 650...700 кг. Добрива транспортують в поле і завантажують машинами ЗАУ-3 чи УЗСА-40.

Найбільш поширеними в Україні є картоплесаджалки КСМ-4 і КСМ-6 з барабанно-ложковим садильним апаратом.

Зарубіжні виробники картоплесаджалок (фірми Grimme, Cramer, Kverneland та інші) застосовують ложку-пасові або ложку-ланцюгові садильні апарати. Картоплесаджалки фірми Juco (Фінляндія) мають чашковий садильний елеватор. Подавання картоплі на чашкові елеватори регулюється за допомогою датчиків. В конструкціях цих саджалок передбачено такі регулювання: робочої глибини загортання бульб, форми гребеня, міжряддя і відстані між бульбами.

У сучасних українських картоплесаджалках КС-2Т, КС-4Т, КС-2, КС-4 використовують ложку-транспортний висаджувальний

апарат. Вітчизняні картоплесаджалки відрізняються між собою наявністю туковисівних апаратів (буква «Т» у марці машини).

Важливою умовою одержання високих врожаїв картоплі є дотримання оптимальної густоти садіння. За даними передового досвіду вона має становити: на Поліссі 55...60 тис. кущів для товарної і 70...75 тис. для насінної картоплі; у Лісостепу – відповідно 45...50 і 55 тис. кущів; у Степу – 40 - 45 і 50, а на зрошенні – 50...55 тис. кущів на гектарі, що в перерахунку на фізичну вагу бульб становить від 3,0 до 4,0 т посадкового матеріалу на 1 га. Сучасні картоплесаджалки дають можливість змінювати густоту кущів у широких межах стосовно агрокліматичних умов. Відповідно до агротехнічних вимог глибина садіння дорівнює 8...12 см.

Перед появою перших сходів картоплі формують гребені заввишки 27...30 см з рівною вершиною шириною 15...20 см для кращого прогрівання куща. Для цієї мети можна використовувати культиватори виробництва фірм Grimme, Netagso, а також КФК-2,8 вітчизняного виробництва.

Під час догляду за посадками картоплі проводять 3...4 міжрядних обробіток. Добрих результатів у боротьбі з бур'янами досягають комбінованою системою догляду, за якої механічні засоби поєднують із застосуванням гербіцидів, їх вносять до з'явлення сходів і загортають в ґрунт культиваторами в агрегаті з боронами.

У період вегетації рослини обприскують хімічними препаратами для захисту від фітофторозу, колорадського жука та інших хвороб і шкідників.

Картоплю у фазі бутонізації до змикання рядків підгортають.

Провідними виробниками машин для захисту рослин в Україні є ВАТ «Завод Львівсільмаш» (обприскувачі ОМ-630-2, ОПШ-15, ОПШ-2000-21,6 та інші) і ВАТ «Львівагромашироєкт» (обприскувачі ОПШ-2000-21,6-02, МЗУ-320 та інші). Заслуговує на особливу увагу причіпний штанговий обприскувач ОПК-2000 (виробник ВАТ «Богуславська сільгосптехніка»), який виготовляється з шириною захвату 18 і 21,5 м. Він має міксер з бачком для приготування розчину отрутохімікатів, а також розпилювачі, насос і пінний маркер від провідних іноземних фірм. Додатково обприскувач ОПК-2000 може бути обладнаний пінним маркером та бортовим комп'ютером для автоматичного керування та контролю якості роботи.

З іноземних машин для захисту рослин в Україні використовуються обприскувачі відомих фірм Харді (Данія), Джон Дір (США), Рау (Німеччина), Деганія (Ізраїль) та інші.

Збирання і післязбиральна обробка картоплі – найбільш трудомісткі процеси у технології виробництва картоплі. На їх виконання припадає близько 60...70% загальних витрат у технології.

Перш за все видаляють бадилля. Це можна виконати як хімічним способом (десикація), так і механічним (подрібнення). Бадилля та іншу рослинність подрібнюють роторною машиною ДБР-2,8М. Подрібнювачі бадилля зарубіжних фірм також здебільшого роторного типу.

Для підвищення продуктивності картоплезбиральних машин та прискорення досягання картоплі скошують бадилля машинами КИР-1,5Б чи КРП-Ф-2 на продовольчих посадках за 4...6 днів до збирання і на насінних за 10...14 днів.

Насінні посадки обприскують десикантом, наприклад розчином хлорату магнію, в результаті чого бадилля відмирає.

Вибір технічних засобів збирання картоплі залежить від умов сепарації ґрунту, забур'яненості, урожайності, розміру і конфігурації полів тощо. За доброї і задовільної сепарації ґрунту, незначної забур'яненості, урожайності бульб не менш як 8...10 т/га і довжини гонів понад 150...200 м доцільно застосовувати комбайни ККУ-2А, ККЗ-2, Е-686, Е-668/7, КПК-3. За інших умов урожай збирають картоплекопачами КСТ-1,4, КНК-2, КТН-2В.

В Україні використовують картоплекопачі КТН-2В і КСТ-1,4 (завод «Лідасільмаш», Білорусія), які вкладають бульби на поверхню поля по ширині захвату (1,4 м) з наступним ручним їх підбиранням. Такого самого типу картоплекопачі пропонує ВАТ «Борекс». Це дворядні машини в начіпному («Борекс-КПК-2») і причіпному (Борекс-КПК-2») варіантах. В підсобних і фермерських господарствах з невеликим обсягом виробництва картоплі можна використати начіпні однорядні копачі грохотного («Борекс-КГ-1») і роторного («Борекс-КР-1») типів.

Західноєвропейські фірми ІМАС (Італія), Grimme (Німеччина), Kverneland (Норвегія) пропонують здебільшого дворядні причіпні та напівначіпні картоплекопачі, які укладають бульби у валок, а також підбирачі-навантажувачі бульб з валка. Ці фірми випускають і уніфіковані з копачами одно-і дворядні картоплезбиральні комбайни.

Для потокового збирання картоплі в Україні використовують дво- і трирядні комбайни КПК-2 і КПК-3.

ВАТ «Борекс» пропонує вітчизняний дворядний причіпний картоплезбиральний комбайн ККЗ-2. Бульби подаються у транспортний засіб, який рухається поруч з комбайновим агрегатом.

Західноєвропейські фірми Grimme, Dewulf, Imac, Kverneland, REEKIE та інші, які випускають копачі, пропонують уніфіковані з ними одно- і дворядні картоплезбиральні комбайни.

Для великих господарств і машинно-технологічних станцій фірми Holmer і Dewulf (Німеччина) пропонують високопродуктив-



ні самохідні картоплезбиральні комбайни з бортовим комп'ютером та електронною системою контролю роботи і оцінювання якості технологічного процесу.

Найефективніша потокова технологія збирання картоплі з сортуванням на пунктах КСП-15В, КСП-25 та закладанням на зберігання у спеціалізовані, тимчасові сховища та постійні кагатні майданчики з активним вентиляванням.

Для післязбиральної обробки і закладання бульб на зберігання в окремих господарствах України використовують картоплесортувальні пункти КСП-15В, КСП-25 і транспортер-завантажувач ТЗК-30А.

Завдання механізованої технології виробництва картоплі – отримання не тільки високого врожаю, але і бульб відповідної якості. У картоплі розрізняють фізичні, хімічні, споживчі та технологічні властивості, які визначають її якість.

Під час визначення способу зберігання картоплі необхідно пам'ятати, що після збирання у бульбах продовжуються складні біохімічні процеси, від характеру перебігу яких і залежить тривалість зберігання, величина втрат вирощеного урожаю, смакові якості та харчова цінність продукту. На початку зберігання картоплі у бульбах іде процес дозрівання: цукор перетворюється у крохмаль, зовнішня оболонка грубішає, а на місцях нанесення механічних пошкоджень утворюється захисний шар клітин. Не знаючи цих процесів, неможливо забезпечити правильне зберігання картоплі.

Весь період зберігання картоплі умовно можна розділити на декілька етапів. Найбільш важливим є створення необхідного мікроклімату під час основного періоду зберігання. У цей період температура у сховищі має бути в межах 2...4°C, а відносна вологість повітря – 90...95%.

#### **4.5.2. Механізований технологічний процес виробництва моркви**

Технологічний процес виробництва **моркви** ґрунтується на ретельному виконанні всіх агротехнічних прийомів, починаючи з вибору сорту та ділянки під посів і завершуючи збиранням моркви та зберіганням продукції. Інтенсивна технологія виробництва моркви забезпечує її врожайність на рівні 35...40 т/га.

Глибина орного шару має бути не менше 30 см. Найкращими попередниками для моркви є картопля, горох та однорічні трави на зелений корм, сіно, сінаж. Добрими попередниками можуть бути озима пшениця, кукурудза на ранній силос, соя та багаторічні трави. У овочевих сівозмінах моркву можна висівати після огірків, томатів, цибулі та столових буряків.

Морква, як і всі овочеві культури, дуже чутлива до родючості ґрунту та збалансованості у ньому поживних елементів. Дефіцит поживних речовин у ґрунті призводить до порушення нормального росту та розвитку рослин. Рослини реагують на відсутність як основних елементів (азот, фосфор, калій, кальцій), так і мікродобрив (бор, мідь, марганець, залізо, цинк та ін.). Але і надлишок мікро- та макроелементів може викликати негативний вплив на ріст моркви.

Перед внесенням мінеральні добрива необхідно належним чином підготувати. Для цього використовують подрібнювачі (АІР-2) та змішувачі (СЗУ-20) мінеральних добрив. Підготовлені мінеральні добрива розподіляються на поверхні поля розкидачами МВУ-0,5, МВУ-5, МВУ-8Б, МВУ-12, МВД-100, МВД-900. Високу якість внесення забезпечують розкидачі мінеральних добрив моделей AMAZONE ZA-M (Німеччина) та MDS і AXERA виробництва фірми KUNH (Франція).

У разі розміщення моркви у сівозмінах після багаторічних трав чи кукурудзи на силос поля обробляють важкими дисковими бородами БДТ-3,0, БДВ-6,5, БДТ-7,0А, БДТ-10, БДС-8,4, БДВ-8,5 на глибину 10...12 см. Якщо попередниками були однорічні трави, зернові та зернобобові, то після їх збирання виконують лушення у два сліди на глибину 8...12 см дисковими лушильниками ЛДГ-5А, ЛДГ-10А, ЛДГ-15А.

Оранку під посів моркви потрібно виконувати на глибину 30...35 см. Для оранки можна застосовувати звичайні лемішні плуги з передплужниками ПЛН-3-35, ПЛН-4-35, ПЛН-5-35, ПЛП-6-35, ПЛН-8-40 або оборотні плуги вітчизняного виробництва ППО-8-40, ППО-6-40, ПНО-5-40, ППО-4-40, ПНО-4-40, ПНО-3-40. Високою якістю у роботі відзначаються оборотні плуги іноземних фірм-виробників Джон Дір 995, Джон Дір 975, ДР-9-8, ДР-9-6, ДР-100 та інші.

Насіння моркви висівають на невелику глибину. У зв'язку з цим для забезпечення якісної роботи овочевих сівалок, агрегатів для міжрядного обробітку та збиральних комбайнів виконують вирівнювання ґрунту. Для цього використовують вирівнювачі ґрунту ВПФ-2,5, ВПН-5,6Б та ВП-8Б. Вирівнювання виконують перпендикулярно або під кутом до напрямку оранки.

Весняний цикл польових робіт розпочинають з ранньовесняного боронування, головною метою якого є закриття та збереження ґрунтової вологи. Боронують зубчастими бородами БЗСС-1,0 або БЗТС-1,0 в агрегаті із зчіпками С-11У, СП-11А, СП-16А, СГ-21Б та гусеничними тракторами. У ранньовесняний період, коли земля перезволожена, гусеничні трактори створюють питомий тиск на ґрунт значно менший, ніж аналогічні за характеристиками колісні.

Після настання фізичної стиглості ґрунту виконують культивувацію фрезерними культиваторами КВФ-2,8, К-ФМ-2,8, КФО-4,2, КФ-5,4 та іншими на глибину 15...20 см. Метою такої обробки є створення однорідної структури ґрунту на достатній глибині, що забезпечить умови для росту і розвитку коренеплодів моркви без деформування.

Сіють моркву переважно широкосмуговим способом з міжряддями 45 см за ширини смуги 6...8 см овочевими сівалками СО-4,2 і СКОН-4,2, які обладнують дисковими широкосмуговими сошниками. У разі вирощування моркви на легких заплавних і торфових ґрунтах сібву проводять з міжряддями 60...70 см за ширини смуги 14...16 см овочевими сівалками, які обладнані аrochenними широкосмуговими сошниками.

Норма висіву насіння моркви залежить від схеми сіви, підготовки ґрунту та якості посівного матеріалу. За польової схожості 45...50% середня норма висіву становить 4,5...5,0 кг/га, що відповідає кількості 900...960 тис. насінин на 1 га. Глибина загортання насіння дорівнює 2,0...2,5 см.

Для забезпечення кращого контакту насіння з ґрунтом після сіви поле коткують. На заплавних і торфових ґрунтах для прикочування використовують гладенькі котки ЗКВГ-1,4, СКГ-2, КВГ-3, а на інших ґрунтах – кільчасто-шпорові ЗКШ-6А.

Догляд за посівами моркви починають ще до появи сходів. Для руйнування ґрунтової кірки та знищення бур'янів проводять досходове боронування. Для цього використовують легкі зубові ЗБП-0,6А, ЗОР-0,7 та полегшені сітчасті БСО-4Б борони в агрегаті із зчіпками СП-11 А, СП-16А і СГ-21Б. Боронування виконують перпендикулярно напрямку руху посівних агрегатів. За необхідності посіви моркви боронують цими ж агрегатами і після появи сходів.

Наступними агротехнічними операціями догляду за посівами моркви є періодичне пушення міжрядь. За вегетаційний період виконують декілька міжрядних пушень культиваторами КОР-4,2, ПФУ-4,2, КРН-4,2Б, УСМК-5,4Б, КМОГ-5,4, КРН-5,6Д, які обладнані прополувальними, стрілочастими та долотоподібними лапами.

На важких суглинистих, торфових і заплавних ґрунтах міжрядний обробіток виконують фрезерними культиваторами ПФУ-4,2, КФ-5,4К, КФО-4,2, КФ-6,1К на глибину 4...6 см.

Для проведення операцій хімічного захисту посівів моркви від бур'янів, шкідників та хвороб використовують причіпні та начіпні штангові обприскувачі ОПШ-200-21,6-02, МЗУ-320, ОМ-630-2, ОПШ-15-01, ОПШ-2000-21,6, ОПК-2000, ЕКО-2000-18ШПС, ЕКО-600-12, ЕКО-800-12.

Серед машин для захисту рослин іноземного виробництва в Україні використовують обприскувачі фірм «Dammann», «Rau» (Німеччина), «Bargain» (Італія), «Kyndertoft», «Hardi» (Данія), «Dubex» (Нідерланди), «Melroe» та інші. За даними дочірного підприємства «Рейлін» бельгійської фірми «Melroe Europe» в Україні успішно зарекомендували себе самохідні обприскувачі Spra-Coupe 3440, Spra-Coupe 3640 і Spra-Coupe 3430.

Останнім часом для поливу все частіше застосовують крапельне зрошування. Для поливу моркви використовують дощувальні машини і агрегати ДДА-100МА, ДКШ-64, ДМУ «Фрегат», ДФ-120 «Днепр».

Масове збирання моркви розпочинають у другій половині вересня. Для машинного збирання рослини моркви мають відповідати таким вимогам: листя має бути висотою 30...35 см, міцним, добре розвиненим та неполеглим; головки коренеплодів мають бути розміщеними на рівні поверхні ґрунту або заглиблені не більше ніж на 2 см; коренеплоди мають бути стійкими до ударних навантажень. Для ефективності застосування машинного збирання урожайність коренеплодів моркви має бути не менше 20...25 т/га.

Технологічний процес збирання моркви включає низку операцій: коренеплоди підкопують, виймають з ґрунту, вилучають листя, ділять коренеплоди на стандартні і нестандартні, очищають від залишків ґрунту і завантажують. Механізоване збирання моркви виконують двома комплексами. Один комплекс включає такі складові: машини для збирання моркви ЕМ-11, ММТ-1 та сортувальну лінію ПСК-6. Інший варіант збирального комплексу виглядає так: збиральні машини Е-825, МУК-1,8 та сортувальна лінія ЛСК-20.

Для збирання моркви на рівній та гребеневій поверхні використовують однорядну причіпну машину ММГ-1. Її агрегують з тракторами тягового класу 1,4. Конструкція машини ЕМ-11 аналогічна будові машини ММТ-1. Продуктивність кожної з цих машин за робочої швидкості 3,5...5,5 км/год становить у середньому 0,15...0,20 га/год. У комплексі разом з ними використовують сортувально-очисну лінію ПСК-6 продуктивністю 6 т/год.

Для збирання моркви та інших столових коренеплодів використовують машини Е-825 і МУК-1,8. Вони підкопують коренеплоди моркви, видаляють їх з ґрунту, відділяють від них листову масу та вантажать корені у транспортний засіб, який рухається поруч. Машина Е-825 збирає моркву на двох рядках і має продуктивність 0,20...0,30 га/год, а МУК-1,8 – на трьох рядках і її продуктивність становить 0,40...0,50 га/год.

Сортувальна лінія ЛСК-20 призначена для очищення та сортування коренеплодів і завантажування їх у тару. Продуктивність

лінії залежить від способу навантажування продукції у тару і становить 8...20 т/год.

Для якісного і тривалого зберігання коренеплодів моркви необхідно підбирати сорти та гібриди, які рекомендовані для зберігання. На зберігання закладають тільки ті коренеплоди, які до кінця дозріли та не мають механічних ушкоджень. Залежно від товщини та міцності покривних тканин, коренеплоди моркви можуть краще або гірше зберігатися.

Зберігати коренеплоди моркви можна у контейнерах по 200...300 кг, які знаходяться у складських підвальних приміщеннях. Оптимальна температура зберігання моркви становить 0...1° С, а вологість повітря має бути близько 95%.

Крім підвалів, моркву зберігають у траншеях, викопаних на піщаному ґрунті. Для цього копають траншеї глибиною 0,8...1,0 м та шириною 1,0...1,2 м. Підсушують пісок і кладуть його на дно траншеї шаром 3...5 см. На пісок рівномірним шаром щільно укладають очищені коренеплоди. Поверх шару моркви насипають шар піску. Таким чином, шар за шаром заповнюють траншею. Після заповнення траншеї зверху насипають шар ґрунту товщиною 20...30 см. Перед настанням морозів траншеї накривають соломою та присипають землею.

#### **4.5.3. Механізований технологічний процес виробництва цибулі**

**Цибуля-ріпка** є однією з найбільш цінних овочевих культур. В Україні цибулю вирощують з насіння або цибулі-сіянки. Спосіб вирощування цибулі-ріпки з насіння за один рік є більш перспективним, тому що виключає витрати на виробництво і зберігання сіянки.

За своїми біологічними особливостями рослини цибулі належать до тих культур, які дуже вимогливі до умов у період вегетації та до агротехніки вирощування. В посушливих умовах, за нестачі елементів мінеральних добрив, як зазначалося вище, їх доцільно вносити послідовно.

Восени, під зяблеву оранку вносять фосфорні та калійні добрива (80...100 кг/га суперфосфату і 200...220 кг/га калімагнезю).

Азотні добрива (140...180 кг/га аміачної селітри) рекомендують вносити у три етапи: перший – весною, перед посівом; другий – за міжрядного обробітку у фазі 3...4 листків; третій – через 3...4 тижні після другого. Підживлення азотними добривами необхідно закінчити до середини червня, тому що більш пізні терміни його внесення погіршують якісні показники зберігання цибулі. На-

ведені дози внесення мінеральних добрив є орієнтовними. Кінцеву норму добрив визначають з урахуванням наявності елементів живлення у ґрунті.

Для основного внесення мінеральних добрив використовують машини МВУ-16, МВУ-8Б, МВУ-5А, МВУ-0,5, МВД-900. Підживлення азотними добривами проводять культиваторами-рослинопідживлювачами під час міжрядного обробітку цибулі.

Після збирання попередника проводять обробіток ґрунту дисковими луцильниками ДДГ-5А, ДДГ-10А, ДДГ-15А та іншими на глибину 68 см. За наявності великої кількості кореневищних бур'янів виконують лемішне луцення на глибину 10...12 см. Для цього використовують лемішні плуги-луцильники ППЛ-5-25 та ППЛ-10-25. Через 12...14 днів після луцення проводять зяблеву оранку лемішними плугами з передплужниками або оборотними плугами на глибину 25...28 см.

Перед оранкою вносять повну норму органічних, а також фосфорні і калійні добрива.

Враховуючи невелику глибину сівби насіння цибулі (близько 2 см), великого значення набувають агротехнічні операції осіннього вирівнювання поверхні ґрунту. Вирівнювання ґрунту сприяє якісному виконанню наступних робіт: передпосівному обробітку ґрунту, якісному посіву, появі рівномірних сходів, міжрядному обробітку, одночасному дозріванню врожаю. Вирівнювання ґрунту виконують машинами ВП-8Б, ВПН-5,6Б, ВПФ-2,5 та іншими. Під час вирівнювання поверхні поля агрегати рухаються під кутом 30° або впоперек до напрямку оранки.

Протягом осені підготовку ґрунту проводять за системою напівпару. У міру інтенсивної появи бур'янів виконують 1-2 суцільні культивації. Для цього застосовують культиватори КПС-4М, КГ-4, КГ-8, КШУ-4, КШУ-8, КПУ-12, КП-4, АКПЗ-7,2 та інші.

Завершенням осіннього циклу ґрунтообробних робіт може бути проведення глибокої суцільної культивації або чизелювання ґрунту. Для чизелювання використовують чизельні плуги ПЧ-2,5 або ПЧ-4,5.

Навесні кількість технологічних операцій підготовки ґрунту має бути зведена до мінімуму. Такий підхід дає можливість зберегти структуру ґрунту, його капілярність та зменшує випаровування ґрунтової вологи.

Ранньовесняне боронування виконують з метою закриття вологи, вирівнювання мікрорельєфу поля та знищення бур'янів, що починають проростати. Залежно від типу ґрунту для боронування використовують зубові борони БЗТС-1,0 або БЗСС-1,0 в агрегаті з

зчіпками СП-11А, СПУ-11, СП- 16А, СН-75, СГ-21Б та гусеничними тракторами.

Сівбу цибулі-ріпки проводять якомога раніше, як тільки погоди і умови дозволяють вийти у поле посівним агрегатам. Насіння цибулі висівають рядковим звичайним або широкосмуговим способом з шириною смуги 6...8 та 14...16 см овочевими сівалками СО-4,2, СУПО-6 та СКОН-4,2, що обладнані широкосмуговими сошниками з штифтовими розподільниками насіння. Ширина міжрядь становить 45 см і 60 см.

Норма висіву насіння цибулі за чистоти 97%, лабораторної схожості не менше 90% та маси 1000 насінин 3,5...5,0 г дорівнює 6...7 кг/га.

На один погонний метр рядка припадає 25...30 насінин, що становить від 700 тис. до 1 млн насінин на одному гектарі. Насіння цибулі-ріпки висівають на глибину 2,0 - 2,5 см.

Останнім часом для сівби насіння цибулі-ріпки використовують овочеві сівалки точного висіву «Standay 970», «Accord» і «Gaspardo» виробництва іноземних фірм.

Сіянку висівають широкорядним способом з міжряддями 45 см або стрічковим за схемою 20 + 50 см. Норма висіву залежно від розміру цибулинок сіянки становить 500...700 кг/га (діаметр сіянки 7...14 мм) і 700...900 кг/га (діаметр сіянки 14...20 мм). Глибина загортання сіянки у ґрунт становить 4...5 см.

Незалежно від того висівалося насіння чи сіянка цибулі-ріпки, рекомендується провести прикочування посівів. Для цього використовують водоналивні гладенькі катки ЗКВГ-1,4, СКГ-2, КВГ-3 або кільчасто-зубчасті КНП-2, КПП-6, КЗК-10 та інші. Коткування сприяє створенню кращого контакту насіння з ґрунтом та підтягуванню до насіння вологи з нижніх шарів.

Через 7...10 днів після сівби проводять досходове боронування впоперек напрямку сівби. Для цього використовують легкі або полегшені зубові борони ЗБП-0,6А, ЗОР-0,7, БСО-4Б. Досходове боронування знищує 60...70% однорічних бур'янів та ґрунтову кірку, поважаючи якої можлива після весняних дощів.

У період утворення 1-2-го листка проводять післясходове боронування. Для його виконання використовують ті самі агрегати, що і для досходового боронування.

Внесення робочого розчину гербіцидів виконують штанговими обприскувачами ОПШ-2000-21,6, ОПК-2000, ОПШ-15-01, ПОМ-630, ОМ-630-2, ЕКО-600-12, ХардиTV, Харди TZ, TWIN-LATOУХО.

Розпушування ґрунту та знищення бур'янів у міжряддях цибулі виконують просяпними культиваторами КОР-4,2, КРН-4,2Б, УСМК-5,4Б, КРН-5,6Б. Добрі результати дає використання фрезер-

них культиваторів КФУ-4,2, КФО-4,2 та інших, які добре розпушують ґрунт та цілком знищують бур'яни у зоні обробітку, що дуже важливо для механізованого збирання цибулі.

Цибуля – дуже вологолюбна культура. За вегетаційний період необхідно провести щонайменше 4...5 поливів, а у посушливі роки їх кількість може сягати 7...8. Поливна норма на початку формування цибулин становить 250...300 м<sup>3</sup>/га, а у період інтенсивного росту – 350...400 м<sup>3</sup>/га. Високий урожай отримують лише у разі правильного поливу. Застосування поливів на посівах цибулі має забезпечити вологість ґрунту у межах 75...80% граничної польової вологомісткості.

За 15-20 днів до початку збиральних робіт поливи слід припинити. Недотримання цієї вимоги призводить до великих втрат врожаю під час зберігання. Для поливу використовують дощувальні машини і агрегати ДДА-100МА, ДКШ-64, ДМУ «Фрегат», ДФ-120 «Днепр».

Найбільш ефективним способом поливу на сьогоднішній день є краплинне зрошування. Використання такого способу поливу дає можливість постачати воду безпосередньо в зону кореневої системи з максимальним її використанням рослинами. У такому випадку випаровування вологи відбувається тільки через рослини, а випаровування води під час поливу рослин за допомогою установки ДФ-120 «Днепр» становить 35...40%.

Цибулю рекомендують збирати після припинення дощів, коли встановиться сонячна погода. Збирання цибулі-ріпки розпочинають тоді, коли цибулини вже сформовані, містять близько 15...16% сухої речовини, верхня частина цибулини стала сухою та має жовто-коричневий колір. У цей час полеглим є приблизно 90% листя. Для прискорення періоду збирання цибулі листя підсушують, використовуючи десиканти. Їх доцільно застосовувати лише у тому випадку, якщо полягло не менше 20% листя цибулі. Машинне збирання доцільно застосовувати лише тоді, коли урожайність цибулі становить не менше 20 ц/га, а самі цибулини стійкі до ударів.

Зрізують листя роторними косарками-подрібнювачами типу КИР-1,5Б. Для зменшення травмування цибулин висоту зрізу встановлюють приблизно 12...15 см. Для викопування цибулин використовують цибулекопачі ЛКГ-1,4, ЛКП-1,8, які підкопують і укладають її у валки для просушування і достигання. В сонячну погоду цибулю залишають на полі на декілька днів для просушування, після чого копач, який додатково обладнаний навантажувальним конвеєром, підбирає цибулю з валків і завантажує у транспорт, що рухається поруч.



На лініях доробки цибулі ПМЛ-6 та ЛДД-10 очищують цибулю від післяжнивних решток, домішок та землі, відбирають пошкоджені цибулини, сортують на стандартну та нестандартну. У тих сільськогосподарських підприємствах, які вирощують цибулю на невеликих площах і не мають лінії ПМЛ-6, очищення та сортування здійснюється за допомогою вальцювого очисника ОВЛ-6 і сортувальки СЛС-7А. Ці машини застосовують для обробки цибулі, яка призначена для переробки або короткострокового зберігання.

Важливо не тільки виростити та зібрати високий урожай, але й зуміти зберегти його. Щоб зберегти вирощений урожай необхідно правильно вибрати сорт, тому що не всі сорти придатні для зберігання.

Краще зберігаються гострі сорти цибулі. Для якісного зберігання цибулі головними умовами є добра вентиляція повітря у приміщенні та його температура. Поки цибуля до останку не висохне, температура має становити 25...27° . Для зберігання цибулі оптимальна температура повітря становить 2...3°, а вологість – 75...85%. Якщо не вдається підтримувати оптимальну температуру, необхідно зменшити вологість до 70...75%.

У підвальних приміщеннях цибулю зберігають на стелажах висотою 40...50 см. Зручно також зберігати цибулю у дерев'яних чи поліетиленових ящиках, тому що таким чином створюються оптимальні умови для зберігання.

#### **4.5.4. Механізований технологічний процес виробництва капусти**

Серед овочевих культур одне з провідних місць як за площею вирощування, так і за валовим збором урожаю належить **капусті**. В Україні капуста вирощується приблизно на 20% площ, зайнятих овочевими культурами.

Механізована технологія вирощування капусти ґрунтується на комплексному використанні сучасних високопродуктивних машин і знарядь, ефективних гербіцидів та засобів захисту рослин від шкідників і хвороб, високоякісного насінневого матеріалу найпродуктивніших сортів та гібридів, чіткому дотриманні технологічної дисципліни, а також впровадженні досконалих форм і методів організації праці.

Підключення всіх можливих резервів у кінцевому результаті дає змогу забезпечити сталу урожайність капусти в межах 400...450 ц/га, а у деяких випадках довести її до 700 ц/га. При цьому трудомісткість технології зменшується у 3...4 рази, а собівартість продукції знижується на 25...30%.

Для отримання високих врожаїв капусти слід висівати після культур, які досить рано досягають і не використовують вологу з глибоких шарів ґрунту. Це такі культури як озимі та ярі зернові колосові, горох, однорічні трави на зелений корм, а також огірки та цибуля. Також слід пам'ятати, що не слід сіяти або садити капусту після капусти або інших культур родини хрестоцвітних раніше як через 3...4 роки. Залежно від того, яка культура була попередником, формується перелік та строки виконання агротехнічних операцій підготовки ґрунту та система застосування добрив.

Мінеральні добрива перед внесенням необхідно належним чином підготувати. Для цього використовують подрібнювачі ( АИР-20) та змішувачі (СЗУ-20) мінеральних добрив. Підготовлені до внесення мінеральні добрива розподіляються на поверхні поля розкидачами МВУ-5, МВУ-8Б, МВУ-12, МВД-100, МВД-900.

Капуста добре реагує на органічні добрива, які сприяють відновленню структури ґрунту, покращують родючість та водно-фізичні властивості. Рекомендовано під капусту вносити від 20 до 50 т/га твердих органічних добрив, до тогож ця норма значним чином залежить від ґрунтово-кліматичних умов та родючості ґрунту.

Відповідно до прийнятої технології внесення органічних добрив використовують розкидачі кузовного типу РОУ-6, МТО-3, МТО-6, ПРТ-10, МТО-12 та роторний розкидач РУН-15Б.

Капуста, як і більшість овочевих культур потребує добре розпушеного ґрунту. Основний обробіток ґрунту необхідно проводити диференційовано з урахуванням попередника, ґрунтово-кліматичних умов та забур'яненості полів. Проводити оранку під посів чи посадку капусти потрібно на глибину 25...30 см. Оранку можна виконувати звичайними плугами ПЛН-3-35, ПЛН-4-35, ПЛП-6-35, або оборотними плугами з передплужниками вітчизняного виробництва ППО-8-40, ППО-6-40, ППО-5-40, ППО-4-40, ПНО-5-40, ПНО-4-40, ПНО-3-40.

Надійністю в роботі відзначаються оборотні плуги іноземного виробництва Джон Дір 995 і Джон Дір 975, ДР-9-8 і ДР-9-6. Оборотні плуги забезпечують гладеньку оранку без звальних гребенів і розгінних борозен, рівномірно загортають у ґрунт органічні та мінеральні добрива, бур'яни та рослинні рештки попередника.

Весняний етап робіт починають з ранньовесняного боронування. Для цього використовують важкі та середні зубові борони БЗТС-1,0, БЗСС-1,0 в агрегаті з зчіпками СП-16, СГ-21 та гусеничними тракторами.

Одна з головних умов одержання високих врожаїв капусти полягає в ретельному передпосівному обробітку ґрунту. З цією метою передбачено обробіток ґрунту паровими культиваторами та

комбінованими агрегатами АКП-5, АПК-6, які забезпечують дрібногрудочкувату структуру ґрунту та сприятливі умови для сівби і росту капусти.

Пізньюстиглу капусту вирощують розсадним та безрозсадним способами. Механізована технологія виробництва капусти передбачає використання високоякісного насіння, для отримання якого створені механізовані технологічні лінії.

Для збирання та завантаження насінників капусти в транспортний засіб, що рухається паралельно, використовують машину МУМК-1,4. Під час роботи машини копачі підкопують шар ґрунту, відділяють рослини від домішок і подають до механізму сепарації. Сепаратор здійснює очищення та завантажує насінники у транспортний засіб, що рухається паралельно. Наступним етапом є вимолочування насінників. Для цього використовують зернозбиральні комбайни СК-5М, СК-6, СКД-6, ДОН-1200. Комбайни обладнують спеціальним приводом молотильного барабана, який зменшує частоту його обертання до 300 хв<sup>-1</sup>.

Розсаду вирощують у відкритих розсадниках. Для сівби насіння капусти застосовують сівалки СКОН-4,2 і СО-4,2, які обладнані ширококутовими сошниками. Норма висіву насіння становить 15...18 кг/га, а глибина загортання 2,5...3 см. Після сівби поле коткують гладкими водоналивними котками ЗКВГ-1,4, СКГ-2, або КВГ-3. Під час ретельного догляду з одного гектара такого розсадника отримують 1,3...1,5 млн рослин. Такої кількості розсади достатньо для висаджування на площі 30...50 га.

Сходи капусти у розсаднику обприскують 0,2...0,3%-ною емульсією метафосу. За період росту розсаду поливають, розпушують міжряддя у фазі 2-4 листків просапними культиваторами КОР-4,2, КРН-4,2Б. Для зміцнення посівів виконують 1-2 разове підживлення мінеральними добривами з дозою N<sub>15</sub> P<sub>20</sub> K<sub>10</sub>.

Розсада для машинного садіння має бути заввишки 15...20 см, мати товщину стебла не менше 0,5 см і мати 4-6 розвернутих листків. Для висаджування розсади застосовують розсадосадильні машини СКН-6А, СКН-6, СКН-5,4, РПМ-5,4, СУ-6. Встановлено, що вирішальним фактором для отримання високого і якісного урожаю є кількість рослин на 1 га поля, тобто оптимальна густота. Для капусти залежно від сорту оптимальною густиною є 35...45 тис. рослин на гектарі. За надмірної густоти рослини пригнічують одна одну, а у разі розрідженого посіву чи посадки не повністю використовується відведена для них площа живлення. У обох випадках відбувається недобір урожаю.

Висаджують розсаду за схемами 70 x 35 – 50, 90 – 35 і (90+120) – 35 см. На Поліссі пізньюстиглу капусту висаджують приблизно

25...30 травня, в Лісостепу 1...5, в Степу 5...10 червня. Для кращого приживання розсаду зразу ж після садіння поливають водою за норми 200...250 м<sup>3</sup>/га. Це особливо важливо для південних областей України, тому що висока температура та вітри висушують ґрунт на глибину понад 1 м.

Всі види капусти належать до холодостійких культур. Мінімальна температура проростання насіння становить 5...6°C, а оптимальна – 15...20°C. Сівбу виконують овочевими сівалками СКОН-4,2, СУПО-6 і СО-4,2, СО-5,4. Робоча швидкість агрегатів під час сівби насіння капусти становить 5...7 км/год. Норма висіву насіння 2,0...2,5 кг/га, глибина загортання в ґрунт становить приблизно 3...4 см. Перед сівбою насіння змішують з баластом. Для цього використовують гранульований суперфосфат у співвідношенні один до одного. Суперфосфат просіюють на решетах діаметром 2 мм і суміш приготують безпосередньо перед сівбою. Після проведення сівби поле прикочують гладкими водоналивними котками та поливають водою за норми 100...150 м<sup>3</sup>/га.

Після садіння розсади, або ж після появи дружних сходів за безрозсадного способу міжряддя розпушують просапними культиваторами КРН-4,2Б, КОР-4,2, КОН-2,8Б. До періоду формування головок капусти ґрунт в міжряддях розпушують 3-4 рази. На зрощуваних землях та за достатнього зволоження добрі результати дає підгортання рослин лапами з полічками, які присипають сходи бур'янів у рядках і на захисних смугах шаром землі товщиною до 5 см. Цю агротехнічну операцію проводять під час другого і третього обробітку міжрядь.

У випадку, коли площі надто забур'янені застосовують фрезерні культиватори КФО-4,2, КФО-5,4, КФУ-4,2. Перший міжрядний обробіток виконують фрезерними культиваторами на глибину 6...8 см, залишивши захисну смугу 10...12 см. Встановлено, що під час міжрядного обробітку знищується приблизно 80...85% бур'янів, а витрати праці на прополювання вручну – вдвічі-тричі.

Для хімічного догляду застосовують штангові причіпні та начіпні обприскувачі вітчизняного виробництва ОП-2000, ОПК-2000, ОП-2000-2-01, ОП-3200-1, ЕКО-600-12, ЕКО-800-12 і зарубіжні Харді TZ, TWIN-TA та інші.

Для отримання високих і стабільних врожаїв капусту протягом періоду вегетації потрібно поливати. Водопоглинання рослин капусти становить приблизно 2200...3000 м<sup>3</sup>/га. Частину цієї вологи рослини беруть з ґрунту, але без поливів тут не обійтися. Кількість та інтенсивність поливів визначається ґрунтовими та природно-кліматичними умовами. Частіше виконують 2-3 поливи нормою 250...350 м<sup>3</sup>/га до зав'язування головок капусти і 3-4 поливи нормою

400 - 450 м<sup>3</sup>/га у період росту головок. Температура води під час поливу має бути не менше 15° С. За 20...30 днів до початку збирання поливи припиняють. Необхідно пам'ятати, що надлишкове поливання та різкі коливання вологості ґрунту під час дозрівання капусти призводять до розтріскування головок. Розтріскування також може бути наслідком надмірного внесення азотних добрив, або недостатньою кількістю кальцію.

У разі вирощування капусти з насіння після появи 2-3-го листка рядки букетують, залишивши при цьому букети завдовжки 10...15 см на відстані 40...50 см один від одного. У період утворення 5-6-го листка рослини проривають, залишивши між ними відстань 40...50 см. Наступний догляд за безрозсадною капустою такий, як і за розсадною. Переваги технології вирощування капусти з насіння у відкритий ґрунт в тому, що економиться час та витрати на отримання розсади, а також на 12-14 днів скорочується період від посіву до збирання урожаю.

Для механізованого збирання капусти і навантажування її в транспортні засоби використовують капустозбиральні комбайни МСК-1, МКП-2, УКМ-2.

Ранньостиглу капусту збирають за декілька прийомів у міру дозрівання, а середньо- та пізньостиглу – за один прийом за настання технічної стиглості головок капусти.

Для комбайнового збирання головки капусти повинні мати розмір 150...200 мм у діаметрі, масу 2...3 кг, об'ємну вагу 0,8 г/см<sup>3</sup>. Рядки капусти мають бути прямими, кількість прямостоячих головок не менше 90%, допустиме відхилення від прямолінійності – не більше 50 мм.

У разі механізованого збирання капусти застосовують дві технології: зрізують головки капусти, доочищають їх у полі, навантажують у транспортні засоби і транспортують до місця реалізації чи зберігання; зрізують головки разом із зеленими листками, навантажують у транспортні засоби, транспортують до місць товарної обробки.

Збирання середньостиглої та пізньостиглої капусти за першою технологією виконують напівпричіпним однорядним капустозбиральним комбайном МСК-1. Цей комбайн дає можливість збирати головки капусти і доводити їх до товарного вигляду, тобто товарні головки капусти можна одержувати прямо на полі. Але ця технологія має декілька недоліків. На полі втрачається 10...12% нестандартної продукції та 12...15% від всього урожаю зелених листків. До того ж потрібно виконувати перевантаження у транспортні засоби, за якого травмується частина урожаю. Але у разі відповідного переобладнання комбайн МСК-1 може збирати капусту із зе-

леними листками і одночасно навантажувати її у транспортний засіб, що рухається поруч.

Дворядна збиральна машина УКМ-2 виконує збирання урожаю капусти з зеленими листками та одночасним навантажуванням всього зібраного біологічного врожаю в транспорт. В процесі роботи регулюється висота зрізання, частота обертання барабана різального апарата, а також висота вивантажувального елеватора.

Зібрана машиною УКМ-2 капуста потребує післязбиральної обробки. Для цього використовують лінію післязбирального доочищення капусти УДК-30. Після проходження через лінію УДК-30 капусту можна реалізовувати у свіжому вигляді або закладати на зберігання, а відірвані листки відправити на тваринницькі ферми для годівлі тварин. Продуктивність такої лінії становить 12...15 т/год. Обслуговують її від 23 до 33 працівників.

Для того, щоб капуста тривалий період добре зберігалася її необхідно ретельно підготувати. Для цього головки капусти зачищають так, щоб на них залишилось 4-5 покривних листків зеленого забарвлення, які щільно прилягають та не мають пошкоджень. Щоб видалити залишки вологи, капусту підсушують. Після цього її вкладають у катати. На дно кагатів кладуть тонким шаром соломку. Перший шар головок кладуть качанами доверху. Кожен наступний шар розміщують таким чином, щоб кожна головка спиралася на чотири головки нижнього шару. Верхній шар розміщують качаном донизу. І таким чином розміщують весь урожай.

У складських підвальних приміщеннях капусту краще всього зберігати на стелажах, або в контейнерах. Оптимальна температура під час зберігання капусти – близько 0°C, а вологість повітря – 90...95%.

#### **4.5.5. Механізований технологічний процес виробництва томатів**

За ботаніко-біологічними особливостями **томат** належить до родини пасльонових. Завдяки вмісту досить великої кількості вітамінів А, В, С, томати є корисним харчовим продуктом і цінною сировиною для консервної промисловості.

Найкращими попередниками для томатів в зоні Степу є огірки, цибуля, люцерна, озима пшениця. У зоні Лісостепу добрими попередниками для томатів можуть бути огірки, цибуля, кукурудза на силос, капуста і озима пшениця. В зоні Полісся попередниками є огірки, пізньостигла капуста і цибуля-ріпка. Небажано вирощувати томати після картоплі, перцю, баклажанів (у зв'язку з наявністю спільних хвороб та шкідників). Повертати томати на попередне

місце бажано не раніше, ніж через 3-4 роки. Вибір попередника обумовлює перелік і послідовність проведення наступних агротехнічних операцій.

Найбільш високі врожаї томатів отримують на легких за механічним складом, добре прогрітих суглинистих ґрунтах з нейтральною реакцією та вмістом гумусу на менше 2,5%. Небажаними для томатів є перезволожені ґрунти з поганим повітряним режимом. Чим легші ґрунти, тим простіше отримати ранній урожай томатів, але колір та смакові якості кращі у тих плодів, що вирощені на більш важких ґрунтах.

Лущення ґрунту проводиться на глибину 6...8 см машинами з дисковими робочими органами ЛДГ-5, ЛДГ-10А, ЛДГ-15 та іншими. Якщо після збирання попередника на полі залишилося багато рослинних залишків або попередник мав досить потужну кореневу систему (наприклад, кукурудза на силос, багаторічні трави), то для їх подрібнення використовуються важкі дискові борони БДТ-7,0А, БДВ-8,5, БДС-8,4, БДВ-10.

Друге лущення виконується лемішними луцильниками ППІ-10-25 на глибину 10...20 см.

Наступною агротехнічною операцією є експлуатаційне планування. Для забезпечення якісної роботи овочевих сівалок, розсадосадильних машин, агрегатів для міжрядного обробітку, томатозбиральних комбайнів ставляться підвищені вимоги до рельєфу і мікрорельєфу поля. Тому в разі потреби під час підготовки поля для вирощування томатів перед оранкою виконують експлуатаційне планування ділянок. Для цього використовують планувальники П-2,8 або ПА-3 в агрегаті з трактором ДТ-75М.

Внесення органічних добрив виконують кузовними розкидачами серії МТО вантажністю 3, 6, 7, 10, 12 т. Використання низькорамного розкидача РПО-6 в агрегаті з тракторами ЮМЗ і МТЗ різних модифікацій доцільно в перевантажувальній технології.

Оранку проводять на глибину 25...30 см. Для цього використовуються плуги загального призначення ПЛН-4-35, ПЛН-5-35, ПЛП-6-35 або оборотні ППО-4-40, ППО-6-40, ППО-8-40, ПНО-3-40, ПНО-4-40, ПНО-5-40. Оборотні плуги забезпечують гладку оранку без розгінних борозен і звальних гребенів. Надійними в роботі зарекомендували себе оборотні плуги ДР-9-8 і ДР-9-6 фірми Массей Фергюсон і плуги Джон Дір 995 і Джон Дір 975.

Першою весняною операцією є ранньовесняне боронування, яке проводиться агрегатами на базі гусеничних тракторів Т-150, зчіпок СП-16 або СГ-21 і борін БЗСС-1,0.

Між ранньовесняним боронуванням і сівбою або садінням насіннєвого матеріалу томатів проходить 30...40 днів. У цей період

необхідно вести активну боротьбу с бур'янами. Для цього використовуються культиватори для суцільної культивації КПС-4М, КШУ-4, КШУ-8, КГ-4, КГ-8 і комбіновані ґрунтообробні агрегати Б-622 «Европак», Арамикс, К600PS, АПБ-6, АГ-6, АГ-3. Для передпосівної підготовки ґрунту застосовується фрезерний культиватор КВФ-2,8, який якісно готує ґрунт на глибину до 12 см.

Підготовка насінневого матеріалу томатів проводиться на пневматичних сортувальних столах ССП-5, ПСС-2,5. Сортування насіння ведеться за щільністю (питомою вагою), формою, розмірами і властивостями поверхні.

Сівба насіння і садіння розсади – одні з найважливіших операцій в технологічному процесі вирощування томатів. Найбільш поширені рядковий і стрічковий способи сівби з міжряддям 90...120 см. Густота посіву становить 60...90 тис. рослин на гектар. При цьому кількість рослин на одному гектарі визначається сортом томатів і агрокліматичною зоною.

Для сівби томатів використовують сівалки СУПО-6, СУПО-9, СО-4,2, СО-5,4. Сівбу проводять у такі строки, щоб уникнути загрози весняних заморозків, характерних для першої половини травня, до появи перших сходів. Норма висіву насіння – 2,0...3,5 кг/га, глибина загортання – 2,5...3 см. Після сівби поле прикочують гладкими котками ЗКВГ-1,4 або кільчасто-шпоровими ЗККШ-6А.

Висаджена розсада добре приживається, якщо вологість ґрунту буде оптимальною. Тому за 3...5 днів до садіння рекомендується проводити передсадивний полив, який забезпечує оптимальну вологість ґрунту в орному шарі.

Розсаду томатів висаджують розсадосадильними машинами СКН-6 або СКН-6А за схемою 90 (25-30) або (90+120) 25 см. Розсаду томатів рекомендується садити на глибину 10...12 см. Робоча швидкість розсадосадильного агрегату знаходиться в межах 0,6...3,5 км/год.

Досходове боронування легкими боронами ЗБП-0,6А або ЗОР-0,7 проводиться до появи сходів з метою руйнування ґрунтової кірки і пушення ґрунту на задану глибину. Досходовий обробіток проводиться на 4...6 день після сівби, коли з'являються бур'яни у фазі «білої ниточки». Боронувальний агрегат рухається перпендикулярно до напрямку посіву з швидкістю до 3,5 км/год. Глибина ходу зубців борін регулюється у межах 1...2 см.

Перше пушення міжрядь проводиться після появи сходів або на 2-3-й день після висаджування розсади. Для цього використовують культиватори КОР-4,2, КРН-5,6, на які встановлюють стріччасті лапи. Глибина обробітку не має перевищувати 6...8 см. На зрощуваних ділянках міжрядний обробіток проводять після кожного по-



ливу на глибину 12...14 см. За весь період вегетації ґрунт в міжряд-  
дах обробляють 4...6 разів.

Для внесення гербіцидів використовують штангові обприску-  
вачі ОПШ-2000-21,6, ОПШ-15, МЗУ-320. Заслугує на увагу причі-  
пний штанговий обприскувач ОПК-2000, розроблений ВАТ «Богу-  
славська сільгосптехніка» з шириною захвату 18 и 21,5 м, обприску-  
вач обладнаний пінним маркером та електронною системою конт-  
ролю основних параметрів обприскування.

Серед закордонної техніки для хімічного захисту рослин в  
Україні найчастіше використовуються обприскувачі Харді, РАУ,  
Джон Дір.

Для захисту від бур'янів механічним способом використовую-  
ють культиватори КОР-4,2, КОР-5,4, КРН-5,6, КФО-5,4. Залежно від  
умов роботи культиватори обладнують плоскорізальними, стріча-  
стими і долотоподібними лапами. Глибина обробітку становить  
10...12 см. Якщо використовують універсальний фрезерний культи-  
ватор ФПУ-4,2, то глибина обробітку не має перевищувати 10 см.

Високі урожаї томатів можна отримати за умови правильного  
і достатнього поливу. Найбільш поширений поверхневий полив і  
дощування. Підґрунтове і краплинне зрошування через свою скла-  
дність менше використовується, хоча його ефективність досить ви-  
сока. В зоні Степу рекомендується проводити 6-8 поливів, а в зоні  
Лісостепу – 3-5. У посушливі роки томати необхідно поливати 10-12  
разів. Поливна норма при цьому становить 300...400 м<sup>3</sup> на 1 га поля.  
За 20...25 днів до початку механізованого збирання поливи припи-  
няють. Для поливу використовують дощувальні машини і агрегати  
ДДА-100МА, ДКШ-64, ДМУ «Фрегат», ДФ-120 «Днепр».

Збирання є завершальним етапом технології вирощування  
томатів. Плоди томатів споживаються як в сирому вигляді, так і пе-  
реробляються в консервній промисловості.

Переробляють плоди на консервних заводах, які найчастіше  
розміщуються в районах вирощування томатів. Плоди, які призна-  
чені для споживання в сирому вигляді, реалізують на місці заготівлі  
або транспортують до місця призначення на значні відстані. Сту-  
пінь стиглості плодів визначає період збирання, а також викорис-  
тання тих чи інших технічних засобів.

Томати вважаються такою овочевою культурою, плоди якої  
достигають неодноразово. За весь період збирання на одній ділянці  
проводиться від 3 до 8 вибирань з інтервалом в 5...10 днів. Основ-  
ною проблемою на цьому етапі робіт є скорочення частки ручної  
праці. Деякою мірою вона вирішується за рахунок часткової меха-  
нізації: платформи ПОУ-2, тракторної платформи ПТ-3,5, транспо-  
терів ТШП-25.

Після проведення декількох вибирань проводиться комбайнове збирання. Для машинного збирання підходять не всі сорти томатів, а тільки ті, які відповідають наступним вимогам: кущ має бути компактним, дозрівання плодів – дружним ( не менше 75...80%), маса плодів від 70 до 100 г, плоди мають легко відділятися від стебла і бути стійкими до механічних дій. Для разового суцільного збирання урожаю в таких умовах використовують самохідний томатозбиральний комбайн СКТ-2А. Комбайн обслуговує один механізатор і 20 робітників перебирального стола. Значні витрати робочого часу на збиранні зумовлюються великою кількістю обслуговуючого персоналу, що є суттєвим недоліком під час експлуатації комбайна СКТ-2А.

Для транспортування томатів на далекі відстані добре підходять сорти та гібриди, плоди яких є досить твердими (наприклад, Шеді Леді F1, Орко F1, Ленор F1). Вирощений врожай необхідно збирати у рожевій або бурій стадії стиглості. Томати, які заплановані для зберігання, необхідно збирати за середньодобової температури повітря не нижче 7° С.

#### **4.5.6 Механізований технологічний процес виробництва огірків**

Для промислового виробництва **огірків** сільськогосподарські підприємства необхідно забезпечити сортами та гібридами, які мають високу врожайність, товарний вигляд, високі смакові властивості, а також тривалий період зберігання.

Кращими попередниками для огірків у сівозмінах є багаторічні трави, озима пшениця, картопля, горох, кукурудза на силос, вико-вівсяна суміш та томати. Добрими попередниками можуть бути цибуля, капуста, перець та морква. Не рекомендується висівати огірки після баштанних культур, гарбузів та кабачків. У сівозміні огірки доцільно повертати на одне і теж саме поле не раніше ніж через 4-5 років. Такий прийом є запобіжним заходом проти масового розповсюдження хвороб.

Для внесення органічних добрив використовують роторні розкидачі РУН-15Б або кузовного типу ПРТ-16, ПРТ-10, МТО-3, МТО-6, РОУ-6М та інші.

Норма внесення мінеральних добрив визначається відповідно до результатів аналізу ґрунтів, планування та прогнозування урожайності огірків. Для основного внесення мінеральних добрив, яке проводиться перед оранкою, використовують суперфосфат, нітроамфоску та інші важкорозчинні добрива. Добре розчинні добрива вносять весною перед сівбою, під час сівби та догляду за рослиною.

ми. Внесення мікроелементів стимулює формування зав'язі, підвищує стійкість до хвороб та забезпечує якість врожаю.

У середньому під огірки вносять 600...800 кг мінеральних добрив на гектар. Для внесення гранульованих добрив використовують машини МВУ-5, МВУ-8Б, МВУ-0,5, МВД-900 та інші. Мікроелементи краще всього вносити за допомогою крапельного зрошування, а якщо такої можливості немає, то їх вносять під час локального підживлення.

Підготовку ґрунту для вирощування огірків виконують з врахуванням типу ґрунту, попередників та ступеня забур'яненості полів. Після рано зібраного попередника (наприклад озимі зернові чи зернобобові), на полі проводять лушення дисковими знаряддями на глибину 8...10 см. На полях, засмічених кореневищними бур'янами, виконують лемішне лушення. Для цього застосовують лемішні плуги-луцильники ППЛ-5-25 та ППЛ-10-25.

Після попередників, які збирають на початку та всередині осені (морква, томати, столові буряки) проводять дискування з метою подрібнення рослинних решток та створення умов для якісної оранки. При цьому використовують дискові луцильники ЛДГ-5А, ЛДГ-10А, ЛДГ-15 та інші.

Оранку проводять на глибину 25...30 см залежно від ґрунтово-кліматичних умов. Рекомендується виконувати її оборотними плугами вітчизняного виробництва ППО-6-40, ППО-5-40, ППО-4-40, ПНО-5-40, ПНО-3-40. Надійно себе зарекомендували оборотні плуги іноземного виробництва DP-9-8, DP-9-6, Джон Дір 995 і Джон Дір 975. Оборотні плуги забезпечують гладеньку оранку без звальних гребенів і розгінних борозен. За відсутності оборотних плугів оранку виконують лемішними плугами ПЛП-6-35, ПЛН-5-35, ПЛН-4-35, ПЛН-3-35.

У тих випадках, коли стерня попередника має не надто потужну кореневу систему, та на легких ґрунтах досить ефективно зарекомендував себе безплужний обробіток ґрунту. Для цього використовують ґрунтообробні агрегати АКШ-3,6, АКШ-5,6 та АПРО-3,5. Їх застосування дає можливість підвищити продуктивність під час основного обробітку ґрунту та знизити витрати на його виконання.

Якщо попередники були зібрані влітку, то після оранки може виникнути необхідність проведення суцільної культивації з метою знищення бур'янів. Для цього застосовують культиватори АКПЗ-7,2, КГ-4, КГ-8 та інші.

Після зими підготовку ґрунту розпочинають з ранньовесняного закриття вологи. Для цього проводять боронування поля впоперек до напрямку оранки середніми БЗСС-1,0 або важкими БЗТС-1,0

зубовими боронами. Для виконання передпосівної культивуації використовують комбіновані агрегати РВК-3,6, РВК-5,4, АПБ-6 та інші.

За 3...4 тижні до сівби насіння огірків обробляють препаратом ТМТД за норми 2...3 г/кг насіння. Підготовка насіння огірків включає також загартування за понижених температур. Добрі результати дає намочування насіння у розчинах поживних речовин і мікроелементів, обробка магнітним полем, гамма-променями тощо.

Норма висіву насіння огірків змінюється залежно від сорту, способу сівби та стану ґрунту у межах 4,5...6,0 кг/га, що відповідає 100...150 тис. рослин на 1 га поля. Висівати насіння потрібно у добре прогрітий сонячними променями ґрунт. Слід пам'ятати, що рослини огірків досить вимогливі до умов навколишнього середовища, особливо до тепла. За температури нижче 12...13° С насіння огірків не проростає. За температури 14...15° С перші сходи з'являються через 15 днів, 18° С – через 7, а 22...23° С – через 5 днів. Оптимальною для проростання насіння є температура 25° С.

Висівають насіння огірків, зазвичай, овочевими сівалками СКОН-4,2, СУПО-6 і СО-4,2, які обладнані ширококутовими сошниками. Сівбу виконують пунктирним способом за схемою 90, 90+120 і 140 см. Використовуючи сівалки точного висіву (СУПО-6, СУПО-9), норму регулюють так, щоб відстань між насінинами огірків короткостеблових сортів була 6 см, а для середньо стеблових – 8 см. Глибина загортання насіння огірків на легких ґрунтах становить 4...5 см, а на важких – 2...3 см.

Практика свідчить, що доцільно одночасно із сівбою вносити гербіциди. Для цього використовують обприскувачі ПОМ-630 і ПОУ, штангу яких розміщують позаду сівалки на кронштейнах так, щоб розпилювачі знаходились позаду сошників і обробляли поле стрічками, ширина яких дорівнює 20...25 см.

Після сівби посіви коткують гладенькими водоналивними котками ЗКВГ-1,4 та СКГ-2 з одночасним боронуванням легкими боронами ЗБП-0,6А в агрегаті з тракторами тягового класу 1,4 та зчіпками СП-11А.

Для боротьби з бур'янами та руйнування ґрунтової кірки поле боронують легкими сітчастими боронами БСО-4 та райборінками ЗОР-0,7. Боронування виконують впоперек до напрямку посіву на 5...7 день після сівби.

Після проріджування, протягом періоду вегетації до зімкнення рослин виконують пушення міжрядь просапними культиваторами КОР-4,2, КРН-4,2Б. Залежно від забур'яненості проводиться декілька міжрядних обробітків. Перше пушення міжрядь проводять після першого вегетаційного поливу на глибину 6...8 см. Наступний міжрядний обробіток виконують на глибину 8...10 см.

Під час першого розпушування ґрунту в міжряддях огірків на культиватор встановлюють захисні диски, плоскорізальні і стріччасті лапи, а наступного – долотоподібні лапи.

Для кращого розпушування ґрунту і більш ефективного знищення бур'янів у широких міжряддях застосовують фрезерні культиватори КФ-5,4, КФО-4,2 та КФУ-4,2.

Важливим агротехнічним заходом є полив. Він сприяє створенню більш тривалої фази плодоношення, збільшенню площі листової поверхні рослин та уповільнює процес старіння.

Протягом всього періоду вегетації вологість ґрунту має бути на рівні 70...80% граничної польової вологомисткості. Для забезпечення цих вимог проводять декілька вегетаційних поливів нормою 250...350 м<sup>3</sup>/га дощувальними машинами ДДА-100МА, ДКШ-64 та іншими.

Для боротьби з шкідниками та хворобами огірки 2-3 рази обприскують використовуючи причіпні штангові ОПШ-2000-2-05, ОПК-2000, ОПШ-15, ОП-2000, начіпні штангові ЕКО-600-12, ЕКО-800-12 та начіпні вентиляторні ОВ-400, ОВ-630 і ОМ-630 обприскувачі.

Для механізованого збирання огірків необхідно використовувати спеціальні сорти з коротким бадиллям довжиною 70...120 см та високою урожайністю. При цьому зусилля на відривання огірка від плодоніжки має бути 20...25 Н, а плодоніжки від огуду – не менше 30...40 Н. У разі машинного збирання слід використовувати сорти огірків з високою стійкістю до ударної взаємодії. Механізоване збирання є економічно доцільним, коли урожайність огірків становить не менше 170...200 ц/га.

За інтенсивної технології виробництва огірки збирають комбінованим способом. Вибіркове збирання (2-3 рази) здійснюють овочезбиральними ПОУ-2 і тракторними ПТ-3,5 платформами, конвеєрами ТШП-25, збирально-сортувальним агрегатом АУС-1 та широкозахватною овочезбиральною платформою ПШ-25. Після вибіркового збирання огірків причіпним комбайном КОП-1,5М проводять одноразове суцільне збирання. Ворох, зібраний комбайном, перевозять до сортувального пункту і переробляють на сортувальних лініях ЛДО-3 або «Вари-Ман» У-24 (Угорщина).

Останнім часом в Україні розроблено та поставлено на виробництво нові машин для механізації технологічних процесів вирощування, збирання і післязбиральної переробки вирощеного врожаю огірків. На базі цих машин впроваджуються інтенсивні технології виробництва огірків, які забезпечують одержання високих врожаїв за мінімальних витрат робочого часу та коштів.

## 4.6. No-till – альтернативна технологія сучасності

### 4.6.1. Ідеологія no-till

У всьому світі впродовж століть для обробітку ґрунту використовували полицеву оранку. Землю розпушували мотиками, перевертали різними плугами і боровами – це вважалося нормальною практикою. Гній, соломка і використання парів було частиною традиційної частини землеробства, і на рівному вологому ґрунті з дрібно грудочкуватою структурою ґрунт плодоносив і не виснажувався. Але на схилістих землях, з ґрунтами, які піддаються водній ерозії, орний шар ґрунту розмивався під час танення снігів і сильних дощів. Урожаї знижувалися, дрібні річки замулювалися в результаті потрапляння в них змитого ґрунту, яри прорізували оранку, спотворюючи землю. Ерозія ґрунту є природним процесом, але в природних умовах вона компенсується ґрунтоутворювальним процесом і не приносить шкоди навколишньому середовищу. В результаті крупномасштабного обробітку ґрунту людиною проходить різке прискорення процесів деградації.

Людство вже втратило майже 2 млрд гектарів родючих земель, перетворивши їх в антропогенні пустелі та непридатний для землеробства простір – так звані *бедленди* (погані землі). Це більше, ніж вся площа сучасного світового землеробства, рівна приблизно 1,5 млрд гектарів. Втрата родючих земель продовжується. Щорічно з сільськогосподарського використання вибуває не менше 15 млн гектарів ґрунтів: 8 млн гектарів за рахунок відчуження і 7 млн гектарів у результаті деградації ґрунтів.

Негативний вплив оранки на сільськогосподарську продуктивність і стійкість, на екологію середовища в останній час документально зафіксовано у всіх країнах світу. Це признание призвело до розробки альтернативної сільськогосподарської практики – зберігаючого землеробства.

Ідея сівби в необроблений ґрунт не нова. В Древньому Єгипті за допомогою палиці робили ямку, клали зерно і закривали отвір, притискаючи ґрунт ногою. Але як без механічного обробітку ґрунту боротися з бур'янами? Потрібні інші способи, хімічні. До їх появи плуг був найефективнішим засобом боротьби з бур'янами, хоча для розвитку культурної рослини (за винятком цукрового буряку, картоплі) немає ніякої необхідності розпушувати ґрунт глибше 3...5 см. Вибір хімічних речовин довгі роки був обмежений – багато з них тривалий час зберігалися в ґрунті і могли пошкоджувати насіння і молоді сходи. Сівбу доводилося переносити на декілька тижнів, втрачалася одне з важливих переваг нульової технології – сво-

ечасна сівба. Нове народження no-till пройшло в 1960-х роках, коли англійська фірма Imperial Chemical Industries Ltd створила гербіциди паракват (paraquat) і дукат. Ці речовини швидко дезактивовувалися під час контакту з ґрунтом, тому їх можна було використовувати проти бур'янів в період їх вегетації. Оброблене поле було готове для сівби без ризику пошкодження насіння і ростків. Це фактично дало початок нульовій технології.

Старі поняття і стереотипи, характерні для традиційної технології землеробства можна виразити наступним: оранка ґрунту необхідна для вирощування культур (розпушення ґрунту, боротьба з бур'янами і т.п.); рослинні рештки необхідно спалити, вивезти з поля або заробити в ґрунт; ґрунт без покриву впродовж тижнів і місяців – це нормально; посилення ерозії на сільськогосподарських землях – це неминучість, зумовлена експлуатацією ґрунту; перш за все – хімічна боротьба з комахами-шкідниками; ґрунт втомлюється – це неминуча розплата за його використання для вирощування сільськогосподарських культур.

Нові поняття зберігаючого землеробства можна виразити наступним: оранка не є необхідною технологічною ланкою під час вирощування сільськогосподарських культур; в ідеалі всі рослинні рештки слід залишати на поверхні поля; необхідний постійний покрив ґрунту (мульча), що забезпечує захист від прямих сонячних променів, від капель дощу, вітру – головний захист від ерозії, а також скорочує випаровування вологи з поверхні ґрунту; ґрунтова ерозія – лише симптом того, що для певної ділянки використовуються невідповідні методи обробітку; фітосанітарний стан ґрунту покращується за збільшення біорізноманітності; максимальне насичення сівозміни (завантаження ґрунту) різними культурами дозволяє уникнути ґрунтовтоми. Тільки із застосуванням системи зберігаючого землеробства гарантується раціональне використання ґрунту і прогресований ріст ґрунтової родючості.

#### **4.6.2. Головні переваги технології no-till**

- Економія ресурсів – пально-мастильних матеріалів, добрив, витрат праці, робочого часу, запасних частин, зниження амортизаційних витрат.
- Підвищення рентабельності сільського господарства – збільшення віддачі від вкладених у виробництво грошових засобів.
- Збереження і відновлення родючого шару ґрунту – покращення його хімічних, фізичних та біологічних властивостей, збільшення вмісту органічної речовини в ґрунті.

- ▶ Зменшення чи виключення ерозії ґрунту – немає необхідності тратити додаткові засоби на вирішення цієї проблеми.
- ▶ Екологічне управління бур'янами в посівах – управління бур'янами за допомогою правильно складених сівозмін, строків сівби, сидератів.
- ▶ Підвищення зволоження ґрунту – за рахунок більш повного накопичення і затримування вологи в ґрунті.
- ▶ Зменшення залежності урожаю від погодних умов – за нинішньої організації сільського господарства урожай на 80% залежить від природи; за системи no-till вплив погоди і клімату на ефективність рослинництва зведено до 20%, а решта 80% припадає на технології та управління в сільському господарстві, об'єднані в одну систему.
- ▶ Збільшення урожайності культур – оскільки структура ґрунту постійно покращується, то з часом використання технології no-till є можливість отримувати більш високу урожайність, ніж за традиційної технології.
- ▶ Покращення якості зерна – відновлюється родючий шар ґрунту, накопичуються поживні речовини, що призводить до покращення якості зерна.
- ▶ Агрокультура – створення особливої культури взаємодії з навколишнім середовищем.

#### 4.6.3. Системний підхід до запровадження no-till



**Рослинництво** – це система, в якій взаємодіє багато елементів: клімат, ґрунт, волога, поживні речовини, сівозмін, бур'яни, шкідники, хвороби. Ні одна з цих складових ефективно не працює поза системою.

Порівняно з традиційною технологією система no-till є більш вимогливою до виконання всіх технологічних рекомендацій. Системний підхід прямої сівби виражається в умінні враховувати взаємодію всіх елементів системи між собою. Порушення будь-якого елемента системи веде до збою всієї системи.

Тільки системний підхід дозволяє досягнути максимального ефекту у разі переходу від традиційного до ресурсозберігаючого і зробити рослинництво успішним і високорентабельним бізнесом. Система – ключ до прибуткового бізнесу (рис. 4.1).



**Агрокліматичні умови** – агрокліматична зона, в якій розміщено господарство, впливає на підбір культур для сівозміни, строки сівби культур, кількість поживних речовин, вибір техніки.



Управління ґрунтом в рамках зберігаючого землеробства дає можливість: покращити структуру ґрунту, збільшити кількість органічної речовини в ґрунті, а відповідно і урожайність, накопичити ґрунтові організми, дощових черв'яків – що покращує структуру, дренажні властивості ґрунту і веде до накопичення вуглецю. Практика показує, запровадження ґрунтозахисної технології є однаково успішною і ефективною на різних ґрунтах.



**Рис. 4.1. Ресурсозберігаюче рослинництво як система**

Сівозміна (рис. 4.2) і вибір культури. На підбір сівозміни впливає багато факторів: рентабельність і бізнес-ефективність сільськогосподарських культур, вибір культур та їх сортів; накопичення поживних решток; чергування культур теплого і холодного періодів; чергування кореневих систем – стрижневої і мичкуватої; період повернення культури на поле; вологоспоживання культур; наявність бур'янів, шкідників і хвороб, характерних для певної місцевості; опади.

Правильна сівозміна знижує ріст бур'янів, зменшує захворювання сільськогосподарських культур, оптимізує використання поживних речовин і вологи, розподіляє навантаження на техніку, збільшує потенціальну рентабельність господарства.

Управління поживними рештками являє собою: рівномірний розподіл поживних решток на полі; вибір висоти зрізу; вибір довжини різання соломи (рис. 4.3).

У результаті формується ґрунтозахисне покриття (рис. 4.4), яке: протистойть вітрові та водній ерозії; забезпечує снігозатримання в зимовий період; сприяє інфільтрації та збереженню вологи; перешкоджає проростанню бур'янів; допомагає активізації ґрунтової мікрофлори; є базисом для відновлення родючого шару і підвищення урожайності сільськогосподарських культур.

	1-е поле 2000 га	2-е поле 2000 га	3-е поле 2000 га	4-е поле 2000 га	5-е поле 2000 га
1-й рік	Ріпак	Озима пшениця	Кукурудза	Соя	Ячмінь
2-й рік	Озима пшениця	Кукурудза	Соя	Ячмінь	Ріпак
3-й рік	Кукурудза	Соя	Ячмінь	Ріпак	Озима пшениця
4-й рік	Соя	Ячмінь	Ріпак	Озима пшениця	Кукурудза
5-й рік	Ячмінь	Ріпак	Озима пшениця	Кукурудза	Соя

Рис. 4.2. П'ятипільна сівозміна модельного господарства виробничого підприємства «Агро-Союз»



Рис. 4.3. Стан поля з мульчувальним шаром рослинних решток кукурудзи (а) та озимої пшениці (б)

Оскільки немає необхідності в додаткових способах відновлення родючості, управління поживними рештками дозволяє відмовитися від малоефективних і економічно невигідних парів.

Управління поживними речовинами ґрунту включає: збільшення органічної речовини в ґрунті; внесення мінеральних добрив.

Для збільшення органічних речовин у ґрунті і забезпечення відновлення родючості використовують: сівозміни (різноманітність культур); сидерати (природний фітосанітар); поживні рештки; внесення органічних добрив.



**Рис. 4.4. Ґрунтозахисне покриття утворене рослинними рештками**

Перед внесенням мінеральних добрив слід визначити: хімічний склад ґрунту; забезпечення культури елементами живлення в оптимальних дозах і доступних формах; способи внесення добрив – під горизонт сівби, в міжряддя, одночасно з насінням; економіку – вартість 1 кг діючої речовини і ефективність його внесення.

Сидеральні культури служать для: збільшення вмісту органічної речовини в ґрунті; стимулювання вироблення ґрунтового азоту і мікробіологічної активності; пригнічення росту бур'янів; покращення структури ґрунту; зменшення вилуження поживних речовин і ерозії; сніго- і водозатримання.

Технологія no-till передбачає декілька рівнів боротьби з бур'янами: управління сівозміною – чергування культур теплового і холодного періоду; управління нормами висіву культури, управління сортами і гібридами, що впливає на конкурентоздатність культури; управління кількістю поживних решток, які сприяють зниженню росту бур'янів; контроль чисельності рослин бур'янів шляхом строків сівби культури, використання сидератів, алелопатичні виділення яких діють подібно до гербіцидів; сівба проміжних культур, які розривають життєвий цикл бур'янів; застосування хімічного захисту в найбільш чутливі фази бур'янів; застосування гербіцидів, найбільш ефективних за якістю та вартістю на один гектар.

Управляти шкідниками і хворобами в системі no-till можна за допомогою декількох методів: чергуванням культур у сівозміні; управлінням пожнивними рештками; підбором сидеральних культур; витримуванням строків повернення культур на попереднє місце в сівозміні; знання біології об'єктів; застосування засобів захисту рослин. Управління шкідливими організмами в системі no-till вимагає своєчасного і якісного виконання робіт.

#### 4.6.4. Технічна система

Запровадження нової технології в рослинництві засновано на системному підході і призведе до підвищення показників ефективності тільки у разі правильних взаємозв'язків між елементами рослинництва. Одним із основних таких елементів є техніка. Кількість технологічних операцій і необхідної сільськогосподарської техніки для традиційної технології значно відрізняється від кількості технологічних операцій і сільськогосподарських агрегатів для роботи за нульовою технологією землеробства. Тому не можна запровадити пряму сівбу, не помінявши парк сільськогосподарської техніки.

Наслідки роботи за традиційною технологією: ґрунт періодично оголяється і залишається без рослинності; сильні коливання температури; нестабільна і низька пористість ґрунту, зумовлена механічною дією; наявність плужної підшови; порушення життєвого середовища ґрунтової біоти; високий відсоток виділення в атмосферу вуглекислого газу; інтенсивна ерозія ґрунту за великого поверхневого стоку; сівба у відкритий ґрунт призводить до його висихання, прискорює ерозію верхнього ґрунтового шару, потребує великої кількості добрив, забруднює джерела води; ґрунтова кірка перешкоджає сходам і порушує мікроклімат посівів у разі великого змиву поживних речовин; інтенсивний процес мінералізації за зменшення вмісту гумусу, що призводить до втрати структури ґрунту; невіривняність поля.

Наслідки роботи за нульовою технологією: постійний рослинний покрив (пожнивні рештки); плавна зміна температури; значне збільшення популяції дощових черв'яків, біоти і вільний розвиток кореневої системи забезпечує краще розпушення ґрунту, стабільна і рівноважна пористість ґрунту; відсутність плужної підшови; відновлення природного життєвого середовища ґрунтової біоти; низький рівень виділення в атмосферу вуглекислого газу; дуже низький ризик виникнення ерозії ґрунту – мульча захищає ґрунт від механічної енергії дощових капель, немає ефекту «розбризування» ґрунту у разі обмеженого стоку води; закрита система сівби повторює дії природи – за неї ґрунт більш стійкий до засухи;

закрита система дозволяє ефективно використовувати наявні поживні речовини і за наявності додавати їх, що зменшує ризик забруднення водоймищ; різко зменшується кількість поживних речовин, що вимиваються водою.

Вартість технічної системи за традиційною технологією подаю даними таблиці 4.1 і технічної системи за технологією no till (табл. 4.2).

Таблиця 4.1

### Вартість технічної системи за традиційною технологією

Назва	Тип, марка	Ціна, \$	На 1000 га:		На 3000 га:		На 5000 га:		На 10000 га:	
			шт.	\$	шт.	\$	шт.	\$	шт.	\$
Трактори	MT3-80	23000	3	69000	9	207000	12	276000	24	552000
	K-700	120000	2	240000	6	720000	8	960000	16	1920000
	T-150	55000	2	110000	6	330000	8	440000	16	880000
Всього				419000		1257000		1676000		3352000
Машини для підготовки ґрунту і сівби	Плуг на-чіпний	8000	3	24000	9	72000	12	96000	24	192000
	Сівалка зернова	10000	3	30000	9	90000	12	120000	24	240000
	Борона дискова	9000	3	27000	9	81000	12	108000	24	216000
	Культиватор	8000	2	16000	6	48000	8	64000	18	128000
Всього				97000		291000		388000		776000
Разом				516000		1548000		2064000		4128000

Таблиця 4.2

### Вартість технічної системи за технологією no-till

Назва	Тип, марка	Ціна, \$	На 3000 га		На 5000 га		На 10000 га	
			шт.	\$	шт.	\$	шт.	\$
Трактори	ХТЗ-17021	52000	1	52000			2	104000
	CASE STX-310	160000			1	160000		
	CASE STX-485	350000						
Посівні комплекси	MD	130000	1	130000				
	Turbosem II	156000			1	156000		
	MD	130000					2	260000
Всього				182000		316000		364000

Щорічні амортизаційні відрахування (просте відновлення технічної системи) з розрахунку строку амортизації 5 років для варіанта 10000 га визначають таким чином:

$$A = 4128000 / 5 = 825600 \$.$$

Амортизаційне навантаження на 1 га площі становитиме:

$$A_1 = 825600 / 10000 = 82,5 \$/га.$$

Щорічні амортизаційні відрахування (просте відновлення технічної системи) з розрахунку строку амортизації 5 років для варіанта 10000 га визначають таким чином:

$$A = 364000 / 5 = 72800 \$.$$

Амортизаційне навантаження на 1 га площі становитиме:

$$A_1 = 72800 / 10000 = 7,28 \$/га.$$

Різниця між амортизаційними навантаженнями на 1 га у разі використання різних технологій становить:

$$\Delta A_1 = 82,5 - 7,28 = 75,22 \$.$$

Різниця між амортизаційними навантаженнями на 10000 га у разі використання різних технологій становить:

$$\Sigma \Delta A = 75,22 * 10000 = 752200 \$.$$

Розрахунки зроблені за умови, що збирання зернових культур і хімічний захист посівів однаковий як для традиційної технології вирощування і збирання зернових культур, так і для технології no-till.



## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Агротехнологічна характеристика озимої пшениці.
2. Агротехнологічна характеристика ярої пшениці.
3. Агротехнологічна характеристика озимого жита.
4. Агротехнологічна характеристика ячменю.
5. Агротехнологічна характеристика вівса.
6. Агротехнологічна характеристика кукурудзи.
7. Агротехнологічна характеристика гороху.
8. Характеристика механізованої технології обробітку ґрунту під зернобобові культур.
9. Характеристика механізованої технології обробітку ґрунту під кукурудзу на зерно.
10. Характеристика механізованої технології внесення добрив і засобів захисту рослин під час вирощування зернобобових культур.
11. Характеристика механізованої технології збирання зернобобових культур.
12. Характеристика механізованої технології збирання кукурудзи на зерно.

13. Агротехнологічна характеристика гречки.
14. Агротехнологічна характеристика проса.
15. Агротехнологічна характеристика рису.
16. Механізований технологічний процес виробництва гречки.
17. Механізований технологічний процес виробництва проса.
18. Механізований технологічний процес виробництва рису.
19. Агротехнологічна характеристика цукрових буряків.
20. Агротехнологічна характеристика соняшнику.
21. Агротехнологічна характеристика ріпака.
22. Агротехнологічна характеристика сої.
23. Агротехнологічна характеристика льону-довгунцю.
24. Агротехнологічна характеристика хмелю.
25. Механізований технологічний процес виробництва цукрового буряку.
26. Механізований технологічний процес виробництва соняшнику.
27. Механізований технологічний процес виробництва ріпака.
28. Механізований технологічний процес виробництва сої.
29. Механізований технологічний процес виробництва льону-довгунцю.
30. Механізований технологічний процес виробництва хмелю.
31. Механізований технологічний процес виробництва однорічних трав.
32. Механізований технологічний процес виробництва багаторічних трав.
33. Механізований технологічний процес виробництва кукурудзи на силос.
34. Агротехнологічна характеристика картоплі.
35. Механізований технологічний процес виробництва картоплі.
36. Агротехнологічна характеристика моркви.
37. Механізований технологічний процес виробництва моркви.
38. Агротехнологічна характеристика цибулі.
39. Механізований технологічний процес виробництва цибулі.
40. Агротехнологічна характеристика томатів.
41. Механізований технологічний процес виробництва томатів.
42. Агротехнологічна характеристика капусти.
43. Механізований технологічний процес виробництва капусти.
44. Агротехнологічна характеристика огірків.
45. Механізований технологічний процес виробництва огірків.
46. Суть технології no-till.
47. Ідеологія технології no-till.
48. Головні переваги технології no-till.
49. Системний підхід до запровадження технології no-till.
50. Технічна система технології no-till.

## РОЗДІЛ V

### ОСНОВИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

#### 5.1. Система точного землеробства – основа управління агробіологічним потенціалом поля

Одна з головних рис сучасного стану землеробства в Україні – реструктуризація форм власності на землю та засоби виробництва сільськогосподарської продукції. Процес реструктуризації характеризується підвищенням відповідальності господаря землі за результати своєї діяльності як в аспекті фінансово-виробничої діяльності, так і збереження родючості ґрунтів і навколишнього середовища. Це потребує застосування нових систем ведення сільськогосподарського виробництва. Сучасний стан землеробства у більшості країн з високим рівнем розвитку сільського господарства (США, Канада, Німеччина та інші) свідчить про стійку тенденцію застосування *системи точного землеробства* – високоінтегрованої системи аналізу і синтезу технологій вирощування сільськогосподарських культур та їх керуванням.

Суть застосування системи точного землеробства полягає в тому, що кожен рік з сільськогосподарського поля збираються два «врожаї» – біологічний та інформаційний. Обидва «врожаї» пов'язані між собою в часі та просторі.

Система точного землеробства зародилася в США близько 20 років тому після того, як уряд дозволив використовувати геовизначену інформацію з 24 військових супутників (супутники були спроектовані та виготовлені фірмою Rockwell) у цивільних цілях. Для цивільного користувача відкрився доступ до глобальної системи позиціонування – ГСП (рис. 5.1).

Користувач такої системи має можливість зв'язатися з супутником і отримати інформацію з географічних координат свого місцезнаходження, швидкості переміщення і точного часу. Основна проблема точної навігації мобільних сільськогосподарських агрегатів пов'язана з тим, що дані про координати, що їх надають радіонавігаційні ГСП-супутники в трьох вимірах (широта, довгота і висота) в реальному часі і реальних світових координатах, несуть в собі декласифікаційні викривлення, які знижують точність визначення місцезнаходження до величини близько  $\pm 50$  метрів. Такий діапазон похибки визначення координат машинно-тракторного агрегату (МТА) в полі для ведення точного землеробства неприйнятний. Тому, використовують технологію диференційної ГСП, яка включає в себе систему наземних стаціонарних станцій, які обчислюють різ-



ницю між реальною (відомаю для цієї станції) і визначеною з супутників позиціями і передають цей сигнал корекції в ефір. Система ДГСП рухомого об'єкта приймає цей сигнал і декласифікаційні викривлення знімаються. ДГСП може забезпечити точність позиціонування в межах декількох сантиметрів, що достатньо для реалізації мети точного землеробства.



**Рис. 5.1. Схема глобальної системи позиціонування**

Наявність геовизначеної інформації про стан поля дозволяє знайти точні шляхи для зниження витрат на виробництво сільськогосподарської продукції та збільшення прибутків. Система точного землеробства дозволяє «бачити» окремі рівні картограм поля, а також аналізувати їх комбінації і таким чином визначати коротко- та довгострокову стратегію організації землеробства на конкретному полі. Така система організації землеробства забезпечує економію технологічних матеріалів (органічних та мінеральних добрив, насіння, пестицидів тощо) та енерговитрат на усіх технологічних операціях. Таким чином, за рахунок докорінного вдосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур система точного землеробства забезпечує оптимізацію процесів виробництва продукції рослинництва.

Загальновідомо, що кінцевою метою сільськогосподарського виробника є отримання максимального урожаю за належного збереження родючості ґрунту та екологічного стану середовища. При цьому урожай є результат дії цілої низки факторів, таких як світло, тепло, повітря, волога, стан ґрунту (твердість, щільність), рівень на-

явності поживних речовин тощо, а також дії механізованих операцій з обробітку ґрунту, внесення добрив, пестицидів, сівки тощо.

Якщо взяти окреме поле, то кількісне оцінювання вищеназваних факторів є змінною величиною і вона залежить від конкретної точки (місця) на полі. Тобто в одних місцях поля умови для росту і розвитку рослин кращі, в інших – гірші. Оскільки рослина не може сама для себе вибирати краще місце на полі, то виникає потреба створити для неї штучні оптимальні умови. Для створення таких умов необхідно знати кількісну оцінку названих факторів в конкретній точці поля. Існують різні методи визначення кількісного оцінювання фізико-механічних властивостей ґрунту – вологості, твердості, поживних речовин та ін. Більшість з цих методів пов'язана з відбором проб ґрунту у вузлах решітки, якою «накривають» поле. Разом з тим такі методи не можуть забезпечити необхідну достовірність показників в конкретній точці поля, оскільки визначається середнє значення через обмежену кількість точок на полі. Побудувати карту поля з вищеназваних факторів існуючими методами практично неможливо через велику трудомісткість цих операцій і, відповідно, великих фінансових витрат (витрати на одну пробу визначення рівня поживних речовин становлять близько 60 гривень).

Для комплексного вирішення вищеназваної проблеми доцільно застосовувати місцевизначені технології вирощування сільськогосподарських культур, які дозволяють здійснювати кількісне оцінювання природних факторів в кожній точці поля, записувати цю геовизначену інформацію на магнітні носії, аналізувати її та після цього змінювати параметри факторів в кожній конкретній точці. Все це дає можливість створювати оптимальні умови розвитку рослин на такому полі і, відповідно, отримувати максимальний урожай.

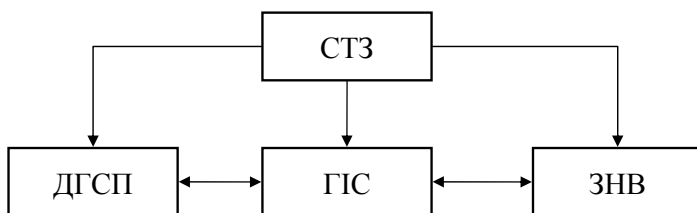
Завдяки застосуванню таких технологій з року в рік накопичуватиметься інформація про стан поля і з'являтиметься можливість встановлювати «діагноз» стану поля та приймати правильні, обґрунтовані рішення щодо ефективного його використання.

Для забезпечення функціонування СТЗ застосовують глобальну систему позиціонування (ГСП) та географічну інформаційну систему (ГІС). Структурну схему СТЗ зображено на рис. 5.2.

Традиційно, керування урожаєм базується на понятті «ціле поле». Такий підхід означає, що норма внесення всіх технологічних матеріалів, які вносяться (насення, добрива, пестициди тощо), застосовуються як «однорідна ковдра» до всього поля.

У разі великих розмірів поля чинники, що впливають на рівень урожаю (тип ґрунту, рівень поживних речовин, мікроелементи) варіюють великою мірою. Це приводить до «витратного» ве-

дення сільського господарства особливо тоді, коли вносяться дорогі технологічні матеріали з метою підвищення урожаю, наприклад стимулятори росту або концентровані поживні речовини. Спеціалізоване обладнання для точного землеробства дозволяє планово змінювати норми технологічних матеріалів, які вносяться, відповідно до умов кожної конкретної ділянки поля.



**Рис. 5.2. Структурна схема системи точного землеробства**

Природно, що введення нових елементів у сільськогосподарське виробництво вимагає додаткових витрат. Однак, гармонізація взаємодії сільськогосподарської техніки з робочим та навколишнім середовищем, а також оптимізація витрат технологічних матеріалів, які вносяться і додатковий урожай дозволяють отримати вигоду від точного землеробства. За даними компанії Crop Technology, Inc. (USA) застосування технології змінних норм внесення дозволяє збільшити на 35...120 доларів чистий прибуток з гектара площі зернового поля щорічно. Мета точного землеробства – максимізувати прибутки від виробництва продукції рільництва і, отже, отримати максимальну продуктивність за найменших витрат.

*Система точного землеробства – новий індустріальний крок у землеробстві.*

## **5.2. Основні поняття та визначення системи точного землеробства**

Аналіз наукової та виробничої сфер діяльності суспільства свідчить про безперервний процес удосконалення засобів і знарядь виробництва та умов праці виробника. Цей процес підпорядковується законам розвитку живої і неживої матерії. Таким чином розвиток (як поняття), передбачає цілеспрямовані, незворотні зміни на краще в техніці та технології виробництва продукції взагалі і сільськогосподарської зокрема. Саме тому сучасний рівень розвитку су-

спільства характеризується чіткою тенденцією зрушень в бік так званих високих технологій. Для тих, хто живе і працює у високорозвинених країнах і зайнятий у сфері сільського господарства, система точного землеробства стала філософією їх професійної діяльності та сходинкою до нового, більш високого рівня культури землеробства.

Для правильного розуміння мети, завдань і проблем точного землеробства, необхідно знати тлумачення основних термінів СТЗ. Нижче наведені терміни та їх тлумачення в порядку, що відповідає частоті їх вживання в літературних джерелах (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Терміни системи точного землеробства  
та їх тлумачення**

Термін		Тлумачення терміна
міжнародної практики	вітчизняний	
1	2	3
Precision Farming, Precision Agriculture	Точне землеробство	Практичне застосування норм (доз) внесення технологічних матеріалів у відповідності до унікальних особливостей кожної елементарної ділянки поля.
Site-Specific Farming	Місцевизначене землеробство	Поняття дуже близьке до значення точного землеробства; підкреслює специфічну визначеність кожної елементарної ділянки поля в СТЗ.
GPS (Global Positioning System)	ГСП (глобальна система позиціонування)	Радіонавігаційна супутникова система для визначення місцезнаходження стаціонарних і мобільних об'єктів в трьох світових координатах: довготі, широті та висоті з точністю в межах декількох десятків метрів. ГСП допомагає знайти необхідну точку з визначеною точністю.
		(Звернути увагу, що термін «GPS» (ГСП) часто використовується неправильно і часто, щоб ідентифікувати Точне землеробство. GPS – тільки один з елементів СТЗ).
DGPS (Differential Global Positioning System)	ДГСП (диференційна Глобальна система позиціонування)	Скоригована за спеціальною методикою радіонавігаційна супутникова система для визначення місцезнаходження стаціонарних і мобільних об'єктів в світових координатах з точністю в межах декількох десятків сантиметрів.

Продовження табл. 5.1

1	2	3
GIS (Geographic information system)	ГІС (географічна інформаційна система)	Система комп'ютерних апаратних засобів, програмного забезпечення і заходів, розроблених для аналізу та просторового відображення місцевизначених даних з певних характеристик полів для планування і керування сільським господарством.
VRT (Variable rate technology) *	ЗНВ (технологія змінних норм внесення)	Технологія, що реалізується за допомогою спеціального обладнання для зміни норм внесення технологічних матеріалів (добрив, насіння, пестицидів і т.д.) відповідно до особливостей кожної елементарної ділянки поля.
Base Map	Базова карта	Геовизначена карта поля з необхідними даними, що використовується як основа для розміщення даних з місцевизначених характеристик.
Thematic map	Тематична карта	Геовизначена карта, що побудована за конкретними даними з місцевизначених характеристик поля. Ці карти містять в собі інформацію з урожаю, типу ґрунту, внесення добрив, пестицидів тощо.
Layer	Рівень	Логічний розподіл загальної інформації карти поля на тематичні рівні, наприклад, рельєф, шляхи, урожайність, тип ґрунту, поживні речовини тощо.
Map Merge	Об'єднання карт	Перетворення двох і більше карт поля в одну, узгоджену в координатах.
Map Stacking**	Пошарове розміщення карт	Розташування карт одна над другою з метою розробки стратегії однопрохідного багатифункціонального внесення технологічних матеріалів із змінною нормою.
Database	База даних	Логічна сукупність даних з місцевизначених характеристик поля, що керується як модуль характеристик поля.
Grid	Сітка	Організація розміщення даних, що містяться в елементарних ділянках поля або осередках комірок сітки, якою «накривається» поле.
Soil Sampling	Збір проб ґрунту	Процес взяття проб ґрунту на елементарних ділянках поля або в осередках комірок сітки, якою «накривається» поле.

Закінчення табл. 5.1

1	2	3
Grid Mapping	Зображення карти з сіткою	Відображення структури даних, що містяться в елементарних ділянках поля або осередках комірок сітки, як карти з певних характеристик поля.
Yield Monitoring	Контроль урожаю	Визначення урожаю в кожній елементарній ділянці поля.
Crop Scouting	Польова розвідка	Точні оцінювання наявного місцевизначеного урожаю та місцевизначеної популяції шкідників і хвороб.
Aerial photography	Аерофото-зйомка	Фотографування поверхні землі з літаків з метою визначення змін в області, наприклад, полі.
Lat/lon (Latitude and Longitude)	Широта та довгота	Широта та довгота описують позицію об'єкта на земній кулі. Широта – з півночі до південної позиції. Довгота – зі сходу до західної позиції. Точні позиції описані в градусах, хвилинах і секундах.
Remote sensing	Дистанційний контроль	Ідентифікація об'єкта або низки об'єктів без прямого контакту датчика з ними.

### 5.3. Методи реалізації точного землеробства

Застосовують два основних методи реалізації точного землеробства. Кожен з цих методів має свої унікальні особливості та характерні риси. Хоча відразу треба зазначити, що широко використовується і комбінація цих двох методів.

Перший з цих методів базується на побудові карт параметрів поля – карт-технологія – таких як тип ґрунту, поживні речовини, вологість, щільність, план внесення технологічних матеріалів тощо. Цей метод включає наступні кроки:

- збір проб ґрунту відповідно до сітки;
- лабораторні аналізи проб ґрунту;
- побудова місцевизначених карт поля;
- використання цих карт для керування механізованими процесами змінних норм внесення (рис. 5.3).

Між усіма цими кроками існує зв'язок у часі та просторі через глобальну систему позиціонування – ідентифікація геовизначеного положення машинно-тракторного агрегату в полі.

Другий метод – сенсор-технологія – базується на тому, що використовують датчики (сенсори) параметрів поля, що діють в реальному часі. Такі датчики вимірюють необхідні параметри

(частіше всього це параметри ґрунту) «на ходу» і передають сигнали на спеціальні силові пристрої, які керують технологічними режимами робочих органів машин для змінних норм внесення – посівних і садильних машин, машин для внесення добрив, для захисту рослин тощо.

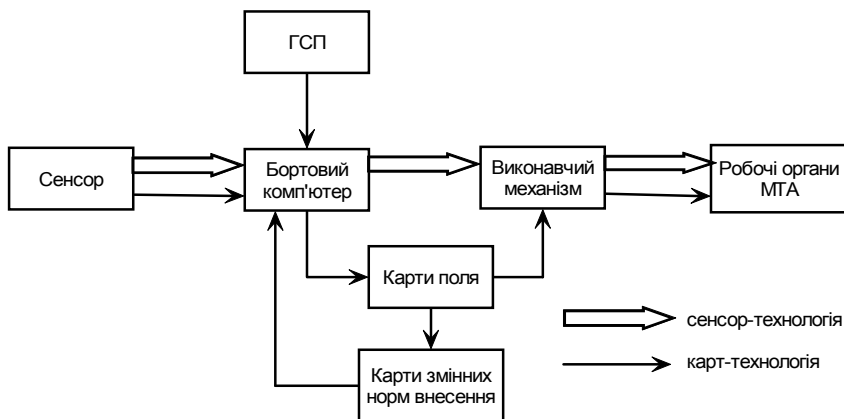


Рис. 5.3. Структурна схема реалізації системи точного землеробства

#### 5.4. Карт-технологія

Карт-технологія набула широкого застосування. Її привабливість обумовлена високим рівнем достовірності у визначенні величин місцевизначених параметрів ґрунту, таких як стан поживних речовин (NPK), кислотність (pH), вологість, щільність тощо, а також можливістю ретельного та всебічного аналізу цих даних в лабораторних умовах з наступною підготовкою електронного варіанта картограми технологічних внесень (рис. 5.4).

Наприклад, у разі використання карт-технології, картограми заданих норм внесень технологічного матеріалу формуються на підставі баз місцевизначених даних попередніх сезонів виробництва сільськогосподарських культур на певному полі. Це можуть бути дані з урожайності, рівня поживних речовин, параметрів фізико-механічного стану ґрунту тощо.

Спираючись на ці дані, з урахуванням існуючих алгоритмів розрахунку оптимальних норм технологічних внесень, будують картограми таких внесень, які є основою для керування машин-реалізаторів на наступних технологічних операціях. Зрозуміло, що

на кожному етапі побудови картограм технологічних внесень додається певна помилка щодо координат і величин, діючих в кожній точці конкретного поля, місцевизначених параметрів. Наприклад, викривлення координат і величин місцевизначених параметрів за загальноприйнятою методикою побудови картограми урожайності зернових відбувається на таких етапах, як: формування і приймання сигналів ГСП, обчислення координат комбайна в полі, динаміка руху зернової суміші робочими органами комбайна, робота датчиків і обладнання системи картографування урожайності, проведення постопераційних процесів тощо (рис. 5.5).

У подальшому інформація з подібних картограм бере участь у формуванні картограм технологічних внесень і, з урахуванням нагромадження помилок усіх згаданих чинників, подібна картограма внесень може стати джерелом помилок під час керування нормою внесень технологічних матеріалів. Таке керування не буде повною мірою адекватним агробіологічним умовам конкретної ділянки поля. Помилка в тлумаченні рівня необхідної норми внесень технологічних матеріалів може сягати 25-30% від середньої величини норми внесень. Виходячи з цього можна зробити висновок, що карт-технологія точного землеробства знаходяться тільки в процесі підходу до дійсно «точного» керування агробіологічним станом сільськогосподарського поля.

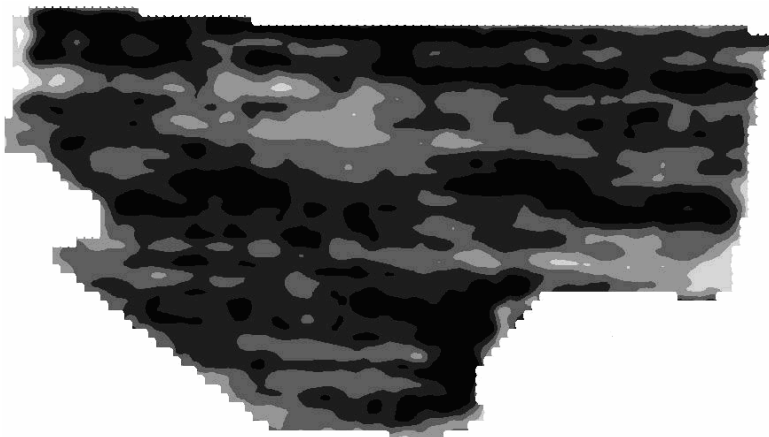
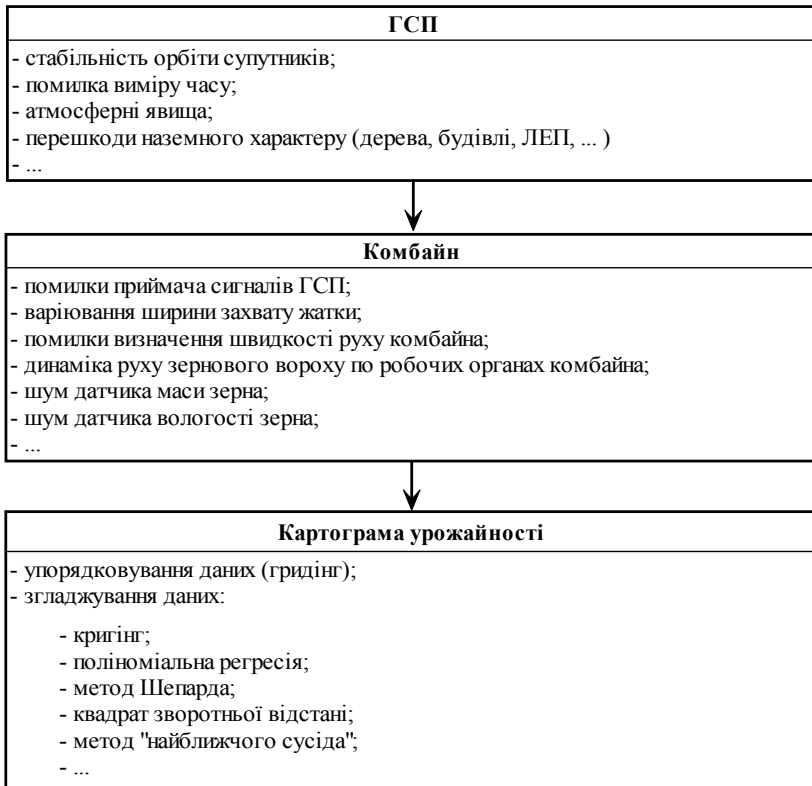


Рис. 5.4. Картограма місцевизначених параметрів





**Рис. 5.5. Послідовність накопичення помилок під час складання картограми урожайності**

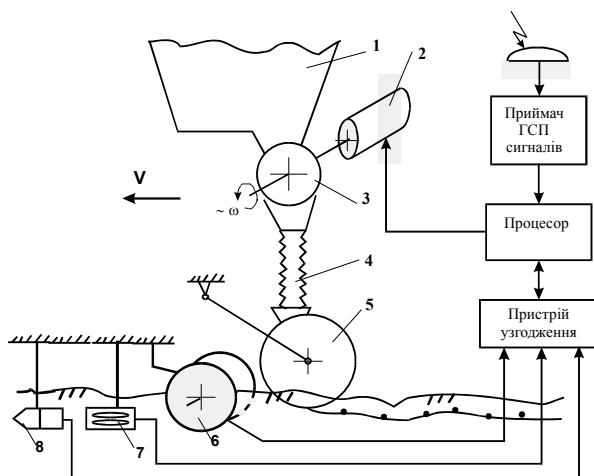
## 5.5. Сенсор-технологія

Дані з координат місцезнаходження машинно-тракторного агрегату в полі необхідні для аналізу технологічного стану поля і можливості повернення МТА у будь-яку точку поля з відомими координатами для реалізації необхідної норми внесення. Але, якщо МТА для внесення технологічних матеріалів у певний момент вже знаходиться в певній точці поля, то за умови оперативного (в реальному часі) визначення параметрів технологічного стану поля можливо використати цю інформацію для реалізації змінної норми

внесення «за місцем». У такому випадку відпадає необхідність в системах позиціонування. Це і є сутністю сенсор-технології.

Розглянемо схему реалізації сенсор-технології на прикладі сівби сільськогосподарських культур.

Головною відмінною рисою сенсор-технології для точного землеробства на сівбі є те, що опорне колесо сівалки втрачає функції механічного приводу висівних (і туковисівних) апаратів. Функції контролю та регулювання нормою висіву насіння передаються датчиком 6, 7, 8 (рис. 5.6), які аналізують стан ґрунту і подають в реальному часі на процесор інформацію про необхідну в цю мить для цієї точки поля норму висіву насіння. Процесор, відповідно до закладеного програмного забезпечення, випрацьовує керуючий сигнал, що передається на виконавчий пристрій 2.



**Рис. 5.6. Сенсор-технологія на сівбі сільськогосподарських культур:**

- 1 – зерновий бункер; 2 – виконавчий пристрій; 3 – висівний апарат;  
4 – насіннєпровід; 5 – сошник; 6, 7, 8, – датчики фізико-технологічного стану поля

## 5.6. Методи збору і аналізу місцевизначених параметрів поля

Використовують два основних методи вибірки ґрунту на аналіз:

- метод «сітки»;
- метод «типу ґрунту».

Здійснення методу сітки засновано на розподілі поля на прямокутники чи квадрати розміром 0,3...1 га. Фермер робить вибірку з кожного осередку і посилає проби в лабораторію для аналізу. Ціль цього підходу – оцінити потребу в питомих речовинах ґрунту в масштабі менше ніж усі поле. Можна використовувати два способи для здійснення методу сітки:

- спосіб центра сітки;
- спосіб осередку сітки.

Ціль методу центра сітки полягає в тому, щоб виміряти рівні питомих речовин у центрі осередку сітки. Під час здійснення вибірки, використовують ГСП-системи, щоб точно визначити центр кожної комірки сітки під час проходження через поле. Після досягнення центра осередку сітки береться проба ґрунту і записуються координати.

Метод осередку сітки дуже подібний попередньому за винятком того, що кожна комірка сітки розбивається на набагато менші частини, де беруться проби ґрунту і після їх лабораторного аналізу дані усереднюються. Тобто, кілька вибірок з середини кожного осередку об'єднуються в одну складену вибірку осередку. Таким чином, обробляється весь осередок сітки в припущенні однакових властивостей ґрунту.

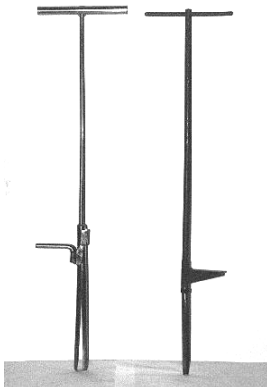
Основою до методу «тип ґрунту» є вибірки відповідно до типу ґрунту. Фермер робить ті самі процедури вибірки, що описані вище, однак, замість сліпого використання однорідної сітки, він використовує оглядові карти ґрунту, щоб вибрати розташування вибірок. Кілька вибірок об'єднуються з кожної ділянки різного типу ґрунту. Цей метод здійснюється за вибірками з різних ділянок поля.

## **5.7. Визначення вмісту поживних елементів у ґрунті**

Місцевизначеними параметрами ґрунту вважаються ті фактори, які впливають на його родючість і урожайність певної культури. До них слід віднести агрохімічні: наявність в ґрунті поживних речовин азоту (N), фосфору ( $P_2O_5$ ) і калію ( $K_2O$ ); кислотність ґрунту рН та інші, а також фізико-механічні характеристики ґрунту: вологість, щільність, твердість. Особливістю цих параметрів є те, що їх величини на одному і тому самому полі є змінними величинами.

Для визначення рівня поживних елементів проводиться відбір зразків ґрунту. Перед взяттям зразків ґрунту поле розподіляється на ділянки площею близько 2500 м<sup>2</sup> (50х50 м). Відбір зразків ґрунту проводиться, наприклад, в міжряддях, за віссю ділянки вздовж гону.

Для взяття зразків ґрунту використовуються бури-щупи (рис. 5.7) з об'ємом зразка ґрунту 10 см<sup>3</sup>.



**Рис. 5.7. Бури-щупи для взяття зразків ґрунту**

Зразки ґрунту після висушування та подрібнення піддаються аналізу. Мінеральні сполуки азоту в ґрунті, що засвоюються рослинами, існують у вигляді амонію  $\text{NH}_4^+$  та нітратів  $\text{NO}_3^-$ . Амонійний азот у ґрунті визначається калориметричним методом з допомогою реактиву Несслера після витяжки з ґрунту нейтральною сіллю  $\text{KCl}$  за співвідношення маси ґрунту до розчину, як 1:2,5. Визначивши амоній перераховують його на азот.

Нітрати визначають, зазвичай, потенціометричним способом за допомогою іонметра з використанням іоноселективного електроду  $\text{EM-NO}_3$  на РН-340 в суспензії алюмокалієвих галунів за співвідношення ґрунту до алюмокалієвих галунів, як 1:2,5. Вміст нітратів також перераховують на азот (N). Мінеральний азот в сполуках  $\text{NH}_4^+$  і  $\text{NO}_3^-$  складають і розраховують в мг на 100 г ґрунту.

Рухомий фосфор визначають за методом Чирікова в модифікації ЦІНАО фотоколориметричним способом у витяжці  $0,5\text{CH}_3\text{COOH}$  за співвідношення ґрунту до кислоти як 1:25 за Деніже в модифікації Левицького.

Вміст рухомого (обмінного) калію ( $\text{K}_2\text{O}$ ) визначають у витяжці  $0,5\text{CH}_3\text{COOH}$  (за Чиріковим) за співвідношення ґрунту до оцтової кислоти, як 1:25 полум'янофотометричним методом на Flafo-4. Калій під час дослідів виділяє промені з певною довжиною хвилі. Ці хвилі проходять через інтерфераційні світлофільтри і потрапляють на фотоеlement, який перетворює світлову енергію в електричну. Інтенсивність випромінювання зв'язана з величиною струму. Вміст сполуки  $\text{K}_2\text{O}$  у ґрунті вираховується шляхом порівняння з шкалою зразкових розчинників. Розрахунки проводять в мг на 100 г ґрунту.

## 5.8. Побудова картограм місцевизначених параметрів ґрунту

Побудова картограм місцевизначених параметрів, в тому числі і параметрів ґрунту, пов'язана з підготовкою і наступним аналізом масивів експериментальних даних. Після проведення лабораторно-польових досліджень, маємо числові характеристики агрохімічних параметрів поля, кількісне та якісне оцінювання яких прив'язана до штучної координатної сітки поля, або до світових координат.

Прив'язка до світових координат дає можливість визначати агротехнологічні та агрохімічні властивості полів, як місцевизначену інформацію. За певних умов інформаційні дані кожної проби ґрунту можуть бути розподіленими на площі поля нерівномірно. Наприклад, маємо умовне поле розміром 1000 на 1000 метрів з величини умовного параметра ґрунту в експериментальних точках (рис. 5.8 і 5.9).

Для того, щоб побудувати картограму умовного параметра поля, необхідно розподілити інформацію експериментальних точок між вузлами рівномірної решітки, якою «накривають» поле (б), тобто провести інтерполяцію даних. Після операції інтерполяції можливо переходити до побудови картограми. На рис. 5.10 показано, як приклад, картограми рівня поживних речовин в ґрунті поля № 4 корпорації «Інтеграгросистема», село Данилівка Менського району Чернігівської області.

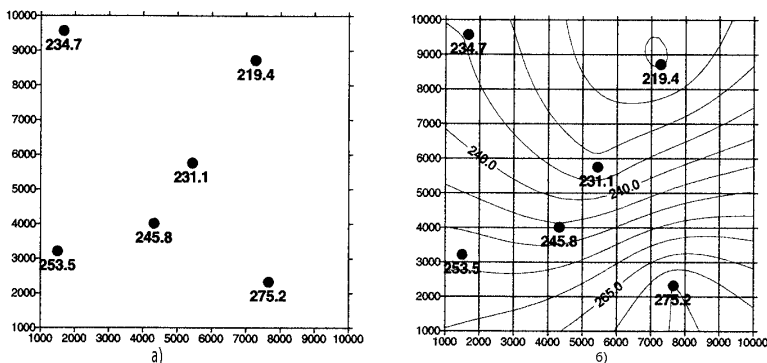
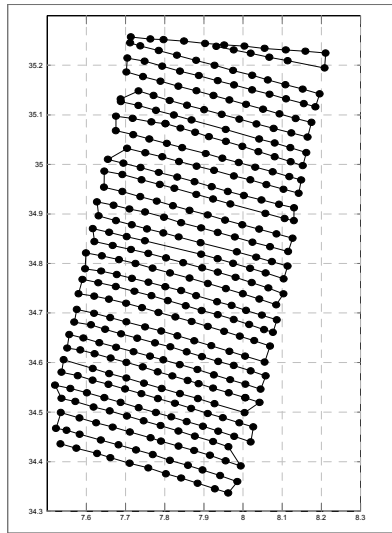


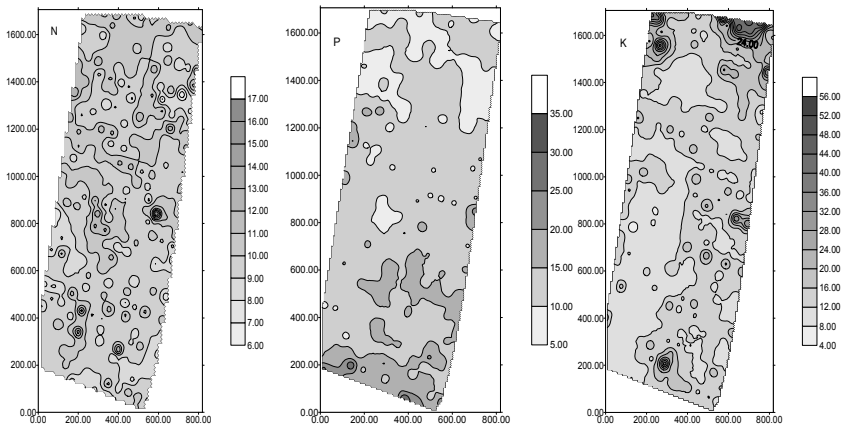
Рис. 5.8. Схема утворення рівномірно розподілених даних під час побудови картограм параметрів поля:

а – експериментальні точки і величини параметрів у них;

б – вузли координатної решітки поля



**Рис. 5.9. Схема реальних точок місцевизначеного  
взяття проб ґрунту на полі**



**Рис. 5.10. Картограми рівня поживних речовин в ґрунті  
(азот, фосфор, калій – відповідно), в мг/100 г. ґрунту. Поле № 4  
корпорації «Інтерагросистема», село Данилівка  
Менського району Чернігівської області**

## 5.9. Картографування урожайності зернових

Під час проведення картографування урожайності сільськогосподарських культур, виходять з умови, що центрами окремих невеликих (елементарних) ділянок поля приймають прямокутники, одна сторона яких є шириною захвату жатки комбайна, а друга – шлях, пройдений комбайном за 1,2 с. Світові координати цих точок поля, тобто центрів ділянок (широта і довгота) визначалися за допомогою комплексу обладнання глобальної системи позиціонування.

Урожайність на елементарній ділянці поля визначається шляхом ділення маси зібраного зерна на площу цієї ділянки. Дані про масу зерна, зібраного з елементарної ділянки, фіксуються датчиком маси зерна і разом з даними про розмір ділянок надходять до бортового комп'ютера комбайна (рис. 5.11).

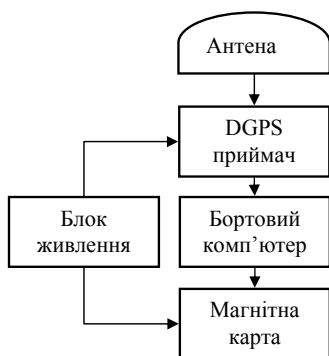


Рис. 5.11. Схема комплексу обладнання для запису координат машинно-тракторного агрегату в польових умовах

**Моніторинг урожайності зернових культур** – це система заходів, спрямованих на формування масивів місцевизначених даних урожайності на елементарних ділянках полів і побудову на базі цієї інформації картограм урожайності.

Для формування таких масивів місцевизначених даних необхідно мати наступну інформацію:

- про точне місцезнаходження (в світових координатах) зернозбирального комбайна в кожний момент часу його роботи;
- про урожайність на елементарних ділянках поля площею

$$S = BL, \quad (5.1)$$

де  $B$  – ширина захвату жатки комбайна, м;  $L$  – відстань (за ходом комбайна) між двома послідовними точками, в яких фіксується місцезнаходження комбайна, м.

Отже, для проведення досліджень з моніторингу урожайності зернових культур необхідно мати обладнання, до складу якого входить апаратура (рис. 5.11) для визначення місцезнаходження комбайна в полі і визначення урожайності на елементарних ділянках поля.

Розглянемо структуру подібного обладнання на прикладі системи Field Star, яка встановлюється на комбайнах Massey Ferguson.

Комплект апаратури Field Star для визначення місцезнаходження комбайна в полі включає в себе приймальну антену ДГСП – сигналу, що встановлюється на кабіні комбайна (рис. 5.12).

ДГСП-сигнали, прийняті антеною, обробляються бортовим комп'ютером комбайна у складі контрольного дисплея і системного блоку. Інформація про місцезнаходження комбайна в полі у світових координатах (широта, довгота) виводиться на екран контрольного дисплею, а також записується на магнітний носій – флешкарту.



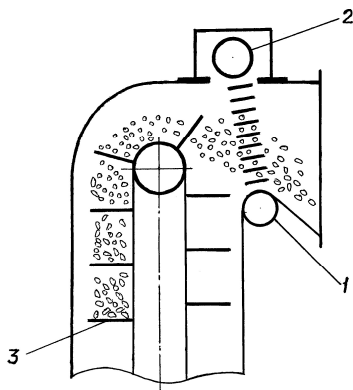
**Рис. 5.12. Установка приймальної антени ДГСП-сигнала на зернозбиральному комбайні MF-38**

Для визначення урожайності на елементарних ділянках поля використовується датчик маси зерна, який складається з джерела  $\gamma$ -випромінювання 1 і детектора 2 (рис. 5.13).

Джерелом  $\gamma$ -випромінювання є контейнер з радіоактивним елементом Americium-241. Контейнер має екран, який дає змогу утворювати нормальний потік  $\gamma$ -променів тільки в напрямку детектора. Випромінювання в усіх інших напрямках заекрановане. Рі-

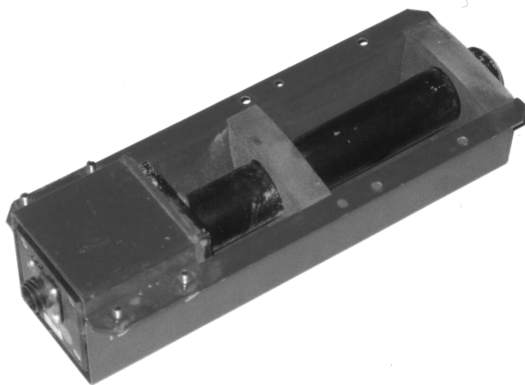


вень радіаційного випромінювання у разі застосування такого датчика не становить загрози здоров'ю людини (рис. 5.14).



**Рис. 5.13. Схема функціонування датчика маси зерна Massey Ferguson:**

1 – джерело  $\gamma$ -випромінювання; 2 – детектор ; 3 – зерновий елеватор



**Рис. 5.14. Детектор датчика маси зерна**

Детектор реєструє потік радіаційного випромінювання, який проходить через горловину зернового елеватора.

Визначення маси зерна базується на вимірюванні величини потоку радіоактивного випромінювання з урахуванням того, що ослаблення цього потоку пропорційне масі зерна, яка проходить

між джерелом  $\gamma$ -випромінювання і детектором. Точність визначення маси зерна датчиком становить  $\pm 0,5\%$ .

Швидкість руху комбайна контролюється за спідометром, який зв'язаний з вихідним валом коробки переміни передач комбайна.

Положення жатки комбайна за висотою контролюється датчиком підйому жатки. У разі підняття жатки вище 50 см над поверхнею ґрунту, тобто коли процес збирання припинено, система Field Star не працює.

Числові значення урожайності на елементарних ділянках поля, що зафіксовані комп'ютером, складають масиви даних для побудови картограм урожайності на полі. Обробка та аналіз масивів урожайності зернових здійснюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Введення даних в цю програму здійснюється, в свою чергу, у стандартному форматі представлення даних NMEA. Цей формат включає дані про час, місце знаходження (фіксовані дані для ГСП приймача), параметри технологічної операції.

На прикладі нижче показано картограму урожайності озимої пшениці (рис. 5.15). Як бачимо, рівень урожаю цього поля змінюється від 3,9 т/га до 8,6 т/га – варіація в 62% щодо середньої врожайності. Внесення технологічних матеріалів (далі просте внесення) проводилося в традиційній формі (з сталою нормою).

Результати картографування врожаю, що виражені у вигляді гістограми (рис. 5.15), показують, що тільки 20% поля перебувають в межах середньої урожайності 7,5 т/га. Це дає привід до роздумів, як розподіляти внесені матеріали відповідно до отриманої карти врожаю.

Як бачимо, карти технологічного стану поля є зв'язувальними ланками в ланцюгу механізованих технологічних операцій, що становлять технологічний процес. Кожна карта технологічного стану поля подається у вигляді контурних (або спектральних) кольорових графіків. Таке графічне подання даних полегшує сприйняття інформації, але водночас ускладнює математичний аналіз карт поля. Тому спектральні карти технологічного стану поля трансформують у тримірні поверхні (рис. 5.16).

Трансформація карт технологічного стану поля у тримірні поверхні дає можливість застосувати певний математичний апарат для аналізу зв'язків між різними картами технологічного стану поля та їх взаємного впливу.

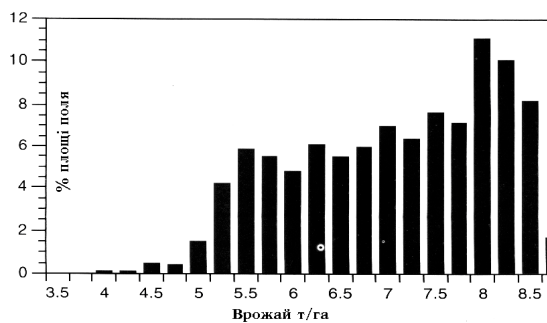
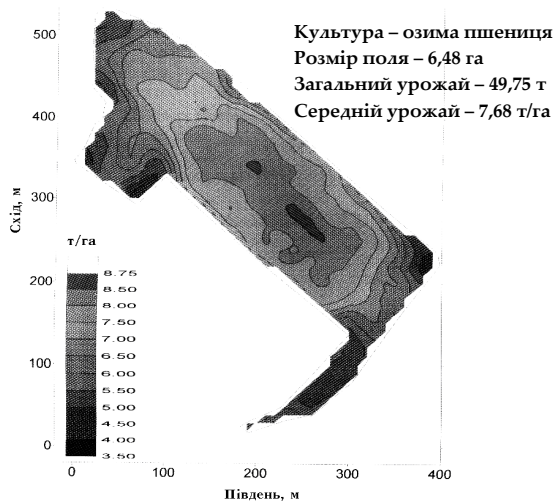


Рис. 5.15. Картограма урожайності озимої пшениці та гістограма розподілу

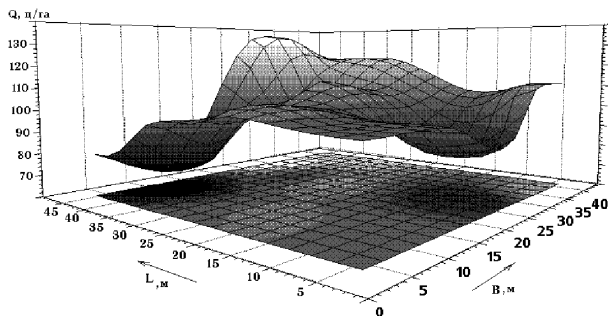


Рис. 5.16. Величина врожаю кукурудзи на зерно як функція площі поля

## 5.10. Технології змінних норм внесення технологічних матеріалів

Технології змінних норм внесення (ЗНВ) добрив, пестицидів, висіву насіння реалізуються під час руху агрегату на полі. Роботи із змінними нормами проводяться, зазвичай, відповідно до спеціального плану (карти) технологічних внесень, що складається на підставі місцевизначеної інформації про стан поля і даних з моніторингу урожайності попередніх сільськогосподарських сезонів.

Розглянемо сутність застосування технологій ЗНВ на прикладі роботи посівних машин.

Посівні машини належать до класу машин-реалізаторів. Одночасно з традиційними завданнями виконання агротехнічних вимог до сівби тієї або іншої культури, сівалки, у разі їх застосування в точному землеробстві, мають ще виконувати завдання реалізації електронних картограм (планів) сівби, які синтезовані на підставі алгоритмів оптимального співвідношення між агробіологічним потенціалом елементарних ділянок поля і нормою сівби. Схеми формування і реалізації картограм сівби представлені нижче (рис. 5.17 і 5.18).

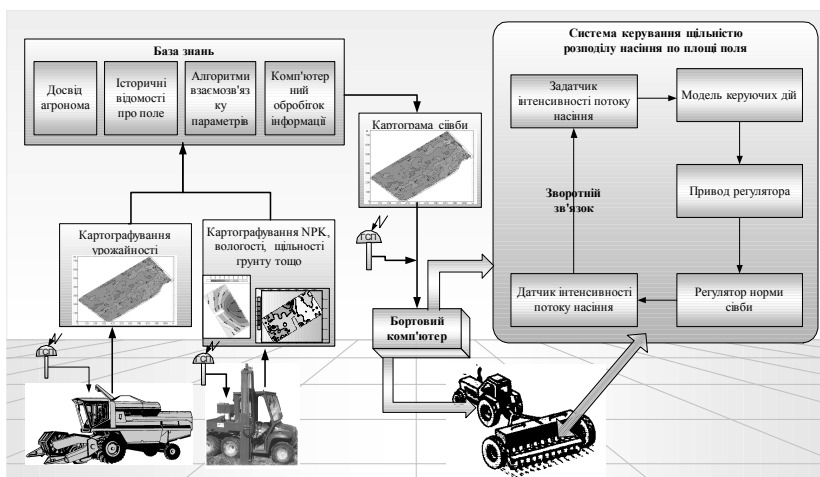
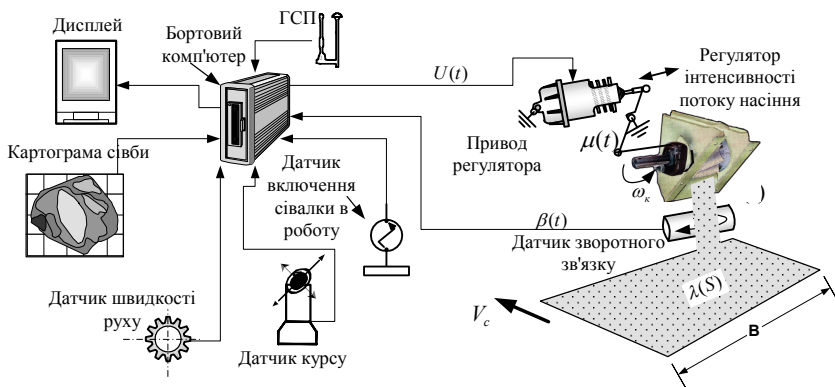


Рис. 5.17. Схема формування і реалізації картограми сівби



**Рис. 5.18. Схема обладнання для керування щільністю розподілу насіння на площі поля**

Наприклад, для зернової сівалки (типу СЗ-3,6А) регулювання норми сівки під час робочого процесу можливо здійснювати зміною частоти обертання вала котушок висівних апаратів або за рахунок зміни робочої довжини котушок. Останнє є більш простішим варіантом реалізації змінних норм сівки, тому що в цьому випадку базова конструкція сівалки потребує мінімальних змін. Функції обчислення інформації, що надходить від приймача ГСП, картограми сівки, датчиків кінематичного режиму руху МТА та зворотного зв'язку бере на себе бортовий комп'ютер, що має слот для магнітної картки з електронною картою сівки та можливість передавання інформації на дисплей для її графічного представлення. Дисплей дозволяє оперативне контролювати перебіг виконання технологічної операції сівки під час робочого процесу.

Зі схем бачимо, що у разі застосування СГМ в СТЗ, обов'язковим елементом додаткового обладнання є система визначення положення машинно-тракторного агрегату (МТА) в полі.

Для утворення регульованої щільності  $\lambda(S)$  розподілу насіння на площі поля, а разом з цим і інтенсивності потоку  $\lambda(t)$  необхідно мати апаратно-програмний комплекс спеціалізованого обладнання (див. рис. 5.18).

Якщо для реалізації технології застосовується ГСП, то з'являється можливість користуватися обчисленою інформацією не тільки про координати місцезнаходження МТА в полі, але і про швидкість його руху. Деякі приймачі ГСП (з субметровою точністю позиціонування) можуть дати точність визначення швидкості в межах 0,15...0,2 м/с. Практика використання обладнання ГСП на сільськогосподарських рухомих об'єктах свідчить, що досить часто виникає

ситуація з втратою сигналів з супутників. Пов'язано це з багатьма факторами, але основними з них є непередбачені атмосферні явища, викривлення радіосигналів за рахунок прийому відбитих променів, а також потрапляння МТА разом з приймальною антеною в зони «радіо тіней» від ліній електропередач, лісосмуг тощо. Втрата інформації про швидкість переміщення МТА може привести до зміни заданої норми сівби у недозволених межах. Тому досить широко використовується практика визначення швидкості руху МТА (пройденого шляху) за рахунок установлення на мостах ведучих (ведених) коліс МТА відповідних датчиків. Недоліками такого вимірювання є такі фактори, як зміна радіуса кочення колеса під час роботи машини, а також пробуксування та ковзання коліс по поверхню ґрунту.

З метою визначення швидкості руху машинно-тракторного агрегату використовуються, також, сенсори радарного типу. Точність роботи навіть добре відкаліброваного радарного сенсора великою мірою залежить від кількості та стану решток на поверхні поля і стану самої поверхні, що є обмежувальним моментом в його застосуванні. Наприклад, сенсор RSS (Raven Industries, США) має діапазон вимірювань від 0,22 до 31,1 м/с і похибку вимірювань близько 3%. У загальному, на етапах розробки спеціалізованого обладнання для існуючих сівалок, варто розглядати варіант визначення швидкості руху МТА в полі за рахунок опорного або додаткового («п'ятого») колеса як найбільш доцільний.

### **5.11. Характеристика системи точного землеробства AMS John Deere**

Компанія John Deere у 1998 році першою представила систему супутникового ведення сільського господарства AMS, робота якої базується на роботі сигналів 30 активних супутників. Супутники GPS передають сигнали, які дають можливість дізнатися про точне місцезнаходження приймача, встановленого на поверхні землі.

Системи точного землеробства GreenStar John Deere використовують апаратну частину, яка включає три компоненти для роботи з будь-яким прикладним програмним забезпеченням.

Апаратна частина системи складається з мобільного процесора, позиційної антени StarFire і дисплея GreenStar, які разом утворюють інтегровану систему, що працює на мобільній техніці: тракторі, комбайні, обприскувачі та іншій.

Другим ключовим елементом системи служать сигнали GPS, за допомогою яких визначаються координати. Компанія John Deere пропонує три типи сигналів: SF1 – точність від проходу до проходу

$\pm 30$  см; SF2 – точність від проходу до проходу  $\pm 10$  см; RTK – точність від проходу до проходу  $\pm 2$  см (рис. 5.19).

Приймач StarFire iTC (рис. 5.20) представляє собою двочастотний приймач диференціальної системи глобального позиціонування (DGPS), який приймає одночасно сигнали з 10 супутників системи GPS і сигнал, що подається мережею диференціального коректування John Deere. Приймач має вмонтований модуль корекції положення з врахуванням рельєфу, який автоматично коректує координати машини.

Система John Deere GreenStar використовує декілька типів сигналів, що дає можливість задовольняти різним вимогам до якості виконання операцій. Завдяки своїй універсальності, приймач StarFire/TC може працювати з сигналами різних рівнів точності (SF1; SF2; RTK). Крім того, він використовується як з системою водіння Parallel Tracking, так і з AutoTrac. Приймач StarFire/TC може бути встановлений на будь-який агрегат з електричним живленням напругою 12 В.



Рис. 5.19. Системи точного землеробства GreenStar John Deere



Рис. 5.20. Приймач StarFire iTC

Мобільний процесор (рис. 5.21) використовує карту пам'яті KeyCard, на яку попередньо записані різні програми: Parallel Tracking, Field Doc, і програма картографування урожайності. Процесор можна легко переставити з однієї машини на іншу. Під час використання програми комп'ютерного картографування процесор записує в карту пам'яті, призначену для комп'ютера, інформацію про поле, урожайність і координати машини.



**Рис. 5.21. Мобільний процесор**

У разі використання системи з кольоровим дисплеєм мобільний процесор не потрібен – він вже інтегрований в дисплей.

Програмні додатки GreenStar поставляються на карті KeyCard (зліва) (рис. 5.22). Для активації роботи системи необхідно вставити карточку в процесор і почати роботу.



**Рис. 5.22. Карти пам'яті KeyCard і Datacard**

Можна також додатково використати карту пам'яті Datacard (справа) (рис. 5.22). На карті пам'яті зберігається вся інформація картографування урожайності. Карта легко вставляється і вийма-



ється з мобільного процесора. Наприкінці кожного робочого дня можна вийняти карту з процесора і переносити дані на комп'ютер.

Дисплеї GreenStar (рис. 5.23). Компанія John Deere пропонує два типи дисплеїв: з чорно-білим і кольоровим екраном. Дисплей представляє можливість швидкого переглядання і знаходження необхідної інформації.

На дисплеї зображено інформацію про процес збирання (в тому числі урожайність, продуктивність, вологість, зібрана площа), під час сівби – культура, яка висівається, норма висіву; внесення добрив – норма внесення, а також швидкість руху, витрата палива. Один і той самий дисплей можна використовувати на всьому обладнанні: тракторах, комбайнах, самохідних обприскувачах та інших транспортних засобах.

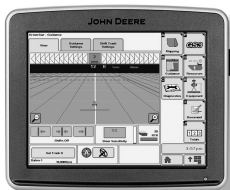


Рис. 5.23. Дисплей GreenStar

Компанія John Deere розробила принципово нову систему для збирання даних і автоматичного водіння GreenStar 2. До комплекту системи GreenStar 2 входить кольоровий дисплей (моделі 2100 і 2600 (рис. 5.24) і попередньо встановлене програмне забезпечення GreenStar Basics. Суттєвою відмінністю нових дисплеїв є відсутність необхідності замовляти мобільний процесор, оскільки він вже інтегрований в дисплей. Завдяки індивідуальному налаштуванню параметрів головної сторінки, є можливість відображати на екрані лише необхідну інформацію.



Рис. 5.24. Кольоровий дисплей – модель 2600

Нова система GreenStar 2 відкриває унікальні можливості водіння в польових умовах. Дисплей GreenStar 2100 має екран діагоналю 21 см. Діагональ дисплея GreenStar 2600 з сенсорним управлінням становить 26 см. Для обох конфігурацій використовується спеціальний матеріал поверхні екрана, який забезпечує чітку видимість в умовах мінливого освітлення. Кожна модель дисплея дозволяє вибрати один з двох видів відображення інформації – вид в проекції або вид зверху. Вид в проекції забезпечує огляд зверху і позаду знарядь і допомагає вести машину під час руху на полі. Вид зверху відкриває огляд машини, що працює в межах границі поля, з висоти пташиного польоту. І вид в проекції, і вид зверху показує в режимі реального часу місцезнаходження машини в полі, а у випадку, коли встановлено границі поля, виконується розрахунок відстані до точки повороту.

До комплекту поставки дисплеїв GreenStar моделей 2100 і 2600 входить нове встановлене програмне забезпечення GreenStar Basics. До складу комплекту GreenStar Basics входять наступні програми:

- програма FieldDoc з розширеними можливостями;
- плани робіт, складені з прив'язуванням до карт полів;
- система паралельного водіння Parallel Tracking;
- виведення карт на екран;
- карти фактичних даних оброблених площ;
- вид зверху положення транспортного засобу в полі;
- демонстрація границь поворотних смуг.

Нові функції збору даних забезпечують кольорове екранне картографування, яке дозволяє виконувати кольорове кодування кожного проходу в полі.

Дисплеї GreenStar 2100 і 2600 спільні з системою ISOBUS. Система ISOBUS дозволяє з допомогою одного терміналу управляти причіпними і начіпними машинами незалежно від їх марки (рис. 5.25).

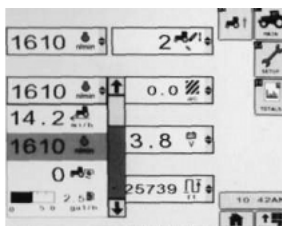


**Рис. 5.25. Трактор 7030 John Deere з дисплеєм GreenStar 2100 і системою ISOBUS під час роботи з прес-підбирачем**

GreenStar 2100 – перший термінал, який відповідає міжнародним стандартам ISO і пройшов тестування німецьким сільськогосподарським товариством DLG. Він простий у використанні, а швидкознімний роз'єм дозволяє легко і оперативно підключати знаряддя, спільні з ISOBUS.

Трактори серії 7030 і 8030 виробництва США, підготовлені для встановлення ISOBUS в базовій комплектації. На трактори серії 6030 і 7030 виробництва Німеччини можна встановити ISOBUS опціонально і користуватися обладнанням plug & play («підключи і працюй»).

Монітор продуктивності (рис. 5.26) має наступні характеристики. Інтеграція в дисплеї дозволяє економити витрати на купівлю додаткового монітора на спільній платформі.



**Рис. 5.26. Монітор продуктивності**

Графічне зображення експлуатаційних характеристик трактора наступне:

- робоча швидкість (миттєва/середня);
- продуктивність (миттєва/середня);
- навантаження на двигун (миттєве/середнє);
- сумарне і середнє значення: площа, відстань, робочий час і час простоїв;
- швидкість і продуктивність.

## **5.12. Проблеми та перспективи розвитку систем точного землеробства**

Загалом система точного землеробства є однією з найпривабливіших систем ведення сільського господарства з точки зору охорони навколишнього середовища і отримання додаткових прибутків від сільського господарства. Система точного землеробства сьогодні є цілісною, готовою до практичного застосування системою. Такі компанії як Amazone, John Deer, Massey Ferguson, Crop Technology та інші пропонують досить повний набір сільськогосподар-

ських машин і обладнання для СТЗ. З іншого боку, існує дуже багато невирішених проблем (точності навігації МТА та визначення місцезнаходження сільськогосподарських агрегатів в полі, надійності сенсор-технології і визначення параметрів ґрунту в реальному часі, точної побудови карт параметрів поля тощо). В Україні до вирішення подібних проблем тільки приступають. У першу чергу треба вивчити досвід застосування СТЗ в розвинених країнах світу, а також вирішити питання апробації окремих елементів СТЗ в умовах України. Надалі стоять завдання проведення фундаментальних теоретичних і експериментальних досліджень, які вимагають державного регулювання та координації і мають виконуватися в провідних сільськогосподарських навчальних та науково-дослідних закладах країни. Стає очевидним, що необхідно розробити комплексну програму поетапного впровадження системи точного землеробства в Україні.

Слід зазначити, що в Україні близько 40% собівартості продукції рослинництва складається з вартості сільськогосподарських машин, які використовуються під час виробництва певної культури. Застосування приладів для технологій СТЗ збільшує ціну машин, а разом з тим і собівартість продукції. Пов'язане це з введенням нових, необхідних для реалізації технологій СТЗ, елементів у виробництво сільськогосподарської продукції. Але витрати на додаткове обладнання, устаткування і програмне забезпечення компенсуються суттєвим покращенням культури землеробства і зниженням витрат на технологічні матеріали, що вносяться. Разом з цим необхідно шукати шляхи зниження загальної вартості сільськогосподарських машин для системи точного землеробства. Один з таких шляхів – пошук принципово нових технічних і технологічних рішень в конструюванні машин, гармонізація взаємодії сільськогосподарської техніки з робочим та навколишнім середовищем, а також мінімізація непродуктивних втрат і пошкоджень (наприклад, насіння під час сівби) технологічних матеріалів, що вносяться.

Світовий рівень техніки і технологій показує, що практично в усіх сферах діяльності людини відбуваються значні зрушення в бік високих технологій на базі високоякісної техніки, яка забезпечує оптимальні режими виробництва продукції без пошкодження навколишнього середовища. Застосування системи точного землеробства в сільському господарстві є прикладом технологічного переходу на новий рівень механізації виробництва продукції сільського господарства. Такий технологічний перехід на систему точного землеробства вимагає нової конструкторської і технологічної бази для виготовлення та вдосконалення сільськогосподарських машин.



## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Дати історичну довідку виникнення системи точного землеробства.
2. Навести і охарактеризувати базові елементи СТЗ.
3. Охарактеризувати географічну інформаційну систему (ГІС).
4. Розкрити суть основних понять та визначень СТЗ.
5. Які методи реалізації технологій точного землеробства?
6. Охарактеризувати карт-технологію точного землеробства.
7. Охарактеризувати сенсор-технологію точного землеробства.
8. Дати класифікацію сільськогосподарських машин для технологій точного землеробства за критерієм використання місцевизначеної інформації.
9. Охарактеризувати сутність сільськогосподарської навігації в СТЗ.
10. Які є способи обчислення координат МТА в полі?
11. Пояснити поняття «точність визначення координат рухомого польового об'єкта».
12. Які фактори впливають на точність навігації мобільних сільськогосподарських агрегатів під дією супутникової ГСП?
13. Назвати і стисло охарактеризувати супутникові глобальні системи позиціонування (ГСП).
14. З яких секторів складається супутникова ГСП?
15. Пояснити сутність диференційної глобальної системи позиціонування (ДГСП).
16. Які принципові відмінності диференційного режиму ГСП від звичайного?
17. Яка структура програмно-технічного комплексу Green Star фірми John Deere ?
18. Як застосовують системи Original GreenStar і GreenStar 2 на практиці?
19. Сутність системи паралельного водіння Parallel Tracking та її застосування на практиці.
20. Чому сільське господарство є провідним користувачем глобальною системою позиціонування?
21. Які технології і польові операції виконуються з використанням обладнання ГСП ?
22. Які вимоги до просторової точності виконання завдання на окремих механізованих польових операціях ?
23. Назвати системи та методи визначення властивостей ґрунту.

24. Як відбираються проби ґрунту для подальшого лабораторного визначення їх фізико-хімічних характеристик?
25. Як здійснюється систематичний відбір проб ґрунту – метод «сітки» ?
26. Які є адаптивні схеми збору проб ґрунту – метод «тип ґрунту»?
27. Назвати системи автоматизованого збору місцевизначених параметрів.
28. Які є датчики для визначення фізико-хімічних властивостей ґрунту на ходу в реальному часі?
29. Суть картографування (моніторингу) урожайності сільсько-господарських культур.
30. Чому картограми врожайності є впливовим індикатором доцільності впровадження технологій точного землеробства?
31. Яке обладнання використовується для моніторингу місцевизначеного врожаю?
32. Які є типи датчиків маси зерна?
33. Які є типи датчиків вологості зерна?
34. Описати призначення, будову і процес роботи обладнання для картографування врожайності зернових Field Star.
35. Яка мета і алгоритм проведення операції «польова розвідка» стану рослин?
36. Які є датчики для вимірювання параметрів стану рослин та ґрунту ?
37. Яка послідовність аналізу фітосанітарного стану агроценозів ?
38. Описати призначенням та основні характеристики комп'ютерного програмного продукту для точного землеробства «НАУ ТЗ АЛМАЗ AgroLog».
39. Охарактеризувати графічний інтерфейс користувача програмного продукту «НАУ ТЗ АЛМАЗ AgroLog».
40. Яке обладнання і алгоритм відбору зразків ґрунту для побудови картограм рівня поживних елементів на площі поля під час проведення агрохімічного аналізу ґрунту ?
41. Описати концепцію побудови програмного продукту Surfer і етапи побудови контурних картограм.
42. Описати систему меню користувача програмного продукту Surfer.
43. Яка послідовність побудови картограм агрохімічних параметрів ґрунту за допомогою програмного продукту «Surfer» ?
44. Що таке файл «границь поля», його призначення та порядок створення?
45. Пояснити сутність проведення операцій ґридінгу над польовими місцевизначеними даними.

46. Описати призначення, будову і процес роботи обладнання для картографування врожайності зернових Field Star.
47. Пояснити призначення, структуру та побудову програмного модуля для точного землеробства «FS Yield Mapping».
48. Пояснити призначення, структуру та побудову програмного модуля для точного землеробства «FS Application Mapping».
49. Сутність технології змінних норм внесення технологічних матеріалів.
50. Навести приклади застосування технології змінних норм внесення технологічних матеріалів.
51. Які вимоги до сільськогосподарських машин-реалізаторів в системі точного землеробства?
52. Розкрити сутність програмно-апаратного комплексу для здійснення операції місцевизначеного внесення добрив.
53. Розкрити сутність програмно-апаратного комплексу для здійснення операції місцевизначеної сівби.
54. Розкрити сутність програмно-апаратного комплексу для здійснення операції місцевизначеного захисту рослин від шкідників та хвороб.
55. Які шляхи вдосконалення існуючої сільськогосподарської техніки для застосування її за технологіями точного землеробства?

## РОЗДІЛ VI

### ОСНОВИ КОМПЛЕКТУВАННЯ І ВИКОРИСТАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ

#### 6.1. Комплектування машинно-тракторного парку

##### 6.1.1. Методи розрахунку потреби в техніці

Одна з головних рис сучасного стану землеробства в Україні – реструктуризація форм власності на землю та засоби виробництва сільськогосподарської продукції. Процес реструктуризації характеризується підвищенням відповідальності господаря землі за результати своєї діяльності.

Визначення потреби в тракторах та сільськогосподарських машинах для виконання польових робіт у повній відповідності з агротехнічними вимогами до якості та строків їх проведення є однією з головних задач організації використання машинно-тракторного парку в рослинництві.

Вирішення цього завдання є функцією біологічних, технічних, економічних, соціальних та інших факторів, частина яких носить ймовірний характер. Існуючі на цей час методи вирішення таких багатоваріантних задач базуються на розробленні і дослідженні відповідних економіко-математичних моделей використання машинно-тракторного парку.

Аналітичному методу розрахунку відповідають моделі, в яких задача визначення складу машинно-тракторного парку формулюється як задача лінійного програмування, в ній відшукуються максимум або мінімум деякої цільової установки (критерію, функції), зона визначення якої обмежена системою рівнянь або нерівностей.

У загальному випадку ця задача формулюється таким чином: «Знайти значення змінних  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , які задовольняють  $m$  умовам» (рівнянням, нерівностям):

$$z = (x_1, x_2, \dots, x_n) \{ \leq, =, \geq \} B_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (6.1)$$

та максимізують або мінімізують функцію

$$F_{min} = q(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (6.2)$$

При цьому передбачається, що функції  $z_i$  – визначені,  $B_i$  – задані константи, в кожному обмеженні зберігається лише один із знаків, а на змінні накладаються умови невід'ємності.

Умови (6.1) називаються обмеженнями, а функція (6.2) – цільовою функцією або критерієм оптимальності.



Визначення конкретного виду обмежень (6.1) та умови (6.2) і є розробкою економіко-математичної моделі використання машинно-тракторного парку.

Особливу увагу під час розробки моделі приділяють вибору критерію оптимальності складу машинно-тракторного парку, бо від правильності вибору цільової функції залежать і результати оптимізації.

Вирішуючи задачі сільськогосподарського виробництва, як критерії оптимізації можна приймати мінімум енергетичних машин, мінімум балансової вартості машинно-тракторного парку, мінімум витрат на його утримання та експлуатацію, максимум продуктивності праці, мінімум обслуговчого персоналу, мінімум робочих днів, максимум обсягу виробництва кінцевої продукції, максимум (або мінімум) штучно сформульованих функціоналів. Але найкраще вимогам господарського підходу до вибору оптимального складу машинно-тракторного парку відповідають приведені витрати, тобто, коли за найкращий приймають варіант складу машинно-тракторного парку, для якого сума витрат на придбання та утримання в господарстві машин і виконання всіх робіт є найменшою.

Загалом розробка моделі використання машинно-тракторного парку з метою визначення його оптимального складу є дуже важкою і відповідальною задачею, оскільки з одного боку – врахувати всі умови, властиві реальному процесу використання машинно-тракторного парку, неможливо, а з іншого – достовірність одержаного вирішення залежить від того, наскільки повно і точно прийняті обмеження моделі відображають реальні умови використання машинно-тракторного парку. Досвід науково-дослідних установ свідчить про те, що моделі, які дозволяють одержати припустиме вирішення, мають тисячі змінних та десятки обмежень. Для розробки такої моделі потрібні в доступній кількості кваліфіковані математики, програмісти, потужні за оперативною пам'яттю та швидкістю обчислення ЕОМ, оператори цих машин. Всім цим, ще недостатньо забезпечені не тільки господарства, а й обчислювальні центри. Крім того, підготовка вихідних даних для такої моделі потребує не один місяць роботи. Тому поки що важко чекати, що найближчим часом розрахунок складу МТП для кожного господарства можна буде провадити на ЕОМ.

Нормативний метод розрахунку базується на використанні рішень задач лінійного програмування з визначення оптимального складу машинно-тракторного парку на ЕОМ.

Аналіз результатів розрахунків, виконаних науково-дослідними установами, показав, що в групі господарств, розташо-

ваних на обмеженій території, які мають однакові нормоутворювальні, агротехнічні, біологічні та виробничі умови, машинно-тракторний парк незначно відрізняється за складом, а за кількістю – пропорційні розмірам господарства. Ця обставина вказує на можливість ширшого застосування аналітичного методу шляхом розрахунку нормативів потреби в тракторах та сільськогосподарських машинах для модельних господарств, і вже на їх основі визначити потребу в машинах, підрахувати цю потребу для будь-якого господарства з тією самою структурою посівної площі та умовами використання техніки, що й у модельного господарства.

**Модельне господарство** – це типове господарство з показниками ґрунтових, кліматичних, виробничих та інших особливостей, що є середньоарифметичними для однорідної групи реальних господарств з відповідною спеціалізацією як в рослинництві, так і тваринництві.

Класифікаційними ознаками для всіх модельних господарств є площа ріллі, група норм виробітку на орних та неорних механізованих роботах, а також площа сівби різних сільськогосподарських культур у відсотках від площі ріллі. За числовим значенням цих показників модельні господарства розподілені на окремі типи як за природно-кліматичними зонами, так і за кожною з них. Кожному типу модельного господарства властиві свої інтервали значень класифікаційних ознак.

Для кожного типового господарства розраховано оптимальний склад машинно-тракторного парку та обґрунтовано нормативи потреби в енергетичних і транспортних засобах та машинах загального і спеціального призначення. Порівнюючи значення класифікаційних ознак реального (фактичного) господарства із значенням відповідних ознак модельних господарств, визначають, до якого типу модельного господарства воно ближче.

Потребу реального господарства в машинах розраховують на основі нормативних показників модельного господарства, найближчого до реального, за значеннями класифікаційних ознак, за формулою:

$$n_{m,i} = \frac{n_{n,i} F}{F_k}, \quad (6.3)$$

де  $n_{m,i}$  – загальна потреба господарства в  $i$ -х машинах;  $n_{n,i}$  – норматив потреби в  $i$ -х машинах на  $F_k$  площі ріллі або посівів культури;  $F$  – площа ріллі або посівів у господарстві, га.

Для попередніх орієнтовних розрахунків потреби господарства в окремих машинах можна використати нормативи потреби в техніці, розраховані як середні для господарств кожної з чотирьох природно-кліматичних зон України на основі визначення оптима-

льного складу машинно-тракторного парку окремих типових господарств цих зон.

Дробове значення кількості машин  $n_m$ , одержане за формулою (6.3) закруглюють до більшого цілого.

Оскільки точний збіг значень класифікаційних ознак модельного (або типового) і реального господарств практично неможливий, то після визначення потреби реального господарства в машинах, в одержані дані можуть бути внесені деякі уточнення за допомогою коефіцієнтів, що показують на скільки відсотків змінюється потреба в тракторах загального призначення або універсально-просапних за зміни питомої ваги озимих, ярих зернових, просапних або трав на 1%.

Графічному методу розрахунку складу машинно-тракторного парку відповідають моделі процесу його використання, в яких критерій мінімуму приведених витрат змінений вимогою максимально рівномірного завантаження тракторів протягом виробничого циклу вирощування сільськогосподарських культур. За такої зміни процес вирішення задачі спрощується настільки, що стає можливим визначення складу машинно-тракторного парку, використовуючи елементарний математичний апарат і найпростіші обчислювальні засоби. При цьому одержані результати є близькими до оптимальних і з економічного боку цілком допустимі.

Визначення раціонального складу машинно-тракторного парку господарства графічним методом провадять у такій послідовності: визначають обсяг та строки проведення польових механізованих робіт, розраховують потребу в агрегатах для виконання окремих технологічних операцій запланованого обсягу робіт, будують графіки використання тракторів та сільськогосподарських машин, визначають потребу господарства в тракторах і сільськогосподарських машинах.

### **6.1.2. Визначення обсягу та строків проведення механізованих робіт у рілльництві**

Обсяги робіт з вирощування сільськогосподарських культур є одним із факторів, що визначають потребу господарств у технічних засобах. Іншим, не менш важливим фактором, який суттєво впливає на вибір технічних засобів, є агротехнічні вимоги до якості та строків проведення технологічних операцій.

Агротехнічні вимоги до якості проведення технологічних операцій визначають вид ходової частини трактора або ступінь діяння робочого органу сільськогосподарської машини на ґрунт або рослини, оптимальні значення параметрів виконуваного процесу і до-

пустимі відхилення від них. У зв'язку з цим для більшості видів робіт саме за агротехнічними вимогами визначається склад агрегату та режим його роботи – марка трактора, зчіпки, сільськогосподарські машини і робоча швидкість.

Агротехнічні вимоги до строків проведення робіт визначають початок та оптимальну тривалість проведення технологічної операції, а також регламентований розрив у часі проведення однієї операції відносно іншої.

Складання переліку механізованих робіт для заданого поля сівозміни. Перелік технологічних операцій, що плануються для проведення на заданому полі сівозміни, визначається технологією вирощування сільськогосподарських культур, які розміщуються на певному полі в поточному та наступному за ним роках. Для складання переліку використовують технологічні карти та рекомендації щодо вирощування сільськогосподарських культур.

Послідовність операцій у переліку має відповідати хронологічній послідовності їх виконання в поточному календарному році: снігозатримання, операції з ранньовесняного обробітку ґрунту, сівбу сільськогосподарських культур, догляд за посівами, збиранню врожаю, основний обробіток ґрунту з внесенням основної дози добрив під наступну культуру.

Вид і загальна кількість операцій, які проектується для заданого поля сівозміни, залежить від біологічних особливостей вирощуваної культури, можливості застосовувати комбіновані сільськогосподарські машини та агрегати, від ступеня забур'яненості поля, ураження посівів хворобами та шкідниками, способу основного обробітку ґрунту, його механічного складу та щільності, а також інших факторів.

Під час складання переліку механізованих операцій необхідно планувати, де це можливо та доцільно, поєднання окремих взаємозв'язаних технологічних операцій, а також передбачати стрічкове внесення гербіцидів на полях, де вирощують просапні культури, стрічкове внесення основної дози мінеральних добрив, інші прогресивні заходи вирощування сільськогосподарських культур, спрямовані на підвищення родючості, удосконалення обробітку ґрунту, раціональне використання добрив, засобів захисту рослин у ґрунтово-кліматичних умовах зони розміщення господарства, на захист навоколишнього середовища від наслідків хімізації рільництва.

Визначення строків проведення польових механізованих робіт. Виробництво продукції рослинництва потребує чіткого дотримання строків проведення робіт, оскільки значне їх відхилення від оптимальних призводить до зменшення збору продукції та погіршення її якості. Крім того, ці строки, що є обов'язковими для вико-

нання, найбільше впливають на кількісний склад машинно-тракторного парку господарства.

Початок проведення весняних польових робіт – боронування зябу – визначається датою настання фізичної стиглості ґрунту. Початок сівби (садіння) культур визначається датою, коли температура ґрунту стає оптимальною для проростання насіння. Конкретні дати визначаються як середньобогаторічні для зони розташування господарств.

Якщо за природно-кліматичними умовами температура ґрунту, що оптимальна для сівби культури, настає раніше, ніж його фізична стиглість (через швидше досягання ґрунту та температурою, ніж за вмістом вологи), то початок сівби буде визначатися датою закінчення робіт з ранньовесняної підготовки ґрунту – пушення та вирівнювання. У цьому разі тривалість сівби за можливістю може бути скорочена порівняно з оптимальною.

Оптимальні строки сівби озимих визначають умовами забезпечення тривалості осіннього вегетаційного періоду 50..60 днів і суми середньодобових позитивних температур за цей період не менше 500 °С.

Строки проведення таких робіт, як післясходове боронування посівів, пушення міжрядь просапних культур, обприскування посівів проти бур'янів, шкідників і хвороб, строки початку збиральних робіт зв'язані агротехнічними вимогами з фазами росту і розвитку рослин. Наприклад, згідно з агротехнічними вимогами рекомендується досходове боронування посівів кукурудзи провадити у фазі «2-3-й лист», перше пушення ґрунту в міжряддях – «5-6-й лист», збирання кукурудзи на силос у фазі «воскова стиглість зерна» тощо.

Відповідно до цих вимог поява тієї чи іншої із перелічених фаз є свого роду сигналом про те, що настав час проведення відповідної технологічної операції, а тривалість її виконання не може перебільшувати тривалості того стану рослини, яке визначається відповідною фазою або фазами її розвитку.

Визначення строків проведення технологічних операцій за фазами розвитку рослин є природним для оперативного планування робіт в умовах реального виробництва. Під час перспективного планування, до якого належить побудова графіків використання тракторів та сільськогосподарських машин, строки технологічних операцій (початок і тривалість), слід відкладати на шкалі календарних дат планового періоду.

Для цього необхідно строки настання періодів або фаз росту та розвитку рослин виразити кількістю календарних днів від початку проростання насіння (для ярих культур), або від початку весняної вегетації рослин (для озимих зернових та багаторічних трав).

Можливість такого вираження строків зумовлена тим, що послідовність настання і тривалість розвитку фаз визначаються (за інших рівних умов) біологічними властивостями рослин і, отже, ділянка їх можливих значень для заданого виду та сорту культури має закономірний характер.

До того ж необхідно прийняти за початок проростання ярих культур – дату їх сівби, а за початок весняної вегетації озимих зернових та багаторічних трав – дати переходу середньодобової температури повітря за +5° С.

Додаючи до цих дат, як до точок відліку, кількість днів від сівби або від початку вегетації до появи або закінчення того чи іншого періоду (тієї чи іншої фази розвитку рослин), одержимо календарний період, що відповідає агротехнічними вимогам до строків проведення технологічної операції з вирощування заданої культури в період її розвитку, що розглядається.

Наприклад, згідно з агротехнічними вимогами, формування гущини посівів цукрового буряку має провадитися у фазі «1-а та 2-а пари справжніх листочків». Якщо тривалість періоду від сівби цукрового буряку до настання фази «1-а пара справжніх листочків» складає в середньому 21 день, а періоду від сівби до кінця фази «2-а пара справжніх листочків» становить 29 днів (табл. 6.1), то, відповідно до агротехнічних вимог, формування гущини посівів цукрового буряку слід провести в період з 22-го по 29 день з моменту сівби цієї культури.

Таблиця 6.1

### Фази росту та розвитку цукрового буряку

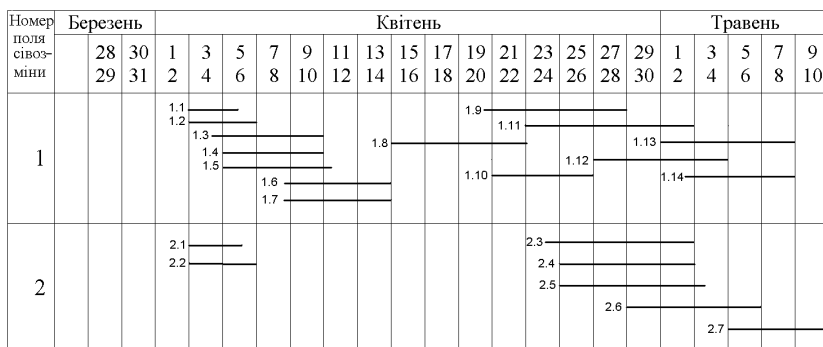
Проростання	Сходи	Вилочка	1-а пара справжніх листочків	2-а пара справжніх листочків	3-а пара справжніх листочків	4-а пара справжніх листочків	5-й листок	6-й листок	7-й листок
10...12	4...5	5...6	4...5	3...4	3...4	2...3	2	2	2
20...22									
28...29									

8-й листок	9-й листок	10-й листок	11-й листок	12-й листок	13-й листок	14-й листок	15-й листок	Зімкнення листків у рядках	Зімкнення листків у міжрядках	Технічна стиглість та збирання
2	2	2	2	2	2	2	2	14...16	90...92	25...30

Аналогічно встановлюють строки настання або закінчення й інших фаз розвитку рослин.

Є велика група технологічних операцій, строки проведення яких (початок і тривалість) зв'язані з строками проведення технологічно взаємозв'язаних з ними операцій. Наприклад, гербіциди мають бути загорнуті в ґрунт не пізніше як за 15...20 хв. після їх внесення, коткування посівів – за 1,5 год після сівби, підбір валків зернових колосових – на 4-й день після скошування, стягнення соломи зернових з поля – не пізніше 2-х днів, після їх обмолоту, луцення стерні – не пізніше 2-х днів після стягнення соломи з поля тощо.

Для кращого уявлення про розподіл технологічних операцій за строками їх проведення та для визначення операцій, строки проведення яких цілком збігаються, збігаються частково та не збігаються зовсім, будують лінійний графік (рис. 6.1).



**Рис. 6.1. Строки проведення технологічних операцій на заданих полях сівозміни**

На цьому графіку строки виконання польових робіт позначають лінією, що паралельна шкалі календарних дат. Початкова точка лінії відповідає можливій даті початку проведення операції, кінцева точка – можливій даті закінчення робіт проведення операції.

Графіки для всіх заданих полів (культур) будують на одному аркуші, на одній шкалі календарних дат: від початку сільськогосподарських робіт з ранньовесняного обробітку ґрунту до закінчення осінніх робіт з основного обробітку ґрунту. Над лінією, що відображає строки проведення операції, проставляють номер, під яким ця операція записана в переліку механізованих робіт для заданого поля сівозмін (рис. 6.1).

Визначення обсягу робіт з операції. Обсяг робіт з технологічних операцій визначають у різних фізичних одиницях: гектарах (га), кілограмах (кг), центнерах (ц), тоннах (т), тонно-кілометрах (т·км).

Обсяг робіт  $\Omega_o$  з обробітку ґрунту, сівби, садіння, міжрядного обробітку, хімічного захисту рослин, із збирання врожаю виражають в одиницях площі – гектарах (га) і визначають добутком:

$$\Omega_o = F_k n_o, \quad (6.4)$$

де  $F_k$  – площа поля, що відведена під задану культуру, га;  $n_o$  – кратність виконання операції.

Кількість  $G_b$  добрив, насіння, розчину пестицидів, яку необхідно доставити в поле, а також кількість зерна, зеленої маси, коренеплодів, котру слід доставити з поля до місця переробки або зберігання, виражається одиницями маси і розраховують за формулою:

$$G_b = F_k q, \quad (6.5)$$

де  $q$  – норма витрати (внесення), або врожайність культури, т/га, ц/га, кг/га, л/га.

Обсяг транспортних робіт  $\Omega_{тр}$  на перевезенні (доставці) вантажів виражається в тонно-кілометрах і визначають за формулою:

$$\Omega_{тр} = G_v L, \quad (6.6)$$

де  $G_v$  – маса вантажу, що перевозиться, т;  $L$  – відстань перевезення вантажу  $G_v$ , км.

### **6.1.3. Визначення комплексу машин для виконання циклу взаємозв'язаних операцій під час комплектування складу машинно-тракторного парку**

Задача комплектування раціонального складу машинно-тракторного парку може вирішуватись на перспективу за умови, що в господарстві зовсім відсутні будь-які трактори та сільськогосподарські машини, або у разі збільшення строку служби наявного машинно-тракторного парку.

Вирішити цю задачу можна шляхом визначення складу комплексів машин для виконання відповідних циклів взаємопов'язаних технологічних операцій.

**Цикл** – це окрема за часом виконання та призначенням частина загального процесу вирощування культури, яка складається із робіт одного виду (простий цикл) або групи взаємопов'язаних (складний цикл).

Прості цикли складаються з однієї технологічної операції, наприклад, снігозатримання, боронування зябу, боронування посівів, рихлення міжрядь просяпних культур, лушення стерні тощо.



**Складні цикли** – це група взаємозв'язаних агротехнічними вимогами операцій. При цьому одна з них є основною (головною) операцією циклу, а з решти одну групу становлять операції, що забезпечують якісне виконання основної та утворюють з нею поточкову технологічну лінію, а другу – навантажувально-транспортні, без яких неможливо виконання основної операції.

Наприклад, у циклі «сівба цукрових буряків» сівба є головною операцією. Навантаження насіння, добрив та гербіцидів у транспортні засоби, доставка їх на поле та заправлення ними агрегатів є допоміжними навантажувально-транспортними операціями, а передпосівна культивация та коткування ґрунту – операціями, що взаємозв'язані з основними агротехнічними вимогами.

Оскільки весь обсяг механізованих робіт, запланованих для проведення на полях заданої сівозміни, складається з множини таких простих та складних циклів, то, визначаючи для кожного з них склад комплексу відповідних машин, можна розрахувати потребу господарств в технічних ресурсах.

Визначення складу агрегату для виконання технологічної операції. Під час вибору агрегатів для виконання будь-якої операції запланованого циклу робіт необхідно враховувати основне призначення машин та можливість виконання ними агротехнічних вимог до технології та якості проведення операції.

Якщо для виконання операції може бути використано кілька різних агрегатів, то перевагу надають тому з них, який має більшу продуктивність за тієї самої якості виконання робіт, або тому, який повніше задовольняє агротехнічні вимоги до виконання операції за рівної продуктивності, або більш універсальному за аналогічних інших показників.

З метою зменшення ущільнення ґрунту, у всіх випадках, де це можливо, перевагу надають більш широкозахватним агрегатам, а також комбінованим, що виконують кілька операцій водночас.

З цією метою необхідно проектувати використання на ранньовесняних роботах гусеничних тракторів, а колісних – тільки з подвійними шинами.

Визначення потреби в агрегатах для виконання взаємопов'язаних операцій. Кількість агрегатів  $n_a$ , необхідних для виконання основної операції циклу технологічно взаємозв'язаних робіт, визначають за формулою:

$$n_a = \frac{\Omega_o}{W_{\text{эз}} \Phi}, \quad (6.7)$$

де  $n_a$  – кількість агрегатів, необхідних для виконання основної операції циклу технологічно взаємопов'язаних робіт;  $\Omega_o$  – обсяг ро-

боти з основної операції циклу в одиницях вимірювання роботи;  $W_{з3}$  – виробіток агрегату за одну годину змінного часу в одиницях роботи за годину;  $\Phi$  – фонд часу для виконання операції, год.

Фонд часу  $\Phi$  для виконання технологічної операції, визначають за формулою:

$$\Phi = T_{pd} D_p, \quad (6.8)$$

де  $T_{pd}$  – запланована тривалість роботи агрегату протягом доби, год;  $D_p$  – запланована тривалість виконання операції в робочих днях (або запланована кількість робочих діб).

Враховуючи формулу (6.8), кількість агрегатів  $n_a$  можна обчислити за формулою:

$$n_a = \frac{\Omega_o}{W_{з3} T_{pd} D_p}. \quad (6.9)$$

Тривалість роботи агрегату  $T_{pd}$  необхідно планувати за умови максимального використання періоду доби, протягом якого можливе якісне та безпечне виконання операції.

Для більшості технологічних операцій цей період обмежений тривалістю світлового дня  $T_{сд}$ . До них відносять операції сіви сільськогосподарських культур, міжрядного обробітку просапних культур, стягування та скиртування соломи, згрібання та стoguвання сіна, збирання кукурудзи, цукрового буряку, картоплі, внесення добрив.

Для обмолочування зернових колосових максимальна тривалість якісного виконання операції обмежена 16...18 годинами через випадіння роси та підвищення вологості обмолочуваної маси в передранкові години доби. Тривалість якісного посходового боронування посівів сільськогосподарських культур обмежена жаркими годинами дня – з 10...11 до 17...18 години.

Якісному та безпечному виконанню технологічних операцій з обприскування посівів сільськогосподарських культур пестицидами відповідає період світлового дня з тихими і прохолодними ранковими та вечірніми годинами: до 10...11 та з 17...18 годин.

Практично нічим не обмежена можливість якісного та безпечного виконання протягом доби робіт з очищення зерна на току, з скошування зернових у валки і трав на сіно, з обробітку ґрунту: на боронуванні та вирівнюванні язбу, суцільній культивачії та коткуванні ґрунту, лущенні стерні, на полицевій та безполицевій оранці.

Кількість робочих днів  $D_p$  приймають за умови, щоб вона не виходила за межі агрономічно допустимої тривалості проведення операції  $D_{ад}$ , величина якої визначається агротехнічними вимогами. При цьому для операції сіви та збирання сільськогосподарських культур, обприскування посівів  $D_{ад}$  обмежується вимогами «не більше» або вказівкою їх максимальних значень. Тому тривалість ви-

конання цих операцій може бути скорочена, якщо для цього є відповідні ресурси.

Після підставлення у формулу (6.9) числових значень  $\Omega_o$ ,  $W_{z3}$ ,  $T_{p0}$  і  $D_p$ , одержане дробове значення кількості агрегатів округлюють до цілого, після чого уточнюють кількість робочих днів  $D_p$ :

$$D_p = \frac{\Omega_o}{W_{z3} T_{p0} n_a}. \quad (6.10)$$

Одержане дробове значення  $D_p$  округлюють до цілого числа.

Потребу в агрегатах для виконання інших операцій циклу (крім вантажно-транспортних) обчислюють за тими самими формулами – (6.9), (6.10) та в тій самій послідовності, що і для основної операції: визначають обсяг робіт з операції  $\Omega_o$ , склад агрегату, його виробіток (продуктивність) за одну годину змінного часу  $W_{z3}$ .

Визначаючи тривалість робочого дня  $T_{p0}$  та кількість робочих днів  $D_p$  для операцій, що утворюють одну потокову лінію з основною, їх приймають рівними тривалості робочого дня та кількості робочих днів на основній операції циклу.

Одержане дробове значення  $n_a$  також округлюють до цілого у більшу сторону.

Іншою особливістю розрахунку потреби в агрегатах для виконання взаємозв'язаних операцій циклу є обов'язкове виконання умови ритмічності потокової технологічної лінії, яка виражається такою нерівністю:

$$\Sigma W_{z36} \geq \Sigma W_{z30} \quad (6.11)$$

де  $\Sigma W_{z36}$  та  $\Sigma W_{z30}$  сумарні годинні виробітки агрегатів, що виконують відповідно взаємопов'язану з основною та основну операції.

Ідеальний випадок – їх рівність, яка практично має місце тільки в комбінованих агрегатах. Тому під час проектування складу агрегатів для виконання операції, взаємопов'язаної з основною, необхідно прагнути до того, щоб умова (6.11) задовольнялася за мінімального значення лівої частини нерівності.

#### **6.1.4. Визначення комплексу машин для виконання циклу взаємозв'язаних операцій під час розробки плану використання машинно-тракторного парку**

Задачу визначення плану найкращого використання машинно-тракторного парку, що вже є в господарстві, вирішують на поточний період шляхом раціонального розподілу робіт між агрегатами. При цьому склад комплексу машин для виконання циклу взаємозв'язаних операцій визначають з уже існуючих у складі машинно-тракторного парку, який обслуговує задану площу ріллі з

реальною структурою посівних площ.

Розрахунок складу комплексу машин за цих умов виконують у такій послідовності:

- а) з групи взаємозв'язаних операцій виділяють основну;
- б) визначають склад та кількість агрегатів, які можна сформувати для виконання цієї операції з огляду на наявність в господарстві машин відповідного технологічного призначення. При цьому в першу чергу формують агрегати з кращими експлуатаційно-технічними показниками;
- в) розраховують змінну та годинну норми виробітку агрегату кожного виду та визначають їх ранг за одним з техніко-експлуатаційних показників (продуктивність, приведені витрати тощо);
- г) обчислюють тривалість виконання основної операції циклу найпродуктивнішими (з існуючих) агрегатами (агрегатами першого рангу):

$$D_1 = \frac{\Omega_o}{n_{a1} W_{z31} T_{p0}}, \quad (6.12)$$

де  $D_1$  – тривалість виконання операції агрегатами першого рангу в робочих днях;  $\Omega_o$  – обсяг роботи з операції в фізичних одиницях;  $n_{a1}$  – кількість агрегатів першого рангу;  $W_{z31}$  – виробіток агрегатів першого рангу за одну годину змінного часу в одиницях роботи по операції;  $T_{p0}$  – тривалість робочого дня, год;

д) порівнюють кількість робочих днів  $D_1$  із запланованою тривалістю виконання операції  $D_n$ , яка не має перевищувати агротехнічно допустимої кількості календарних днів  $D_{ad}$  ( $D_n \leq D_{ad}$ ).

Якщо  $D_1 < D_n$ , то визначають мінімальну кількість агрегатів  $n_{a1}$  за якої буде забезпечено виконання робіт за операцією тривалістю  $D_n$ , що планується:

$$n_{a1} = \frac{\Omega_o}{W_{z31} D_n T_{p0}}. \quad (6.13)$$

Якщо ж  $D_1 > D_n$ , то розраховують кількість агрегатів наступного рангу  $n_{a2}$ , яку необхідно додати до агрегатів  $n_{a1}$ , щоб роботи по операції були виконані в термін  $D_n$ :

$$n_{a2} = \frac{\Omega_o - D_n T_{p0} W_{z31} n_{a1}}{D_n T_{p0} W_{z32}}, \quad (6.14)$$

де  $W_{z32}$  – виробіток за одну годину змінного часу агрегатом другого рангу в одиницях роботи з операції.

Якщо розрахункова кількість агрегатів  $n_{a2}$  перевищує їх наявність у господарстві, то недостатня їх кількість компенсується агрегатами наступного, третього рангу.

Отже кількість агрегатів  $j$ -го рангу (складу)  $n_{aj}$ , яку необхідно додати до кількості агрегатів  $n_{a(j-1)}$ , щоб обсяг робіт з операції був виконаний у заданий термін  $D_n$ , визначають за формулою:

$$n_{a2} = \frac{\Omega_o - D_n T_{p\partial} \sum_{i=1}^{i=j-1} W_{\varepsilon i} n_{ai}}{D_n T_{p\partial} W_{\varepsilon j}}, \quad (6.15)$$

де  $j$  – порядковий номер складу (рангу) агрегату,  $j \geq 2$ ;  $W_{\varepsilon j}$  – виробіток  $j$ -го агрегату за годину змінного часу в одиницях роботи;  $i$  – індекс рангу агрегату;

ж) визначають склад та кількість агрегатів, які можна сформувати для виконання інших операцій циклу, виходячи з наявності в господарстві машин відповідного призначення, розраховують виробіток машин за одну годину змінного часу, визначають їх ранг за експлуатаційними показниками і потребу в агрегатах за формулами (6.13, 6.14) аналогічно тому, як це виконують для основної операції за пунктами а, б, в, г, д;

з) для кожної із операцій циклу, взаємопов'язаної з його основною операцією, перевіряють умову (6.11) ритмічності потокової лінії. Для цього за формулою (6.13) знаходять кількість агрегатів  $n_{a1\theta}$ , необхідну для виконання взаємопов'язаної операції, та обчислюють їх сумарний виробіток за одну годину змінного часу. Якщо він задовольняє умову (6.11) – розрахунок з цієї операції вважають закінченим.

Якщо ж для одержаної в розрахунку, або існуючої в господарстві кількості агрегатів  $n_{a1\theta}$  співвідношення (6.11) не виконується, то за формулою (6.14) визначають кількість агрегатів  $n_{a2\theta}$ , яку необхідно додати до агрегатів  $n_{a1\theta}$ , щоб умова (6.11) була виконана. Якщо розрахункова кількість агрегатів  $n_{a2\theta}$  перевищує їх наявність у господарстві, то недостатню їх кількість комплектують агрегатами третього рангу і т. ін. доти, поки співвідношення (6.11) буде виконане.

Якщо ж розрахункова потреба в агрегатах для виконання взаємозв'язаної операції перевищує їх наявність у господарстві, то для виконання умови (6.11) або планують залучити їх недостатню кількість, або зменшити темп основної операції в межах допустимого терміну проведення розрахункового циклу робіт.

### 6.1.5. Визначення оптимального розподілу обсягу робіт між агрегатами

В умовах використання уже існуючого машинно-тракторного парку мають місце випадки, коли на виконанні будь-якої операції застосовують різні за складом агрегати, а запланований обсяг робіт з цієї операції розміщується на кількох полях (або кількох ділянках

одного поля), які відрізняються між собою площею, конфігурацією та довжиною гонів. У таких випадках доцільно розподілити обсяг робіт між агрегатами таким чином, щоб виробничі витрати на його виконання були мінімальні. .

Виробниче формулювання цієї задачі може бути поставлене так: «Для виконання певного обсягу робіт, розміщеного на  $m$  ділянках різної площі  $F$  та різних значеннях нормоутворювальних факторів, є  $n_a$  агрегатів різного складу і різної продуктивності  $W$ . Фонд часу, що є для виконання операції, становить  $\Phi$  годин. Сумарний годинний виробіток всіх  $n_a$  агрегатів дозволяє виконати весь обсяг робіт з операції в межах заданого фонду часу. Як розподілити обсяг робіт між агрегатами, щоб сумарні витрати на його виконання були найменші?»

Відповідь на це запитання може бути знайдена за умовами задачі лінійного програмування з визначення плану оптимального розподілу обсягу робіт між агрегатами.

Для розробки моделі цієї задачі присвоюють індекс  $i$  ділянці поля, а індекс  $j$  – агрегату. Тоді обсяг робіт, виконаний на  $i$ -й ділянці  $j$ -м агрегатом, позначиться як  $x_{ij}$ , продуктивність за годину змінного часу  $j$ -го агрегату на  $i$ -й ділянці – як  $W_{ij}$ , виробничі витрати на одиницю роботи  $j$ -м агрегатом на  $i$ -й ділянці – як  $C_{ij}$ .

Отже, у рамках математичної моделі виробниче формулювання задачі зміниться на таке: мінімізувати цільову функцію:

$$F_{\min} = \sum_{i=1}^n \sum_j^m x_{ij} C_{ij} \rightarrow \min \quad (6.16)$$

за таких умов:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = F_i; \quad (6.17)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{W_{ij}} \leq \Phi; \quad (6.18)$$

$$x_{ij} \geq 0. \quad (6.19)$$

### 6.1.6. Побудова графіка використання тракторів

Будуючи графік використання тракторів, за віссю абсцис відкладають заданий календарний період виконання польових механізованих робіт, а віссю ординат – установлену розрахунком кількість тракторів відповідних марок, що необхідна для виконання запланованого обсягу робіт з операції (рис. 6.2).

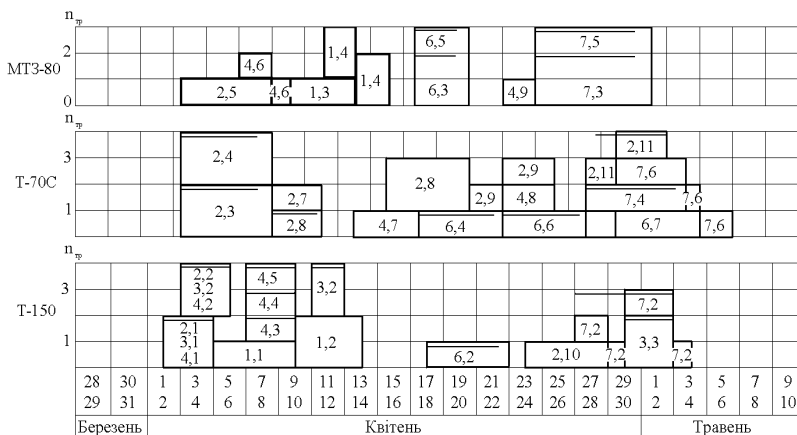


Рис. 6.2. Графік використання тракторів

Кожній операції на графіку може відповідати один або кілька прямокутників, основою яких є тривалість виконання операції в календарних днях, а висотою – кількість тракторів, зайнятих на виконанні цієї операції.

Графіки використання всіх запланованих марок тракторів будують на одному аркуші та на одній календарній шкалі. Якщо строки проведення робіт з кількох операцій збігаються, то прямокутники на графіках відповідних марок тракторів будуть один над одним. Загальна висота їх у перерізу, перпендикулярному осі календарних днів, дорівнює в масштабі кількості тракторів, необхідних у цей момент для виконання запланованих робіт.

Кожний прямокутник кодують номером тієї операції, на виконання якої запланований цей трактор.

Побудова графіків використання тракторів, одночасно з визначенням комплексу машин для виконання циклу механізованих робіт, дає можливість визначити завантаження всього тракторного парку підрозділу в заплановані календарні терміни виконання будь-якої операції: які трактори і скільки уже заплановано до використання у ці самі терміни, які та скільки ще вільні. Це дозволяє ще на ранній стадії складання плану виконання робіт та проведення відповідних розрахунків виявити грубі прорахунки в розподілі тракторів за операціями та помилки в розрахунках, встановити причину підвищеної потреби в тракторах та механізаторах і визначити, яким чином зменшити цю потребу: або «передати роботу» на другу, менш завантажену марку трактора, якщо він може якісно виконати цей вид роботи, або збільшенням тривалості робочого дня в

цей період, або зміною інтенсивності роботи в межах агростроку, або зміною виконання процесу.

Після побудови графіка використання тракторів та його коригування візуально визначають найбільшу кількість тракторів кожної марки, що водночас зайняті на виконанні механізованих робіт, яку й приймають за потребу в них.

**6.1.7. Побудова графіка використання сільськогосподарських машин**

Водночас або після побудови графіка використання тракторів будують графік використання сільськогосподарських машин. Для цього на осі абсцис графіка відкладають, як і в першому випадку, календарні дати, а на осі ординат – найменування та марку сільськогосподарських машин та сумарну потребу в цих машинах (рис. 6.3).

Назва сільськогоспо- дарської машини	Марка машини	Потреба у машинах	Бере- зень		Квітень																									Тра- вень	
			28	30	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	1	3										
			29	31	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	2	4										
Зчіпка	СГ-21	4			<u>2</u>	<u>2</u>		<u>1</u>			<u>1</u>			<u>1</u>																	
					<u>2</u>	<u>1,1</u>	<u>1,1</u>	<u>2,6</u>			<u>4,7</u>																				
Зчіпка	СП-11	4						<u>1</u>		<u>2</u>								<u>1</u>		<u>2</u>											
								<u>4,3</u>		<u>1,2</u>									<u>3,3</u>												
Борона	БЗСС-1,0	4			<u>4,2</u>	<u>4,2</u>		<u>2,1</u>			<u>2,1</u>									<u>1,6</u>											
					<u>4,2</u>	<u>1,1</u>	<u>2,1</u>	<u>2,6</u>	<u>1,1</u>	<u>3,2</u>	<u>4,7</u>									<u>3,3</u>											
Культиватор	УСМК-5,4	2				<u>2</u>						<u>2</u>																			
Сівалка	ССТ-12Б	2				<u>2,3</u>	<u>2</u>					<u>2,8</u>																			
Сівалка	СЗ-3,6А	2				<u>2,4</u>	<u>1</u>			<u>2</u>																					
Сівалка та ін.	СУПН-8	2					<u>4,3</u>		<u>1,2</u>										<u>2</u>		<u>7,3</u>										

**Рис. 6.3. Графік використання сільськогосподарських машин**

Використання сільськогосподарських машин на цих графіках позначають лінією, паралельною осі абсцис, довжина якої у відповідному масштабі дорівнює розрахунковій тривалості роботи сільськогосподарської машини на виконанні технологічної операції. Над лінією проставляють розрахункову кількість тих машин, що використовують на цій операції, а під лінією – номер цієї операції в переліку запланованих робіт на цьому полі сівозміни.

Після побудови графіка визначають найбільшу кількість сільськогосподарських машин кожної марки, водночас зайнятих на виконанні технологічних операцій, яку й приймають за потребу в них.



На цьому графіку лініями другої товщини або другого кольору можуть бути позначені періоди зняття сільгоспмашин із зберігання та ставлення їх на короткочасне або тривале зберігання, період ремонту по закінченні використання їх на механізованих роботах.

У цьому разі графік використання машин буде одночасно і планом-графіком комплектування та налагодження агрегатів, ставлення машин на зберігання та їх ремонт.

## **6.2. Аналіз використання машинно-тракторного парку**

У сільськогосподарських підприємствах використовують три види аналізу за термінами: місячний, періодичний та річний.

Місячний аналіз проводять для оцінювання використання машинно-тракторного парку за підрозділами і загалом по господарству: денний, змінний, годинний виробіток, коефіцієнт змінності; витрати пально-мастильних матеріалів за нормою, фактично на 1 у. е. га і за загальною кількістю; витрати коштів на ремонт (капітальний і поточний), технічне обслуговування, усунення несправностей, зберігання, заміну шин та гусениць; витрати коштів на утримання техніки – оплату праці трактористів-машиністів, пально-мастильні матеріали, амортизацію, поточний ремонт техніки, інші витрати; простої техніки. Під час місячного аналізу підраховують загальні витрати на утримання машинно-тракторного парку і визначають собівартість 1 у. е. га, оцінюють роботу служби технічного обслуговування з виконання планових технічних обслуговувань і витрат на технічне обслуговування, утримання служби технічного обслуговування, а також роботу всієї інженерно-технічної служби за рівнем технічної готовності машинно-тракторного парку.

Періодичний аналіз проводять у періоди найважливіших польових робіт (сівба, догляд за посівами, заготівля кормів, збирання врожаю, оранка зябу) для визначення темпів їх проведення, часу завантаження на цей період техніки, витрат палива на окремих операціях. Під час аналізу виявляють і об'єктивно оцінюють роботу кращих механізаторів та підрозділів.

Річний аналіз дозволяє всебічно оцінити стан використання як окремих тракторів, так і загалом машинно-тракторного парку за всією системою показників.

Показники використання машинно-тракторного парку можуть бути фактичні, нормативні, планові та оціночні.

Фактичні значення показників поділяють на первинні (облікові), що визначають безпосереднім вимірюванням (наприклад, кількість гектарів землі, обробленої за зміну), і розрахункові, що визначають за первинними даними (сумарні – обсяг виконаних робіт за

період, середні – середньозмінний виробіток на трактор за період тощо).

Нормативні значення показників розробляють як науково обґрунтованими й регламентованими, що відповідають раціональній організації використання машинно-тракторного парку і відображають конкретні умови господарств.

Планові значення показників розраховують на основі нормативних показників; установлюють за виробничим завданням підрозділів і виробничо-фінансовим планом господарства.

Оціночні значення показників є результатом порівняння фактичних з нормативними або плановими, наводять у відносних величинах (відсотках, рівнях).

Рівень технічного оснащення і використання машинно-тракторного парку оцінюють за показниками, наведеними в табл. 6.2.

Таблиця 6.2

### Показники технічного оснащення і використання машинно-тракторного парку в господарстві

Показник	Визначення	Розрахункові формули
1	2	3
Тракторозабезпеченість	Середньорічна кількість еталонних тракторів ( $n_{тр.ет}$ ), віднесених до 100 га ріллі ( $F$ )	$n_{тр} = \frac{n_{тр.ет}}{F} 100$
Машинозабезпеченість	Балансова вартість машин ( $B_{сз}$ ), віднесена до вартості тракторів ( $B_m$ ). Враховуються тільки машини, які агрегуються з тракторами	$n_{сз} = \frac{B_{сз}}{B_m}$
Енергонасиченість землеробства	Сумарна ефективна потужність машин ( $\Sigma N_{ен}$ ), що припадає на один гектар ріллі ( $F$ )	$E_s = \frac{\Sigma N_{ен}}{F}$
Енергоозброєність	Кількість ефективної потужності тракторів, автомобілів, комбайнів і енергетичних засобів ( $\Sigma N_{ен}$ ), що припадає на одного механізатора ( $M$ )	$E_o = \frac{\Sigma N_{ен}}{M}$
Забезпеченість кадрами механізаторів	Чисельність механізаторів ( $M$ ) на 1 квтіння поточного року, віднесена до кількості фізичних середньорічних тракторів ( $n_{тр.ф}$ )	$m = \frac{M}{n_{тр.ф}}$

Продовження табл. 6.2

1	2	3
Коефіцієнт змінності	Кількість відпрацьованих тракторами годин ( $t_{\text{фм}}$ ) за період віднесена до кількості відпрацьованих тракторами днів за той самий період ( $\Delta_{\text{тр}}$ ) і на середню тривалість зміни за тиждень ( $41 : 6 = 6,83$ год)	$k_{\text{зм}} = \frac{t_{\text{фм}}}{6,83 \Delta_{\text{рм}}}$
Коефіцієнт технічної готовності машин	Відношення кількості машино-днів перебування машин (трактора) у справному стані ( $n_{\text{с}} \Delta_{\text{с}}$ ) до інвентарної кількості машино-днів ( $n_{\text{і}} \Delta_{\text{і}}$ )	$k_{\text{мс}} = \frac{\sum (n_{\text{с}} \Delta_{\text{с}})}{\sum (n_{\text{і}} \Delta_{\text{і}})}$
Коефіцієнт використання машин	Відношення кількості машино-днів роботи ( $n_{\text{р}} \Delta_{\text{р}}$ ) до інвентарної кількості машино-днів (перебування) в господарстві ( $n_{\text{і}} \Delta_{\text{і}}$ )	$k_{\text{мз}} = \frac{\sum (n_{\text{р}} \Delta_{\text{р}})}{\sum (n_{\text{і}} \Delta_{\text{і}})}$
Щільність механізованих робіт	Кількість умовних еталонних гектарів ( $\Omega_{\text{у.е.га}}$ ), що припадає на гектар ріллі ( $F$ ) або площу вирощування окремих культур ( $F_{\text{к}}$ )	$\Pi_{\text{м}} = \frac{\Omega_{\text{у.е.га}}}{F}$ $\Pi_{\text{м}} = \frac{\Omega_{\text{у.е.га}}}{F_{\text{к}}}$
Рівень механізації виробничого процесу	Відношення обсягу механізованих робіт ( $\Omega_{\text{мех}}$ ) або витрат праці під час механізованих робіт ( $З_{\text{мех}}$ ) до загального обсягу робіт ( $\Omega_{\text{заг}}$ ) або загальних витрат праці ( $З_{\text{заг}}$ )	$\tau = \frac{\Omega_{\text{мех}}}{\Omega_{\text{заг}}}$ $\tau = \frac{З_{\text{мех}}}{З_{\text{заг}}}$
Рівень середньозмінного виробітку	Відношення фактичного середньозмінного виробітку ( $W_{\text{зм}}$ ) за період до нормативного ( $W_{\text{зм,н}}$ )	$P_{\text{зм}} = \frac{W_{\text{зм}}}{W_{\text{зм,н}}}$
Рівень середньоденного виробітку	Відношення фактичного середньоденного виробітку ( $W_{\text{д}}$ ) за період планового ( $W_{\text{дп}}$ )	$P_{\text{д}} = \frac{W_{\text{д}}}{W_{\text{дп}}}$
Рівень річного виробітку на фізичний або еталонний трактор	Відношення фактично виконаного обсягу робіт фізичним або еталонним трактором ( $\Omega_{\text{р}}$ ) до планового ( $\Omega_{\text{рп}}$ )	$P_{\text{р}} = \frac{\Omega_{\text{р}}}{\Omega_{\text{рп}}}$
Рівень виконання робіт за видами в оптимальні агротехнічні терміни	Відношення фактично виконаного обсягу робіт в оптимальні агротехнічні строки ( $\Omega_{\text{агр}}$ ) до планового обсягу робіт за той самий термін ( $\Omega_{\text{агр,н}}$ ).	$P_{\text{агр}} = \frac{\Omega_{\text{агр}}}{\Omega_{\text{агр,н}}}$
Рівень питомої витрати палива за видами робіт і складами агрегатів	Відношення фактичної витрати палива ( $g_{\text{тр}}$ ) до нормативної ( $g_{\text{тр,н}}$ )	$P_{\text{гу}} = \frac{g_{\text{тр}}}{g_{\text{тр,н}}}$

Закінчення табл. 6.2

1	2	3
Рівень питомої витрати палива на у. е. га	Відношення фактичної витрати палива ( $g_n$ ) до нормативної ( $g_{нн}$ )	$P_{n \text{ у. е. га}} = \frac{g_n}{g_{нн}}$
Рівень прямих експлуатаційних витрат	Відношення прямих фактичних витрат на 1 у. е. га ( $C$ ) до прямих планових витрат ( $C_n$ )	$P_{e.в} = \frac{C}{C_n}$
Рівень витрат на ТО, зберігання та ремонт	Відношення фактичних витрат на технічне обслуговування, зберігання та ремонт на 1 у. е. га або 1 нормозміну ( $C_{пто}$ ) до нормативних ( $C_{пто.н}$ )	$P_{пто} = \frac{C_{пто}}{C_{пто.н}}$
Собівартість умовного еталонного гектара	Відношення прямих витрат на експлуатацію тракторів і агрегованих з ним сільськогосподарських машин ( $\Sigma C_{пнт}$ ) до вироблених умовних еталонних гектарів ( $\Omega_{у.е.га}$ )	$C_{ум} = \frac{\Sigma C_{пнт}}{\Omega_{у.е.га}}$
Вартість валової продукції рослинництва: на 1 грн вартості техніки на одного механізатора	Вартість валової продукції рослинництва ( $B_{пр}$ ), що припадає на 1 грн вартості техніки ( $B_{мтп}$ ). Вартість валової продукції рослинництва ( $B_{пр}$ ), що припадає на одного механізатора (середньорічного) ( $M_{сер}$ )	$\theta_{пр} = \frac{B_{пр}}{B_{мтп}}$ $\theta_{пр.н} = \frac{B_{пр}}{M_{сер}}$
Енергонасиченість машини	Ефективна потужність машини ( $N_{ем}$ ), що припадає на тонну її маси ( $M_m$ )	$E_m = \frac{N_{ем}}{M_m}$
Металоемність машини	Маса машини ( $M_m$ ), що припадає на одиницю потужності ( $N_{ем}$ )	$M_e = \frac{M_m}{N_{ем}}$
Коефіцієнт експлуатації агрегату	Добуток коефіцієнтів використання ширини захвату ( $\xi_v$ ), корисної дії трактора ( $\eta_{мк}$ ) і використання змінного часу ( $\tau$ )	$k_e = \xi_v \eta_{мк} \tau$
Коефіцієнт експлуатації самохідної машини	Добуток коефіцієнтів використання пропускнув здатності машини ( $\xi_{пзм}$ ) і використання змінного часу ( $\tau_m$ )	$k_{e.см} = \xi_{пзм} \tau_m$
Коефіцієнт експлуатації транспортних засобів	Добуток коефіцієнтів використання вантажності ( $\gamma_{смз}$ ), пробігу ( $\beta_a$ ), швидкості ( $\xi_v$ ) і змінного часу ( $\tau_a$ )	$k_{e.мп} = \gamma_{смз} \beta_a \xi_v \tau_f$
$k_{e.пр}$ навантажувачів-розвантажувачів	Добуток коефіцієнтів використання вантажності ( $\gamma_{смз}$ ) і змінного часу ( $\tau_{прз}$ )	$k_{e.пр} = \gamma_{смз} \tau_{прз}$

Аналіз використання машинно-тракторного парку за місяць проводять у такій послідовності.

За кожним трактором перевіряють рівень змінного і денного виробітку на витрату палива. Низький її виробіток, зазвичай, супроводжується перевитратою палива. А це вказує на недовикористання потужності трактора або його незадовільний технічний стан. Низький рівень змінного (денного) виробітку може бути наслідком скороченого робочого дня, незадовільної організації праці, простоїв машин через несправності.

З метою контролю необхідно порівняти фактичну кількість проведених технічних обслуговувань з тією кількістю, що необхідно провести за витратою палива, визначити рівень витрат на технічне обслуговування.

Періодичний аналіз проводять за основними періодами польових робіт у певній послідовності. Спочатку перевіряють строки виконання основних польових робіт та рівень змінного виробітку.

Якщо основні роботи виконувалися у запланований строк, то аналізують використання техніки в цей період. Якщо змінний і денний виробітки виконуються, то це свідчить про добре використання машин. Невиконання змінних норм може бути наслідком скороченого робочого дня, роботи з несправними машинами, загальної незадовільної організації праці. Для виявлення цих причин необхідно вивчити роботу агрегатів, які працювали на однакових операціях.

Коли строки виконання основних робіт розтягнуті, то перевіряють рівень змінного виробітку. Якщо змінна норма виконується, то причинами розтягування строків можуть бути цілодобові простої або невідповідність кількості працюючої техніки фактичному обсягу робіт, виконання додаткових робіт, які не передбачені робочим планом. Потім аналізують рівень витрат палива на основних роботах і на кожному тракторі. Значна перевитрата палива може бути наслідком непередбачених холостих переїздів агрегатів та більш важкі їх умови праці, ніж у середньому багаторічній, збільшення опору агрегату внаслідок несправностей машин, застосування агрегатів з меншою продуктивністю, незадовільний технічний стан агрегатів тощо.

Річний аналіз проводять у такій послідовності. Оцінюють фактичний стан забезпеченості господарства технікою та обсяг виконання механізованих робіт. Збільшення обсягу може викликати збільшення транспортних, навантажувально-розвантажувальних та землерийних робіт, які безпосередньо пов'язані з технологією виробництва сільськогосподарських культур, уточнення технології робіт, підвищення рівня механізації. Перш за все слід порівняти плановий і

фактичний обсяги транспортних робіт. Якщо збільшення обсягу робіт відбувалося не за рахунок транспортних, то аналізують основні операції за технологічними картами. Зменшення обсягу робіт може бути за рахунок обґрунтованої зміни технології, розтягування строків виконання робіт або їх невиконання.

Низький рівень змінного виробітку свідчить про незадовільну організацію праці або простої через технічні причини. Низький змінний виробіток часто супроводжується високим рівнем використання фонду часу, тобто запланований обсяг робіт виконується, але в розтягнуті строки. Внаслідок рівень річного виробітку може бути в межах запланованого, але використання його незадовільне.

Потім перевіряють рівень витрати палива, можливі випадки списання палива, яке було витрачено з іншою метою, на машинно-тракторний парк.

Перевіряють рівень прямих експлуатаційних витрат за основними елементами витрат: амортизаційні відрахування, витрати на паливно-мастильні матеріали, на технічне обслуговування та ремонт.

Перш, ніж аналізувати рівень витрат в парку загалом, аналізують підсумки роботи кожного трактора. Визначають зайнятість трактора протягом року, рівень змінного та річного виробітку, витрати палива, відповідність фактичної вартості кожного ремонту нормативній, рівень витрат на технічне обслуговування.

### **6.3. Інженерна служба**

Інженерна служба господарств визначається як структурний підрозділ внутрішньогосподарської системи управління, що займається експлуатацією та ремонтом техніки. Вона, зазвичай, об'єднує машинно-тракторний парк і різні засоби механізації, матеріально-виробничу базу: ремонтні майстерні, пункти технічного обслуговування, машинні двори, автомобільні гаражі, нафтосховища тощо, а також інженерно-технічних працівників, механізаторів з ремонту і технічного обслуговування машин, електромонтерів, водіїв.

Трактористи-машиністи на період виконання ремонтних робіт підпорядковані службі капітального і поточного ремонту машин. Розвинута інженерна служба господарства включає до восьми спеціалізованих відділень.

Служба експлуатації машинно-тракторного парку організовує високопродуктивне використання машин у землеробстві та на перевезенні вантажів шляхом застосування прогресивних технологій і правил виконання механізованих і транспортних робіт: впроваджує заходи щодо подовження міжремонтних строків роботи машин, зниження експлуатаційних витрат за рахунок систематич-

ного проведення технічного обслуговування; оперативного усунення несправностей за найменших матеріальних витрат. Вона підпорядкована старшому інженеру з експлуатації.

Старший інженер з експлуатації є керівником служби експлуатації машинно-тракторного парку. Його основне завдання – організація високопродуктивного використання машинно-тракторного парку, його технічного обслуговування і зберігання. Він безпосередньо відповідає за стан, правильне і ефективне використання техніки.

Старший інженер з експлуатації машинно-тракторного парку, разом із спеціалістами виробничих підрозділів розробляє план і заходи з технічної експлуатації і ремонту машинно-тракторного парку, здійснює високопродуктивне його використання, забезпечує раціональне комплектування машинно-тракторного парку, правильне технологічне регулювання, впроваджує прогресивні технології та організацію виконання механізованих робіт, організовує збирання й обкатування нових тракторів, комбайнів, машин і стаціонарних двигунів, здає їх в експлуатацію підрозділам господарства, забезпечує правильне зберігання техніки в процесі експлуатації, своєчасне ставлення машин на чергове ТО, організовує своєчасне усунення несправностей машин, що працюють у полі.

В обов'язки старшого інженера з експлуатації машинно-тракторного парку входить перевірка стану первинного обліку роботи тракторів, комбайнів, машин, витрат коштів на їх утримання. Він щомісяця провадить аналіз показників виробітку машин, витрати палива, матеріалів, коштів на ремонт і технічне обслуговування, бере участь у розробці і впровадженні у виробництво технічно обґрунтованих норм виробітку машинно-тракторного парку, витрати пально-мастильних та інших матеріалів на їх роботу, в проведенні технічного навчання механізаторських кадрів, організації роботи з раціоналізації та винахідництва, впровадження досягнень науки і передового досвіду з експлуатації машинно-тракторного парку.

Старший інженер з експлуатації машинно-тракторного парку несе особисту відповідальність за високопродуктивне використання і зберігання техніки, своєчасне і високоякісне виконання механізованих робіт, дотримання правил охорони праці, атестацію робочих місць і механізаторів служб експлуатації, своєчасне і правильне оформлення документів на списання матеріальних цінностей.

Роботу в підрозділах очолюють техніки-механіки (бригадири механізованих ланок, начальники механізованих загонів).

Служба капітального і поточного ремонту машин забезпечує своєчасний та якісний ремонт техніки на основі передових методів

його виконання і прогресивних форм організації праці, економічного використання виробничих, потужностей внутрішньогосподарської ремонтної бази; здійснює передавання машин, вузлів і агрегатів для централізованого ремонту або обміну; поповнює ремонтний фонд шляхом реставрації та виготовлення запасних частин; організовує належне зберігання техніки в міжсезонні періоди. Службою керує завідувач ремонтної майстерні. Тут також працюють інженер-механік, контролер, технік-нормувальник, технік-механік (завідувач машинного двору).

Служба експлуатації машин та обладнання в тваринництві здійснює комплексну механізацію трудомістких процесів на фермах і комплексах шляхом створення технологічних ліній машин з виробництва кожного виду тваринницької продукції, організовує монтаж нового та заміну непридатного обладнання, планове технічне обслуговування фермської техніки, підготовку кваліфікованих кадрів технічних спеціальностей тваринників. Очолює її інженер з механізації виробничих процесів у тваринництві.

Служба з експлуатації та технічного обслуговування автотранспорту розробляє і впроваджує заходи щодо підвищення ефективності його використання; організовує обкатку нових автомобілів, а також після капітального ремонту, закріплює їх за водіями; контролює облік роботи автотранспорту, витрат запасних частин, палива, проведення технічних обслуговувань.

Роботу служби організовують завідувач автогаража, інженер (технік)-автомеханік, диспетчер.

Електротехнічна служба господарства організовує високопродуктивне використання електрообладнання і електроустановок, здійснює заходи з проведення планових поточних ремонтів та щоденного технічного обслуговування, забезпечує номінальне завантаження електромашин для продовження строків їх роботи та економії електроенергії. Керівництво здійснює інженер-електрик.

Служба експлуатації нафтогосподарств забезпечує потребу сільськогосподарської техніки в нафтопродуктах: організовує своєчасну доставку, якісне зберігання, безперебійну заправку агрегатів, правильне витрачання та збирання відпрацьованих нафтопродуктів, провадить технічне обслуговування обладнання нафтогосподарства. Підпорядкована служба завідувачу нафтогосподарства.

Службу експлуатації машин та обладнання допоміжних виробництв створюють у господарствах, де різні підсобні підприємства оснащені сучасним технічним обладнанням. Вона організує раціональне завантаження встановлених потужностей; забезпечує продовження міжремонтних строків роботи техніки та зниження екс-



платуаційних витрат на її обслуговування. Очолює службу інженер-механік.

Служба матеріально-технічного постачання та збуту є здебільшого загальногосподарською. Проте, забезпечення виробництва технікою, запасними частинами, інструментом, ремонтними матеріалами здійснюється через інженера (техніка)-експедитора та працівників матеріально-технічних складів. Вони організовують правильне зберігання деталей машин, ремонтних та експлуатаційних матеріалів, ведуть їх облік; складають заявки і створюють необхідний ремонтний фонд інженерної служби.

З функціями інженерної служби тісно пов'язані роботи з охорони праці, розробки технологічної документації, планування та аналізу використання техніки, паливних й енергетичних ресурсів, підготовки механізаторських кадрів. У здійсненні їх беруть участь інженерно-технічні працівники, спеціалісти технологічних служб – агрономічної, зоотехнічної, економічної та керівники виробничих підрозділів бригад, ферм, загонів, ланок. Функції інженерної служби реалізуються через її структуру. Загальне керівництво здійснює головний інженер господарства.

Організаційні форми інженерної служби визначаються умовами і вимогами виробництва. Науковцями розроблено принципи структури інженерної служби господарства на основі класифікації функцій і робіт, які виконують спеціалісти в сфері використання та обслуговування техніки.

Виділяють дві основні ознаки класифікації:

а) предметну – за групами обслуговуючих машин: трактори, автомобілі, обладнання тваринницьких ферм, меліоративні машини, електроустановки тощо;

б) технологічну – за видами виконуваних робіт: використання техніки, ремонт, технічне обслуговування, діагностика, комплектування, матеріально-технічне постачання, охорона праці тощо.

У виробничих умовах структура інженерної служби сільськогосподарських підприємств ґрунтується на змішаній предметній та технологічній спеціалізації функцій.

Структура управління інженерної служби залежить від чисельності спеціалістів і розподілу між ними функцій. У невеликих господарствах функції інженерної служби зосереджені у кількох спеціалістів, у великомасштабних – рівень організації обов'язків конкретніший.

Штатними нормативами для сільськогосподарських підприємств передбачено понад 20 інженерно-технічних посад. Основними показниками нормування є: парк самохідних машин – для інженерів-механіків; наявність енергетичних засобів (в умовних оди-

ницях) – для інженерів-електриків; кількість автомобілів – для спеціалістів автомобільного гаража; обсяг ремонтних робіт – для інженерно-технічного персоналу ремонтних майстерень; наявність худоби (в умовних одиницях) – для інженерів з механізації робіт у тваринництві; площа зрошуваних та осушених земель – для інженерів-гіротехніків.

Показники нормування диференційовані за кожною посадою. Проте вони не усувають диспропорцій у виробничих навантаженнях на інженерно-технічних працівників. Так, за наявності на сільськогосподарських підприємствах до 79 машин на одного інженера з експлуатації машинно-тракторного парку їх припадає 27; за парку 80...159 машин – 33, 160...239 – 40; від 240 і більше – 48. У нормативах для господарств на одного фахівця електротехнічної служби припадає від 200 до 2000 та більше умовних енергетичних одиниць обладнання. Якщо в цьому разі рівень нормативного завантаження розрахований на кваліфікацію інженера (техніка)-електрика, то норматив завантаження одного механіка – приблизно 20 самохідних машин – враховує їх кількісний склад.

Загальна кількість інженерно-технічних робітників має становити не менше 14% загальної чисельності виробничих робітників, які зайняті ремонтом і технічним обслуговуванням машин.

#### **6.4. Контроль роботоздатності і технічне діагностування машин**

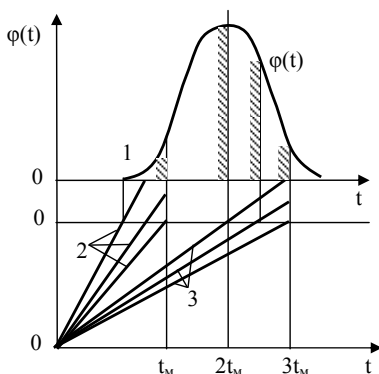
##### **6.4.1. Роль технічної діагностики в системі технічного обслуговування і підвищенні надійності роботи машин**

Завдання перевірки роботоздатності тракторів, машин та їх окремих агрегатів полягає у визначенні сукупності дефектів та несправностей, які впливають на якісні, технічні, економічні та інші показники роботи машини і встановленні загального технічного стану її з метою прийняття рішення про можливість проведення технічного обслуговування і продовження експлуатації або про ставлення машини (окремих агрегатів) на відповідне технічне обслуговування чи ремонт.

Перевірку роботоздатності машини (або окремих її агрегатів) виконують методом діагностування за узагальнюючими параметрами в процесі технічного обслуговування, або перед ставленням на ремонт.

Технічне діагностування машин відповідно до ГОСТ 25176-82 є складовою частиною технічного обслуговування та ремонту і має забезпечувати їх виконання за фактичним технічним станом.

Високий технічний стан машини, а, отже, висока надійність її роботи, досягається шляхом своєчасного виявлення і запобігання відмов. Запобігання відмов досягається внаслідок виконання регулювань або ремонту об'єкта, експлуатаційні параметри якого наблизились до граничного значення. Дослідженнями встановлені строки виконання запобіжних операцій, що впливають на ймовірність відмов (рис. 6.4).



**Рис.6.4. Вплив закономірності зміни параметра до граничного значення на ймовірність відмов:**

1 – ймовірність відмов незначна; 2, 3 – закономірності зміни параметрау;  
 $\phi(t)$  – щільність розподілу відмов

Якщо у разі перевищення параметра  $D$  в період контролю  $t_M$  ймовірність відмов незначна (1), то в період контролю  $3t_M$  під час виконання необхідних запобіжних операцій (якщо закономірність зміни параметра характеризується функціями 3) ймовірність відмов збільшується. Отже, технічна діагностика дозволяє своєчасно виявити граничний стан параметра, у більшості випадків не допускати відмов. Однак виграш за рахунок зменшення кількості відмов завдяки частішому контролю ( $t_M$  замість  $3t_M$ ) має негативний бік – неповне використання ресурсу об'єктів. Найкраща результативність можлива на основі оптимального вирішення.

Технічна діагностика дозволяє виконувати в необхідний період відновлення параметрів машини, що впливає на підвищення надійності її роботи, економічні та якісні показники.

Діагностування включає три основні етапи: отримання інформації про технічний стан об'єкта діагностування; обробка і аналіз одержаної інформації; ставлення діагнозу і прийняття рішення.

Перший етап полягає у визначенні параметрів стану, одержанні якісних ознак стану і наробітку; другий етап – в обробітку і порівнянні одержаних значень параметрів стану з номінальними, допустимими і граничними значеннями, а також використанні отриманих даних для прогнозування залишкового ресурсу; третій – в аналізі результатів прогнозування і визначенні обсягу та строків робіт з технічного обслуговування і ремонту складових частин машини.

Технічна діагностика, таким чином, дає змогу здійснювати керування технічним станом тракторів і сільськогосподарських машин.

Обернений зв'язок забезпечує отримання даних про показники надійності та ефективності тракторів у процесі експлуатації, перевірку результатів керування методом порівняння очікуваних і фактично керуючих показників з метою отримання найменших відхилень, виявлених під час порівняння.

Сучасні методи технічної діагностики дають змогу впливати не тільки на стан тракторів, а і на систему їх технічного обслуговування, що є обов'язковою умовою переходу на прогресивнішу систему планово-запобіжного технічного обслуговування і ремонту за фактичним станом (граничним значенням параметрів стану). Плановість тут передбачається в регламентному (за виробітком, витратою палива або часом роботи) технічному контролі тракторів.

Таким чином, від виду технічного обслуговування, зовнішніх ознак і загального стану об'єкта діагностування, а також відповідно до характеру майбутніх відповідальних польових робіт (сівба, жнива) система технічного діагностування сільськогосподарської техніки вирішує такі завдання:

- визначення виду ремонту (капітальний чи поточний) та обсягу ремонтних робіт (після вичерпання ресурсу складових частин чи всієї машини);
- виявлення комплексу заходів для забезпечення безвідмовної роботи машини до чергового планового технічного обслуговування відповідного виду, пошук і усунення причин несправностей та відмов (під час періодичних і післясезонних технічних обслуговувань);
- перевірка готовності машинно-тракторного парку до роботи, пов'язаної, наприклад, з сівбою чи жнивими (під час періодичних технічних оглядів);
- приведення машин в роботоздатний стан (у випадку несправностей чи відмови).

#### 6.4.2. Класифікація методів діагностування техніки

Існує чимала кількість методів і схем технічного діагностування сільськогосподарської техніки.

**Суб'єктивний метод.** Технічний стан машини, складових частин оцінюють за допомогою органів чуття. Метод широко використовують для попереднього оцінювання стану техніки. Виконують візуально, на слух, за запахом, прощупуванням.

До суб'єктивного методу діагностування відносять також висновки майстра-діагноста на основі логічного мислення.

Точність цього методу діагностування значно підвищується, якщо його використовувати з найпростішими засобами вимірювання (наприклад, прослуховувати стуки за допомогою стетоскопу). Суб'єктивний метод широко використовують на практиці, а тому в разі систематичного застосування може забезпечувати своєчасне запобігання аварійній поломці того чи іншого механізму.

**Діагностування за структурними параметрами.** Процес діагностування виконують безпосереднім вимірюванням параметрів стану. Переваги цього методу – отримання точних результатів, простота конструкції засобів використання, недолік – велика трудомісткість, порушення приробітку поверхонь тертя.

Інколи діагностування вихідних параметрів може дати точніші показники, ніж структурне (наприклад, ступінь спрацювання циліндро-поршневої групи краще оцінити за кількістю газу, що проривається в картер, ніж за величиною зазору в спряжених деталях).

Діагностування за структурними параметрами, зазвичай, виконують тоді, коли їх можна виміряти без розбирання тертьових деталей (без порушення приробітку).

**Діагностування з вимірюванням герметичності робочих об'ємів** виконують за допомогою манометрів, вакуумметрів, пневматичних калібраторів. Таким методом діагностують циліндро-поршневі групи, плунжерні пари, силові циліндри, ущільнення заднього моста тощо.

Перевагою цього методу діагностування є в більшості випадків висока точність результатів вимірювання, а в деяких випадках – можливість прогнозувати залишковий ресурс.

**Діагностування дизелів за параметрами робочих процесів.** Діагностування базується на реєстрації амплітудно-фазових параметрів. Цим методом визначають стан циліндрів (пульсація внаслідок спалахування палива); стан паливної апаратури (пульсація в паливопроводах високого тиску); стан механізму газорозподілу (за пульсацією повітря та газів у випускному і впускному колек-

торах). Перевага цього методу діагностування – невелика трудомісткість.

**Віброакустичний метод діагностування.** Існує кілька видів віброакустичного діагностування: амплітудно-роздільний, частотно-роздільний, розподільний за часом, спектральний аналіз та інші. В основу методу покладено реєстрацію коливань робочих механізмів, які мають імпульсивний характер і залежать від величини зазорів з'єднувальних пар.

**Метод оцінювання якості нафтопродуктів.** Цей метод виконують за допомогою переносних лабораторій ПЛ-2М і РЛ. Він дає змогу виявити відповідність нафтопродуктів паспортним характеристикам. Під час контролю нафтопродуктів не допускається використання забруднених палив, масла, мастил і, таким чином, створюються умови, збільшення строку експлуатації механізмів і пар тертя.

**Спектрографічний метод визначення складу продуктів зносу в маслі.** Цей метод полягає у визначенні складу продуктів у пробі масла шляхом розкладання на окремі спектри та їх випромінювання, що виникає під дією вольтової дуги. Спектрограми розшифровують за допомогою розрахунково-обчислювального обладнання і за результатами аналізу масла будують графіки інтенсивності спрацювання об'єктів діагностування залежно від наробітку. За значного підвищення спрацювання приймають рішення про ставлення машини на ремонт. Метод розрахований на масове обслуговування машин.

Недолік спектрографічного методу – невисокий рівень точності (похибка 10...15%) і складність визначення спрацювання тертьових спряжень (деталей) однакового хімічного складу.

**Діагностування за потужносним і паливним показниками.** Розрізняють гальмові, безгальмові, парціальні та диференціальні методи перевірки потужносних і паливних показників. Той чи інший методи використовують залежно від умов і можливостей. Найскладніший метод – гальмовий, а тому в більшості випадків його застосовують під час наукових досліджень, всі інші методи достатньо широко впроваджені у виробництво.

Існують й інші системи класифікації діагностування, наприклад, залежно від кількості агрегатів, що діагностуються, і частин виробу – локальна і загальна; залежно від впливу на об'єкт діагностування – функціональна, в період роботи виробу, і тестова за рахунок подавання на об'єкт тестових сигналів; залежно від засобів, що використовують – універсального, вмонтованого, зовнішнього, пересувного, рухомого, стаціонарного; залежно від ступеня автоматизації діагностування – автоматичне, автоматизоване, ручне та інше.

Технічну діагностику також класифікують на заводсько-технологічну, ремонтну, експлуатаційну і спеціальну.

Заводське технологічне діагностування призначається для заводських випробувань, а також для визначення технічного стану деталей, збірних одиниць.

Ремонтне діагностування поділяють на доремонтне, ремонтно-технологічне і післяремонтне. Головне завдання – виявлення технічного стану трактора і визначення обсягу ремонтних робіт. Під час ремонтно-технологічного діагностування окремі деталі, збірні одиниці контролюють під час ремонту, складання, обкатки і випробувань. Післяремонтне діагностування здійснюють для визначення якості ремонту.

Експлуатаційне діагностування виконують під час польових робіт і планових технічних обслуговувань. Діагностування трактора до початку польових робіт дає можливість виявити його технічний стан. Особливу увагу звертають на загальний технічний стан машинно-тракторного агрегату, на можливість виконання ним своїх функцій.

Діагностування машинно-тракторного агрегату під час його роботи проводять для виявлення порушень основних експлуатаційних показників, що впливають на якість технологічного процесу.

Діагностування машинно-тракторного агрегату після роботи здійснюють тоді, коли необхідно вирішити питання доцільності ставлення трактора на ремонт чи на технічне обслуговування.

Своєчасне і систематичне діагностування машинно-тракторного агрегату (з оптимальною періодичністю), а також діагностика для визначення несправностей – важливий резерв скорочення простоїв машинно-тракторних агрегатів під час їх експлуатації.

Спеціальне діагностування (заявочне) виконують у випадках, коли потрібно визначити технічний стан машини і підготувати її для виконання особливих робіт (дослідження, нормування тощо), а також за заявками механізаторів з метою виявлення несправностей. Таке діагностування може проводитися вибірково для перевірки технічного стану машин перед виконанням відповідальних технологічних процесів (сівба, жнива).

## **6.5. Технологія технічного обслуговування машин**

Технологія обслуговування машин, як й інша виробнича діяльність, спрямована на об'єкт обслуговування (у цьому випадку трактор, сільськогосподарська машина, автомобіль). Елементарні дії називаються технологічними операціями технічного обслугову-

вання (догляду), а їх сукупність – виробничим технологічним процесом технічного обслуговування.

Кожному номеру технічного обслуговування, залежно від трудомісткості, методу і умов виконання, відповідає технологічний процес, виражений повним обсягом у вигляді технологічної карти на обслуговування.

Під час розробки технології проведення технічного обслуговування (доглядів) розглядається дві групи питань:

- розробка раціональної технології виконання окремих операцій з контролю, проведення обслуговування, заправки з вибором оптимальної кількості виконавців, їх завантаження, розподілу окремих операцій між виконавцями, вибору місця проведення операцій, визначення витрат експлуатаційних матеріалів і коштів на оплату праці;
- вибір і застосування технічних засобів для проведення обслуговування (приладів, установок, пристосувань, інструментів), раціональне їх використання, розумне поєднання механічних і ручних засобів виконання операцій, забезпечення кваліфікованого проведення технічних обслуговувань.

Зразок форми технологічної карти на виконання технічного обслуговування машини наведено у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3

### Технологічна карта на технічне обслуговування машини

Операція	Послідовність і тривалість операцій, хв				Трудомісткість, люд.-год	Прилади, інструмент, матеріали	Схема, ескізи	Технічні умови, методичні вказівки
	5	10	13	тощо				
1	2	3	4	5	6	7	8	9

У кінці технологічна карта містить загальні відомості: витрати праці (люд.-год), тривалість технічного обслуговування (год), розподіл витрати праці між виконавцями.

Організація і технологія технічних обслуговувань машин з періодом часу змінюється та вдосконалюється внаслідок розвитку техніки, засобів технічного обслуговування, рівня використання машинно-тракторного парку, підвищення вимог до виконання операцій тощо.



Основними принципами під час розробки технології (технологічних карт) виконання технічних обслуговувань тракторів (машин) є такі:

- чіткий розподіл праці, за якого трактористи-машиністи провадять щозмінні технічні обслуговування, а періодичні виконують майстри за участю механізаторів;
- технічні операції під час технічного обслуговування здійснюють фахівці з використанням механізованих засобів та інструментів, заправка і мащення механізмів провадиться тільки механізовано;
- на пунктах технічного обслуговування застосовують універсальне обладнання, яке забезпечує обслуговування усіх марок тракторів, завдяки чому досягається ефективність його використання і високий рівень якості технічного обслуговування.

Щозмінне технічне обслуговування тракторів включає зовнішнє очищення і перевірку зовнішнього кріплення вузлів, механізмів; усунення підтікання палива, води, електроліту, мастила; перевірку рівня (і дозаправку) масла в картерах, палива в баках, охолоджувальної рідини в радіаторі, електроліту в акумуляторах; перевірку роботи контрольних приладів і механізмів.

Щозмінне технічне обслуговування виконують на початку або наприкінці зміни.

На проведення щозмінного технічного обслуговування витрачається не більше 40...50 хв. робочого часу. Уважне виконання щозмінного технічного обслуговування дозволяє своєчасно помітити появу несправності та усунути її в початковий період.

**Перше технічне обслуговування (ТО-1)** включає операції щозмінного технічного обслуговування, додатково виконують операції із заправлення картерів мастилом, мащення деяких підшипників, вузлів; перевірки стану і догляду за акумулятором, контролю за роботою вузлів, догляду за повітроочисником. Після очищення фільтрів грубої очистки масла і реактивної центрифуги перевіряють частоту обертання її ротора.

Перше технічне обслуговування трактора виконують переважно на польовому стані тракторної бригади, а у разі значного віддалення від нього – на місці роботи з виїздом на поворотну смугу. У такому разі обслуговування здійснюють за допомогою пересувного агрегату технічного обслуговування.

До **другого технічного обслуговування (ТО-2)** входять операції ТО-1 і додаткові із заміни масла в картері двигуна, мащення вузлів, очищення та промивання повітроочисника і фільтра тонкої очистки масла. Перевіряють пропускну здатність фільтрувального

елемента фільтра грубої очистки масла.

Перевіряють і за необхідності регулюють форсунки на тиск впорскування, зазори клапанів, а також між контактами переривання і електродами свічки запалювання. Регулюють муфту зчеплення і механізм керування нею, гальма, натяг гусениць.

Перевіряють і регулюють паливну апаратуру. Перевіряють і чистять колектор генератора. Уважно перевіряють стан акумулятора і густину електроліту. За необхідності підтягують всі зовнішні кріплення вузлів трактора.

Друге технічне обслуговування виконують на пунктах технічного обслуговування.

**Трете технічне обслуговування (ТО-3)** включає операції ТО-1, ТО-2, а також додаткові роботи з контролю і регулюванню вузлів і механізмів трактора, промивають систему охолодження. Визначають технічний стан вузлів і агрегатів машин без їх розбирання. Виконують нескладні ремонтні роботи, які не вимагають розбирання трактора.

Огляд двигуна і перевірку його стану здійснюють інженер-механік і майстер з технічного обслуговування.

Основний контроль двигуна – це гальмова або безгальмова перевірка його потужнісних, швидкісних та екологічних показників.

Виконують перевірку та регулювання вузлів гідросистеми, перевірку продуктивності насоса, стану запобіжного клапана, шлангів. Контроль указаних вузлів проводять на тракторі, використовуючи прилад КИ-1097Б з набором необхідних пристосувань.

Перевіряють стан механізмів системи газорозподілу (спрацювання розподільних шестерень, заглиблення клапанів, пружність клапанних пружин). Без розбирання механізмів визначають кут зміщення фаз відкривання та закривання клапанів. Промивають паливні баки основного і пускового двигунів. За необхідності регулюють підшипники заднього мосту, ходової системи, а також знімають турбокомпресор, чистять, розбирають і промивають його деталі.

**Сезонне технічне обслуговування (СТО)** здійснюють під час переходу до осінньо-зимового періоду експлуатації або весняно-літнього. Виконують такі основні операції. Промивають систему охолодження, проводять чергове технічне обслуговування, перевіряють роботу термостатів, замінюють масло і мастила відповідно до сезону в двигуні, гідравлічній системі, агрегатах, вузлах силової передачі і ходовій системі. Відключають масляний радіатор системи мащення двигуна. Замінюють фільтрувальні елементи палива (якщо вони відпрацювали більше половини свого строку). Перевіряють стан всіх агрегатів електрообладнання. Регулюють відповідно до се-

зону робочу напругу реле-регулятора. За необхідності проводять роботи з утеплення кабіни, в систему охолодження заливають рідину з низькою температурою замерзання.

Технічне обслуговування зернозбиральних комбайнів виконують у неробочий період доби (вночі або вранці до спаду роси), а спеціалізованих комбайнів і сільськогосподарських машин – одночасно з технічним обслуговуванням тракторів, використовуючи пересувні агрегати технічного обслуговування.

**Щоденне технічне обслуговування** комбайнів включає очищення від пилу, бруду і полови двигуна, захисної сітки радіатора, інерційного пилевловлювача та інших основних вузлів комбайна. Уважно зовнішнім оглядом перевіряють кріплення всіх вузлів комбайна і місця з'єднання гідропроводів. За необхідності доливають масло в картер основного двигуна, корпус паливного насоса, регулятора, виконують мащення відповідно до карти мащення.

Додатково через кожні 20 мотогодин перевіряють технічний стан варіатора мотовила, підшипників соломотряса, механізму очистки, ланцюгових передач і визначають зазор між бичами молотильного барабана і планками підбарабання.

Під час щозмінного технічного обслуговування перевіряють справність контрольно-вимірювальних приладів, пристроїв.

**Перше періодичне технічне обслуговування комбайнів (ТО-1)** включає операції щозмінного технічного обслуговування, і додатково очисні операції барабана, соломотряса, молотарки. Виконують мийні роботи елементів очистки повітря, фільтра грубої очистки масла, ротора центрифуги. Зливають відстій з паливного бака, фільтрів палива.

Обслуговується електрообладнання, дозаправляється маслом бак гідросистеми.

Перевіряють і регулюють шнек жатки, мотовило, похилий транспортер, клинові паси, запобіжні муфти, ланцюгові передачі, автоматичні елементи. Виконують мащення підшипників. Перевіряють роботу всіх механізмів, приладів комбайна, несправності усувають.

**Друге періодичне технічне обслуговування комбайнів (ТО-2)** включає виконання операцій щозмінного і першого технічних обслуговувань, додатково виконують роботи з перевірки технічного стану системи електрообладнання двигуна, механізму газорозподілу, паливної апаратури і виконують регулювальні операції. Перевіряють перепускну спроможність фільтрувальних елементів грубої очистки масла. Перевіряють і регулюють основну муфту зчеплення. Перевіряють і дозаправляють масло в картер моста ведучих коліс комбайна і коробку передач. Виконують мащення всіх вузлів і механізмів комбайна, двигуна. Уважно контролюють всю

систему керування механізмами комбайна, його ходову частину, виявлені несправності усувають.

За необхідності виконання складних регулювань виконують часткове розбирання складових частин машини з використанням контрольних приладів, пристосувань.

Для простих сільськогосподарських машин виконуються операції тільки щозмінного технічного обслуговування. Ці операції здійснюють в перерві між змінами, або наприкінці чи на початку зміни. Машину очищають від пилу, бруду, коренево-рослинних залишків. У машин для внесення пестицидів, добрив, чистять і мийуть внутрішні порожнини від залишків пестицидів, мінеральних добрив, агресивних рідин, сумішей.

Перевіряють комплектність машини, а також технічний стан складових частин; кріплення механізмів, робочих органів і зазори; відсутність підтікання у з'єднувальних елементах для технологічних рідин; стан механізмів керування, гальмової системи, системи освітлення та сигналізації; правильність положення робочих органів, технічний стан (за зовнішнім виглядом), окремих збірних одиниць і агрегування машини з тракторами.

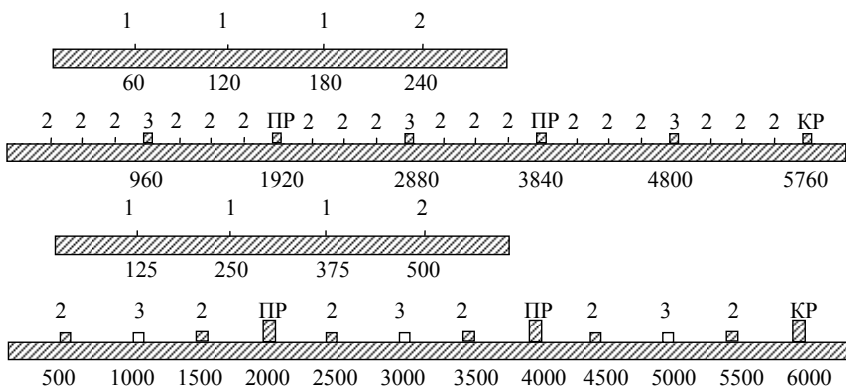
Необхідні технічні та технологічні регулювальні роботи проводять залежно від стану машини і зовнішніх умов. Виконують мащення складових частин машин відповідно до заводських рекомендацій (карти мащення).

## **6.6. Періодичність технічного обслуговування тракторів і сільськогосподарських машин**

Вивчення і аналіз правил та строків проведення технологічних операцій технічного обслуговування тракторів дозволили встановити типову схему їх групування і послідовність виконання. Типова схема технічного обслуговування складається з комплексу технологічних операцій, об'єднаних характером робіт, що виконуються, і спеціальністю виконавців за складовими частинами і системами, а також обладнанням для технічного обслуговування.

Підвищення якісного рівня виробництва тракторів, використання сучасних матеріалів, мастил дозволили перейти до досконалішої типової схеми періодичності ТО. ГОСТ 25826-83 встановлює періодичність ТО-1 через 125 мотогодин наробітку, ТО-2 через 500, ТО-3 через 1000 мотогодин наробітку. Збільшення періодичності всіх видів ТО дозволяє знизити трудомісткість технічного обслуговування на 8... 15% і витрат коштів більше ніж на 10%.

Періодичність ТО і ремонтів схематично зображені на рис. 6.5.



### 6.5. Структура періодичності технічного обслуговування і ремонтів тракторів:

- а – періодичність першого технічного обслуговування – 60 мотогодин;
- б – періодичність першого технічного обслуговування – 125 мотогодин

Дослідження впливу повноти виконання технологічних операцій технічного обслуговування на безвідмовність тракторів і загальні витрати коштів на підтримання їх у роботоздатному стані, дозволяє встановити оптимальний рівень їх технічного обслуговування. Якщо зменшити витрати коштів на технічне обслуговування (а відповідно і зменшити обсяг робіт технічного обслуговування) витрати на ремонт машини збільшаться. Якщо ж повністю виконувати всі роботи ТО, витрати на ремонт машини зменшуються, але сумарні витрати коштів на підтримання її в роботоздатному стані можуть бути підвищеними в порівнянні з першим прикладом. Отже, рівень технічного обслуговування за обсягом виконання робіт буде оптимальний у випадку сумарних мінімальних витрат коштів на підтримання машин у роботоздатному стані.

Таким чином, мінімальні трудові та грошові витрати на підтримання машин в роботоздатному стані досягаються лише за певного значення (оптимального) обсягу виконання робіт технічного обслуговування, що має враховуватися під час розробки конструкцій тракторів (машин) і всієї структури технічного обслуговування.

Періодичність технічного обслуговування тракторів може вимірюватися в мотогодинах, літрах витраченого палива, або в умовних еталонних гектарах. За даними наукових досліджень встановлено, що для повнішого відображення і урахування витрачання

енергії на тракторні роботи доцільно планування і облік загальної роботи вести за витрачанням палива (л).

Планування і облік періодичності ТО для сільськогосподарських самохідних машин пропонується виконувати також у літрах палива, або в фізичній площі обробітку (га).

Періодичність технічного обслуговування тракторів і складних сільськогосподарських машин наведені в табл. 6.4 і 6.5.

Таблиця 6.4

### Періодичність планових технічних обслуговувань тракторів і сільськогосподарських машин

Машина	Одиниця виміру	Періодичність обслуговування		
		ТО-1	ТО-2	ТО-3
Трактори, самохідні машини	Мотогодина	60 125*	240 500*	960 1000*
Самохідні комбайни, машини	Мотогодина	60	240	-
Причіпні складні машини	Год. роботи	60	240	-

\* Стосується тракторів, рішення на ставлення у виробництво яких прийнято після 1 січня 1982 року.

Таблиця 6.5

### Періодичність першого технічного обслуговування тракторів

Трактор	60 мотогодин			125 мотогодин		
	л.	кг.	ум.ет.га	л.	кг.	ум.ет.га
1	2	3	4	5	6	7
К-700А	2000	1680	160	-	-	-
К-701	2700	2300	195	-	-	-
К-701М	-	-	-	4400	3700	410
Т-150, Т-150К	1400	1200	120	2500	2100	250
ДТ-175С	1200	1030	120	2500	2100	250
Т-4А	1400	1200	120	1000	860	205
Т-130М	1000	850	92	-	-	-
ДТ-75М	1000	840	77	-	-	-
ДТ-75МВ	700	590	77	1450	1220	160

Закінчення табл. 6.5

1	2	3	4	5	6	7
ДТ-75МЛ	-	-	-	1465	1230	160
ДТ-75Н	-	-	-	2200	1850	160
Т-70С	650	540	63	-	-	-
МТЗ-80/82	600	500	52	1050	870	109
ЮМЗ-6АЛ/АМ	480	400	45	820	680	94
Т-40М/АМ	540	450	37	-	-	-
Т-25А1/А3	240	200	23	500	410	48
Т-16М	190	160	16	500	410	34

Періодичність проведення щозмінного ТО становить 8...10 год роботи трактора, машини.

Періодичність ТО комбайнів може вимірюватися також в одиницях обробітку площі – гектарах.

Відхилення фактичної періодичності (випередження чи запізнення) виконання технічних обслуговувань від встановленої допускається до 10% для тракторів і до 20% для інших сільськогосподарських машин.

Сезонне технічне обслуговування (СТО) проводиться тільки для тракторів і автомобілів. Цей вид ТО виконують після закінчення сезону, коли машина готується для роботи в інших кліматичних умовах: до експлуатації в зимових умовах, або в теплий період року.

У разі використання тракторів у південних кліматичних умовах (у південній зоні) сезонні ТО допускається не проводити, особливо коли температура повітря часто перевищує +5° С.

Технічне обслуговування машин та їх складових частин, що експлуатуються в особливо важких умовах, може проводитися з меншою періодичністю, ніж рекомендована заводом-виготівлювачем машини.

Види ТО різних типів сільськогосподарської техніки наведено в табл. 6.6.

Таблиця 6.6

## Види технічних обслуговувань тракторів і машин

Вид технічного обслуговування	Трактори і самохідні шасі, пересувні насосні станції	Комбайни, складні самохідні та причіпні машини з обробки сільськогосподарських культур	Посівні та садильні машини: жатки, косарки-пілбирачі, ґрунтообробні машини з активними робочими органами, машини із захисту рослин і внесення добрив, дощувальні машини і установки	Причіпи і візки, транспортери	Ґрунтообробні машини, прості стаціонарні машини для обробки сільськогосподарських культур
Технічне обслуговування під час експлуатаційної обкатки (підготовки, проведення та закінчення)	+	+	+	+	+
Щозмінне технічне обслуговування (ЩТО)	+	+	+	+	+
Перше технічне обслуговування (ТО-1)	+	+	+	+	+
Друге технічне обслуговування (ТО-2)	+	+	-	-	-
Третє технічне обслуговування (ТО-3)	+	-	-	-	-
Сезонне технічне обслуговування під час переходу до весняно-літнього періоду експлуатації (ТО-ВЛ)	+	-	-	-	-
Сезонне технічне обслуговування під час переходу до осінньо-зимового періоду експлуатації (ТО-ОЗ)	+	-	-	-	-
Технічне обслуговування перед початком сезону роботи (ТО-С) для машин сезонного використання	-	+	+	+	+
Технічне обслуговування в особливих умовах експлуатації (піщані, кам'янисті та болотисті ґрунти, пустелі, низькі температури і високогір'я)	+	-	-	-	-
Технічне обслуговування під час зберігання	+	+	+	+	+



## **6.7. Забезпечення машинно-тракторного парку нафтопродуктами**

### **6.7.1. Призначення і загальна організація нафтогосподарства**

Завдання нафтогосподарства – своєчасно забезпечувати машинно-тракторний парк нафтопродуктами за мінімальних витрат на доставку, зберігання та заправку машин. Сучасне нафтогосподарство включає складські приміщення для зберігання нафтопродуктів, стаціонарне обладнання, заправні колонки, пересувні засоби, транспорт.

Вибір схем організації нафтогосподарства визначається відстанню від бази постачання, наявністю і станом шляхів, засобів доставки і заправки.

Трактори, які працюють на відстані більше 2 км від стану, рекомендується заправляти пересувними засобами заправки.

Якщо трактори щоденно (щозмінно) повертаються у відділки, або виконують транспортні роботи, створюють стаціонарні пункти заправки.

Організаційно нафтогосподарство підпорядковано керівнику підприємства, а з питань забезпечення ПММ машинно-тракторного парку – головним спеціалістам.

Організацію і експлуатацію нафтогосподарств забезпечують робітники, які проходять спеціальну підготовку з перевезення, зберігання і заправки нафтопродуктів. Штат робітників нафтогосподарства визначається залежно від річного витрачання нафтопродуктів. У разі річного витрачання нафтопродуктів понад 500 т додатково вводять посаду комірника (крім завідувача). Якщо на постах заправки при центральному нафтосховищі заправляється більше 30 машин у день, вводять посаду заправника (оператора).

У кожній бригаді (відділку) на пунктах заправки має бути оператор (заправник). Якщо машини заправляються пересувними заправними агрегатами, обов'язки заправника виконує водій (на МЗ-3904) або тракторист-машиніст (на МЗ-3905Т).

### **6.7.2. Нафтосховища, вибір місткостей для зберігання та облік пально-мастильних матеріалів**

Центральне нафтосховище призначається для приймання, зберігання виробничого запасу і видачі нафтоматеріалів.

Існують типові проекти нафтосховищ, місткість резервуарів яких становить 40, 80, 150, 300, 600 і 1200 м<sup>3</sup> з відповідними техніко-економічними показниками.

Будівлі, споруди, обладнання, установки і арматура нафтосховищ забезпечують виконання таких технологічних процесів:

- закритий злив палива і масла з автоцистерн, автозаправників, механізованих заправних засобів (для нафтосховищ місткістю 600 і 1200 м<sup>3</sup> передбачено приймання нафтопродуктів із залізничних цистерн);
- видачу дизельного і рідинного котельного палива, бензину, гасу, масла в автоцистерни і механізовані пересувні заправні агрегати;
- механізовану заправку автомобілів, тракторів, комбайнів та інших самохідних машин;
- зберігання нафтопродуктів за відсутності втрати їх більше встановленої норми.

Всі резервуари для бензину і дизельного палива обладнують плаваючими паливоприймальними пристосуваннями, дихальними клапанами і рівнемірниками типу УДУ-5П.

Машини заправляють за допомогою паливно і маслороздавальних колонок, якими керують з операторської.

Типовий проект вибирають за кількістю виробничих запасів нафтопродуктів господарства. Під час визначення об'єму виробничого запасу нафтопродуктів враховують спосіб доставки їх в господарство, забезпеченість транспортними засобами для доставки нафтопродуктів, відстань від бази постачання до господарства і стан шляхів.

Практикою встановлено, що у разі централізованої доставки нафтопродуктів і задовільного стану шляхів у господарстві достатньо мати виробничий запас нафтопродуктів 8... 10% річної потреби.

За незадовільного стану шляхів цей запас має становити 15...20% річної потреби.

Підібрати необхідний проект для господарства можна також за кількістю тракторів: для 15...20 тракторів рекомендується нафтосховище місткістю 40 м<sup>3</sup>; для 21...90 – нафтосховище на 80 м<sup>3</sup>; для 41...60 – нафтосховище на 150 м<sup>3</sup>; 61...100 – нафтосховище на 300 м<sup>3</sup> і для 101...200 тракторів – нафтосховище місткістю 600 м<sup>3</sup>.

Під час вибору ділянки для забудови нафтосховища і стаціонарних постів заправки необхідно враховувати: зручність розташування обладнання і споруд поста заправки; наявність під'їзних шляхів; можливість захисту від сильних вітрів, снігових і піщаних заносів; міцність ґрунту; забезпеченість електроенергією; наявність

схилів для стікання води; рівень ґрунтових вод; відповідність ділянок санітарним нормам і вимогам пожежної безпеки.

Ділянку, під нафтосховище рекомендується вибирати на схилах. Це дає можливість зливати нафтопродукти в місткості і видавати їх самопливом без використання механічних засобів та енергії, а також без втрат і забруднення.

Вибір місткостей для нафтосховищ і постів заправки. Надійність роботи та ефективність використання машинно-тракторного парку значно залежить від правильного вибору місткостей і організації зберігання нафтопродуктів з додержанням вимог їх відстоювання.

За невеликої кількості місткостей не забезпечується відстій палива і заправка тракторів таким паливом викликає підвищене спрацювання паливної апаратури і циліндро-поршневих груп.

Виходячи з технологічних міркувань, для дизельного палива в більшості випадків установлюють три резервуари: в одному паливо відстоюється, з другого відстоює паливо відпускається на заправку, а в третій – зливають паливо, що завозять.

Кількість місткостей можна вибрати також, зважаючи на такі обставини: дизельного палива для всього тракторного парку необхідно на період двох тижнів напруженої його роботи з доповненням нормативних запасів; палива для комбайнів потрібно на всю площу комбайнового збирання; автомобільного бензину потрібно всім автомобілям для роботи протягом одного місяця і для пуску тракторів з доповненням нормативного запасу.

Для бригадних постів заправки кількість місткостей визначають, виходячи з місячного запасу для роботи всього тракторного парку в напружений період виконання сільськогосподарських робіт.

Після визначення необхідної кількості місткостей вибирають їх тип для зберігання бензину, дизпалива і мастильних матеріалів.

Найпоширеніші типи місткостей – горизонтальні резервуари місткістю 5, 10, 25, 50 і 75 м<sup>3</sup>, а для масла – бочкотара від 100 до 200 л.

Стаціонарні пости заправки забезпечують мінімальні витрати часу на заправку однієї машини, зберігання якості та відсутність зайвих втрат нафтопродуктів.

На посту заправки виконують приймання нафтопродуктів, операції із зберігання, заправки, контролю якості та обліку виданих нафтопродуктів.

Стаціонарні пости за призначенням поділяють на пости заправки при центральному нафтосховищі, пости заправки машин бригад і пости заправки машин на пунктах технічного обслуговування.

Трактори заправляють нафтопродуктами один раз за зміну. Якщо машина використовується тільки протягом денної зміни, то її бажано заправляти на місці нічної стоянки, у разі двозмінної роботи – на поворотній смузі на місці роботи, або (за малої відстані) на стаціонарному посту заправки. Заправку на поворотній смузі трактора виконують пересувним заправним засобом. Спосіб заправки тракторів обґрунтовують техніко-економічними показниками.

У разі відстані тракторів від стаціонарного поста заправки понад 1,5...2,0 км з'являється економічна перевага під час використання пересувних засобів заправки.

Для початкового обліку відпущених нафтопродуктів є лімітно-забірна карта, яку заповнюють на кожний трактор, комбайн, самохідну машину.

Водії пересувних заправних агрегатів отримують нафтопродукти також за лімітно-забірною картою і відмічають кількість відпущених нафтопродуктів у відомості з поміткою номера трактора (машини), прізвища тракториста.

Заправляють машину нафтопродуктами за наявності облікового листа, в якому записують кількість відпущених нафтопродуктів одночасно із записом у відомості.

Існують й інші форми обліку витрачання нафтопродуктів (наприклад, талонна система).

Вважають, що талонна система є достатньо прогресивною, оскільки одночасно з обліком витрачання палива, дозволяє контролювати своєчасність проведення періодичного технічного обслуговування.

Пально-мастильні матеріали можуть доставлятися в господарство своїми засобами і централізовано. Найпрогресивніший метод перевезенням ПММ – централізований. При цьому зменшуються витрати на доставку їх і ймовірність псування. Однак у разі централізованої системи доставки нафтопродуктів необхідне точне планування їх кількості та строків завезення в господарство.

Завезення нафтопродуктів заправними автоцистернами або механізованими заправними агрегатами дозволяється тільки на невелику відстань.

Нафтопродукти, які надходять на склад або пункт заправки, приймають завідувач нафтогосподарства, комірник або оператор-заправник відповідно до інструкції з доставки, зберігання, видачі та контролю якості.

## 6.8. Організація і технологія зберігання машин

### 6.8.1. Зношення машин у неробочий період

Правильне зберігання техніки сприяє зниженню витрат робочого часу на технічне обслуговування і ремонт машин, дає значну економію матеріальних ресурсів. При цьому значно збільшуються амортизаційні строки служби машини (на 25...30% і більше), і навпаки, порушення правил зберігання знижує їх вдвічі-тричі.

На сільськогосподарські машини в неробочий період (під час зберігання) впливають різні фактори навколишнього середовища, що викликають їх інтенсивне спрацювання та передчасний вихід із ладу. Розрізняють такі основні фактори:

а) **фізичні** – температурні перепади, вітер, барометричний тиск, сонячна радіація, вібрація, постійні та змінні навантаження, радіоактивне опромінювання;

б) **хімічні** – атмосферні опади, суміші добрив, пестициди, агресивні рідини, газові забруднення, повітря (особливо наявність в ньому сірчаного ангідриду, двоокису азоту, вуглекислого газу, аміаку, хлору тощо);

в) **біологічні** – мікроорганізми навколишнього середовища, які виділяють продукти, що взаємодіють з металами. Найагресивніші з них – сульфатредукуючі бактерії.

Основним видом пошкодження поверхонь деталей сільськогосподарських машин у період їх зберігання є атмосферна, ґрунтова корозія. Ступінь зволоженості металевої поверхні – основний фактор, що визначає швидкість атмосферної корозії. Корозія не тільки руйнує або пошкоджує поверхні деталей, а й призводить до їх якісних змін, знижує стійкість металу проти втомлюваності та спрацювання, що веде до передчасного виходу з ладу деталей, агрегатів і машин загалом.

Під дією сонячного проміння, кисню та озону повітря, атмосферних опадів, різких перепадів температури деталі та складові частини, що виготовлені з гумотекстильних і полімерних матеріалів, а також лакофарбові покриття пошкоджуються та руйнуються (старіють). Гума старішає інтенсивніше. Через порушення правил зберігання строк служби пневматичних шин може знижуватися в середньому на 10...15% щорічно.

Шкідливу дію можуть мати тривалі статичні навантаження. Наприклад, великогабаритні деталі, складові частини (жатки, підбирачі, рами), які не встановлені на підставки або нерівно встановлені, зазнають деформації. Статичних навантажень зазнають також

різні пружини та регульовальні пристрої, які на період зберігання мають бути послаблені.

Обґрунтоване врахування всіх факторів, що зумовлює основні фізико-хімічні процеси на поверхнях деталей машин, сприяє свідомому виконанню всього комплексу робіт з підготовки сільськогосподарської техніки до зберігання в конкретних зональних умовах. Так, у степовій зоні України, де кількість сонячних днів на рік досягає 250...300, більше уваги слід приділяти захисту деталей машин від сонячного проміння. У лісостеповій зоні – головні зусилля під час зберігання машин необхідно спрямовувати на їх захист від корозії, оскільки вологість повітря в осінньо-зимовий період становить 90...100%.

### **6.8.2. Загальні правила зберігання машин**

Розрізняють три види зберігання машин: міжзмінне – перерва в використанні машин до 10 днів, короткотермінове – від 10 днів до двох місяців і тривале – більше двох місяців.

Машини мають зберігатися в закритих приміщеннях або під навісом. Допускається зберігання машин на відкритих обладнаних майданчиках під час обов'язкового виконання робіт з консервації і герметизації, а також зняття окремих складових частин, що вимагають складського зберігання.

Машини зберігають на окремих обладнаних ділянках (машинному дворі чи секторі зберігання) на центральній виробничій базі або на пунктах технічного обслуговування відділків і бригад. Стаціонарні машини та обладнання тваринницьких ферм допускається зберігати на місці їх установа.

Машини зберігають на позначених місцях за групами, видами, марками з дотриманням відстані між ними для проведення профілактичних оглядів. Відстань між рядами машин має забезпечувати їх установку, огляд та виїзд після зберігання.

На відкритих майданчиках мінімальна відстань між машинами в ряду має бути не менше 0,7 м, а відстань між рядами машин – не менше 6 м. Під час обслуговування машин мостовими кранами відстань між рядами машин може бути зменшена до 0,7... 1,0 м.

Машини на міжзмінне та короткотермінове зберігання встановлюють безпосередньо після закінчення робіт, а на тривале – не пізніше 10 днів з моменту закінчення роботи, за винятком машин, що працювали з агресивними матеріалами. Ці машини на зберігання встановлюють відразу після закінчення роботи.

Для правильної організації зберігання сільськогосподарської техніки машинні двори відповідно до ГОСТ 7550-71 повинні мати:

- приміщення (гаражі, сараї, навіси) і майдани з твердим покриттям або профільованим для зберігання техніки;
- стелажі для зберігання змінних робочих органів;
- майданчик для регулювання та комплектування машин і агрегатів;
- вантажно-розвантажувальну естакаду або майданчик, обладнаний підіймальними механізмами;
- склад для зберігання акумуляторів, вузлів, втулково-роликів та інших ланцюгів, клинових пасів і деталей із гуми, що знімаються з машин;
- майданчики для розбирання і дефектації списаної техніки;
- обладнання для нанесення антикорозійних покриттів;
- вантажопідіймальне обладнання, механізми, пристосування та підставки для встановлення машин на зберігання;
- протипожежне обладнання та інвентар (протипожежні щити, ящики з піском, протипожежні резервуари);
- огорожу території зберігання і машинні ворота;
- підсобне приміщення для оформлення документів;
- майданчик з естакою для зовнішнього миття, чищення машин (за межами зони зберігання).

Машинний двір озеленюють, забезпечують електроенергією і водою.

Місце розміщення машинного двору, де зберігаються машини, повинно мати захист від снігових заносів з навітряного боку, а також не підлягати затоплюванню, для чого за периметром споруджують водовідвідні канали.



## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Дайте визначення методів розрахунку потреби в техніці.
2. Як визначити обсяг та строки проведення механізованих робіт?
3. Як визначити комплекс машин для виконання циклу взаємозв'язаних операцій?
4. Які правила побудови графіка використання тракторів?
5. Які правила побудови графіка використання сільськогосподарських машин?
6. Дайте визначення місячному аналізу оцінювання використання машинно-тракторного парку.
7. Дайте визначення періодичного аналізу оцінювання використання машинно-тракторного парку.

8. Дайте визначення річного аналізу оцінювання використання машинно-тракторного парку.
9. Як визначають тракторо- і машинозабезпеченість?
10. Як визначають енергонасиченість землеробства і енергоозброєність?
11. Як визначають коефіцієнт змінності та коефіцієнт технічної готовності машин?
12. Як визначають щільність механізованих робіт і рівень механізації виробничого процесу?
13. Як визначають рівень середньозмінного та середньоденного виробітку?
14. Як визначають рівень річного виробітку на фізичний або еталонний трактор?
15. Як визначають рівень питомої витрати палива за видами робіт і на 1 у.е. га?
16. Як визначають рівень прямих експлуатаційних витрат?
17. Як визначають собівартість умовного еталонного гектара?
18. Як визначають енергонасиченість та енергоемність машини?
19. Дайте визначення служби експлуатації машинно-тракторного парку та обов'язків старшого інженера з експлуатації.
20. Дайте визначення служби капітального та поточного ремонту машин, служби експлуатації машин та обладнання в тваринництві, служби з експлуатації та технічного обслуговування автотранспорту.
21. Дайте визначення електротехнічної служби, служби експлуатації нафтогосподарства та служби матеріально-технічного постачання і збуту.
22. Як визначають чисельність інженерної служби?
23. Охарактеризуйте роль технічної діагностики в системі технічного обслуговування.
24. Зробіть класифікацію методів діагностування.
25. Технологія технічного обслуговування тракторів.
26. Технологія технічного обслуговування комбайнів.
27. Технологія технічного обслуговування сільськогосподарських машин.
28. Періодичність технічного обслуговування тракторів.
29. Періодичність технічного обслуговування комбайнів.
30. Періодичність технічного обслуговування сільськогосподарських машин.
31. Періодичність і загальна організація нафтогосподарства.
32. Вибір місткостей для зберігання пально-мастильних матеріалів.
33. Зберігання та облік пально-мастильних матеріалів.
34. Охарактеризуйте зношення машин у неробочий період.
35. Опишіть загальні правила зберігання машин.



# ЧАСТИНА IV

## ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

### РОЗДІЛ I

#### ЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ І ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКИХ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ. ЕЛЕКТРОПРИВОД

##### 1.1. Первинні енергетичні ресурси і типи сучасних електростанцій

До первинних енергетичних ресурсів належать всі види природного палива (вугілля, газ, нафта, тощо), а також електрична енергія. У свою чергу, первинні ресурси (або види енергії) поділяють на поновлювані та неповнолювані. Україна має значні запаси кам'яного вугілля (Донецький і Волинський басейни) і бурого вугілля (Дніпровський басейн); невеликі родовища нафти і природного газу розташовані в Прикарпатті, на побережжі Чорного моря і північному сході країни. Ці енергетичні ресурси використовуються на великих теплових електростанціях (Вуглегірській, Криворізькій, Бурштинській, Змієвській, Курахівській та інших). На Дніпрі побудований каскад гідроелектростанцій (Каховська, Дніпровська, Канівська, Київська та інші). Понад 30% електроенергії в Україні дають атомні електростанції (Хмельницька, Рівненська, Запорізька, Південноукраїнська та інші). Власні паливні ресурси забезпечують лише 58% потреб України, інша їх частина імпортується (в тому числі з Росії і Туркменістану).

**Неповнолювані джерела енергії** – це природно утворені й накопичені в надрах планети запаси речовин, здатних за певних умов звільняти енергію, що міститься в них. Такими є викопне органічне паливо (вугілля, нафта, природний газ, торф, горючі сланці), ядерне паливо.

**Поновлювані джерела енергії** – відновлення яких постійно здійснюється в природі (сонячне випромінювання, біомаса рослин, енергія вітру, вода річок та припливи і відпливи води морів і океанів, пари гейзерів тощо), і які існують на основі постійних чи періодично виникаючих в природі потоків енергії, наприклад: сонячне випромінювання (біомаса, енергія сонця, вітру, хвиль); гравітаційна взаємодія Сонця, Місяця і Землі (наслідком якої є, наприклад, мор-

ські припливи та відпливи); тепла енергія ядра Землі, а також хімічних реакцій і радіоактивного розпаду в її надрах (геотермальна енергія джерел гарячої води – гейзерів).

Крім природних поновлюваних енергоресурсів сьогодні дедалі більшого значення набувають антропогенні джерела енергії, до яких належать теплові, органічні та інші відходи діяльності людства.

Різні види енергетичних ресурсів мають різну якість, яка характеризується (для палива) теплотворною спроможністю, тобто скільки енергії (тепла) може виділити це джерело.

Згідно з класифікацією Міжнародного енергетичного агентства до поновлюваних джерел енергії належать такі категорії:

- відновлювані джерела енергії, які спалюються, і відходи біомаси; тверда біомаса і тваринні продукти; біологічна маса, у тому числі будь-які матеріали рослинного походження, що використовуються безпосередньо як паливо або перетворюються на інші форми перед спалюванням (дереви, рослинні відходи і відходи тваринного походження; деревне вугілля, яке одержують з твердої біомаси);
- газ з біомаси: біогаз, отриманий у процесі анаеробної ферментації біомаси і твердих відходів, який спалюється для виробництва електрики і тепла;
- муніципальні відходи: матеріали, що спалюються для продукування теплової та електричної енергії (відходи житлового, комерційного і громадського секторів). Утилізуються муніципальною владою з метою централізованого знищення;
- промислові відходи: тверді й рідкі матеріали (наприклад, автомобільні покривки), що спалюються безпосередньо, зазвичай на спеціалізованих підприємствах, для виробництва теплової й електричної енергії;
- гідроенергія: потенційна, або кінетична, енергія води, перетворена на електричну енергію за допомогою гідроелектростанцій як великих, так і малих;
- геотермальна енергія: тепла енергія, що надходить із земних надр, зазвичай у вигляді гарячої води або пари. Використовується для виробництва або безпосередньо як джерело тепла для систем теплопостачання, потреб сільського господарства тощо;
- сонячна енергія: випромінювання Сонця, що використовується для одержання гарячої води й електричної енергії;
- енергія вітру: кінетична енергія вітру, що застосовується для виробництва електроенергії у вітрових турбінах;

- енергія припливів, морських хвиль і океану: механічна енергія припливних потоків, або хвиль, що використовується для виробництва електричної енергії.

## 1.2. Типи сучасних електростанцій

Електричною станцією називається енергетична установка, яка служить для перетворення природної енергії в електричну. Найбільш поширені теплові електричні станції, які використовують теплову енергію, що виділяється під час спалювання органічного палива (твердого, рідкого і газоподібного). Електричну енергію виробляють у два етапи. Спочатку енергію природних джерел, насамперед, теплову від спалювання вугілля, нафти, газу, сланців, торфу, а також енергію води, хімічну енергію перетворюють в механічну енергію, яка, в свою чергу, за допомогою електричних генераторів перетворюється в електричну енергію.

Залежно від енергоносія електричні станції поділяють на теплові, атомні та гідравлічні, скорочено ТЕС, АЕС, ГЕС.

На теплових електростанціях перетворення енергії проходить у 3 стадії: спочатку хімічна енергія палива перетворюється в теплову, потім тепла енергія – в механічну (наприклад, в парових турбінах), а механічна – в електричну (електрогенератор). Теплофікаційні електростанції (ТЕЦ) крім електроенергії виробляють і тепло, яке постачають споживачам на невеликій відстані. Середній коефіцієнт корисної дії таких ТЕС складає близько 30%.

Атомні електростанції належать до теплових. На відміну від паротурбінної електростанції, замість котельного агрегату на атомній електростанції встановлені атомний реактор і паровий котел. Джерелом енергії тут є ядерне паливо: уран-235, уран-233, плутоній 239 та інші. Внаслідок ланцюгової реакції поділу ядер виділяється дуже велика кількість теплової енергії, що використовується для виробництва електроенергії.

На першій АЕС потужністю 5000 кВт витрати урану на добу становили 30 г, водночас паротурбінна ТЕС такої самої потужності під час роботи на пиловугільному паливі витрачає на добу понад 100 т вугілля.

На електростанціях, де використовується енергія води (ГЕС) потужність залежить від напору і кількості води, яка проходить через гідротурбіну за одиницю часу. ГЕС використовує лише енергію певної частини ріки, тому, зазвичай, будують каскад електростанцій, розміщених на окремих ділянках одна за одною. Таким каскадом є Дніпровський на річці Дніпро, який включає в себе Київську, Кременчуцьку, Канівську, Дніпровську, Дніпродзержинську та Ка-

ховську ГЕС. Коефіцієнт корисної дії сучасних ГЕС вищий, ніж у теплових, і становить близько 85%.

На теплових електростанціях виробляється близько 76% електроенергії, виробленої на нашій планеті. Це обумовлено наявністю органічного палива майже в усіх районах нашої планети; можливістю транспорту органічного палива з місця видобутку на електростанцію, що розміщується поблизу споживачів енергії; технічним прогресом на теплових електростанціях, що забезпечує спорудження ТЕС великої потужності; можливістю використання відпрацьованого тепла робочого тіла і відпускання споживачам, крім електричної, також і теплової енергії (з парою або гарячою водою) і тому подібне. Високий технічний рівень енергетики може бути забезпечений тільки за гармонійної структури генеруючих потужностей: в енергосистемі мають бути і АЕС, які виробляють дешеву електроенергію, але мають серйозні обмеження щодо діапазону та швидкості зміни навантаження, і ТЕЦ, відпускають тепло та електроенергію, кількість якої залежить від потреб у теплі, і потужні двигуни енергоблоку, що працюють на важких паливах і мобільні автономні ГТУ, покривають короткочасні піки навантаження.

Тепловою електричною станцією називається комплекс обладнання та пристроїв, що перетворюють енергію палива в електричну і (у загальному випадку) теплову енергію. Теплові електростанції характеризуються великою різноманітністю, їх можна класифікувати за різними ознаками.

За призначенням електростанції поділяються на районні та промислові.

**Районні електростанції** – це самостійні електростанції загального користування, які обслуговують всі види споживачів району (промислові підприємства, транспорт, населення). Районні конденсаційні електростанції, що виробляють переважно електроенергію, часто зберігають за собою історичну назву – ДРЕС (державні районні електростанції). Районні електростанції, що виробляють електричну і теплову енергію (у вигляді пари або гарячої води), називаються теплоелектроцентралями (ТЕЦ). Як правило, ДРЕС і районні ТЕЦ мають потужність понад 1 млн кВт.

**Промислові електростанції** – це електростанції, що обслуговують тепловою та електричною енергією конкретні виробничі підприємства або їх комплекс, наприклад, завод з виробництва хімічної продукції. Промислові електростанції входять до складу тих промислових підприємств, які вони обслуговують. Їх потужність визначається потребами промислових підприємств у тепловій та електричній енергії і, зазвичай, вони істотно менші, ніж районні ТЕС. Часто про-

мислові електростанції працюють на загальну електричну мережу, але не підпорядковуються диспетчеру енергосистеми.

За видом використовуваного палива теплові електростанції поділяються на електростанції, що працюють на органічному паливі та ядерному пальному.

За конденсаційними електростанціями, що працюють на органічному паливі, у часи, коли ще не було атомних електростанцій (АЕС), історично склалося назва теплових (ТЕС – тепла електрична станція). Саме в такому сенсі нижче буде вживатися цей термін, хоча і ТЕЦ, і АЕС, і газотурбінні електростанції (ГТЕС), і парогазові електростанції (ПГЕС) також є тепловими електростанціями, що працюють на принципі перетворення теплової енергії в електричну.

За типом теплосилових установок, що використовуються на ТЕС для перетворення теплової енергії в механічну енергію обертання роторів турбоагрегатів, розрізняють двигунні, газотурбінні і парогазові електростанції.

Основою паротурбінних електростанцій є установки (ПТУ), які для перетворення теплової енергії в механічну використовують найскладнішу, найпотужнішу і надзвичайно досконалу енергетичну машину – парову турбіну. ПТУ – основний елемент ТЕС, ТЕЦ і АЕС.

ПТУ, які мають як привід електрогенераторів конденсаційні турбіни і не використовують тепло відпрацьованої пари для постачання тепловою енергією зовнішніх споживачів, називаються конденсаційними електростанціями.

ПТУ, які оснащені теплофікаційними турбінами і віддають тепло відпрацьованої пари промисловим або комунально-побутовим споживачам, називають теплоелектроцентралями (ТЕЦ).

Газотурбінні теплові електростанції (ГТЕС) оснащуються газотурбінними установками (ГТУ), що працюють на газоподібному або, в крайньому випадку, рідкому (дизельному) паливі. Оскільки температура газів з ГТУ досить висока, то їх можна використовувати для відпускання теплової енергії зовнішньому споживачу. Такі електростанції називають ГТУ-ТЕЦ.

Блокові ТЕС складаються з окремих, як правило, однотипних енергетичних установок – енергоблоків. На енергоблоці кожен котел подає пар тільки для своєї турбіни, з якої він повертається після конденсації тільки в свій котел. За блоковою схемою будують всі потужні ДРЕС і ТЕЦ, які мають так званий проміжний перегрів пари. Робота котлів і турбін на ТЕС з поперечними зв'язками забезпечується по-іншому: всі котли ТЕС подають пару в один загальний паропровід (колектор) і від нього живляться всі парові турбіни ТЕС. За такою схемою будуються КЕР без проміжного перегріву і майже

всі ТЕЦ на докритичних початкових параметрах пари. За рівнем початкового тиску розрізняють ТЕС докритичного тиску, надкритичного тиску (СКД) і супернадкритичних параметрів (ССКП). Критичний тиск – це 22,1 МПа (225,6 ат). У теплоенергетиці початкові параметри стандартизовані: ТЕС і ТЕЦ будуються на докритичний тиск 8,8 і 12,8 МПа (90 і 130 ат), і на СКД – 23,5 МПа (240 ат). ТЕС на надкритичному тиску працюють з проміжним перегрівом і за блоковою схемою. До супернадкритичних параметрів умовно відносять тиск понад 24 МПа (аж до 35 МПа) і температуру більше 5600°C (аж до 6200°C), використання яких вимагає нових матеріалів і нових конструкцій устаткування. Часто ТЕС чи ТЕЦ на різний рівень параметрів будують в кілька етапів – чергами, параметри яких підвищуються з введенням кожної нової черги.

### 1.3. Альтернативна енергетика

Зростання масштабів використання електричної енергії, загострення проблем охорони навколишнього середовища значно активізували пошуки екологічно чистіших способів вироблення електричної енергії. Інтенсивно розробляються способи використання непаливної відновлюваної енергії – сонячної, вітряної, геотермальної, енергії хвиль, енергії припливів і відпливів, енергії біогазу тощо. Джерела цих видів енергії – невичерпні, але потрібно розумно оцінити, чи зможуть вони задовольнити усі потреби людства.

Новітні дослідження спрямовані переважно на вироблення електричної енергії за рахунок енергії вітру. Споруджуються ВЕС переважно постійного струму. Вітряне колесо приводить у рух динамо-машину – генератор електричного струму, який одночасно заряджає паралельно з'єднані акумулятори.

Вітроелектричні агрегати надійно забезпечують струмом нафтовиків; вони успішно працюють у важкодоступних районах, на далеких островах, в Арктиці, на тисячах сільськогосподарських ферм, де немає поблизу великих населених пунктів і електростанцій загального користування. Широкому застосуванню вітроелектричних агрегатів у звичайних умовах поки що перешкоджає їх висока собівартість. Під час використання вітру виникає серйозна проблема: надлишок енергії у вітряну погоду і нестача її в період безвітря. Використання енергії вітру ускладнюється тим, що вітер має малу густину енергії, а також змінюється його сила і напрям. Вітроустановки здебільшого використовують у тих місцях, де високий вітровий режим. Для створення вітроустановок великої потужності необхідно, щоб вітродвигун мав великі розміри, крім того, повітряний гвинт треба підняти на достатню висоту, оскільки на більшій висоті

вітер більш сталий і має більшу швидкість. Лише одна електростанція, яка працює на органічному паливі, може замінити (за кількістю виробленої енергії) тисячі вітрових турбін.

Достовірно відомо, що могутнє природне явище – ритмічний рух морських вод – викликають сили тяжіння Місяця і Сонця. Енергія припливів величезна, її сумарна потужність на Землі становить близько 1 млрд кВт, що більше за сумарну потужність усіх річок світу. Принцип дії припливних електростанцій простий. Під час припливу вода, обертаючи ротор гідротурбіни, заповнює водоймище, а після відпливу вона з водоймища виходить в океан, знову обертаючи ротор турбіни. Головне – знайти зручне місце для встановлення греблі, в якому висота припливу була б значною. Будівництво й експлуатація електростанцій на морі – складне завдання. Морська вода спричиняє корозію більшості металів, деталі установок обростають водоростями.

Тепловий потік сонячного випромінювання, який сягає Землі, дуже великий. Він більше як у 5000 разів перевищує сумарне використання всіх видів паливно-енергетичних ресурсів у світі.

Серед переваг сонячної енергії – її вічність і виняткова екологічна чистота. Сонячна енергія надходить на всю поверхню Землі, лише полярні райони планети страждають від її нестачі. Тобто, практично на всій земній кулі лише хмари та ніч заважають користуватися нею постійно. Така загальнодоступність робить цей вид енергії неможливим для монополізації, на відміну від нафти і газу. Звичайно, вартість 1 кВт·год. сонячної енергії значно вища, ніж отримана традиційним методом. Лише п'ята частина сонячного світла перетворюється в електричний струм, але ця частка дедалі зростає завдяки зусиллям учених та інженерів світу.

Оскільки енергія сонячного випромінювання розподілена на великій площі (іншими словами, має низьку густину), будь-яка установка для прямого використання сонячної енергії повинна мати збірний пристрій з достатньою поверхнею. Найпростіший пристрій такого роду – плоский колектор; в принципі це чорна плита, добре ізольована знизу.

Існують електростанції дещо іншого типу, їх відмінність полягає в тому, що сфокусоване на вершину вежі сонячне тепло приводить у рух натрієвий теплоносій, який нагріває воду до утворення пари. На думку фахівців, найпривабливішою ідеєю щодо перетворення сонячної енергії є використання фотоелектричного ефекту в напівпровідниках. Однак поверхня сонячних батарей для забезпечення достатньої потужності має бути досить значною (для добового вироблення 500 МВт·год. необхідна поверхня площею 500 000 м<sup>2</sup>), що досить дорого. Сонячна енергетика належить до найбільш матеріа-

ломістких видів виробництва енергії. Великомасштабне використання сонячної енергії спричиняє гігантське збільшення потреб у матеріалах, а отже, в трудових ресурсах для видобутку сировини, її збагачення, отримання матеріалів, виготовлення геліостатів, колекторів, іншої апаратури, їх перевезення. Ефективність сонячних електростанцій у районах, віддалених від екватора, досить мала через нестійкі атмосферні умови, відносно слабку інтенсивність сонячної радіації, а також її коливання, зумовлені чергуванням дня і ночі.

Геотермальна енергетика використовує високі температури глибоких надр земної кори для вироблення теплової енергії. У деяких місцях Землі, особливо на краю тектонічних плит, теплота виходить на поверхню у вигляді гарячих джерел – гейзерів і вулканів. В інших областях підводні джерела протікають крізь гарячі підземні пласти і цю теплоту можна забрати через системи теплообміну. Ісландія є прикладом країн, де широко використовується геотермальна енергія.

Зараз розроблено технології, які дають змогу добувати горючі гази з біологічної сировини в результаті хімічної реакції розпаду високомолекулярних сполук на низькомолекулярні за рахунок діяльності особливих бактерій (які беруть участь у реакції без доступу кисню з повітря). Схема реакції: біомаса + бактерії > горючі гази + інші гази + добрива.

**Біомаса** – це відходи сільськогосподарського виробництва



(тваринництва, переробної промисловості). Основною сировиною для виробництва біогазу є гній, який доставляють на біогазові станції. Головним продуктом біогазової станції є суміш горючих газів (90% у суміші становить метан). Цю суміш постачають на установки для вироблення теплоти, на електростанції.

Відновлювані джерела (крім енергії води, яка падає) мають спільний недолік: їхня енергія дуже слабо сконцентрована, що створює чималі труднощі для практичного використання. Вартість відновлюваних джерел (не враховуючи ГЕС) набагато вища, ніж традиційних. Як сонячна, так і вітрова та інші види енергії, можуть успішно використовуватись для вироблення електроенергії в діапазоні потужностей від кількох кіловат до десятків кіловат. Але ці види енергії цілком неперспективні для створення потужних промислових енергоджерел.

Електроенергія є специфічним високотехнологічним продуктом, який важко визначати чи класифікувати в стандартних термінах, що характеризують поняття товар. До подібних «нестандартних» товарів (послуг) певною мірою можуть також належати (за певними окремими характеристиками) зв'язок, телекомунікації, газопостачання трубопроводами, централізоване теплопостачання.



Практично жодна діяльність людини не може бути організована без електроенергії (джерело енергії безпосередньо для виробництва, для роботи іншого обладнання, освітлення, обігріву тощо).

#### **1.4. Проблеми, що спричиняє електрична енергія та заходи з її збереження**

Електрична енергія є високотехнологічним продуктом, який вимагає дуже складної організації процесу її генерації, передачі і розподілу та споживання.

Вона спричиняє надзвичайно сильний технологічний фактор впливу процесу виробництва і передачі на навколишнє природне середовище у багатьох відношеннях (на землю та її надра, поверхневі території, через теплові, газові, пилові шкідливі викиди) і відповідна важливість енергозбереження в цій галузі.

Неможливість накопичення у великих об'ємах – генерація енергії та її використання має бути практично одночасним.

Загалом використання (крім особливих цілей чи в особливих умовах), необхідна розгалужена об'єднана система електричних мереж передавання енергії від генеруючих потужностей до споживачів.

Надзвичайно сильний взаємовплив всіх суб'єктів ринку енергії та об'єднаної енергосистеми один на одного через необхідність постійного балансу попиту-пропозиції, а також якість енергії.

Заходи збереження електроенергії:

а) розробка і впровадження міжсистемних ліній передачі та перетоків енергії між різними територіями, як взаємна виручка енергопостачальних компаній в скрутні моменти енергоспоживання;

б) заохочення споживачів певними пільгами в цінах на енергію і в тарифах на послуги мереж до самообмеження в пікові для енергосистеми періоди електроспоживання;

в) забезпечення єдиного диспетчерського центру керування енергосистемою, можливість "розмазування" вечірніх і ранкових піків навантаження на декілька часових поясів за рахунок організації «перетікання» енергії між різними регіонами за географічною готовою;

г) збільшення частки атомних генеруючих станцій, які забезпечують низьку собівартість електроенергії, що дозволяє забезпечувати відносно низькі тарифи для споживачів власної країни, а також виробляти багато енергії на експорт;

д) розробка тарифів оплати за електроенергію, які мають вирішувати наступні завдання:

- покриття реальних витрат (усереднених, короткострокових, довгострокових);

- стимулювання до вирівнювання графіка навантаження енергосистеми;
- спонукання споживачів до проведення енергозберігальних заходів;
- врахування в тарифах складової на вирішення екологічних проблем;
- врахування соціально-економічних особливостей.

### **1.5. Транспортування (передавання) електроенергії від електростанцій до сільських споживачів**

Особливістю транспортування (передавання) електроенергії від електростанцій до сільських споживачів є значні відстані між електростанціями і споживачами, що призводить, як правило, до збільшення втрат електричної енергії в лініях передач.

Під час передавання електроенергії на значні відстані виникають втрати потужності в лініях, які визначають за виразом:

$$\Delta P = I^2 \cdot r_0 \cdot l \quad (1.1)$$

де  $I$  – струм трифазної системи, А;  $r_0$  – опір 1 км проводу, Ом;  $l$  – довжина лінії електропередач, км.

Струм трифазної системи розраховують за формулою:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (1.2)$$

де  $P$  – потужність, кВт;  $U$  – напруга, кВ;  $\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності.

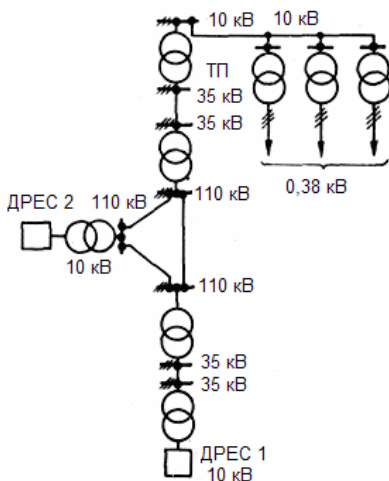
Як бачимо з цих виразів, втрати в лініях залежать, здебільшого, від струму, а він, в свою чергу, залежить від величини напруги. Збільшуючи напругу, можна за однієї потужності, яка передається в лінії, зменшити струм, а, отже, і втрати в лінії, що дозволить за того самого опору проводів ( $r_0$ ) передати енергію на більші відстані ( $l$ ).

Для зменшення енергетичних втрат в лініях електропередач підвищують електричну напругу для джерела її вироблення. Основною шкалою напруг, що використовується в Україні є 0,4; 10; 35; 110; 330; 750 кВ, тобто від потужної електростанції, де виробляється електрична енергія напругою в 750000 В (750 кВ) і розповсюджується до споживачів за поступового зменшення до 0,4 кВ (400 В, точніше 380 В).

Розрізняють високовольні (понад 1000 В) і низьковольні – (до 1000 В) лінії електропередач. Сільські споживачі, як правило живляться струмом напругою 0,4 кВ від понижувальних трансформаторів 36/0,4 кВ, або 10/0,4 кВ.

До складу електроенергетичної системи входять високовольні лінії електропередач (ЛЕП), понижувальні підстанції, розподі-

Все перераховане вище входить до складу районної електричної системи, схему якої наведено на рис. 1.1.



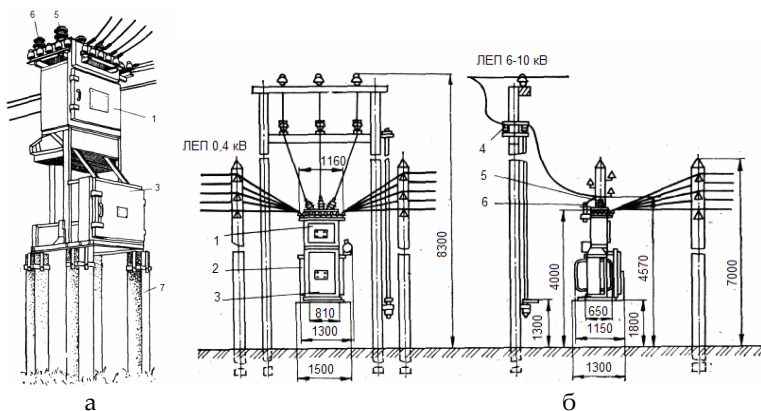
Від двох державних районних електростанцій (ДРЕС-1 та ДРЕС-2) напруга трансформується до 110 кВ (на ДРЕС-2 трансформатором 10/110 кВ; на ДРЕС-1 двома трансформаторами 10/35 кВ та 35/110 кВ) і передається на кільце 110 кВ, щоб можна було живитися від двох електростанцій одночасно або від кожної окремо.

295

Споживчі трансформаторні підстанції розміщують безпосередньо біля центрів споживання електроенергії в радіусі до 0,6 км. Потужності таких підстанцій невеликі, вони становлять 16, 25, 40, 63, 100, 160, 250 кВ·А (кіловольтампер). Ці підстанції здебільшого монтують відкритими.

Потужні споживачі, такі як парниково-тепличні господарства, тваринницькі комплекси, комбикормові підприємства, можуть житися від підстанцій потужністю 400...630 та 1000 кВ·А, які здебільшого розміщують в спеціальному приміщенні. Це так звані ЗТП – закриті трансформаторні підстанції.

У сільськогосподарському виробництві найбільш поширеними є КТП (комплектні трансформаторні підстанції), які цілком виготовляють на заводі, а на місці їх лише монтують на спеціальному фундаменті чи на залізобетонних опорах. Загальний вигляд такої підстанції потужністю 63 кВ·А показаний на рис. 1.2.



**Рис. 1.2. Загальний вигляд (а) і основні габарити (б) КТП 6-10/0,4 кВ:**

1 – розподільча шафа; 2 – маслонаповнений трансформатор; 3 – розподільчий пристрій; 4 – роз'єднувач; 5 – ізолятор; 6 – вертикальні розрядники; 7 – опори із заземленням

До підстанції підходить опора лінії 6 або 10 кВ з роз'єднувачем 4, який встановлений на цій самій опорі. Тут же встановлені вертикальні розрядники 6, які захищають КТП від грозових перенапружень (блискавкозахист). Через прохідні ізолятори 5 висока напруга подається в розподільчу шафу 1, де встановлені високовольтні запобіжники для захисту трансформатора від коротких замикань. Механічне блокування перешкоджає відкриванню дверей

шафи із запобіжниками за ввімкненого роз'єднувача та його вмикання, якщо відкрито двері.

Під шафою встановлений маслонаповнений трансформатор 2 серії ТМ, від якого вторинна напруга надходить до розподільного пристрою 3, де розміщують три фідери (лінії) нижчої напруги, кожен з яких захищений від коротких замикань автоматичними вимикачами. З кожного фідера на кронштейн виходять ізолятори 5 (три фази, нульовий провід і провід вуличного освітлення). Це дозволяє від кожного фідера житися трифазним споживачам лінійною напругою (напруга між фазами А, В, С) 380 В, а також однофазним споживачам фазною напругою 220 В (напруга між будь-якою з фаз та нульовим проводом). Нульовий провід на КТП приєднаний до спеціального заземлювального пристрою, що зветься контуром (система з глухозаземленою нейтраллю). Керування вуличним освітленням на КТП здійснюється автоматично за допомогою фотореле тобто вуличне освітлення вмикається у вечірній час і вимикається вранці за достатнього рівня освітленості.

Облік споживаної енергії здійснюється через трансформатори струму трифазним лічильником активної енергії типу СА4У (лічильник активної енергії для чотирипровідної мережі, універсальний).

Стрімкий розвиток мікроелектроніки здійснив якісний переворот у створенні промислових і побутових систем контролю, що, у свою чергу, пов'язано з використанням систем керування на базі мікропроцесорів. Тенденція до цього переходу зумовлена, з одного боку постійним зниженням цін на мікропроцесори та розширенням їхнього асортименту, з іншого – тими перевагами, які цифрові системи керування мають порівняно з існуючими аналогами. Щодо лічильників електроенергії (ЛЕ), очевидні переваги, пов'язані з переходом на мікропроцесорне керування, можна узагальнити наступними перевагами:

- ▶ у цифрових ЛЕ можна досягти практично будь-якого класу точності, за умови вибору відповідної елементної бази і алгоритмів обробки інформації, а відсутність тертьових механічних частин значно підвищує надійність приладу;
- ▶ обробка аналогової інформації в цифровому виді принципово дозволяє одночасно визначати як активну, так і реактивну складові потужності, що є важливим, наприклад, під час обліку розподілу енергії в трифазних мережах;
- ▶ з'являється можливість створення багатотарифних лічильників під час роботи такого ЛЕ, значення накопиченої енергії записується в накопичувальний буфер поточного тарифу, вибір поточного тарифу здійснюється автоматично, наприклад, «пільговий» тариф може бути встановлений на нічний

час і на святкові дні, «піковий» тариф — на час від 13:00 до 15:00 у будні дні; «штрафний» тариф, може включатися у разі перевищення встановлених лімітів потужності й енергії, в інший час діє «основний» тариф;

► у цифрових ЛЕ нескладно реалізувати зовнішній інтерфейс, за яким можна зчитувати показання лічильників, змінювати тарифи, здійснювати діагностику і керування; такі лічильники можуть бути об'єднані в єдину мережу з централізованим доступом, наприклад, усі ЛЕ об'єднуються за допомогою зовнішнього інтерфейсу та через модем виходять на телефонну лінію; таким чином, зв'язуючись телефонною мережею, можна чи програмувати, чи зчитувати інформацію з будь-якого ЛЕ;

► цифровий ЛЕ може забезпечувати статистичні дослідження, наприклад, обчислювати середню потужність спожитого навантаження та її дисперсію, а також зберігати інформацію про накопичену енергію за довільні проміжки часу. Наприклад, ЛЕ можна реалізувати збереження накопиченої інформації за рік за кожним з попередніх 11 місяців і переглядати цю інформацію. Використання накопиченої статистичної інформації для прогнозування і керування розподілом енергоресурсів може значно підвищити ефективність роботи енергосистеми в цілому.

Застосування цифрових лічильників дає можливість створити автоматизовану ізольовану систему споживання, обліку і розподілу енергії та платежів. У такій системі може бути, наприклад, передбачена попередня оплата електроенергії. Користувач, у цьому випадку, заздалегідь оплачує визначену кількість енергії. Інформація про оплату або безпосередньо надходить на лічильник зовнішнім інтерфейсом, або може бути записана на спеціальну електронну картку, індивідуальну для кожного користувача. Картка програмується в пункті оплати, після чого записана інформація зчитується ЛЕ. Якщо ліміт оплаченої енергії буде вичерпаний, а нова оплата не внесена, лічильник від'єднує споживача від енергомережі. У такий спосіб у подібній системі виключається можливість виникнення заборгованості в оплаті за електроенергію.

Для підігрівання лічильника в зимовий період всередині розподільчої шафи встановлені нагрівні резистори.

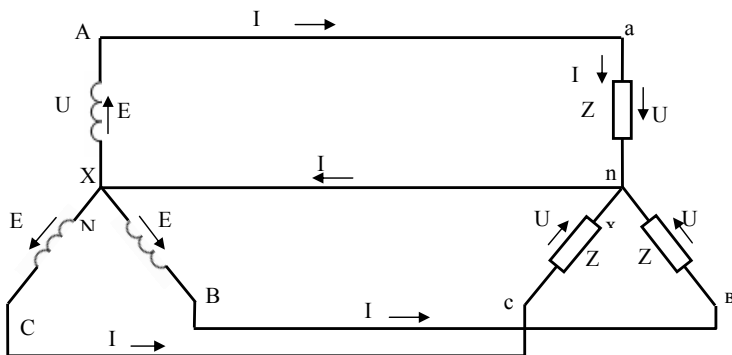
КТП встановлюється на фундаменті або спеціальних залізобетонних опорах 7 на висоті 1,8 м, при цьому відстань до струмоведучих частин 10 кВ буде не меншою 4,5 м, тому огорожа для КТП не потрібна.

Іноді з економічних міркувань доцільніше споруджувати щоглові трансформаторні підстанції як на дерев'яних, так і на залізобетонних опорах. Вони мають різне конструктивне виконання і можуть розміщуватись як на одностоякових опорах (типу "свічка"), так і на анкерних А-подібних або П-подібних опорах. Все обладнання монтується на спеціальному майданчику і на стійках опор.

Однофазні щоглові підстанції напругою 10/0,23 кВ потужністю 4...10 кВ·А застосовують за трифазно-однофазної системи розподілу електроенергії, однофазного передавання енергії до споживачів. Такі підстанції набули розповсюдження у фермерських господарствах, що знаходяться далеко від основних населених пунктів. Розміщується така підстанція на одній опорі 10 кВ, до того ж трансформатор закріплюється на кронштейнах з кутової сталі. Мережу низької напруги 220 В до щитка і щиток до трансформатора приєднують ізольованим проводом, прокладеним у сталевих трубах. Установлюють щиток низької напруги на тій самій опорі в закритому ящику.

У більшості електричних мереж електрична енергія виробляється, розподіляється і споживається трифазними електричними системами. Головними складовими їх є: джерело трифазної напруги (як правило, синхронний генератор), трифазний споживач (трифазний асинхронний, синхронний електродвигуни, інше навантаження), лінія передачі електроенергії (трипровідна за високих напруг та, зазвичай, чотирипровідна – за низьких, тобто за напруг менше, ніж 1 кВ). У чотирипровідному трифазному електричному колі обмотки фаз трифазного генератора (виробника електроенергії) і трансформатора (передавача) з'єднують «зіркою». Трифазні трипровідні мережі використовуються здебільшого у разі передачі електроенергії високої напруги між трансформаторами. При цьому їх фазні обмотки з'єднуються «трикутником».

У чотирипровідній трифазній мережі, яка використовується під час живлення більшості споживачів з напругою менше 1000 В, фазні обмотки з'єднуються у вигляді зірки. Поряд із трьома лінійними провідниками, що приєднують до початків (входів) А, В, С кожної з обмоток джерела електроенергії (генератора), є четвертий провідник. Називають його нейтральним і приєднують до вузла N джерела, що зветься нейтральною точкою генератора, у якій з'єднані кінці (виходи обмоток) X, Y та Z кожної з його трьох фаз. У такому колі до початків кожної фази а, b, c, трифазного приймача (електродвигуна), підводять лінійні провідники А, В, С, а до вузлової точки приймача "n" – четвертий нейтральний провідник. Останній з'єднує нейтральні точки джерела N та приймача n (рис. 1.3).



**Рис. 1.3. Чотирипровідне трифазне коло зі з'єднанням фаз джерела живлення  $ABC$  та приймача  $abc$  «зіркою»**

Якщо знехтувати опором лінійних і нейтрального провідників, то відповідні напруги на фазі приймача і джерела будуть однакові:

$$U_A = U_a; \quad U_B = U_b; \quad U_C = U_c. \quad (1.3)$$

Лінійна напруга, тобто напруга між двома будь-якими початками фаз обмоток джерела (будь-якими лінійними проводами) та будь-якими двома початками фаз приймача в цьому випадку є також однаковими:

$$U_{AB} = U_{ab}; \quad U_{BC} = U_{bc}; \quad U_{CA} = U_{ca}. \quad (1.4)$$

Слід зазначити, що у чотирипровідних мережах лінійна напруга в  $\sqrt{3}$  більша фазної напруги.

Струм нейтрального провідника  $I_N$  знаходять як результат векторного додавання струмів  $I_a, I_b, I_c$  фаз  $a, b, c$

$$\vec{I}_N = \vec{I}_a + \vec{I}_b + \vec{I}_c. \quad (1.5)$$

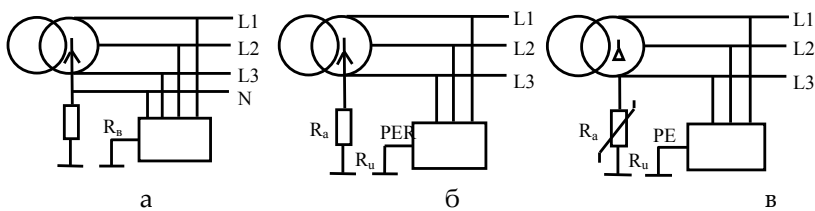
У симетрично навантажених електричних мережах струм у нульовому проводі відсутній.

Виникнення обриву в фазі «а» приймача, коли  $Z_a = \infty$ , перетворює трифазне коло на однофазне. Це призводить до збільшення напруги на фазах, що уціліли і може вивести з ладу приймач.

Міжнародною електротехнічною комісією рекомендована класифікація мереж низької напруги залежно від місця заземлення нейтралі джерела живлення (вторинної обмотки силового трансформатора), способу заземлення корпусів обладнання та способу використання нейтрального проводу. Для позначення різних систем використовують літери латинського алфавіту. Першою літерою позначають стан нейтралі обмотки трансформатора. Літерою  $I$  (від



французького «*isole*» – ізольований) позначають систему з ізольованою нейтраллю чи з нейтраллю, приєднаною до пристрою заземлення через великий опір. У цій системі між нейтраллю (або однією з фаз за її відсутності) та пристроєм заземлення встановлюють апарат для захисту від переходу вищої напруги на обмотку нижчої напруги у випадку пошкодження ізоляції між ними. Літерою Т (від французького «*terre*» – земля) позначають систему з глухим (безпосереднім) приєднанням нейтралі обмотки трансформатора до пристрою заземлення підстанції. Другою літерою позначають спосіб приєднання корпусів обладнання до пристроїв заземлення. Літерою Т позначають систему з приєднанням корпусів обладнання до пристроїв місцевого заземлення, а літерою N (*neutre* – нейтраль) – систему з нейтральним проводом, який може використовуватися як спільний робочий та захисний РЕМ, або окремо як робочий N і як захисний РЕ. Систему зі спільним нейтральним проводом позначають третьою літерою С (від французького «*copiñnce*» – змішаний, суміщений), тобто TN-C, а систему з окремими робочим і захисним провідниками позначають літерою S (від французького «*separe*» – окремі), тобто TN-S. Відповідно до цієї класифікації розрізняють наступні системи мереж низької напруги: IT, TT, TN-S, TN-C та похідну від двох останніх TN-C-S. Система IT з ізольованою нейтраллю та приєднанням корпусів обладнання на місцеві пристрої заземлення. Варіанти схем мереж побудованих за системою IT показані на рис. 1.4. Система IT характеризується невеликим струмом першого замикання однієї з фаз на землю, величина якого дорівнює потрібному значенню струму витоку фази нормального режиму і визначається поперечними параметрами мережі.



**Рис. 1.4. Варіанти схем мереж побудованих за системою IT:**

- а) чотирипровідна мережа з живленням від обмотки, з'єднаної у «зірку»;
- б) трипровідна мережа з живленням від обмотки, з'єднаної у «зірку»;
- в) трипровідна мережа з живленням від обмотки, з'єднаної у «трикутник»

Якщо в схемі за (рис.1.4а) в нормальному режимі напруга фаз відносно землі становить 220 В, то в режимі замикання однієї з фаз

на землю напруга двох неушкоджених фаз підвищується в  $\sqrt{3}$  раз і дорівнює 380 В. Умови безпеки внаслідок цього в схемі значно погіршуються. У випадку живлення мережі від обмоток трансформатора, з'єднаних у «трикутник», напруга між фазами дорівнює 220 В. Отже, в умовах замикання однієї з фаз на землю, напруга двох інших фаз відносно землі не буде перевищувати 220 В і умови безпеки не погіршуються. Перше пошкодження в мережах системи IT не відчувається струмовими захистами. За умовами експлуатації такі пошкодження мають бути усунені в короткий час, оскільки поява другого пошкодження в іншій фазі є причиною аварійного режиму, який викликає спрацювання максимальнструмового захисту і вимкнення ділянки мережі. Основною проблемою в мережах за системою IT є підтримання їх у первісному стані, тобто ізольованими від землі, швидке виявлення та усунення однофазних пошкоджень.

Струми однофазного пошкодження значно більші, ніж у системі IT, однак вони суттєво обмежені, а тому звичайні струмові захисти (запобіжники, автоматичні вимикачі з тепловими та електромагнітними розчеплювачами) можуть виявитися недостатньо чутливими для їх надійного вимкнення.

Система ITU реалізовується у вигляді одного з її різновидів: TN-C, TN-S, TN-C-S. Система TN-C відповідає такій схемі, в якій нейтраль джерела приєднана до «землі» (контуру заземлення підстанції), нейтральний провід приєднують до нейтралі джерела, а корпуси обладнання приєднують до нейтрального провідника – виконують захисний захід "занулення" (рис. 1.5).

Цей провідник одночасно використовують як робочий для приєднання, наприклад, однофазних електроприймачів. Для підвищення рівня безпеки роблять повторні заземлення нульового провідника, що зменшує опір заземлення. Таким чином, нейтральний провідник PEM використовується як робочий – N і захисний – PE, що відображено літерою C в позначенні типу системи.

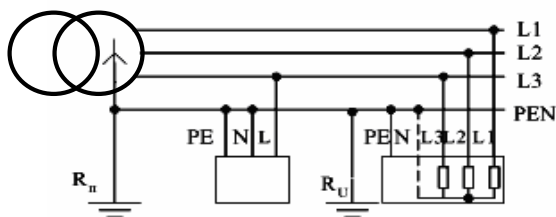


Рис. 1.5. Схема мережі за системою TN-C

У випадку однофазного замикання на корпус у системі TN-C струм обмежується здебільшого опором нульової послідовності, який залежить від схеми з'єднання обмоток трансформатора, а також від величини опору контактного переходу. Величина струму металевого КЗ може бути від  $(3...5) I_{ном}$  Т для схеми «зірка-зірка-ноль» («зірка-ноль») і до  $27 I_{ном}$  Т (для схеми «зірка – зигзаг»).

Значна частина мереж у системі TN-C працює від обмоток трансформаторів зі з'єднанням обмоток «зірка-зірка-ноль». Струми однофазного замикання у цій системі, додатково обмеженні перехідним опором в точці КЗ, можуть досягати величин до яких струмовий захист (запобіжниками, автоматами) виявиться нечутливим. Існування таких режимів може спричинити появу на корпусах обладнання відносно високих потенціалів і певної небезпеки для персоналу. За таких умов внаслідок перегріву спричиненого роботою на двох фазах чи значного зниження напруги однієї з фаз можливий вихід з ладу силових трансформаторів та трифазних двигунів. Крім того, можлива поява різниці потенціалів між корпусами обладнання в умовах протікання значного струму через нульовий провідник РЕМ. У системі TN-C у випадках обриву нульового проводу N виникають особливо небезпечні умови. На однофазних електроприймачах, приєднаних на фазну напругу, з одного боку може появиться напруга більша від робочої 220 В, а з іншого – значно менша. Такий режим небезпечний як для обладнання, так і для людей, оскільки на занулених корпусах може з'явитися небезпечна напруга. Використання пристроїв захисного вимкнення безпосередньо в мережах за системою TN-C є неможливим. У випадках коли в цьому є необхідність, треба перейти до системи TN-S або TT. Система TN-S відрізняється від попередньої (TN-C) тим, що до заземленої нейтралі джерела живлення приєднані не один, а два нейтральних провідники: один – робочий, позначений літерою N, а інший – захисний, позначений PE. Загальна кількість провідників у цій системі становить 5: три фазних, і два нейтральних (рис. 1.6).

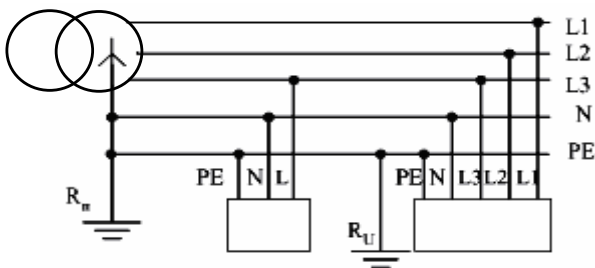
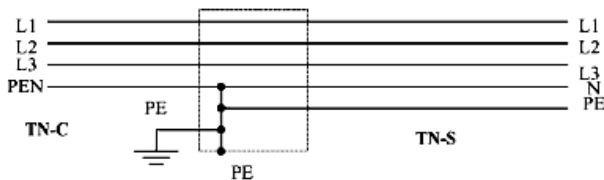


Рис. 1.6. Схема мережі за системою TN-S

Наявність двох провідників – нульового робочого N, в якому протікають робочі струми, і захисного РЕ з повторними заземленнями, до якого приєднані корпуси обладнання, дозволяє суттєво підвищити рівень безпеки порівняно з системою TN-C. До недоліків системи TN-S можна віднести збільшення витрат на мережу (необхідно прокладати додатковий провідник), а також на комутаційні апарати, у яких рекомендується застосовувати додатковий полюс для нульового робочого проводу. Цей захід запобігає можливості появи напруги зміщення нейтралі (незалежно від причини) на вимкненому обладнанні, що важливо для безпечного виконання на ньому налагоджувальних, ремонтних чи інших робіт. За необхідності можна перейти від системи TN-C до системи TN-S. Мережа з переходом від системи TN-C до системи TN-S належить до системи TN-C-S. Для здійснення такого переходу у відповідній точці мережі за системою TN-C (зазвичай, в розподільчому щитку) необхідно зробити повторне заземлення проводу PEN і після цього вивести окремо робочий N та захисний РЕ провідники (рис.1.7).



**Рис. 1.7. Схема мережі за системою TN-C-S з переходом від системи TN-C до системи TN-S**

У системі TN-C-S можна поєднати переваги складових систем: у головній її частині від підстанції до ввідних пристроїв для живлення пунктів розподілу використовують систему TN-C, для створення якої необхідні менші капіталовкладення, а на рівні розподільчих шаф і щитків від розподільчих пристроїв до приймачів застосовують систему TN-S, яка дає можливість застосовувати ПЗВ для електроприймачів та споживачів, які того потребують.

## **1.6. Поняття електроприводу і його характеристики**

Важливу роль в електрифікації виробничих процесів сільськогосподарського виробництва має електропривод (ЕП), який зараз є основним видом приводу стаціонарних машин і потокових ліній, а також у побуті. Більше 60% електроенергії, що виробляється в країні, а у сільському господарстві – 70%, споживається електроприводом. Основна доля споживання електроенергії – до 50% – припадає

на масовий найпростіший нерегульований ЕП, який складається з асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором і пристрою вмикання-вимикання з відповідним захистом. У сільськогосподарському виробництві такі ЕП є основними і наймасовішими.

Переваги ЕП над іншими видами приводів:

а) можливість виготовлення ЕД на різноманітні потужності і частоти обертання. Діапазон потужностей сучасних ЕД коливається від часток вата (двигуни для систем автоматики) до десятків тисяч кіловат. Межі частот обертання – від часток  $\text{хв}^{-1}$  до сотень тисяч  $\text{хв}^{-1}$ ;

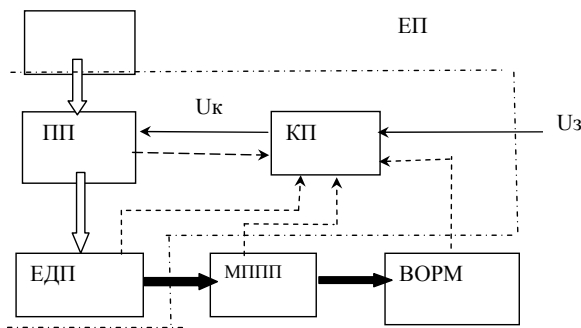
б) можливість створення приводів для роботи в найрізноманітніших умовах: в неагресивних, агресивних середовищах, у воді, за низьких і високих температур тощо;

в) можливість за допомогою простих засобів реалізувати різноманітні та складні види рухів виконавчих механізмів робочих машин, а також змінювати параметри руху;

г) легкість автоматизації виробничих і технологічних процесів;

д) високий коефіцієнт корисної дії, сприятливі умови для обслуговуючого персоналу, висока екологічність.

Електричним проводом називається електромеханічна система, що складається з електродвигунного (ЕД), перетворювального (ПП), механічного передавального (МПП) та керуючого (КП) пристроїв, призначена для приведення в рух виконавчих органів робочих машин і керування цим рухом (рис. 1.8).



**Рис. 1.8. Структурна схема електропривода:**

ДДЕ – джерело електричної енергії; ПП – перетворювальний пристрій; ЕДП – електродвигунний пристрій; МПП – механічний передавальний пристрій; ВОРМ – виконавчий орган робочої машини; КП – керуючий пристрій; ЕП – електропривод;  $U_z$  – сигнал задатчика;  $U_k$  – сигнал керування, – сигнали зворотного зв'язку

Електричні приводи класифікують за багатьма ознаками:

Залежно від **способу передачі ЕЕ від двигуна до ВОРМ** поділяють на групові, індивідуальні та багатодвигунні.

Груповим називають привод, в якому двигун через трансмісію приводить в дію групу машин або виконавчих органів. Кінематична ланка привода в цьому випадку часто буває складною і громіздкою, а сам привод – неекономічним і ненадійним.

Індивідуальним називають привод, в якому двигун приводить у рух тільки один ВОРМ. У деяких випадках ЕД конструктивно вбудований в механізм таким чином, що створює з ВОРМ єдине ціле (електрошпindel, електроталь та інші).

Багатодвигунним називають привод, якому ВОРМ приводиться в рух кількома ЕД (привід ланцюгового конвеєра, платформи екскаватора тощо);

За **родом руху ЕП є обертового і поступального** односпрямованого або реверсивного руху, а також **ЕП зворотно-поступального руху**;

За **принципом регулювання швидкості та положенням ВОРМ** ЕП бувають: нерегульовані, регульовані, слідкувальні, програмно-керовані, позиційні, адаптивні.

За **рівнем автоматизації**: неавтоматизовані, в яких керування ЕД ручне; автоматизовані, що керуються автоматичним регулюванням параметрів, а початкову керуючу дію здійснює людина; автоматичні, в якому всі операції керування здійснюються без участі людини.

За **наявністю зв'язків з іншими приводами**: незалежні, режими роботи яких не залежать від інших ЕП; взаємозв'язані, в яких кілька ЕП електрично- або механічно зв'язані між собою. Розрізняють два види взаємозв'язаних ЕП: багатодвигунні (ЕП дробарок ДБ-5, ДКМ-5 тощо) і електричний вал;

За **видом перетворювального пристрою** – вентильні, автотрансформаторні та за системою Г-Д;

За **родом МПП** – безредукторні, редукторні, з варіатором, з пасовою передачею, з фрикційною муфтою і так далі;

За **родом струму** – ЕП постійного і ЕП змінного струму.

## 1.7. Будова і принцип дії електродвигунів

В електроприводі використовуються електродвигуни постійного та змінного струмів.

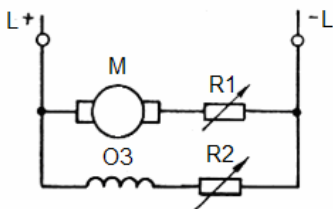
Двигуни постійного струму живляться від електромережі постійного струму або через випрямляючі та перетворюючі пристрої від мережі змінного струму 220/380 В.

Перевагою цих електродвигунів є сприятливі пускові характеристики, що дозволяє застосовувати їх для машин з важким пуском, простота регулювання частоти обертання. Їх недоліки це – необхідність мати мережу постійного струму, підвищені витрати міді на виготовлення двигуна, крім того наявність колектора та щіток потребує постійного обслуговування та не дозволяє використовувати ці двигуни у вологих та агресивних середовищах. Це обумовило те, що в сільськогосподарському виробництві двигуни постійного струму широкого застосування не знайшли.

Принцип дії двигуна постійного струму базується на законі електромагнітної індукції, тобто, якщо провідник з електричним струмом помістити в нерухоме магнітне поле, то виникає механічна сила, яка виштовхує цей провідник з магнітного поля в певному напрямку. Сила виштовхування залежить від величини магнітного поля та величини струму в провіднику. Двигун складається з двох основних частин: статора, що створює магнітний потік (поле) та якоря, в якому розміщені провідники зі струмом. Провідники в якорі приєднані через графітні щітки до колектора і в процесі виштовхування провідників з магнітного поля колектор повертається і підводить іншу пару провідників (отримуємо обертання якоря).

Залежно від способу створення магнітного потоку (збудження) двигуни постійного струму розділяють на двигуни паралельного, послідовного та змінного збудження. Відповідно обмотка збудження (ОЗ) під'єднується паралельно, послідовно з обмоткою якоря або в двигуні є обидві обмотки.

Схема двигуна паралельного збудження наведена на рис.1.9.



**Рис. 1.9. Схема вмикання двигуна постійного струму паралельного збудження**

Обмотка якоря М через щітки одержує живлення від мережі +L, -L, обмотка збудження ОЗ під'єднана паралельно якорю.

Регульований резистор R1 служить для полегшення пуску двигуна, R2 – для регулювання швидкості обертання шляхом зміни струму збудження, а, отже, і величини магнітного потоку.

Електродвигуни змінного струму поділяють на асинхронні та синхронні. Асинхронні трифазні двигуни – це основні двигуни для приводу сільськогосподарських машин і агрегатів. Вони випускаються з короткозамкненим та з фазним ротором, трифазні та однофазні.

Найбільш простим і надійним з них є трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим (к.з.) ротором. Крім того цей двигун має низьку вартість, малі масо-габаритні показники, високий (10 років) термін служби, практично не потребує поточного обслуговування, має просту схему вмикання в електричну мережу. Тому не дивно, що більше 97% сільськогосподарських електроприводів обладнано цими двигунами.

Двигун складається зі статора з трифазною обмоткою, яка створює під час живлення синусоїдальним струмом обертове магнітне поле та короткозамкненого ротора у вигляді пакета з електротехнічної сталі в пази якого вставлені алюмінієві стрижні, що замкнені накоротко двома кільцями з алюмінію на торцевій частині ротора.

Принцип дії асинхронного двигуна теж базується на тому, що провідник зі струмом поміщений у магнітне поле буде виштовхуватися з певною силою. Різниця з двигуном постійного струму в тому, що в асинхронному двигуні магнітне обертове поле створене трифазною обмоткою. Швидкість обертання магнітного поля називається синхронною, позначається  $n_c$  і може бути визначена за виразом:

$$n_c = \frac{60f}{p}, \quad (1.6)$$

де  $f$  – частота мережі, 50 Гц;  $p$  – кількість пар полюсів двигуна (може бути 1, 2, 3, 4, відповідно синхронні швидкості будуть 3000, 1500, 1000, 750 хв<sup>-1</sup>).

У проводах (стрижнях) обмотки ротора обертове магнітне поле статора індукує електричні струми. Внаслідок взаємодії магнітного поля статора і струму ротора виникає обертовий момент, що примушує ротор обертатися в напрямі обертання магнітного поля. Швидкість обертання ротора дещо менша від швидкості обертання поля, величина відставання ротора оцінюється ковзанням  $S$ , яке визначають з виразу:

$$S = \frac{n_c - n_n}{n_c}, \quad (1.7)$$

де  $n_n$  – швидкість обертання ротора (асинхронна швидкість, звідси назва двигуна «асинхронний» або не синхронний), хв<sup>-1</sup>.

Якби швидкість обертання ротора зрівнялася з синхронною швидкістю поля, припинилося б пересічення магнітним полем



провідників ротора, струм в роторі став би дорівнювати нулю, а, отже, і зник би обертовий момент.

Ковзання нормального двигуна мале і дорівнює  $0,03...0,05$ , таким чином частота обертання  $n_n$ , що вказана на паспорті двигуна, незначно відрізняється від синхронної, наприклад, для двигуна з двома парами полюсів ( $p = 2$ )  $n_c = 1500 \text{ хв}^{-1}$ , а  $n_n = 1425 \text{ хв}^{-1}$ .

Приводні параметри двигуна визначаються його механічною характеристикою, що визначає залежність частоти обертання від моменту навантаження на валу  $n = f(M_{\text{де}})$ . Більшість двигунів за збільшення навантаження, знижують швидкість. Це стосується, як двигунів постійного струму так і змінного.

Механічна характеристика трифазного асинхронного двигуна має вигляд (рис. 1.10).

Характерними точками на цій кривій є:

Точка 1 – ідеальний холостий хід  $n_1 = n_c$ ,  $M_1 = 0$ ;

Точка 2 – точка номінального режиму  $n_2 = n_n$ ,  $M_2 = M_n$ ;

Точка 3 – критична  $M_3 = M_{\text{кр}}$ , в цій точці двигун розвиває максимальний (критичний) момент, характеризує перевантажувальну здатність двигуна; при моменті навантаження більше  $M_{\text{кр}}$  двигун зупиняється;

Точка 4 – «провал» моменту, в цій точці двигун розвиває  $M_{\text{мін}}$  тобто мінімальний момент;

Точка 5 – пускова точка, з цієї точки двигун розганяється і розвиває  $M_{\text{пуск}}$ , характеризує пускові якості двигуна.

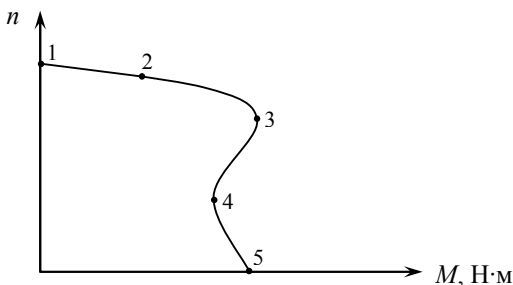


Рис. 1.10. Механічна характеристика трифазного асинхронного двигуна

Ділянка характеристики від т. 1 до т. 3 – робоча частина, а від т. 5 до т. 3 – пускова ділянка, на цій ділянці довго працювати двигун не може, на ній він розганяється до номінальних обертів протягом  $1...5 \text{ с}$ . Характеристики будують за каталожними даними, де вказані задані точки.

Таким чином механічна характеристика двигуна дає можливість під час вибору двигуна визначати, яку швидкість двигун розвиває за кожного навантаження, а також визначити його пусковий момент та перевантажувальну здатність. Кожна робоча машина (дробарка, вентилятор, насос, транспортер) має свою механічну характеристику, що показує, якого моменту обертання потребує машина за кожної швидкості.

Маючи механічні характеристики двигуна та робочої машини (рис. 1.11), можна оцінити, чи може дана робоча машина працювати з цим електродвигуном.

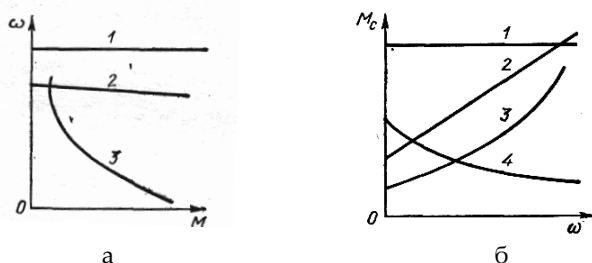


Рис. 1.11. Механічні характеристики електродвигуна (а) і робочої машини (б)

На рис.1.11. б наведені механічні характеристики деяких робочих машин ( $M_c = f(n)$ ).

Характеристика: 1 – за зміни швидкості обертання  $\omega$  момент статичних опорів  $M_c$  не змінюється (підйомники, транспортери);

Характеристика 2 – за збільшення швидкості  $\omega$ ,  $M_c$  зростає прямолінійно (деякі металообробні верстати);

Характеристика 3 – за збільшення швидкості  $\omega$ ,  $M_c$  зростає непрямолінійно (параболічно), (вентилятори, насоси, дробарки);

Характеристика 4 – за збільшення швидкості  $\omega$ ,  $M_c$  непрямолінійно спадає (фрезерні верстати, ковшові транспортери).

Трифазний асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором за своєю механічною характеристикою підходить для приводу будь-якої з перерахованих машин.

Трифазний асинхронний двигун з фазним ротором відрізняється від попереднього тим, що в пази ротора закладена не короткозамкнена обмотка (біляча клітка), а трифазна обмотка з мідного проводу, до якої через щітки і контактні кільця можна під'єднати пускові та регулюючі опори, що дозволяє регулювати швидкість двигуна введенням опорів в коло ротора. У сільському господарстві

цей двигун використовують для приводу потужних машин з важким пуском (пилорами) та стендів для обкатування двигунів внутрішнього згоряння.

### **1.8. Приводні характеристики сільськогосподарських машин**

Рациональне проектування електропривода неможливе без глибокого і всебічного знання характеристик машин, які він приводить. До них належать: технологічні, кінематичні, механічні, інерційні, навантажувальні та енергетичні характеристики.

**Технологічні характеристики** – це залежності продуктивності робочої машини і якості перероблюваної або оброблюваної продукції від швидкості переміщення робочих органів. Для різних машин ці залежності різні.

Приклади: Подача відцентрових і осьових насосів та вентиляторів прямо пропорційна швидкості обертання, а норій і шнеків – спочатку зростає, а потім знижується.

Продуктивність молоткових дробарок збільшується із зростанням частоти обертання барабана, але якість подрібнення спочатку покращується, а потім погіршується за рахунок збільшення пилоподібної фракції.

Якість змішування лопатевих змішувачів кормів спочатку покращується, а потім погіршується.

За технологічними характеристиками визначають швидкість обертання двигунів та необхідність і межі її регулювання.

**Кінематичні характеристики** (схеми) дають уявлення про траєкторії та швидкості руху всіх елементів машин і передач, а також про шляхи розподілу енергетичного потоку від двигуна. Їх використовують під час вибору двигуна за потужністю та частотою обертання, аналізу перехідних процесів і визначення втрат енергії.

**Механічна характеристика** робочої машини – це залежність моменту на її валу від швидкості руху робочого органу. Механічну характеристику використовують під час розрахунку перехідних процесів, побудови навантажувальних діаграм електроприводів, перевірки електропривода за умовами пуску.

**Інерційною характеристикою** називають залежність моменту інерції виконавчих органів робочої машини від часу або кута їх повороту.

У машин з робочими органами обертового руху і рівномірним технологічним навантаженням (відцентрові та осьові насоси, вентилятори, зернодробарки) моменти інерції постійні.

Момент інерції робочих органів машин з кривошипно-шатунними механізмами залежить від кута повороту кривошипа.

Інерційні характеристики використовують під час аналізу перехідних процесів, визначення втрат енергії, оцінювання рівномірності ходу машин.

**Навантажувальні характеристики** (діаграми) – це залежності статичного моменту або статичної потужності від часу:  $M_c = f(t)$ ,  $P_c = f(t)$ . Їх використовують під час визначення режиму роботи і потужності приводних електродвигунів.

**Енергетичною характеристикою** робочої машини називають залежності питомої витрати енергії під час виконання технологічного процесу від продуктивності або швидкості руху робочих органів чи приводного вала.

Питомі витрати електроенергії більшості сільськогосподарських машин за збільшення продуктивності (подачі) спочатку знижуються, а потім зростають.

Питома витрата електроенергії сильно залежить також від рівня організації технологічного процесу, рівня автоматизації, якості перероблюваного продукту та інших факторів.

## 1.9. Апарати керування

Електроприводи мають бути надійно захищені від анормальних і аварійних режимів роботи. Електродвигуни змінного струму повинні мати захист від однофазних і багатофазних коротких замикань, струмів перевантаження, роботи на двох фазах та мінімальної напруги. Синхронні двигуни, крім того, повинні бути захищені від асинхронного режиму.

Електродвигуни постійного струму потрібно захищати від коротких замикань. За потреби передбачають захист від перевантажень і надмірного перевищення швидкості обертання.

Системи керування електроприводів повинні бути захищені від коротких замикань.

Захист від струмів короткого замикання здійснюють за допомогою плавких запобіжників і автоматичних вимикачів. Ці апарати повинні вимикати пошкоджену ділянку мережі миттєво або з мінімальною витримкою часу.

Захист двигунів від перевантажень передбачають за можливих перевантажень робочих машин, а також тоді, коли за важких умов пуску або самозапуску необхідно обмежити тривалість пуску за зниженої напруги. Двигуни, які працюють у короткочасному або повторно-короткочасному режимі, від перевантажень не захищають.

Для захисту від перевантажень використовують теплові та температурні реле, автоматичні вимикачі з тепловими розчіплювачами, електронні пристрої струмового і температурного захисту.

Захист від надмірного зниження напруги або від самозапуску після зникнення напруги має бути: для всіх електродвигунів робочих машин, самозапуск яких після зупинки недопустимий за умовами технологічного процесу або за умовами безпеки; для електродвигунів постійного струму, які не допускають безпосереднього вмикання в мережу.

Такий захист здійснюють за допомогою реле напруги, автоматичних вимикачів з розчіплювачами мінімальної напруги, а також увімкненими за спеціальною схемою електромагнітними пускачами і контакторами.

Електроустановки сільськогосподарських об'єктів, в тому числі електроприводи, повинні бути обладнані пристроями захисного вмикання, які призначені для захисту людей і тварин від ураження електричним струмом та запобігання виникненню пожеж у разі порушення ізоляції.

Електричні апарати керування призначені для пуску, зупинки та регулювання параметрів електродвигунів, електронагрівних, освітлювальних, опромінювальних та інших електроустановок шляхом з'єднання – роз'єднання електричних кіл та перемикачів в цих колах.

Апарати керування поділяють на ручні і автоматичні, контактні та безконтактні, для силових кіл і кіл керування, напругою до 1000 В та більше 1000 В, відкриті, захищені та пилеводонепроникні.

У сільському господарстві застосовують такі апарати ручного керування.

Рубильники та рублячі перемикачі. Конструктивно складаються з рухомої частини (ножі) та нерухомої – губки, виготовлених з міді або з омідненої сталі. Застосовують, зазвичай, як апарати на вводі до щита або силової шафи для створення видимого розриву електричного кола. Як пускові апарати особливо для пуску електродвигунів не рекомендуються, оскільки мають низьку комутаційну здатність, що не дозволяє розривати електричну дугу за великих струмів. Позначають рубильники буквами Р – рубильник, РП – рублячий перемикач. Вибирають рубильники з умови:

$$I_{н.руб.} \geq \sum_{i=1}^n I_{роб.} \quad (1.8)$$

де  $I_{н.руб.}$  – номінальний струм рубильника, А (100, 250, 400 А);  
 $\sum I_{роб.}$  – сума робочих струмів споживачів, що під'єднані після рубильника, А.

У рубильниках застосовують дугогасні пристрої на контактах, але вони малоефективні, оскільки розмикання контактів здійснюється вручну і швидкість розмикання невелика.

Пакетні вимикачі та перемикачі (ПВ і ПП) мають також невелику комутаційну здатність, яка знаходиться в межах номінального струму за напруги 220 В і меншу номінального струму за напруги 380 В. Ці апарати компактніші від рубильників, а механічна частина має прискорювальні пружини та механізм фіксації положення. Прискорювальні пружини здійснюють миттєве перемикання контактів незалежно від швидкості повертання рукоятки. Рухомі та нерухомі контакти виконані з міді або латуні, що призводить до їх оплавлення електричною дугою та швидкого зношування.

Для керування електродвигунами пакетні вимикачі застосовують рідко, частіше вони використовуються в освітлювальних та нагрівальних установках, де немає великих пускових струмів. Пакетні вимикачі та перемикачі набираються з окремих пакетів, кожен з яких комутує одне електричне коло, тому перемикачі застосовують у колах керування, де одним перемикачем можна керувати десятима і навіть більше колами.

Номінальний струм пакетного вимикача або перемикача є найбільшим струмом, який він може розривати, тому і вибираються вони за номінальним струмом. Випускаються вони на струми 10, 25, 63, 100, 250 і 400 А за напруги 220 В, за напруги 380 В струми відповідно зменшені: 6, 16, 40, 63, 160 і 250 А. Умовне позначення, наприклад, ПВ3-25 означає – пакетний вимикач, триполюсний, номінальний струм – 25 А.

Значно більшу комутаційну здатність мають пакетно-кулачкові вимикачі та перемикачі ПКВ та ПКП, які теж набираються з окремих комутаційних пакетів, але контакти в них місткові (кожен забезпечує 2 розриви кола) і замикаються вони спеціальними поворотними кулачками. Контакти можуть мати дугогасну камеру, що збільшує струм комутації. Це дозволяє комутувати струми до  $9I_n$ , тобто граничний струм у 9 разів більше номінального, а, отже, вимикачем ПКВ можна запускати і зупиняти електродвигун з пусковим струмом  $7I_n$ . Умовне позначення цих апаратів, наприклад ПКВ-10 означає: пакетно-кулачковий вимикач, номінальний струм – 10 А.

У сільському господарстві розповсюджені ручні апарати типу ПНВ (пускач натискний, вібростійкий), які можуть керувати трифазним двигуном потужністю до 3 кВт, а ПНВС – однофазним двигуном потужністю до 0,6 кВт. Стригальний агрегат комплектується пускачем ПНВ. Часто їх застосовують для керування двигунами побутових машин, оскільки буква «В» в позначенні означає вібростій-

кий. Це – пральні машини, побутові точильні агрегати, бетономішалки та інше.

До апаратури автоматичного керування належать контактори, електромагнітні пускачі, проміжні реле, реле часу та інші допоміжні реле, що застосовуються в схемах керування.

Електромагнітні пускачі серії ПМЛ і ПМА призначені для автоматичного керування трифазними асинхронними електродвигунами. За наявності теплового реле вони здійснюють також захист двигунів від перевантажень.

Основним елементом електромагнітного пускача є контактор. Це апарат дистанційної дії, призначений для комутації силових кіл з великими струмами, в якому замикання контактів здійснюється з різним приводом: електромагнітним, пневматичним, гідравлічним. Найбільш розповсюдженими є електромагнітні контактори, які мають котушку електромагніту та осердя. У разі подавання напруги в котушку осердя намагнічується і притягує якір, з яким механічно зв'язані рухомі контакти, що замикаються.

У сільськогосподарських приводах застосовують контактори змінного струму типу КТ, які розраховані на струм від 75 до 600 А за напруги до 500 В і допускають до 120 вмикань на годину. Крім силових контактів контактор має допоміжні блок-контакти, які використовують в колах керування.

Електромагнітний пускач (частіше його називають «магнітний пускач») складається з контактора змінного струму та теплового реле і призначений для частих комутацій (до 3600 вмикань на годину) силових кіл електродвигунів.

Вибір магнітних пускачів ведуть за струмом або потужністю керованого двигуна. Перша цифра в позначенні пускача означає його струм, наприклад, ПЛМ-1000 – струм 10 А, ПМЛ-2000 – струм 25 А і т.д., це і є максимальний струм цього пускача. На наявність теплового реле вказує друга цифра: 1 – без теплового реле нереверсивний, 2 – з тепловим реле. Реверсивні пускачі призначені для зміни напрямку обертання двигуна (реверсування), позначають цифрами 5 і 6. це фактично два пускачі, змонтованих на одній панелі.

Крім теплового реле, магнітні пускачі ПМЛ можуть мати вбудовані в оболонку кнопки «Пуск» та «Стоп», сигнальну лампочку. Для збільшення кількості допоміжних контактів на пускачі встановлюють контактні приставки ПКА, контакти яких замикаються від того самого електромагніту.

Для керування асинхронними двигунами з номінальним струмом 40 А і більше можна застосовувати пускачі серії ПМА, які випускаються в чотирьох габаритах ПМА-3000 (40 А), ПМА-4000 (63 А), ПМА-5000 (100 А), ПМА-6000 (160 А).

Електромагнітні пускачі вибирають також з урахуванням кліматичного виконання та категорії розміщення У2, У3, У4, за ступенем захисту від впливу навколишнього середовища ІР00 (відкрите виконання), ІР40 (захищене виконання, в оболонці), ІР50, ІР54 (пилеблизкозахищене виконання), за напругою стягувальної котушки 220, 380 В змінного струму, частотою 50 Гц. Крім того, напруга котушки за замовленням може бути 24, 36, 42, 110 В.

Командні апарати призначені для замикання і розмикання електричних кіл керування електроустановками вручну за напруги 500 В змінного струму та до 220 В постійного струму. До них належать кнопки та кнопкові пости, універсальні перемикачі, кінцеві та шляхові вимикачі, механічні датчики. Ці апарати керують допоміжними колами, струм яких не перевищує 6...10 А і тільки подають команду на вимкнення силових кіл на котушки контакторів чи магнітних пускачів.

Кнопки серії КЕ вбудовують у шафи, панелі, пульти, ящики та інші комплектні пристрої керування, кнопковий пост серії ПКЕ складається з декількох кнопок КЕ (від однієї до п'яти), змонтованих в одному корпусі. На кнопках можуть бути додаткові позначення «Пуск», «Стоп», «Вперед», «Назад» та інші. Вибирають кнопкові пости за кількістю замикальних та розмикальних контактів, ступенем захисту з боку контактів, кліматичним виконанням У2, У3, У4.

Універсальні перемикачі призначені для ручного перемикання кіл керування електромагнітних апаратів. Це малогабаритні пакетно-кулачкові перемикачі типу ПКУЗ напругою від 24 до 500 В і робочим струмом від 1 до 10 А. За допомогою цих перемикачів можна керувати електродвигунами з номінальним струмом до 6 А і пусковим струмом не більше 40 А, тобто до 2,2 кВт включно.

### **1.10. Апарати захисту електроустановок**

Сільськогосподарські електроустановки потребують захисту від таких ненормальних режимів:

- від коротких замикань;
- від тривалих перевантажень;
- від неповнофазних режимів (обрив фази);
- від недопустимого зниження напруги;
- від порушення параметрів технологічного процесу.

Обов'язковим для будь-якої електроустановки є захист від коротких замикань, як найнебезпечнішого аварійного режиму, який може призвести до повного виходу з ладу установи, до виникнення пожежі та інших значних збитків. Найпростішим апаратом захисту від коротких замикань є плавкий запобіжник. Вимкнення



аварійної установки запобіжник здійснює шляхом розплавлення каліброваної на певний струм вставки.

Найпоширенішими у сільськогосподарському виробництві є запобіжники серій ПРС, ПН2 і НПН-60.

Запобіжник типу ПРС (рис. 1.12) складається з пластмасової основи, на якій закріплено контактну гільзу 2. Плавку вставку 4 розміщено в фарфоровому циліндрі 5, який заповнений кварцовим піском (у разі перегорання вставки вона замінюється разом з нерозбірним циліндром). Запобіжник має показчик спрацювання (від цього назва – ПРС – запобіжник різьбовий, сигналізуючий). У разі перегорання плавкої вставки звільняється спеціальна пружина, яка викидає кольорове вічко в засклений отвір 6.

Номинальні струми плавких вставок запобіжників типу ПРС-6 – 1, 2, 4, 6 А; ПРС-25 – 4, 6, 10, 16, 20, 25 А; ПРС-63 – 20, 25, 40, 60 А; ПРС-100 – 40, 63, 80, 100 А. У структурі умовного позначення цифри після букв (одна, дві або три) означають номінальний струм основи запобіжника, А.

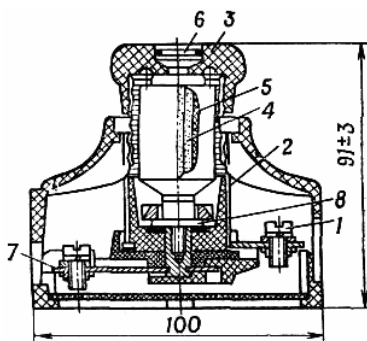


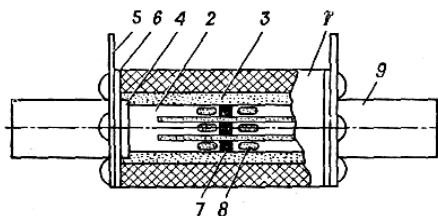
Рис. 1.12. Запобіжник типу ПРС:

1 – гвинт; 2 – контактна гільза; 3 – ізолятор; 4 – плавка вставка; 5 – фарфоровий циліндр; 6 – засклений отвір; 7 – контакт; 8 – контактний гвинт

Плавкі запобіжники серії ПН-2 (запобіжник (П) наповнений (Н), другого випуску (2) (рис. 1.13) призначені для захисту від струмів коротких замикань електричних установок напругою до 380 В, змінного струму та до 220 В постійного струму.

Запобіжник ПН-2 складається з фарфорового корпусу 1 квадратного перерізу. Всередині корпусу розміщені стрічкові плавкі вставки 2 та наповнювач – кварцовий пісок 3. Плавкі вставки приварюються до диска 4, кріпляться до пластини 5, яка в свою чергу зв'язана з ножовими контактами 9. Пластини 5 кріпляться до кор-

пусу гвинтами. Наповнювачем корпусу є кварцовий пісок, який перед засипкою ретельно просушується за температури 120...180°C. Плавка вставка виконана з мідної стрічки товщиною 0,1...0,2 мм, що розділена на три смужки і має зону звуження за перерізом, де вона і перегорає.



**Рис. 1.13. Запобіжник наповнений ПН-2:**

1 – фарфоровий корпус; 2 – плавкі вставки; 3 – кварцовий пісок; 4 – диск;  
5 – пластина; 6 – корпус; 7 – олов'яні смужки; 8 – прорізи

Ножові контакти 9 встановлюються в губки, що закріплені в щиті. Запобіжники ПН-2 випускаються на номінальний струм до 630 А.

Плавкий запобіжник НПН2-60 має скляний нерозбірний патрон з мідними ковпачками, заповнений кварцовим піском. Всередині патрона розміщена мідна плавка вставка, кінці якої припаяні до ковпачків. Ковпачки служать для електричного з'єднання з контактними стояками у щиті. Патрон нерозбірний і після перегорання плавкої вставки його треба замінити. Номінальний струм основи (патрона) дорівнює 60 А, а плавкі вставки до патрона випускають на струми 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 60 А.

Запобіжники вибирають з умов, щоб номінальна напруга  $U_3$  була не меншою від напруги мережі, номінальний струм основи  $I_3$  – не меншим робочого струму мережі, а струми плавкої вставки  $I_{в.п.}$  – не менше струму електроприймача. Якщо електроприймач має пусковий струм, більший від номінального (електродвигун), то розрахунковий струм плавкої вставки становитиме:

$$I_{в.п.} = \frac{k_i \cdot I_{н.д.}}{\alpha}, \quad (1.9)$$

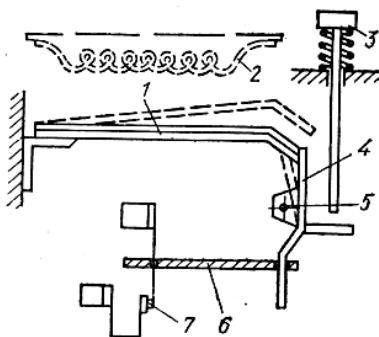
де  $I_{н.д.}$  – номінальний струм двигуна, А;  $k_i$  – кратність пускового струму  $I_{пуск}/I_n = 5,5 \dots 7,5$ ;  $\alpha$  – коефіцієнт, що враховує умови пуску (за нечастих пусків тривалість менше 10 с.  $\alpha = 2,5$ , за важких – 1,6).

Для захисту напівпровідникових приладів випускають спеціальні швидкодіючі запобіжники типу ПНБ.

Заміна стандартних плавких вставок на саморобні («жучки»), зазвичай, призводить до виходу з ладу установки або пожежі.

Електротеплові реле (їх ще називають теплові реле) призначені для захисту трифазних асинхронних двигунів від тривалих перевантажень та неповнофазних режимів. Встановлюють їх у комплекті з магнітними пускачами або окремо на панелях і рейках комплектних пристроїв керування. Пускачі серії ПМЛ комплектуються триполюсним тепловим реле серії РТЛ, пускачі ПМА – реле РТТ (рис. 1.14). Тривалі невеликі перевантаження призводять до перегріву ізоляції, її старінню та виходу з ладу.

Основним елементом теплового реле є біметалева пластинка 1, яка розміщена поряд з нагрівним елементом 2, за яким проходить робочий струм електродвигуна. Якщо струм не перевищує номінальний, то біметалева пластинка незначно нагрівається і не змінює свою форму. Якщо ж через нагрівач протікає струм перевантаження, біметалева пластинка нагрівається більше, вигинається догори, звільняє важіль 4, який під дією пружини повертається на осі 5 і тягою 6 розмикає контакти 7, які включаються в коло котушки магнітного пускача. Пускач вимикає двигун, а в подальшому повернення реле у вихідне положення після його охолодження здійснюється натисканням на кнопку 3 «Повернення». Час спрацювання теплового реле обернено пропорційний струму двигуна. Так, у разі перевантаження двигуна на 25% час спрацювання реле приблизно дорівнює 20 хв., а за 200% – близько 2 хв.



**Рис. 1.14. Теплове реле:**

- 1 – біметалева пластинка; 2 – нагрівальний елемент; 3 – кнопка;  
4 – важіль; 5 – вісь; 6 – тяга; 7 – контакти

Реле серії РТЛ випускаються трьох видів за силою струму (РТЛ – 1000 до 25 А; РТЛ-2000 – до 80 А; РТЛ-3000 – до 200 А). У ко-

жному виді передбачені декілька діапазонів регулювання струмів неспрацювання, так, для РТЛ-1000: 0,1 – 0,17; 0,16 – 0,26; 0,24 – 0,4; ... 7 – 10; 9,5 – 14; 13 – 19; 18 – 25. Під час вибору уставки теплового реле номінальний струм двигуна має знаходитися в одному з указаних діапазонів за умови:

$$I_{у.т.р.} \geq I_{н.д.}, \quad (1.10)$$

де  $I_{н.д.}$  – номінальний струм двигуна, що захищається, А;  $I_{у.т.р.}$  – струм уставки теплового реле.

Реле має дві пари контактів – замикальний і розмикальний, їх струм не перевищує 10 А. Триполюсні теплові реле РТЛ і РТТ захищають електродвигун від неповнофазних режимів (зникнення однієї з фаз).

Електротеплові реле захищають двигун від тривалих струмів перевантаження, які можуть привести до перегріву обмоток статора, до того ж температуру обмотки вони не контролюють.

Пристрої типу УВТЗ-1, УВТЗ-4, УВТЗ-5 за допомогою термопозисторів, вбудованих безпосередньо в обмотку двигуна контролюють температуру обмотки і відключають двигун, незалежно, з якої причини перегрілась обмотка. Це більш надійний захист від перегріву обмоток. Позначення УВТЗ – установка вбудованого температурного захисту.

Пристрій УВТЗ складається з вбудованих в обмотку двигуна термодатчиків, перетворювача та вихідного реле. Термодатчики налаштовані на температуру, що відповідає допустимій для певного класу ізоляції, перетворювач виконаний на транзисторах і призначений для підсилення сигналу термодатчиків і перетворення його у сигнал зручний для спрацювання вихідного реле РЭС-21. У разі перегріву будь-якої з обмоток опір термодатчика різко зростає, через перетворювач спрацьовує вихідне реле і двигун вимикається. Такий захист встановлений у схемі керування двигунами гноєприбирального транспортера ТСН-ЗБ.

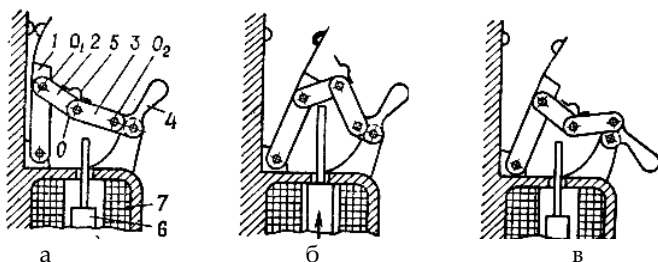
Більш сучасними апаратами захисту електроустановок, які захищають одразу від декількох ненормальних режимів, є апарати багатократної дії і одночасно виконують роль комутуючого пристрою для нечастих комутацій є автоматичні вимикачі або автомати, які останнім часом витіснили з електроустановок запобіжники, теплові реле та інші апарати.

Автоматичні вимикачі призначені для захисту електричних кіл напрутою до 1000 В від струмів короткого замикання, перевантаження, зникнення або надмірного зниження напруги тощо. У сільськогосподарському виробництві застосовують автомати серій АП50Б, АЕ2000, ВА51, АЗ700 та інші.

Основною ознакою автомата є наявність незалежного розчіплювача, який автоматично розмикає контакти від дії розчіплювачів, незалежно від того, утримується вручну важіль або кнопки вмикання чи ні. Один з прикладів такого розчіплювача наведений на рис. 1.15.

За відсутності аварійної ситуації ланки важелів 2 і 3 створюють один жорсткий важіль, оскільки центр шарніру  $O$ , що з'єднує ці ланки, лежить нижче прямої, яка з'єднує точки шарнірів  $O_1$  та  $O_2$ , а упор 5 не дає можливості скластися цим ланкам. Під час протікання аварійного струму обмоткою електромагніту 7 ярір 6 виштовхується догори і зламає важелі 2 і 3. Рукоятка 4 і контактний важіль 1 виявляються розщепленими і контакти автомата розмикаються пружиною, яка на рисунку не показана. Замикання контактів здійснюється вручну рукояткою 4.

На механізм вільного (незалежного) розчеплення можуть здійснювати дію декілька розчіплювачів, найпоширенішими з яких є електромагнітний і тепловий.



**Рис. 1.15. Механізм найпростішого автомата:**

- а – включений; б – виключений автоматично; в – виключений вручну;  
 $O$  – центр шарніру;  $O_1$ ,  $O_2$  – точки шарнірів; 1 – контактний важіль;  
 2 і 3 – ланки важелів; 4 – рукоятка; 5 – упор; 6 – ярір; 7 – обмотка електромагніту

Електромагнітний або максимальний розчіплювач захищає установку від максимальних струмів або струмів короткого замикання. Це – невеликий електромагніт, ярір якого підпружинений і зусилля пружини відповідає струму, що в 7...12 разів перевищує номінальний. Це значить, що ярір електромагніту вдарить по важелю вільного розчеплення у випадку, коли струм в колі досягне кратності 7...12, що в нормальному режимі є неможливим. Величина 7...12 називається кратністю відсічки і вказана на паспорті автомата. Наприклад, якщо  $I_n$  автомата дорівнює 10 А, а кратність відсічки автомата

АЕ2000 становить 12, то автомат вимкне мережу за струму  $10 \times 12 = 120$  А. Електромагнітний розчіплювач спрацює практично миттєво, без витримки часу і є нерегульованим.

Теплові розчіплювачі діють на принципі біметалевої пластинки (як і теплові реле), але результатом його спрацювання є не розмикання допоміжних контактів, а дія на механізм вільного розчеплення і вимикання силових контактів. Час спрацювання теплового розчіплювача також обернено пропорційний струму перевантаження і може бути рівним від декількох хвилин до десятих часток секунд. Наявність перерахованих розчіплювачів в автоматі позначають літерами або цифрами. Так, автомати АП503М, АП503Т і АП503МТ мають відповідно: три максимальних розчіплювачів, три теплових, три комбіновані максимальні плюс теплові. Останні захищають двигун і від коротких замикань (ЗМ) і від перевантажень (ЗТ).

Крім перерахованих автомати можуть мати розчіплювачі мінімальної напруги (за недопустимого зниження напруги він вимикається), дистанційний розчіплювач (вимикає автомат з диспетчерського пункту).

Електромагнітний (максимальний) розчіплювач вибирають з розрахунку, щоб за пускового струму асинхронного двигуна він не спрацював. Для цього має бути виконана умова:

$$I_{уст.ем} \geq (1,5 - 1,8) \cdot I_{пуск}, \quad (1.11)$$

де  $I_{уст.ем}$  – струм уставки електромагнітного розчіплювача, А;

Тепловий розчіплювач вибирається за умови, щоб струм уставки  $I_{у.т.}$  був не менше робочого струму уставки  $I_p$ :

$$I_{у.т.} \geq I_p. \quad (1.12)$$

Для захисту установок від ненормальних режимів застосовують також спеціальні види захисту, серед яких розповсюджені такі:

- ▶ пристрої серії ФУЗ-М – фазочутливі пристрої захисту, які захищають електроустановки від несиметрії напруг на фазах та втрати однієї з фаз;
- ▶ ЗОУП – для захисту персоналу від появи електричного потенціалу на корпусі машин;
- ▶ пристрої технологічного захисту, які контролюють різні технологічні параметри: реле тиску, реле рівня, реле температури тощо.



## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Завдання автоматизованого електропривода в сільськогосподарському виробництві.
2. Особливості роботи електроприводів в умовах сільськогосподарського виробництва.
3. Сучасний стан розвитку сільськогосподарських електроприводів.
4. Електромеханічні та механічні характеристики електродвигунів постійного струму незалежного, послідовного і змішаного збудження у двигунному і гальмівних режимах.
5. Способи регулювання швидкості обертання двигунів постійного струму.
6. Області застосування електродвигунів постійного струму незалежного, послідовного і змішаного збудження.
7. Механічні характеристики асинхронних двигунів у двигунному і гальмівних режимах.
8. Механічна характеристика синхронного електродвигуна. Сфера застосування синхронних двигунів.
9. Вибір електродвигуна загалом.
10. Рівняння руху електропривода і його аналіз.
11. Сили і моменти, що діють в системі електропривод – робоча машина.
12. Апарати ручного керування електроприводами. Будова, принцип дії.
13. Магнітні пускачі і контактори. Будова, принцип дії, правила вибору.
14. Плавкі запобіжники. Призначення, будова, правила вибору.
15. Теплові реле. Призначення, будова, принцип дії, правила вибору.
16. Автоматичні вимикачі. Призначення, будова, принцип дії, правила вибору.

## РОЗДІЛ II

### ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ І ОПРОМІНЕННЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

#### 2.1. Роль променистої енергії

Електромагнітне випромінювання в діапазоні із довжиною хвиль від  $1 \cdot 10^{-9}$  м (нанометр, нм) до 1 мм називається **оптичним випромінюванням**.

Спектр оптичного випромінювання поділяється на такі види опромінювання: ультрафіолетове (довжина хвилі 1...380 нм); видиме (довжина хвилі 380...780 нм); інфрачервоне (довжина хвилі 780... $1 \cdot 10^6$  нм) (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Спектр оптичного випромінювання**

Ультрафіолетове випромінювання				Видиме випромінювання								Інфрачервоне випромінювання		
Вакуумне	Зона С	Зона В	Зона А	Фіолетове	Синє	Голубе	Зелене	Жовто-зелене	Жовте	Оранжеве	Червоне	Зона А	Зона В	Зона С
1	100	280	315	380	450	480	510	550	575	585	620	780	1400	3000
Довжина хвилі, нм														

Залежно від впливу на біологічні об'єкти ультрафіолетове випромінювання поділяється на зони А, В, С. Випромінювання зони А (довжина хвилі 315...380 нм) має біологічну активність, здатне викликати пігментацію шкіри людини (загар), позитивно впливає на організм тварин і птиці, визначає формативний ефект у рослин. Використовується для люмінесцентного аналізу хімічного складу різних речовин і біологічного стану продуктів.

Випромінювання зони В (довжина хвилі 280...315 нм) має більшу енергію фотонів, спричиняє тонізуючу і терапевтичну дію на живі організми, здатне викликати загар і почервоніння шкіри (еритему) і, перетворюючи в організмі тварин необхідний для росту і розвитку тварин вітамін D в легко засвоювану форму, має потужну антирахітну дію, але шкідливе для більшості рослин. Застосовується, зазвичай, для стимулюючого опромінення молодняку тварин і птиці.



Зона С (довжина хвилі 100...280 нм) відрізняється сильною бактеріцидною дією фотонів великої енергії на віруси і мікроорганізми. Тому використовується для знезаражування води і повітря, дезінфекції і стерилізації інвентарю, посуду тощо.

Видимим називають випромінювання діапазону від 380 до 780 нм, яке безпосередньо викликає зорові відчуття у людини. Випромінювання застосовують для створення необхідного рівня освітленості під час виконання відповідних робіт людиною, або забезпечення їй візуальних комфортних умов. Крім того, видиме випромінювання є основою реакції фотосинтезу в рослин, сприяє збільшенню продуктивності та регулюванню біологічних ритмів тварин і птиці.

Інфрачервоне випромінювання (понад 780 нм) має найменшу енергію фотонів, яка під час поглинання призводить лише до коливання електронів на енергетичних орбітах, що проявляється як утворення теплоти в опромінюваному тілі. У сільському господарстві використовується для обігріву молодняку тварин і птиці, сушіння сільськогосподарських продуктів, пастеризації молока тощо.

## **2.2. Фотобіологічна дія оптичного випромінювання**

Енергія оптичного випромінювання безпосередньо діє на людину, тварин, рослини, мікроорганізми та інше. Основні види фотобіологічної дії наступні:

**Світлова дія** виражається в зоровому відчутті людини чи тварини, що дозволяє їй отримувати інформацію та орієнтуватися в навколишньому просторі. Світло, крім формування зорового образу суттєво впливає на біологічний стан людей і тварин, воно відіграє домінуючу роль в регулюванні добових і сезонних психологічних ритмів, безпосередньо чинить стимулюючу дію на настрої людини.

**Фотосинтезна дія** виражається в тому, що видиме випромінювання енергетично забезпечує процес фотосинтезу, в результаті якого в зелених рослинах із мінеральних речовин синтезуються органічні речовини та виділяється кисень.

**Фотоперіодична дія** проявляється в тому, що за зміни тривалості періодів освітленості (опроміненості) і темноти спричиняється вплив на розвиток рослин, тварин і птиці.

**Терапевтична дія** полягає в наступному. Опромінення людей, тварин, птиці дозованою кількістю ультрафіолетового, видимого або інфрачервоного випромінювання покращує обмін речовин, підвищує стійкість організму проти інфекційних захворювань.

**Бактерицидна дія** полягає в тому, що опромінення ультрафіолетовим випромінюванням та, у великих дозах, видимим або інфрачервоним випромінюванням викликає загибель вірусів, шкідливих мікроорганізмів, комах, тощо.

**Мутагенна дія** оптичного випромінювання проявляється в тому, що тривала дія на біологічні об'єкти ультрафіолетовим випромінюванням (області В.С) призводить до спадкових змін, які можна використати для виведення рослин та інших організмів з новими властивостями.

### 2.3. Енергетичні величини і одиниці їх вимірювання

Поле оптичного випромінювання нерозривно пов'язане з перенесенням енергії від випромінювального тіла до поглинального. Це перенесення здійснюється за допомогою електромагнітних коливань.

Енергія оптичного випромінювання має розмірність, властиву будь-якій формі енергії, і вимірюється в джоулях (Дж). На практиці частіше необхідно знати не енергію випромінювання, а її потужність (потік випромінювання).

**Потоком випромінювання  $\Phi$**  називають енергію випромінювання, що переноситься за одиницю часу від джерела випромінювання до опромінюваного об'єкта:

$$\Phi_e = \frac{dW}{dt}, \quad (2.1)$$

де  $dW$  – енергія випромінювання, що передається за час  $dt$ , Дж;  $dt$  – проміжок часу, впродовж якого випромінювання може бути сприйнятим, с.

Просторову густину потоку випромінювання джерела називають **силою випромінювання** ( $\text{Вт} \cdot \text{ср}^{-1}$ ), яка визначається відношенням потоку випромінювання до тілесного кута, у якому він рівномірно розподілений:

$$I_e = \frac{d\Phi_e}{d\omega}, \quad (2.2)$$

де  $\omega$  – значення тілесного кута. Одиниця вимірювання тілесного кута – стерадіан (ср).

**Тілесний кут** – це конічне тіло, вершиною якого служить центр сфери довільного радіуса, а основою – частина поверхні цієї сфери, на яку цей конус опирається.



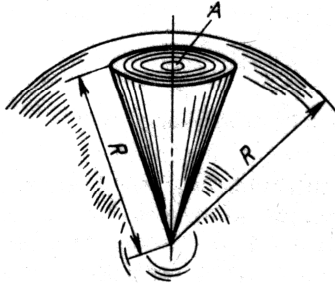


Рис. 2.1. Тілесний кут

Величина тілесного кута визначається відношенням площі основи сферичної частини конуса до квадрата радіуса:

$$\omega = \frac{S}{R^2}. \quad (2.3)$$

**Щільність випромінювання** ( $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ ) – це відношення потоку випромінювання до площі випромінювальної поверхні:

$$R_e = \frac{d\Phi_e}{dS_e}, \quad (2.4)$$

де  $dS_e$  – площа поверхні випромінювального тіла, в межах якої випромінювання можна вважати рівномірним.

**Енергетична опроміненість** – це відношення потоку випромінювання, що падає на опромінювану поверхню, до площі цієї поверхні ( $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ ):

$$E_e = \frac{d\Phi_e}{dS}. \quad (2.5)$$

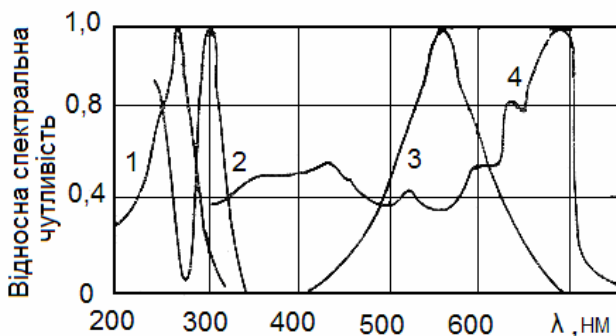
**Кількість енергії опромінення** (доза, або експозиція) визначається за формулою:

$$H_e = E_e \cdot dt. \quad (2.6)$$

#### 2.4. Системи ефективних величин і одиниці їх вимірювання

Під час практичного використання різних ділянок спектра оптичного випромінювання користуються відповідними системами ефективних величин, в основу яких покладено відповідні спектри біологічної дії. Тому під час створення систем ефективних величин і одиниць вимірювання різної дії оптичного випромінювання прийняли еталонні приймачі, а саме: для світлової дії – усереднене око

людини, для вітальної (еритемної) дії – шкіру людини, для фотосинтезної дії – усереднений листок рослини, для бактерицидної дії – загибель бактерії (рис. 2.2).



**Рис. 2.2. Відносна спектральна чутливість основних зразкових приймачів оптичного випромінювання:**

1 – бактерій, у разі дії ультрафіолетового випромінювання; 2 – шкіри людини при вітальному опроміненні; 3 – усередненого ока людини у разі дії видимого випромінювання; 4 – усередненого листка рослини у разі дії фотосинтезного випромінювання

Тому під час створення системи ефективних величин і одиниць вимірювання оптичного випромінювання як еталон біологічної дії прийняли: для світлової дії – усереднене око людини ( $\lambda_m = 555$  нм) для вітальної (еритемної) дії – шкіру людини ( $\lambda_m = 297$  нм), для фотосинтезної дії – усереднений листок рослини ( $\lambda_m = 680$  нм), для бактерицидної дії – загибель бактерій ( $\lambda_m = 254$  нм).

## 2.5. Вимірювальні прилади оптичного випромінювання

**Люксметри.** Застосовуються для вимірювання освітленості на певній площині. Найчастіше на виробництві застосовуються люксметри типу Ю116, Ю117. Люксметр складається із селенового фотоелемента, вмонтованого в пластмасову оправу з ручкою, гальванометра, шкала якого проградуйована в люксах, і з'єднувальних проводів. Для вимірювання великих освітленостей на селеновий фотоеlement надівається світлофільтр з відповідним коефіцієнтом пропускання, що дозволяє збільшити межі вимірювання в 1000 разів.

Під час вимірювання люксметром освітленості від джерел світла з спектральним складом, який відрізняється від спектрального

складу лампи розжарювання, вводять поправні коефіцієнти (для люмінесцентних ламп типу ЛД – 0,9 і типу ЛБ – 1,1) (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

### Системи величин і одиниці вимірювання оптичного випромінювання

Енергетичні величини і одиниці їх вимірювання	Величини і одиниці вимірювання				
	видимого випромінювання	вітального випромінювання	бактерицидного випромінювання	фотосинтезного випромінювання	інфрачервоного випромінювання
Потік $\Phi_e$ , Вт	Світловий потік $\Phi$ , лм	Потік $\Phi_v$ , віт	Потік $\Phi_b$ , бк	Потік $\Phi_f$ , фіт	Потік $\Phi_i$ , Вт
Сила випромінювання $I_e$ , Вт·ср <sup>-1</sup>	Сила світла $I$ , кд	Сила випромінювання $I_v$ , віт·ср <sup>-1</sup>	Сила випромінювання $I_b$ , бк·ср <sup>-1</sup>	Сила випромінювання $I_f$ , фіт·ср <sup>-1</sup>	Сила випромінювання $I_i$ , Вт·ср <sup>-1</sup>
Опроміненість $E_e$ , Вт·м <sup>-2</sup>	Освітленість $E$ , лк	Опроміненість $E_v$ , віт·м <sup>-2</sup>	Опроміненість $E_b$ , бк·м <sup>-2</sup>	Опроміненість $E_f$ , фіт·м <sup>-2</sup>	Опроміненість $E_i$ , Вт·м <sup>-2</sup>
Щільність випромінювання $R$ , Вт·м <sup>-2</sup>	Щільність випромінювання $R$ , лм·м <sup>-2</sup>	-	-	-	-
Кількість опромінення $H_e$ , Вт·м <sup>-2</sup> ·с	Яскравість $V$ , кд·м <sup>-2</sup>	Кількість опромінення $H_v$ , віт·м <sup>-2</sup> ·год	Кількість опромінення $H_b$ , бк·м <sup>-2</sup> ·одг	Кількість фітоопромінення $H_f$ , фіт·м <sup>-2</sup> ·год	Кількість опромінення $\Phi_i$ , Вт·м <sup>-2</sup> ·год
-	Світлова віддача $\eta$ , лм·Вт <sup>-1</sup>	Вітальна віддача $\eta_v$ , віт·Вт <sup>-1</sup>	Бактерицидна віддача $\eta_b$ , бк·Вт <sup>-1</sup>	Фотосинтезна віддача $\eta_f$ , фіт·Вт <sup>-1</sup>	-

Для вимірювання фотосинтезної опроміненості використовують **фітофотометри** ФИТОМ-70 і ФФМ-71, спектральна чутливість яких близька до спектральної чутливості усередненого листка рослини, максимум якої відповідає випромінюванню з довжиною хвилі 680 нм.

Фітофотометр ФФМ-71 призначений для вимірювання фітоопроміненості від штучних і природних джерел випромінювання як у польових, так і стаціонарних умовах. Прилад проградуирований у фітах на квадратний метр, що дозволяє контролювати фітопотік,

який падає на певну опромінену площу. Загальний діапазон вимірювання поділений на 5 піддіапазонів: 0... 3; 0... 10; 0... 50, 0... 100 і 0... 300 фт/м<sup>2</sup>.

Як приймачі випромінювання в приладі використовуються три фоторезистори: СФ2-5 і СФ3-4А. Кожний із них підібраний з відповідним світлофільтром для вимірювання певної області спектра оптичного випромінювання.

Для вимірювання ультрафіолетового опромінення використовують **уфіметри** УФИ-73 і УФД-73, **ерметри** УБФ і УФМ-71, **бактериометр** УФБ-1А, **ердозиметр** УФД-1А.

Для вимірювання інфрачервоного випромінювання використовують піранометр Янішевського, болометри і термоелементи з оптичним фільтром КС-19, пристрій ТФА-2 та інші.

## 2.6. Будова і робота ламп розжарювання, їх енергетичні та експлуатаційні характеристики

Будова ламп розжарювання залежить від їхнього призначення. Скляна колба сучасної лампи загального призначення, діаметр якої визначається потужністю лампи, заповнена інертним газом (аргон, чи азот і криптон). Колба з'єднана з цоколем спеціальною мастикою. На цоколі є гвинтова нарізка для кріплення в патроні, за допомогою якого лампа вмикається в мережу. У колбі розміщена скляна ніжка лампи, що складається зі штапика і вакуумувальної трубки. У верхню частину скляного штапика упаяні молібденові тримачі, на яких укріплене тіло розжарення (вольфрамова спіраль). Для з'єднання тіла розжарення з цоколем служать платинові вставки і мідні виводи. Цоколі ламп розжарювання виготовляють різбовими, штифтовими і фіксованими. Останні застосовують у тих випадках, коли потрібно забезпечити чітке розташування тіла розжарення лампи відносно сполученої з патроном частини цоколя.

Колба лампи розжарювання у вигляді скляного балона, який призначений для ізолювання тіла розжарення від впливу зовнішнього середовища. Форма колби ламп розжарювання може бути різною. Крім прозорих колб, освітлювальні лампи розжарювання можуть мати колби з матованого, опалового чи «молочного» скла. Такі колби мають значно більший коефіцієнт поглинання порівняно з прозорими, але дають можливість позбутися сліпучої яскравості тіла розжарення. Якщо потрібно одержати від лампи спрямований світловий потік, частину внутрішньої поверхні колби покривають дзеркальним шаром із срібла чи алюмінію. Дзеркальні освітлювальні лампи розжарювання можуть виконувати одночасно фу-

нкції джерела оптичного випромінювання й освітлювальної арматури.

Нагрівання тіла розжарення супроводжується розпиленням його речовини. Інтенсивність процесу розпилення різко зростає з підвищенням температури нагрівання тіла розжарення, що, у свою чергу, призводить до різкого зниження терміну служби лампи розжарювання.

Як впливає з основних законів теплового випромінювання, найважливіші показники роботи ламп розжарювання (спектральний склад випромінювання, значення потоку випромінювання, коефіцієнт корисної дії та інші) за інших рівних умов залежать тільки від температури нагрівання випромінювального тіла. Однак, домогтися підвищення ефективності ламп розжарювання тільки шляхом підвищення температури тіла розжарення не просто, тому що нагрівання тіла розжарення супроводжується розпиленням речовини. Для зменшення інтенсивності розпилення колба ламп після звільнення від повітря наповнюється сумішшю інертних газів (86% Ar+14% N<sub>2</sub>, чи криптон і ксенон у суміші з азотом) за тиску в холодному стані близько 800 кПа. Азот запобігає виникненню внутрішніх коротких замикань через газове середовище. Інертний газ зменшує швидкість розпилення тіла розжарення за рівних умов ніж у вакуумі. Це дозволяє підвищити температуру нагрівання тіла розжарення (тобто світлову віддачу), не знижуючи терміну служби лампи. У потужних газоповних лампах розжарювання температура нитки досягає 3000 °K, світлова віддача при цьому становить до 20 лм.Вт<sup>-1</sup>, термін служби – 1000 год.

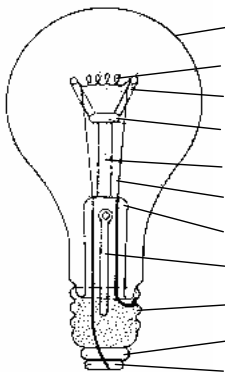
У сучасних лампах загального призначення з метою підвищення ефективності роботи використані тіла розжарення у вигляді біспіралі (рис. 2.3).

Максимальне значення ділянки видимого випромінювання для ідеального випромінювача – абсолютно чорного тіла, за температури 6500 °K, коефіцієнта корисної дії становить 14,5 % від загального спектра випромінювання. Величина світлового коефіцієнта корисної дії – 14,5 % є теоретично можливою межею теплових джерел світла.

У реальних лампах розжарювання з вольфрамовою ниткою світловий коефіцієнт корисної дії знаходиться у межах до 4 % і підвищити його практично неможливо, тому що температура плавлення вольфраму становить 3653 K.

Існує низка комбінованих напрямів підвищення коефіцієнта корисної дії ламп. Найбільш перспективний із них – розробка лампи з інтерференційним фільтром інфрачервоного випромінювання. Цей фільтр утворюється декількома прошарками штучної

плівки на внутрішній поверхні колби, які відбивають інфрачервоне випромінювання всередину на спіраль (підвищуючи її температуру) та пропускають видиме випромінювання.



**Рис. 2.3. Будова лампи розжарювання:**

- 1 – колба; 2 – тіло (спіраль) розжарювання; 3 – молибденові тримачі;  
5 – штапик; 6 – струмопідводи; 7 – державка; 8 – вакуумувальна трубка;  
9 – цоколь (контакт); 10 – ізолятор; 11 – центральний контакт

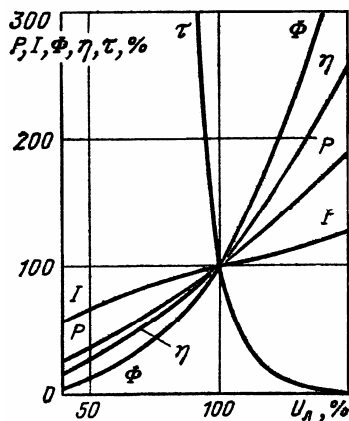
Проводяться дослідження з нанесення на поверхню колби «антистоксового» люмінофору. Цей люмінофор має перетворювати ближнє інфрачервоне випромінювання у видиме за рахунок градієнта температури колби.

Третій напрям полягає в пошуку більш тугоплавкого провідникового матеріалу ніж вольфрам для нитки розжарення. До таких матеріалів належать карбіди деяких металів.

Лампи розжарювання відрізняються між собою електричними, світлотехнічними і експлуатаційними характеристиками (рис. 2.4).

До **електричних характеристик** належать номінальна напруга мережі живлення, номінальна електрична потужність. Основною **світлотехнічною характеристикою** ламп розжарювання є світловий потік. У процесі експлуатації лампи світловий потік через розпилювання тіла розжарювання, зниження його робочої температури і прозорості колби зменшується. Для ламп, що пропрацювали 75% номінального строку служби допускається зменшення світлового потоку до 72...85% залежно від типу лампи, потужності і категорії виготовлення. **Експлуатаційними характеристиками**, що визначають економічні показники роботи є світлова віддача і номінальний строк служби.





**Рис. 2.4. Залежність світлотехнічних, електричних і експлуатаційних характеристик ламп розжарювання загального призначення від зміни напруги мережі живлення:**  
 $\Phi$  – світловий потік;  $\eta$  – світлова віддача;  $I$  – струм;  $R$  – опір;  
 $\tau$  – строк служби

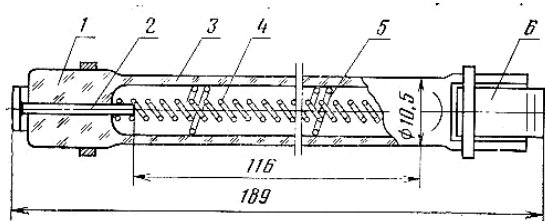
Позначення ламп розжарювання загального призначення складається з літери та цифр: В – вакуумна, Г – газоповна (аргон 86% і азот 14%); Б – біспіральна і БК – біспіральна з криптоновим (криптон 86% і азот 14%) наповнювачем, МТ – з матованою колбою, МЛ в колбі молочного кольору, О – з опаловою колбою. Після літерного позначення ставляться цифри, які показують діапазон напруги живлення у вольтах та, через дефіс, – номінальну потужність лампи у ватах, потім – порядковий номер розробки.

Приклад умовного позначення ламп розжарювання: Г 220-230 – 100 – лампа розжарювання газонаповнена на діапазон напруг 220-230 В номінальною потужністю 100 Вт за розрахункової напруги живлення 225 В.

До **переваг** ламп розжарювання можна віднести простоту будови, низьку вартість, надійність роботи в різних умовах навколишнього середовища та простоту в експлуатації.

**Недоліки** ламп розжарювання: низька світлова віддача (до  $20 \text{ лм} \cdot \text{Вт}^{-1}$ ), невеликий строк служби.

**Галогенні лампи** розжарювання – це кварцова трубка, заповнена аргоном і дозованою кількістю йоду (рис. 2.5).



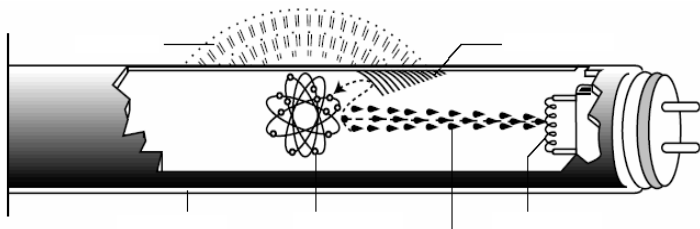
**Рис. 2.5. Будо́ва кварцово́ї галоге́нної ла́мпи розжа́рювання КГ 220-1000:**

- 1 – плоскоштамповані торці колби ла́мпи; 2 – моли́бденові електроди;
- 3 – кварцо́ва ко́лба; 4 – моноспіра́льне ті́ло розжа́рювання;
- 5 – моли́бденові т́римачі; 6 – контаќтні по́верхні стру́мопідво́дів

Ті́ло розжа́рювання, вико́нане у ви́гляді моноспіра́лі з особли́во чи́стого во́льфраму, змонтоване вздо́вж о́сі тру́бки на моли́бденових т́римачах. Вви́д в ла́мпу вико́наний моли́бденовими електродо́ми, впая́ними в то́рці кварцо́вої тру́бки. У мере́жу ла́мпу вми́кають контаќтними пло́щинами електроді́в. Галоге́нні ла́мпи ма́ють більшу сві́тлову ви́дачу за раху́нок ви́щої те́мператури нагрі́вання спіра́лі. При цьо́му стро́к служби ла́мпи та́кий са́мий, як і в зви́чайних ла́мп за раху́нок відно́влюван́ня випаро́вувано́го во́льфраму на спіра́лі.

**Газорозрядні ла́мпи.** робо́чим режи́мом газорозрядних ла́мп є дуго́вий розря́д. Ча́стина во́льт-амперно́ї ха́рактеристики, що відпо́відає цьо́му ви́ду розря́ду, є «спа́дною», стру́м має те́нденцію до шви́дкого зроста́ння і мо́же призвести́ до пошко́дження ла́мпи. Ця́ специ́фічна вла́стивість електри́чного розря́ду в га́зі або ви́парах ме́талу надзвичайно́ ва́жлива. Вона́ зму́шує вми́кати послі́довно́ з ла́мпю о́пір (бала́стний пристро́й) для обме́ження розря́дного стру́му, що запобі́гає пошко́дженню ла́мпи.

**Люмінесце́нтні ла́мпи.** У сучасних газорозрядних ла́мпах вико́ристову́ється електри́чний розря́д в атмо́сфері інерт́ного га́зу (найча́стіше а́ргону) і ви́парах ртуті́. Зале́жно від тиску́ ви́парів ртуті́ ла́мпи поді́ляють на: ла́мпи низько́го тиску́ ( $0,1 \dots 10^4$  Па); ла́мпи висо́кого тиску́ ( $10^4 \dots 10^6$  Па); ла́мпи надвисо́кого тиску́ (по́над  $10^6$  Па). Люмінесце́нтна ла́мпа низько́го тиску́ у ви́гляді до́вгої скляно́ї тру́бки, вну́трішня по́верхня яко́ї по́крита шаро́м люміно́фору і герме́тично за́крита впла́вленими в її то́рці скля́ними ні́жками. На ні́жках змонтовані во́льфрамові біспіра́лі, які по́криті шаро́м окси́ду для забезпе́чення ле́гкої емі́сії електроні́в із їх по́верхні. На кінцях ла́мпи змонтовані ко́роткі цоко́лі з поро́жнистими шти́рками. До шти́рків при́паяні виво́ди електроді́в (рис. 2.6).



**Рис. 2.6. Переріз люмінесцентної лампи**

З колби відкачане повітря і введений інертний газ (аргон, криптон, ксенон) з дозованим вмістом ртуті (30...80 мг). Призначення аргону полягає в зменшенні розпилювання покриття електродів і полегшення запалювання розряду, так як суміш інертного газу з випарами ртуті є більш сприятливим середовищем для виникнення розряду, ніж аргон або пари ртуті окремо взяті. Під час розряду збуджуються і випромінюють тільки атоми ртуті. Перетворення електричної енергії у видиме випромінювання в колбі лампи можна розділити на два етапи: перетворення електричної енергії, в процесі електричного розряду у випарах ртуті, в енергію переважно ультрафіолетового випромінювання (до 80%); перетворення в шарі люмінофору ультрафіолетового випромінювання у видиме.

Залежно від складу люмінофору і режиму роботи лампи можна створити різні спектри випромінювання (вольфрамат магнію випромінює синьо-біле світло, силікат кадмію – рожеве).

Наша промисловість випускає трубчасті люмінесцентні лампи низького тиску потужністю 15, 18, 20, 30, 36, 40, 58, 65 і 80 Вт.

Позначення типу ламп складається з літер і цифр, наприклад, ЛТБ-80. Буквами позначаються: Л – люмінесцентна, Д – денна, Б – біла, ХБ – холодно-біла, ТБ – тепло-біла, Ц – поліпшена кольоропередача, Е – природна, БЕ – біла природна, Р – рефлекторна. Цифри біля літер вказують на номінальну потужність лампи у Вт. Середній строк горіння лампи 12000...15000 год, а світлова віддача близько  $75 \text{ лм} \cdot \text{Вт}^{-1}$ .

Переваги люмінесцентних ламп порівняно з лампами розжарювання: в 4...6 разів більша світлова віддача; значно більший строк служби (в 10...15 разів).

Останнім часом широкого впровадження набувають так звані «енергозберігальні» люмінесцентні лампи. За конструкцією – це люмінесцентні газорозрядні лампи низького тиску малої потужно-

сті 9...20 Вт, які вмонтовані конструктивно в патрон лампи розжарювання і призначені для їх заміни. В нижній частині цоколя лампи вмонтовано електронний пускорегулювальний пристрій для її запалювання і стабілізації роботи.

В Україні низка підприємств електронної промисловості (Вінниця, Полтава, Київ) освоїли випуск компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) і електронних баластів для них.

Технічні характеристики КЛЛ, що випускаються Вінницьким радіотехнічним заводом, наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

**Порівняльні характеристики ламп типу КЛБ/ТБЦ  
і лампи розжарювання Б220-230**

Тип лампи	Потужність, Вт	Номінальний світловий потік, лм	Середня тривалість роботи, год	Витрати електроенергії, кВт·год	Економія електроенергії лампи КЛБ/ТБЦ за 6000 год, кВт·год
КЛБ7/ТБЦ	7	400	6000	60	180
Б220-230-40	40	415	1000	240	
КЛБ9/ТБЦ	9	600	6000	70	290
Б220-230-60	60	715	1000	360	
КЛБ11/ТБЦ	11	900	6000	80	370
Б220-230-75	75	950	1000	450	
КЛБ13/ТБЦ	13	600	6000	80	280
Б220-230-60	60	715	1000	360	

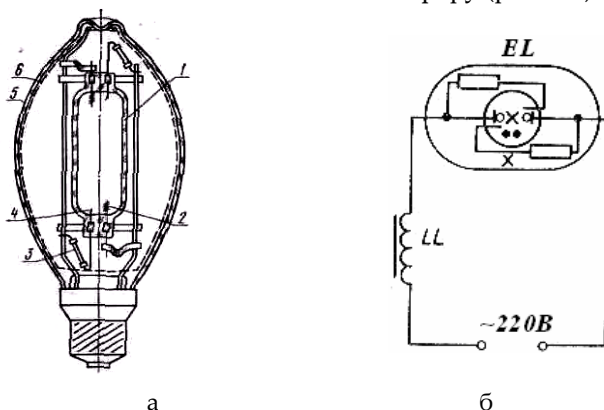
Люмінесцентні лампи загального призначення розраховані для роботи за нерухомого повітря, температура якого перебуває в межах від +15 до +40° С.

Сучасний розвиток напівпровідникової техніки, дозволив розробити і розпочати промисловий випуск різноманітних напівпровідникових баластів, в яких запалювальний імпульс напруги та стабілізація струму дугового розряду люмінесцентної лампи здійснюється за допомогою напівпровідникових приладів. Основними перевагами таких баластів є можливість значного зниження втрат потужності та економія металів (міді, заліза).

Важливим заходом підвищення надійності роботи люмінесцентних ламп та зменшення пульсацій світлового потоку є живлення їх струмом підвищеної частоти. Чим вище частота, тим мен-

ший проміжок часу триває процес перезапалювання розряду в лампі, електроди не встигають охолонути, а розрядний проміжок деіонізуватися, що за достатньо великої частоти робить процес перезапалювання практично миттєвим.

**Дугові ртутні лампи високого тиску (ДРЛ).** Лампа складається з пальника у вигляді трубки з кварцового скла, на торцях якої вмонтовано основні і додаткові вольфрамові електроди. Додаткові електроди під'єднані через струмообмежувальні резистори до основних електродів на протилежному торці пальника. Порожнина пальника заповнена аргеном і дозованою кількістю ртуті. Зовнішня колба виконана з термостійкого скла і з середини покрита шаром люмінофору. Порожнина зовнішньої колби заповнена вуглекислим газом для стабілізації властивостей люмінофору (рис. 2.7).



**Рис. 2.7. Дугова ртутна лампа високого тиску:**

а - будова лампи: 1 - внутрішня кварцова колба; 2 - основні вольфрамові електроди; 3 - струмообмежувальні резистори; 4 - додаткові електроди; 5 - зовнішня колба; 6 - прошарок люмінофору; б - схема вмикання лампи

Під час подавання напруги на лампу між близько розміщеними основними і додатковими електродними виникає розряд, підвищується температура в пальнику, що призводить до випаровування ртуті та поступового зменшення електричного опору між основними електродними і запалювання розряду. Під час запалювання лампи розряд між основними і додатковими електродними припиняється (тому, що опір цієї розрядної мережі стає більший ніж між основними електродними за рахунок струмообмежувальних резисторів 3). Баластний пристрій у вигляді індуктивного дроселя обмежує робочий струм розряду в пальнику і стабілізує його за

можливих відхилень напруги в мережі. Люмінофорне покриття захисної колби лампи перетворює ультрафіолетове випромінювання випарів ртуті у пальнику у видиме (рис. 2.8).

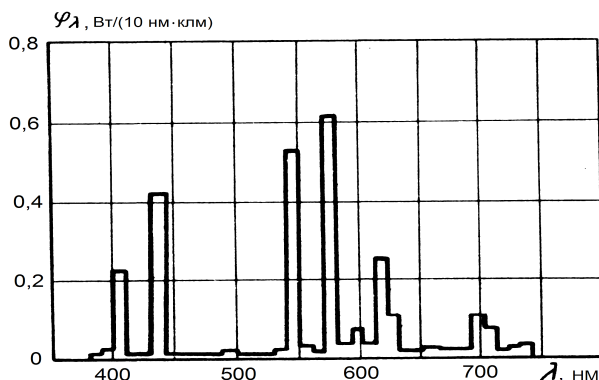


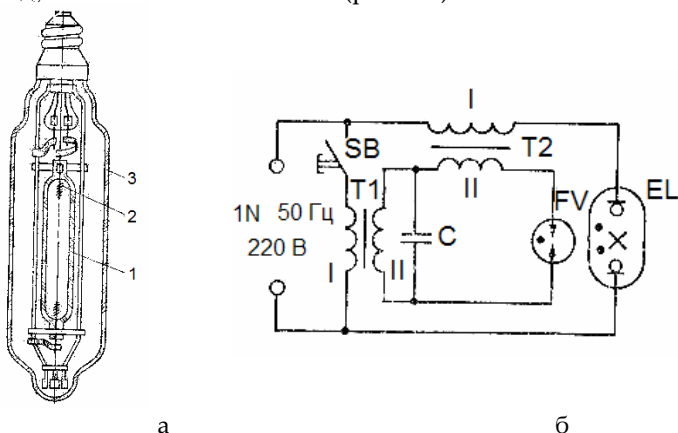
Рис. 2.8. Спектр випромінювання лампи ДРЛ

У момент запалювання струм лампи в 2,0...2,6 разів перевищує номінальний, але в міру розігрівання пальника він поступово зменшується (ртуть поступово випаровується і опір розрядного проміжку зменшується), напруга на лампі, потужність та її потік випромінювання зростають. Розжарювання лампи триває 5...10 хв. Повторне запалювання лампи можливе через 10...15 хв. після її згасання і охолодження пальника. Світлова віддача ламп ДРЛ становить 40...50 лм·Вт<sup>-1</sup>, що вдвічі більше світлової віддачі ламп розжарювання сумірної потужності. Строк служби ламп – 12000...15000 годин. Лампи ДРЛ нормально працюють за температур навколишнього середовища від – 40 до + 80° С. Промисловість випускає такі типи ламп ДРЛ: ДРЛ 80 –1(У<sup>а</sup>-115 В), ДРЛ 125-1 (У<sup>а</sup>-125 В), ДРЛ 250-1 (У<sup>а</sup>-130 В), ДРЛ 400-1 (У<sup>а</sup>-135 В), ДРЛ 700-1 (У<sup>а</sup>-140 В), ДРЛ 1000-1 (У<sup>а</sup>-145 В), ДРЛ 2000 (У<sup>а</sup>-270 В).

Різновидністю ламп ДРЛ є лампи ДРВЛ (дугові ртутно-вольфрамові люмінесцентні). У порожнину колби цих ламп вмонтовано баластний пристрій у вигляді вольфрамової спіралі, ввімкненої послідовно з газорозрядним проміжком пальника. Вольфрамова спіраль, обмежуючи струм дугового розряду, служить додатковим джерелом випромінювання довгохвильової частини видимого спектра. Порівняно з лампами ДРЛ вони мають більш сприятливий для природного передавання кольору склад випромінювання, не потребують для роботи металомісткого обмежувального баласту. Лампи

ДРВЛ вмикаються в мережу безпосередньо (без дроселя). Головний їх недолік – малий строк служби, який становить 1200 годин.

**Дугові металогаалогенні лампи ДРІ (дугова ртутна з йодидами металів).** До складу лампи входить пальник із кварцового скла з розміщеними в його торцях вольфрамовими електродами. Порожнина пальника заповнена аргоном, дозованими порціями ртуті та йодидів рідкоземельних металів (натрію, талію та індію). Ці йодиди доповнюють спектр випромінювання ртуті відповідно в жовтій частині спектра – йодид натрію, в зеленій – йодид талію і в синій – йодид індію, що значно збільшує світлову віддачу та істотно поліпшує кольоропередачу. Пальник розміщений в зовнішній прозорій термостійкій вакуумованій колбі, що забезпечує необхідний температурний режим пальника і можливість електричного пробую між струмоведучими частинами лампи (рис. 2.9).



**Рис. 2.9. Дугова металогаалогенна лампа ДРІ:**

а - переріз лампи: 1 – внутрішня кварцова колба (пальник); 2 – електроди; 3 – зовнішня колба; б – схема вмикання лампи

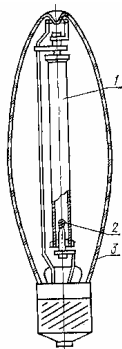
До схеми вмикання лампи ДРІ (рис. 2.9) входить трансформатор Т2, вторинна обмотка якого виконує роль баластного опору, стабілізуючого розряд між електродами. Первинна обмотка трансформатора Т2 є частиною високовольтного запалювального пристрою, до складу якого входять, крім того, трансформатор Т1, конденсатор С і розрядник FV.

Напруги мережі, прикладеної до електродів лампи, недостатньо для виникнення розряду між ними. У разі вмикання кнопкою SB первинної обмотки трансформатора Т1 конденсатор С впродовж півперіоду напруги мережі заряджається від вторинної об-

мотки трансформатора Т1 до напруги пробивання розрядника FV.

У момент пробію розрядника первинною обмоткою трансформатора Т2 протікає імпульс струму розряду конденсатора, а у вторинній обмотці трансформатора Т2 виникає імпульс напруги з амплітудою до 2...3 кВ, який є достатнім для запалювання розряду дуги в пальнику лампи. В наступний півперіод напруги мережі процес повторюється. Світлова віддача ламп ДРІ досягає 95 лм·Вт – 1, що ставить ці лампи в ряд найбільш ефективних джерел світла. Строк служби залежить від потужності ламп і становить 1000...6000 годин. Для запалення лампи використовується запалювальний пристрій, який видає імпульс напруги з амплітудою 2...3 кВ і забезпечує надійне вмикання лампи за температури навколишнього середовища до – 40°С. Тривалість розжарювання лампи 2...4 хв. Повторне запалювання після її погасання можливе не раніше 5...10 хв залежно від умов охолодження. Промисловість випускає такі лампи ДРІ: ДРІ 250 (U= 220 В), ДРІ 400 (U= 220 В), ДРІ 700 (U= 220 В), ДРІ 1000 (U= 220 В), ДРІ 2000-2 (U= 380 В).

**Натрієві лампи високого тиску (ДНаТ).** Лампи ДНаТ мають прозору колбу з термостійкого скла, в середині якої вміщено розрядну трубку з полікристалічного окису алюмінію, яка добре пропускає світло і стійка до хімічного впливу випарів натрію (рис. 2.10).



**Рис. 2.10. Лампа ДНаТ:**

- 1 – внутрішня керамічна розрядна трубка; 2 – вольфрамовий електрод;  
3 – зовнішня колба

Крім випарів натрію розрядна трубка заповнена ксеноном і випарами ртуті. Із зовнішньої колби відкачане повітря, що підвищує теплоізоляцію розрядної трубки. Лампи ДНаТ мають високу світлову віддачу 130 лм·Вт<sup>-1</sup>, але низьку кольоропередачу (в їх спек-



трі переважає жовтий колір). Тому використовуються ці лампи для освітлення великих площ, вулиць, автострад тощо. Для роботи лампи необхідний дросель і запалювальний пристрій у вигляді генератора імпульсів з частотою 500 Гц і амплітудою напруги в декілька кВ (залежно від потужності лампи). Строк служби ламп близько 10000 год.

Промисловість випускає лампи ДНаТ-250 ( $U=220$  В) з світловим потоком 25 клм і ДНаТ-400 ( $U=220$  В) з світловим потоком 47 клм та інші.

**Запалювальні пристрої для газорозрядних ламп високого тиску.** Газорозрядні лампи ДРІ і ДНаТ потребують для свого запалювання високих імпульсів напруги. До складу запалювальних пристроїв для ламп високого тиску входять імпульсні генератори, які автоматично вимикаються після запалювання лампи. За способом підключення імпульсного генератора до лампи розрізняють схеми паралельного і послідовного запалювання. Крім того, імпульсні запалювальні пристрої (ІЗП) можна розділити на чотири групи за способом генерації імпульсної напруги:

а) переривальні, які забезпечують генерацію імпульсів високої напруги за рахунок енергії, що запаслась в індуктивності дроселя на момент переривання пускового струму. Робота цих пристроїв принципово не відрізняється від роботи стартерних схем;

б) резонансні, в яких імпульсна напруга виникає за рахунок розряду в резонансному контурі, створеному баластним дроселем і додатковим конденсатором;

в) конденсаторні, в яких енергія, необхідна для формування імпульсу, накопичується в спеціальному накопичувальному конденсаторі, а потім конденсатор розряджається на первинну обмотку імпульсного трансформатора, створюючи на вторинній обмотці імпульс, амплітуда якого визначається коефіцієнтом трансформації цього трансформатора;

г) комбіновані, в яких одночасно використовуються декілька способів генерації.

Основними комутувальними елементами всіх пристроїв є напівпровідникові прилади, які керують напругою, створюваною на елементах схеми.

**Газорозрядні джерела ультрафіолетового випромінювання низького тиску.** За зовнішнім виглядом та принципом дії ці джерела подібні до люмінесцентних освітлювальних ламп і відрізняються від них лише типом скла та складом люмінофора.

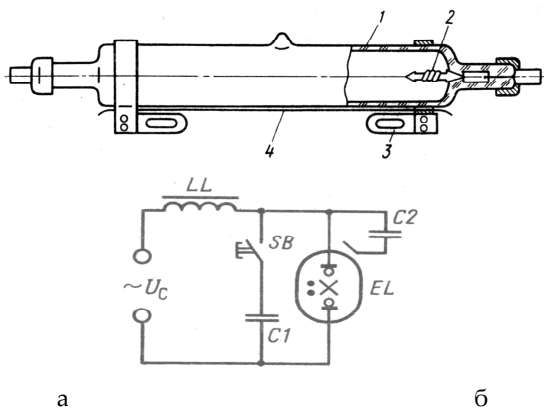
Для одержання ультрафіолетового випромінювання в зоні С (250-280 нм), яке згубно діє на віруси і мікроорганізми, промисловість випускає лампи типу ДБ потужністю 15, 30 і 60 Вт. Колби цих

ламп виготовляють з увіюлового скла, яке добре пропускає ультрафіолетові промені. Колба прозора, без люмінофора.

Для одержання ультрафіолетового випромінювання в зоні В (280-310 нм), яке використовуються для опромінення тварин і птиці, промисловість випускає лампи типу ЛЕ і ЛЕР потужністю 15, 30 і 40 Вт. Трубки цих ламп виготовлені з увіюлового скла, але зсередини трубка покривається тонким шаром люмінофора, виготовленого на основі фосфату кальцію, що поглинає короткохвильове ультрафіолетове випромінювання – С.

Умовні позначення ламп: ЛЕ – люмінесцентна еритемна, ДБ – дугова бактерицидна, Р – рефлекторна.

**Газорозрядні джерела ультрафіолетового випромінювання високого тиску.** Потужним джерелом ультрафіолетового випромінювання є лампи високого тиску типу ДРТ (дугова ртутна трубчаста) (рис. 2.11).



**Рис. 2.11. Дугова ртутна трубчаста лампа високого тиску ДРТ:**

а – будова лампи ДРТ: 1 – кварцова трубчаста колба; 2 – вольфрамовий електрод; 3 – утримувачі лампи; 4 – стрічка із мідної фольги (для полегшення запалювання лампи); б – схема вмикання лампи

Лампа складається з прямої трубки з кварцового скла, що добре пропускає ультрафіолетове випромінювання. Трубка заповнена інертним газом аргоном під високим тиском і дозованою кількістю ртуті. З обох кінців трубки приварені вольфрамові активовані електроди. Кріплять лампу за допомогою тримачів. Із зовнішнього боку трубки кріпиться металева смужка, яка полегшує запалювання лампи. Лампа вмикається в мережу послідовно з дроселем, призначеним для обмеження струму і стабілізації розряду в лампі. Промисловість випускає лампи ДРТ потужністю 230, 400 і 1000 Вт.

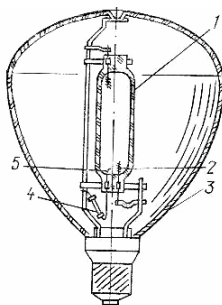
**Газорозрядні джерела випромінювання, що використовуються в рослинництві.** Найбільш енергоємним процесом, що протікає в рослинництві під дією оптичного випромінювання, є процес фотосинтезу. Для росту і активного плодоношення рослин необхідні дуже високі рівні опроміненості, які в штучних умовах можуть бути забезпечені лише за допомогою електричних джерел випромінювання. У спорудах захищеного ґрунту необхідно використовувати найбільш економічні джерела випромінювання з високою фітовіддачею. До ламп, що застосовуються в рослинництві, висувуються такі вимоги.

- ▶ Висока фітовіддача.
- ▶ Відсутність у потоці випромінювання ламп короткохвильового ультрафіолетового випромінювання, що пригнічує рослини.
- ▶ Рівномірність розподілу випромінювання в просторі для створення разом з арматурою або без неї необхідних рівнів опроміненості на поверхні опромінення.
- ▶ Надійність запалювання та безвідмовність роботи в умовах високих температур і вологості повітря. Колби ламп не мають руйнуватися у разі потрапляння на них крапель води.
- ▶ Прийнятна вартість джерел випромінювання.
- ▶ Зручність і безпечність експлуатації ламп.

Висока ефективність фотосинтезних ламп зумовлена спектральним складом їх випромінювання, узгодженим із спектральною чутливістю приймача – «опосередкованого листка» зеленої рослини.

Промисловість випускає лампи низького тиску типу ЛФ 40-1 і ЛФ 40-2. Необхідний спектральний склад випромінювання ламп ЛФ зумовлений підбором компонентів люмінофора. Інших конструктивних відмінностей від люмінесцентних освітлювальних ламп низького тиску фотосинтезні лампи не мають. Незважаючи на достатньо високу ефективність лампи низького тиску не знаходять широкого застосування у виробництві в зв'язку з їх малою одиничною потужністю, що створює значні труднощі в монтажі над поверхнею опромінення великої кількості ламп і пускорегулювальної апаратури до них.

Вказаного недоліку позбавлені лампи високого тиску типів ДРЛФ 400-1, ДРВ 750, ДРФ 1000. Вони конструктивно схожі на лампи ДРЛ відповідної потужності. Відрізняються тим, що на внутрішню поверхню колби нанесено інший склад люмінофора і наявністю під люмінофором відбивального покриття із напиленого алюмінію, що забезпечує необхідний перерозподіл потоку випромінювання ламп у заданому напрямі. Протилежна цоколю частина колби лампи прозора (рис. 2.12).



**Рис. 2.12. Переріз лампи ДРЛФ:**

1 – внутрішня кварцова колба (пальник); 2 – основні електроди; 3 – зовнішня захисна колба; 4 – обмежувальний резистор; 5 – додатковий запалювальний електрод

Для опромінення рослин використовуються також металогалогенні лампи типів ДРІ 1000-6, ДРІ 2000-6, ДРІ 400-5, ДРОТ 2000, ДМЗ-3000, ДМЗ-6000.

## **2.7. Види і системи освітлення**

Штучне освітлення виробничих приміщень поділяється на такі види: робоче (технологічне), чергове і аварійне .

**Робоче освітлення** призначене для створення достатньої освітленості робочих місць, за якої забезпечується оптимальне виконання технологічних процесів.

**Чергове освітлення** використовується для забезпечення мінімальних умов догляду за тваринами або птицею в нічний час.

**Аварійне освітлення** призначене для забезпечення мінімальних зорових умов евакуації персоналу і тварин у критичних ситуаціях.

За галузевими нормативами, світильники для чергового освітлення виділяються з-поміж світильників загального освітлення в кількості 10% в приміщеннях, де утримують тварин, та 15% – у полових відділеннях. Їх рівномірно розміщують над проходами приміщення .

Визначають системи загального, місцевого і комбінованого освітлення .

Штучне освітлення виконується системою загального освітлення або системою комбінованого, коли до загального освітлення додається місцеве.

Загальне освітлення розділяється на загальне рівномірне і загальне локалізоване (виконується з врахуванням розміщення обладнання).

Місцеве освітлення обладнують на окремих робочих місцях, машинах, щитах і пультах керування.

### **2.7.1. Вибір типу джерел світла і світильників**

Правильний вибір типу джерела світла і світильника для кожного окремого випадку значною мірою визначає технічну і економічну ефективність освітлювальної установки, що проектується. Здійснюючи вибір між лампами розжарювання і газорозрядними лампами, необхідно враховувати наступне.

Для компенсації ефекту сутінок норми освітленості при використанні газорозрядних ламп вищі ніж для ламп розжарювання. Тому в приміщеннях з невисокою нормованою освітленістю в енергетичному відношенні освітлювальні установки з газорозрядними лампами можуть не мати переваг перед установками з лампами розжарювання.

Капітальні витрати на освітлювальні установки з газорозрядними лампами в декілька разів перевищують відповідні витрати в разі використання ламп розжарювання, але мають значно більший строк експлуатації.

Люмінесцентні лампи доцільно використовувати у випадках їх розміщення: в приміщеннях, де виконуються роботи, що потребують розпізнавання кольорових відтінків; у приміщеннях, де виконуються роботи, пов'язані з великою і тривалою зоровою напругою; у приміщеннях без природного світла, якщо в них довго знаходяться люди; у тваринницьких приміщеннях, якщо це забезпечує благодійний вплив на стан тварин і птиці та збільшує їх продуктивність.

Лампи високого тиску типу ДРЛ і ДНАТ доцільно застосовувати для освітлення високих виробничих приміщень та відкритих просторів, вуличного освітлення тощо.

Від вибору типу світильника під час проектування освітлювальної установки залежить надійність, довговічність, ефективність і економічність освітлювальної установки.

Під час вибору типу світильника слід враховувати наступне: умови навколишнього середовища (наявність пилу, вологи, пожежонебезпечність); вимоги до характеру світлорозподілу; економічну доцільність.

### **2.7.2. Розміщення світильників у приміщенні**

Під час проектування електроосвітлення необхідно враховувати такі вимоги.

Забезпечення найсприятливіших умов роботи, мінімізація

протяжності проводок і зручність монтажу та безпечність у процесі експлуатації.

Під час розміщення світильників враховують архітектурні особливості приміщення, розміщення вікон, будівельних конструкцій, технологічного обладнання тощо. Світильники з точковими джерелами світла розміщують у вершинах умовних квадратів або прямокутників чи у шаховому порядку. Світильники з люмінесцентними лампами рекомендується встановлювати суцільними або переривчастими рядами.

Розрахункову висоту підвішування світильників визначають за формулою:

$$H_p = H - (h_z - h_p), \quad (2.7)$$

де  $H$  – висота приміщення, м;  $h_z$  – висота звисання світильника (залежить від конструкції світильника),  $h_z = 0,2 \dots 0,8$  м; (для високих приміщень зерноочисних агрегатів, майстерень можна брати і більші значення);  $h_p$  – рівень робочої поверхні від підлоги.

Відстань між сусідніми світильниками або рядами світильників визначають за формулою:

$$L = \lambda \cdot H_p, \quad (2.8)$$

де  $\lambda$  – найвигідніша відносна відстань між світильниками, яка залежить від кривої сили світла світильника (ГОСТ 17677-82);  $\lambda$  приймаємо за умовою  $\lambda_c \leq \lambda \leq \lambda_e$ , де  $\lambda_c$  і  $\lambda_e$  – відповідно світлотехнічна та економічно найвигідніша відносні відстані між світильниками (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

**Рекомендовані значення  $\lambda$  для світильників з типовими кривими сили світла (ГОСТ 17677-82)**

Типова крива	$\lambda_c$	$\lambda_e$
Концентрована (К)	0,4...0,7	0,6...0,9
Глибока (Г)	0,8...1,2	1,0...1,4
Косинусна (Д)	1,2...1,6	1,6...2,1
Рівномірна (М)	1,8...2,6	2,6...3,4
Напівширока (Л)	1,4...2,0	1,8...2,3

Примітка. Для приміщень, в яких біля стін розміщені робочі місця, відстань від крайніх світильників до стін приймають  $L_c = (0,25 \dots 0,3) L$ , а для приміщень, в яких біля стін робочих місць немає,  $L_c = (0,4 \dots 0,50) L$ .

### 2.7.3. Методи розрахунку освітлення

Найбільш поширеними в практиці методами розрахунку освітлення – це на основі коефіцієнта використання світлового потоку, точковий, лінійних ізолюксів, питомої потужності та метод прямих нормативів.

Метод коефіцієнта використання світлового потоку застосовують під час розрахунку загального рівномірного освітлення закритих приміщень за відсутності істотних затінювачів.

Точковий метод застосовують під час розрахунку загального рівномірного і локалізованого освітлення, місцевого освітлення, освітлення вертикальних і похилих площин, зовнішнього освітлення, а також для перевірки освітленості в окремих точках робочої поверхні.

Метод лінійних ізолюксів застосовують у тому випадку, коли довжина світильника перевищує половину розрахункової висоти його установки, тобто:

$$l_c \geq 0,5 \cdot H_p. \quad (2.9)$$

Метод питомої потужності та за прямими нормативами застосовують під час розрахунків освітлення допоміжних і підсобних приміщень.

**Метод коефіцієнта використання світлового потоку.** Цей метод доцільно застосовувати під час розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь з урахуванням відбиття світлових потоків від стін і стелі.

Відомо, що світловий потік, який досягнув освітлюваної поверхні, значно менший сумарного потоку ламп освітлювальної установки за рахунок різного виду втрат. Суть методу коефіцієнта використання світлового потоку полягає в тому, що за відомої кількості і типу світильників, рівномірно розміщених в приміщенні, яке характеризується відомими коефіцієнтами відбиття стін, стелі та робочої поверхні, визначають із відповідної таблиці коефіцієнт використання світлового потоку (світловий коефіцієнт корисної дії):

$$\eta = \frac{\Phi_{p.n.}}{\Phi_{d.ж.}}, \quad (2.10)$$

де  $\Phi_{p.n.}$  – світловий потік, що досягнув розрахункової поверхні, лм;  $\Phi_{d.ж.}$  – сумарний світловий потік від джерел світла освітлювальної установки, лм.

Кінцевою метою розрахунку є визначення потужності встановленої лампи в світильнику за формулою:

$$\Phi = \frac{E \cdot \kappa \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (2.11)$$

де  $\Phi$  – розрахунковий світловий потік лампи, лм;  $E$  – норма-

вана (мінімальна) освітленість робочої поверхні, лк;  $\kappa$  – коефіцієнт запасу;  $S$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;  $Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення (відношення середньої освітленості до мінімальної) – для світильників прямого світла приймається рівним 1,15;  $N$  – кількість світильників, шт;  $\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку, відносних одиниць.

Коефіцієнт використання світлового потоку визначається за індексом приміщення:

$$i = \frac{S}{H_p (A + B)}, \quad (2.12)$$

де  $i$  – індекс приміщення;  $A$  і  $B$  – довжина і ширина приміщення;  $S$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;  $H_p$  – розрахункова висота підвісу світильника, м.

## **2.8. Установки для опромінення рослин в умовах захищеного ґрунту**

В осінньо-зимовий період, коли рівень природної опроміненості в теплицях недостатній для нормального розвитку рослин, використовують спеціальні опромінювальні установки. Застосування додаткового опромінення в тепличному овочівництві дозволяє на 20...40% збільшити урожайність огірків, на 15...20% – томатів, на 50...70% – салату і зеленої цибулі, на 3...4 тижні пришвидшити дозрівання овочів, скоротити строки вирощування розсади (повноцінну розсаду томатів отримати за 40...50 діб замість 60, огірків за 20...25 діб замість 35...40). Штучне опромінення рослин у теплицях не може бути замінено яким-небудь іншим агротехнічним заходом. Тільки під дією оптичного випромінювання протікає реакція фотосинтезу, за якої енергія оптичного випромінювання в присутності молекул води і вуглекислого газу трансформується в хімічну енергію органічних з'єднань рослин з виділенням кисню.

Регуляторні системи рослин досліджені ще дуже мало, але вчені дослідили, що рівномірне опромінення рослин протягом дня не кращий режим.

У процесі фотосинтезу накопичення його продуктів є інгібітором цього процесу, коефіцієнт корисної дії фотосинтезу знижується не тільки за високого рівня опроміненості, а й з плином часу. Дослідження зазначають зниження фотосинтезу за незмінної опроміненості після 2...3 год роботи фотосинтезного апарату. Тому необхідне зниження опроміненості в цей період до 10% початкового і через 1...2 год рослина знову готова працювати на повну потужність. Щодо розсади тепличних культур можна дійти декількох корисних для практики висновків: в період сходів допустиме цілодо-

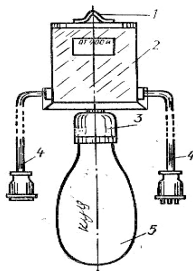


бове опромінення з метою максимального накопичення біопродуктів рослиною (7...9 днів); зміна опроміненості протягом дня, що дозволяє економити значну кількість електроенергії; у міру приближення моменту висаджування розсади на постійне місце режим опромінення слід наближати до режиму природнього дня.

В опромінювальних установках споруд захищеного ґрунту застосовують системи електрообладнання для імпульсного опромінення рослин з метою економії електроенергії. У цих установках використовують напівпровідникові прилади, за допомогою яких створюють режим чергування спалахів на фоні мінімальної базової освітленості.

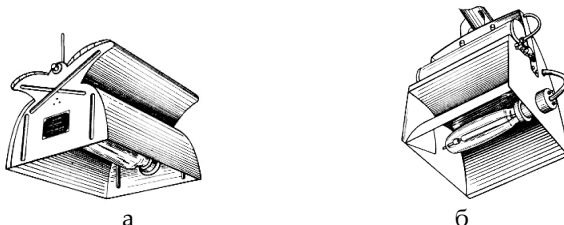
### 2.8.1. Типи опромінювачів і опромінювальних установок, їх характеристики

Опромінювальні установки (рис. 2.13, 2.14), що використовуються в тепличних господарствах за конструктивними ознаками поділяються на стаціонарні та рухомі. Як правило, в стаціонарних установках використовуються газорозрядні джерела випромінювання порівняно великої одиничної потужності. Такі установки потребують найменших витрат на їх обслуговування, що дає їм переваги порівняно із спеціальними газорозрядними лампами низького тиску.



**Рис. 2.13. Опромінювач ОТ 400:**

1 – вушко для підвішування; 2 – пускорегулювальний апарат; 3 – фарфоровий патрон; 4 – кабель; 5 – лампа ДРЛФ – 400



**Рис.2.14. Опромінювачі для теплиць:**

а – опромінювач ОГС «Фотос»; б – опромінювач ЖСП18-400

Характеристику ламп для опромінення рослин наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

### Характеристики ламп для опромінення рослин

Тип лампи	Світловий потік, кЛм	Фітопотік, мФіт	Тип лампи	Світловий потік, кЛм	Фітопотік, мФіт
ДРЛФ-400	16	27200	ДРВ-750	19,5	62000
ДРФ-1000	55	95000	ДРЛ-2000	120	182000
ДРИ-1000-6	90	140000	ДМЗ-30000	270	467000
ДРИ-2000-6	190	294000	ЛФ-40-1	1,88	4200
ДНаТ-400	47	62000	ЛФ-40-2	1,72	4450
ДРИ-400-5	35	60000	ЛБ-40	3,1	3740

Схему розміщення опромінювачів для опромінення рослин показано на рис. 2.15.

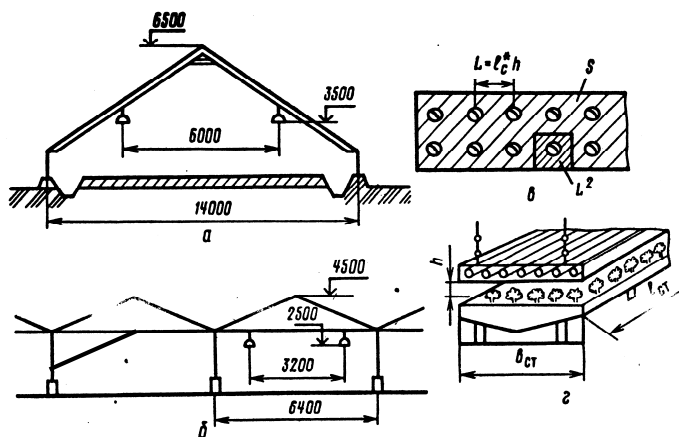


Рис. 2.15. Розміщення опромінювачів для опромінення рослин:

а і б – в ангарній і блочній теплицях; в – у плані теплиць;

г – над стелажем

Рухомі установки дають можливість за інших рівних умов не менше як вдвічі зменшити встановлену потужність для опромінення рослин на однаковій площі за тих самих витрат електроенергії. Конструкція таких установок дещо складніша від стаціонарних через те, що необхідний пристрій для переміщення опромінювальної установки з однієї ділянки на іншу.

### 2.8.2. Розрахунок опромінювальних установок з точковими джерелами випромінювання

Під час проектування опромінення рослин у теплицях слід вибрати тип опромінювача, потужність джерел випромінювання, визначити кількість опромінювачів, тривалість їх роботи та витрати електричної енергії за період вегетації рослин.

У практиці проектування опромінювальних установок часто користувалися простим, але дуже наближеним і незадовільним методом, в основу якого закладено нормативи питомої електричної потужності джерел випромінювання у ватах на квадратний метр опромінюваної поверхні.

Доцільніше розрахунок установок для опромінення рослин здійснювати за ефективною опроміненістю.

Повну потужність опромінювачів визначають за виразом:

$$P = \frac{SE_{\phi}}{H_{\phi}K_{\epsilon}1000}, \quad (2.13)$$

де  $S$  – площа опромінення,  $\text{м}^2$ ;  $E_{\phi}$  – необхідна опроміненість,  $\text{мфйт/м}^2$  (10000 – для розсади томатів, 8500 – для розсади огірків, 13700 – для плодів огірків, 16400 – для плодів томатів);  $K_{\epsilon}$  – коефіцієнт використання фітопотoku,  $K_{\epsilon} = 0,5 \dots 0,7$ ;  $H_{\phi}$  – фітовіддача ламп,  $\text{мфйт/Вт}$  (табл. 2.5):

$$H_{\phi} = \frac{\Phi_{\phi\lambda}}{P_{\lambda}}, \quad (2.14)$$

де  $\Phi_{\phi\lambda}$  – фітопотік лампи,  $\text{мфйт/Вт}$ .

Кількість опромінювачів визначають за формулою:

$$n = \frac{P}{P_{\text{опр}}}, \quad (2.15)$$

де  $P_{\text{опр}}$  – потужність опромінювача,  $\text{Вт}$ .

Для обчислення витрати електроенергії за період вегетації рослин необхідно знати тривалість роботи опромінювального обладнання:

$$T = T_n t_n + T_c t_c + T_{\partial p} t_{\partial p} + T_{np} t_{np}, \quad (2.16)$$

де  $T_n$ ,  $T_c$ ,  $T_{\partial p}$ ,  $T_{np}$  – відповідно тривалості проростання насіння, вирощування сіянців, розсади до розставлення і після розставлення (табл. 2.6);  $t_n$ ,  $t_c$ ,  $t_{\partial p}$ ,  $t_{np}$  – відповідно добові тривалості опромінення проростання насіння, вирощування сіянців, розсади до розставлення і після розставлення.

Таблиця 2.6

**Тривалість опромінення розсади**

Період вегетації	Огірки		Томати	
	t, год/добу	T, діб	t, год/добу	T, діб
Проростання	24	2...3	24	2...3
Сіяння	15 (8)	12...15	15 (8)	10...12
Розсада до розставлення	16 (8)	10...12	16 (8)	12...15
Розсада після розставлення	14 (7)	10...12	14 (7)	20...25

Примітка. У дужках показано тривалість в годинах за періодичного опромінювання.

Витрати електроенергії за період вегетації визначають за формулою:

$$W = P \cdot T. \quad (2.17)$$

Рекомендовані значення висоти підвісу опромінювачів над верхівками рослин: ОТ-400, ССП03-750 – 0,8...1,2 м; ОТ-1000, РСП05-2000, ЖСП18-400 – 1,6...2,2 м; ОГС01 «Фотос», ОТ-2000 – 1,8...2,4 м; для лінійних джерел – 0,05...0,25 м.

**2.8.3. Опромінювальні установки для тварин**

Для ультрафіолетового опромінювання тварин і птиці промисловість випускає стаціонарні світильники-опромінювачі типу ЕНП-1 з лампою ЛЕ-30; опромінювач ртутно-кварцовий ОРК-2 з лампою ДРТ-400, який застосовують для профілактичного та лікувального впливу на невелику групу тварин, а також для опромінювання інкубаційних яєць та молодняку птиці у перші дні після виведення; опромінювач еритемний для тварин ОЕЖ-1 з лампою ОЕ-30-1, який використовується в особистих підсобних господарствах.

Для дезінфекції повітря в сільськогосподарських приміщеннях, а також для запобігання мікробному зараженню сільськогосподарських харчових продуктів для тварин застосовують опромінювачі бактерицидні стельові та настінні ОБП і ОБН з лампою ДБ-30-1, світильник-опромінювач ББП01.

Для знезаражування води застосовуються установки ОВ-ЛКХ-1, ОВ-1П, ОВ-1П-РКС, ОВ-ЗП, ОВ-ЗП-РКС, ОВ-ПК-РКС, ОВУ-6П продуктивністю до 3000 м<sup>3</sup>·г<sup>-1</sup>, джерелом бактерицидного випромінювання у яких є лампи ДБ-30, ДБ-60 і ДРТ (400, 1000, 2500).

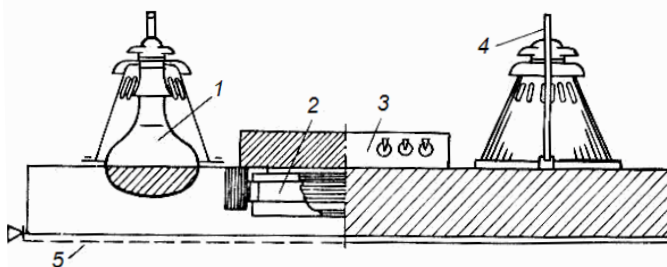
Найкращий вплив на організм тварин і птиці проявляється за одночасного ультрафіолетового та інфрачервоного опромінювання.

Опромінювачі УФІКІ призначені для створення інфрачервоного та ультрафіолетового опромінь і аероіонізації. Опроміню-

вачі входять до систем комплексного електрофізичного впливу на молодняк сільськогосподарських тварин. Опромінювачі випускаються у таких виконаннях: УФИКИ-1 з двома лінійними випромінювачами ЛИКИ-220-300 (лінійний інфрачервоний випромінювач), з двома аероіонізаторами і лампою ЛЭ-15 (ЛЭ-30). УФИКИ-2 має дві лампи ИКЗК-215-220-250, два аероіонізатори. Як джерело ультрафіолетового випромінювання використовують лампу ЛЭ-15 (ЛЭ-30). Інфрачервоні випромінювачі розміщені з боків опромінювача, поряд з ними іонізатори, між якими знаходиться ультрафіолетова лампа.

Система опромінювання тварин СОЖ-1 призначена для використання на тваринницьких фермах як джерела ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювань. Система складається із 60 опромінювачів і пульта керування. Система виконує такі функції: опромінення тварин вітальним потоком, обігрів молодняку інфрачервоним потоком, опромінювання місць утримання тварин бактерицидним потоком. Ці функції здійснюються за рахунок комбінації джерел випромінювання, що є в системі: лампа ДРТ2-100 – еритемне, лампа ДРТ-100 – бактерицидне і дві лампи ИКЗК-220-250 – інфрачервоне випромінювання.

Система автоматизованого управління електрофізичним процесом інфрачервоного обігріву і ультрафіолетового опромінення ИКУФ-1 (рис. 2.16), ИКУФ-2М і ИКУФ-3М призначена для місцевого обігріву порослят-сисунів у закритих приміщеннях, що опалюються, для ультрафіолетового опромінювання і аероіонізації повітря.



**Рис. 2.16. Опромінювач установки ИКУФ-1:**

1 – інфрачервона лампа; 2 – еритемна лампа; 3 – кожух пускорегулювального апарата з перемикачами; 5 – захисна решітка

Система має дві модифікації: ИКУФ-2М використовується для інфрачервоного обігріву та ультрафіолетового опромінення; ИКУФ-3М – для інфрачервоного обігріву, ультрафіолетового опромінення і аероіонізації. Система ИКУФ-2М складається із 42 опромінювачів

УФИКИ-1 та блоку керування, який забезпечує ручне і програмне керування електрофізичним процесом.

Комплекти обладнання Луч-А і Луч-2И призначені для локального опромінювання інфрачервоними і ультрафіолетовими випромінюваннями, а також для впливу іонізованим (Луч-2И) повітрям на курчат, каченят, гусенят, індичат у закритих приміщеннях. Комплект складається із 40 опромінювачів, регулятора напруги для живлення інфрачервоних ламп та блоку керування.

Опромінювач установки «Луч» має ущільнений монтаж арматури вітальних ламп, а патрони інфрачервоних ламп можна встановлювати під різними кутами до вертикалі для отримання необхідного розподілу інфрачервоного випромінювання (рис. 2.17).

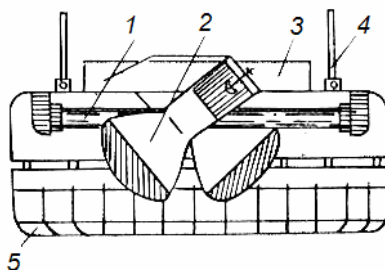


Рис. 2.17. Опромінювач установки «Луч»:

1 – еритемна лампа; 2 – інфрачервона лампа; 3 – кожух пускорегулювальної апаратури; 4 – підвіска; 5 – захисна решітка

Принципова електрична схема установки «Луч» забезпечує ручне і автоматичне керування (рис. 2.18).

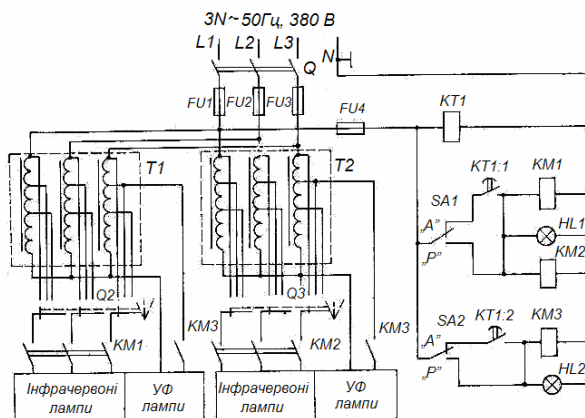


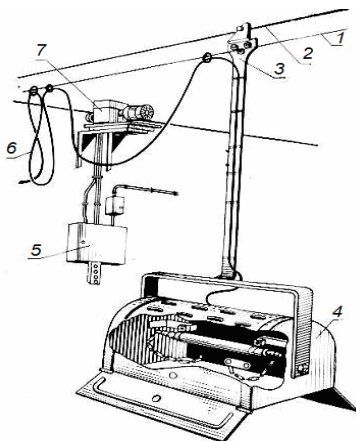
Рис. 2.18. Принципова електрична схема установки «Луч»

У разі ручного керування вмикають і вимикають інфрачервоні лампи перемикачем SA1, а необхідну напругу на лампах встановлюють перемикачами Q2 і Q3. У разі автоматичного керування перемикач SA1 встановлюють у положення «А». Після цього перемикачами Q2 і Q3 встановлюють необхідну напругу для інфрачервоних ламп. Тривалість періодів роботи і перерв регулює реле часу типу 2РВМ, яке має дві програми.

Ручне керування лампами ЛЕ-15 здійснюють перемикачем SA2. У разі автоматичного керування лампами ЛЕ-15 перемикач SA2 встановлюють у положення «А», а режим роботи забезпечує друга програма реле часу 2РВМ (контакт КТ1:2) відповідно до заданої добової дози.

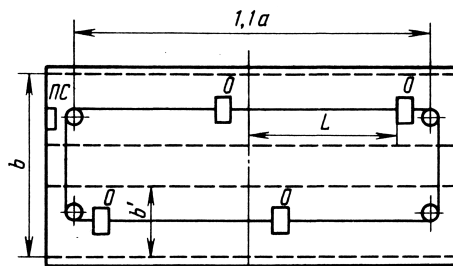
Установка інфрачервоного обігріву, ультрафіолетового опромінювання та освітлення ЭРИКО-1 призначена для обігріву молодяку тварин інфрачервоними променями та опромінювання їх ультрафіолетовими з одночасним освітленням приміщення. До складу установки входять 120 опромінювачів типу «Зоотон», 100 світильників для ламп ЛБ-40 і 70 опромінювачів для ламп ЛЕ-30-1.

Електромеханізована рухома опромінювальна установка УО-4М (рис. 2.19, 2.20) призначена для ультрафіолетового опромінювання тварин і птиці у разі утримування в клітках або станках.



**Рис. 2.19. Опромінювальна установка УО-4:**

1 – несучий провід; 2 – ведучий трос; 3 – роликова каретка; 4 – опромінювач з лампою ДРТ-400; 5 – шафа керування; 6 – кабель живлення опромінювача; 7 – привідна станція



**Рис. 2.20. Схема розміщення опромінювальної установки УО-4М в плані:**

О – опромінювач;  $b$  – загальна ширина опромінення;  $b'$  – ширина опромінюваного ряду;  $a$  – довжина опромінюваного ряду;  
ПС – привідна станція

Установка складається із чотирьох опромінювачів з лампами ДРТ-400, привідної станції і несучої конструкції. Несучу конструкцію виконують із сталюого оцинкованого проводу, який закріплюють уздовж приміщення за допомогою натяжних болтів, вмонтованих в торцеві стіни. Опромінювачі в приміщенні здійснюють зворотно-поступальний рух за допомогою троса, змонтованого на натяжних роликах, який приводиться у рух від привідної станції з двигуном потужністю 0,27 кВт. Довжина несучого проводу і троса розрахована на приміщення довжиною до 90 м. Кожний опромінювач може переміщуватися із швидкістю  $0,3 \text{ м} \cdot \text{хв}^{-1}$  на відстань 35...42 м.

Самохідна установка для опромінення курей УОК-1 призначена для ультрафіолетового опромінення птиці при багаторушному клітковому утриманні. Установка виготовлена у вигляді шасі, яке приводиться в рух електродвигуном потужністю 0,27 кВт. Електродвигун через редуктор із передатним відношенням 1:841 і ланцюгову передачу приводить в рух колеса шасі, які котяться колією кормороздавача між рядами кліткових батарей. На шасі встановлено штангу, на якій кріпляться два опромінювачі з лампами ДРТ-400. Висота розміщення опромінювачів регулюється.

Методика розрахунку стаціонарних установок ультрафіолетового опромінення. Опромінювачі над опромінювальною площиною розміщують із врахуванням найвигіднішої відносної відстані (для ламп ДРТ, ЛЭ  $\lambda_c = 1,4$ ).

Визначають коефіцієнт використання ефективного потоку і середню опроміненість. Середню опроміненість визначають за формулою:



$$E_{\text{сеп}} = \frac{\Phi_{\text{в}} \cdot N_{\Sigma} \cdot \eta_{\text{в}} \cdot K_{\phi}}{\kappa \cdot S}, \quad (2.16)$$

де  $\Phi_{\text{в}}$  – вітальний потік опромінювача. Одиниця вимірювання потоку, мвіт (мер);  $N_{\Sigma}$  – сумарна кількість джерел в установці ультрафіолетового опромінення;  $\eta_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання ефективного потоку;  $K_{\phi}$  – коефіцієнт форми тварин (0,5...0,64);  $K$  – коефіцієнт запасу (1,5...2);  $S$  – площа опромінювальної поверхні, м<sup>2</sup>.

Висота підвішування опромінювачів над опромінювальною поверхнею ( $H_p$ ) має відповідати:

$$E_{\text{сеп}} K Z \leq E_{\text{дон}}, \quad (2.17)$$

де  $E_{\text{дон}}$  – допустима опроміненість, мвіт·м<sup>-2</sup> (мер·м<sup>-2</sup>);  $K$  – коефіцієнт нерівномірності опромінення (1,15...1,25).

За відомою вітальною експозицією опромінення  $H_{\Sigma}$  і середньою вітоопроміненістю  $E_{\text{сеп}}$  визначають тривалість опромінення:

$$T = \frac{H_{\Sigma}}{E}. \quad (2.18)$$

Під час експлуатації установок ультрафіолетового опромінення вітальний потік ламп з часом зменшується. Тому періодично слід вимірювати значення вітальної опроміненості та вносити відповідні корективи в тривалість роботи опромінювальної установки.

Крім того, програму на початку опромінення тварин або птиці необхідно задавати частками від повної розрахункової тривалості з переривами в декілька діб. До повної норми можна переходити через 7...15 діб після початку опромінення. Це викликано тим, що організм тварин повільно адаптується до ультрафіолетового випромінювання.

## 2.8.4. Розрахунок рухомих установок ультрафіолетового опромінення

Розраховуючи рухому опромінювальну установку, слід врахувати, що опроміненість у розрахунковій точці під час руху опромінювачів змінюється залежно від розміщення їх у певний час. Дозування вітальної експозиції залежить від вибору висоти підвішування опромінювачів та кількості їх щоденних проходів за постійної швидкості руху.

Експозицію опромінення за повний прохід опромінювачів визначають за формулою:

$$H_1 = \frac{2K_{\phi} I_n \sin \alpha}{KH_p V}, \quad (2.19)$$

де  $I_n$  – сила вітального випромінювання, мвіт/ср;  $V$  – швидкість руху опромінювачів, м/год.;  $\alpha$  – кут захисної арматури опромінювача:

$$\sin \alpha = \frac{L}{\sqrt{L_1^2 + 4H_p^2}}. \quad (2.20)$$

Середню дозу опромінення за один прохід визначають за формулою:

$$E_{\text{сер}} = \frac{2K_{\phi} I_n}{KH_3 \sqrt{L_1^2 + 4H_p^2}}, \quad (2.21)$$

де  $L$  – довжина повного ходу опромінювачів.

Довжину повного ходу опромінювачів визначають за формулою:

$$L = \frac{B}{N} - 0,58 H_p, \quad (2.22)$$

де  $B$  – довжина приміщення, м;  $N$  – кількість опромінювачів в одному ряді;  $L_1 - 0,58 H_p$  – відстань, на яку не має доходити опромінювач до центра і країв опромінювальної площини, оскільки тварина, яка знаходиться там, отримує подвійну дозу опромінення.

Тривалість опромінення визначаємо за формулою:

$$T = \frac{H_{\Sigma}}{E_{\text{сер}}} + 0,7 t_{\text{роз}}, \quad (2.23)$$

де  $t_{\text{роз}}$  – час, необхідний для розігрівання лампи ( $t_{\text{роз}} = 10$  хв.);  $0,7$  – коефіцієнт, що враховує зниження ефективного вітального потоку лампи під час її розігрівання.

Кількість проходів визначають за формулою:

$$n = \frac{VT}{L}. \quad (2.24)$$

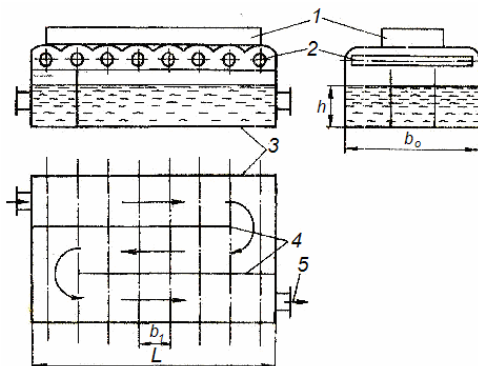
## 2.8.5. Використання ультрафіолетового випромінювання в різних технологічних процесах сільськогосподарського виробництва

Ультрафіолетове випромінювання зони С використовується також для знезаражування води, приміщень, тваринницьких stokів перед використанням їх як органічні добрива, для пастеризації молока, стерилізації посуду і тари, обробки насіння перед сівбою, в селекції – для отримання нових властивостей рослин, приманювання і знищення комах.

**Знезаражування води.** Водопостачання сільських населених пунктів та ферм часто здійснюється на базі відкритих водоймищ, колодязів шахтного і артезіанського типів. Згідно з ГОСТ17.1.3.03 – 77 1 л води джерел питного водопостачання може містити до 103 мікробних тіл. Тому перед подаванням в розподільні водопроводи вода має пройти очищення і знезараження.

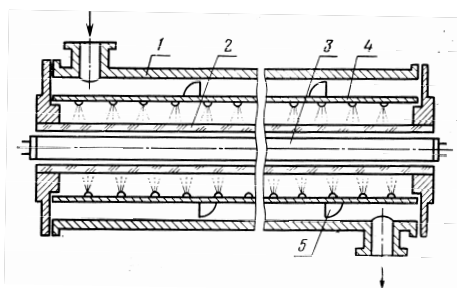
Чиста вода, в якій відсутні зважені частинки і колоїдні речовини, добре пропускає короткохвильове УФ випромінювання, яке

має сильну бактерицидну дію. Властивість випромінювань з довжиною хвилі менше 280 нм згубно діяти на бактерії покладено в основу способу знезаражування води ультрафіолетовим випромінюванням (рис. 2.21, 2.22).



**Рис. 2.21. Установка для знезаражування води з поверхневими джерелами бактерицидного випромінювання:**

- 1 – пускорегулювальна апаратура ламп; 2 – бактерицидні лампи;  
3 – корпус установки; 4 – перегородки; 5 – напрям руху води



**Рис. 2.22. Розріз секції установки ОВУ-6П для знезаражування води ультрафіолетовим випромінюванням:**

- 1 – циліндричний корпус; 2 – кварцовий чохол; 3 – дугова бактерицидна лампа; 4 – щітковий пристрій; 5 – лопаті турбінок щіткового пристрою

Ультрафіолетове знезаражування води має наступні переваги перед поширеним знезаражуванням води методом хлорування: природний склад, смакові якості та хімічні властивості води не змінюються, випромінювання згубно діють на всі види бактерій навіть спороутворювальні, експлуатація ультрафіолетових установок про-

стіша і зручніша, вартість обробки води опроміненням вдвічі-тричі нижча ніж хлоруванням.

Витрати електроенергії на опромінення води з підземних джерел – 10...15 Вт·год·м<sup>-3</sup>, а з відкритих джерел – 25...30 Вт·год·м<sup>-3</sup>.

**Пастеризація молока.** Пастеризація молока ультрафіолетовим випромінюванням з довжиною хвилі 254 нм у 6...8 разів дешевше теплової обробки. Дозоване опромінення молока за температури 10... 24°С зменшує вміст в ньому мікроорганізмів на 93... 99,7%, підвищує вміст вітаміну D, не змінюючи натуральних властивостей молока.

**Знезаражування повітря.** Ультрафіолетове випромінювання згубно діє на зважені в повітрі мікроорганізми, які розповсюджують інфекційні захворювання.

Для знезаражування повітря, стін приміщень та предметів, що знаходяться в них, використовують бактерицидні лампи типу ДБ-30, ДБ-60 у відповідних опромінювачах, виходячи із питомої потужності 0,3 Вт·м<sup>-3</sup> у великих приміщеннях і до 2,5 Вт·м<sup>-3</sup> в малих. Якщо знезаражування проводять у присутності людей, то для запобігання запаленню слизових оболонок очей і дихальних шляхів бактерицидна опроміненість не має перевищувати 0,5-104 мкб·м<sup>-2</sup>. Застосовують також знезаражування повітря у вентиляційних каналах.

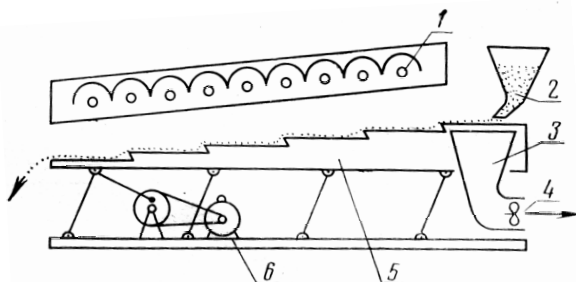
Значний ефект дає застосування бактерицидних ламп для знезаражування повітря в приміщеннях, де зберігаються швидкопсувні продукти. Питома потужність установки має становити не менше 0,6 Вт·м<sup>-3</sup>, а тривалість опромінення близько 10 годин. За ультрафіолетового опромінення в камерах холодильників температура зберігання може бути підвищена на 4.. 5°С порівняно із стандартною за відносної вологості повітря 95.. 98% і не менше, ніж п'ятикратної його заміни за годину.

**Обробка насіння ультрафіолетовим випромінюванням.** Обробка насіння ультрафіолетовим випромінюванням в оптимальних дозах чинить благотворну дію на його якість (схожість, енергію проростання) і як наслідок – на строки дозрівання та врожайність. Під час опромінення насіння цукрового буряку урожайність зростає на 7...9%, вміст цукру збільшується на 15...19%.

Для обробки насіння застосовують опромінювальну установку УОЗ-2 (рис 2.23).

Насіння з бункера 2 переміщується вібрувальним лотком 5 упродовж 50...60 с під дев'яттю лампами ДРТ1000 1. Лоток довжиною 6 м і шириною 0,9 м приводиться в рух електродвигуном 6 потужністю 0,55 кВт. Під першою секцією лотка розміщений пилевідсмоктувач 3 з повітропроводом і вентилятором 4, який приводиться в рух електродвигуном потужністю 0,25 кВт. Дугові ртутні

лампи установки розміщені на висоті 0,65 м над лотками в коробчастому кожусі відбивачів. Продуктивність установки 1,0...1,5 т/год.



**Рис. 2.23. Схема установки ОУЗ-2 для передпосівної обробки насіння ультрафіолетовим випромінюванням:**

1 – лампи ДРТ1000; 2 – бункер подавання насіння; 3 – пилевідсмоктувач з повітропроводом; 4 – вентилятор пилевідсмоктувача; 5 – вібрувальний транспортер (лотки); 6 – електродвигун приводу транспортера

## **2.8.6. Використання інфрачервоного випромінювання в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва**

Дозована дія інфрачервоного випромінювання на насіння сільськогосподарських культур чинить благотворний вплив на його посівні властивості.

Пастеризація молока інфрачервоним випромінюванням має значні переваги перед традиційним способом обробки молока в теплообмінних апаратах. У разі дії ІЧ випромінювання на молоко за 3...4 с знищується 99,8...99,9% бактерій, після чого молоко може зберігатися за температури +5° С упродовж 8...9 діб, при цьому витрати енергії на пастеризацію скорочуються в 1,5...2,0 рази.

Інфрачервоне випромінювання використовується також для висушування пофарбованих деталей під час ремонту сільськогосподарської техніки і електричних двигунів, сортування плодів і овочів, дезінфекції тари, висушування сільськогосподарської продукції.



### **ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Що розуміють під поняттям „оптичне випромінювання”?
2. Чим оптичне випромінювання відрізняється від інших видів ви-

- промінювань спектра електромагнітних коливань?
3. На які види випромінювань поділяється спектр оптичного випромінювання?
  4. Зони ультрафіолетового випромінювання та їх застосування.
  5. Основні види фотобіологічної дії оптичного випромінювання.
  6. Які властивості має видиме та інфрачервоне випромінювання?
  7. Які існують системи ефективних величин і на основі спектральної чутливості яких приймачів вони побудовані?
  8. Величини і одиниці вимірювання видимого випромінювання.
  9. Величини і одиниці вимірювання вітального випромінювання.
  10. Величини і одиниці вимірювання бактерицидного випромінювання.
  11. Величини і одиниці вимірювання фотосинтезного випромінювання.
  12. Поясніть будову і принцип дії ламп розжарювання.
  13. Як впливає відхилення напруги на строк служби ламп розжарювання?
  14. У чому різниця роботи галогенних ламп від звичайних ламп розжарювання?
  15. Які інфрачервоні джерела випромінювання використовуються в сільському господарстві?
  16. Як класифікуються газорозрядні джерела випромінювання, що базуються на електричному розряді в газах і випарах металів?
  17. Чим відрізняються інфрачервоні лампи від освітлювальних ламп розжарювання?
  18. Назвіть основні переваги і недоліки люмінесцентних ламп перед лампами розжарювання.
  19. Поясніть призначення і суть вольфрамо-йодного циклу в галогенних лампах.
  20. Які функції виконує дросель у стартерних схемах вмикання люмінесцентних ламп ?
  21. Чому повторне запалювання ламп високого тиску можливе лише через 10...15 хв після їх погасання?
  22. Поясніть будову і принцип дії ламп ДРЛ.
  23. Основні переваги і недоліки ламп ДРЛ порівняно з люмінесцентними лампами низького тиску.
  24. Які основні функції мають виконувати опромінювальні установки в теплицях?
  25. Які вимоги ставляться до опромінювальних установок, що використовуються для опромінення рослин?
  26. Як класифікуються опромінювальні установки за конструктивними ознаками?
  27. Які типи ламп використовують для опромінення рослин?

28. Які типи опромінювачів і опромінювальних установок використовують для опромінення рослин?
29. Поясніть метод розрахунку опромінювальних установок з точковими джерелами випромінювання.
30. В чому полягає біологічна дія ультрафіолетового випромінювання?
31. Де використовують ультрафіолетове випромінювання в сільському господарстві?
32. Які ви знаєте типи ультрафіолетових опромінювачів?
33. Які ви знаєте типи стаціонарних установок ультрафіолетового опромінювання?
34. Які ви знаєте типи рухомих установок ультрафіолетового опромінювання?
35. Які ви знаєте типи установок, що використовуються для одночасного ультрафіолетового та інфрачервоного опромінювання?
36. Чим пояснюється незаражувальна дія УФ випромінювання?
37. Які джерела випромінювання використовують для УФ опромінювання тварин і птиці?
38. Які джерела випромінювання використовують для незараження води і повітря?
39. Яким методом здійснюється розрахунок стаціонарних установок ультрафіолетового опромінювання?
40. В чому полягають переваги ІЧ опромінювальних установок перед іншими способами обігріву тварин?
41. Які ви знаєте опромінювачі та установки для ІЧ обігріву молодняку тварин і птиці?
42. Будова ІЧ опромінювачів.
43. Які джерела використовуються в ІЧ випромінювачах?
44. Наведіть приклади використання установок ІЧ випромінювання.

## РОЗДІЛ III

### ЕЛЕКТРИЧНЕ НАГРІВАННЯ І ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

#### 3.1. Електронагрівальні установки сільськогосподарського призначення

У сільському господарстві установки електронагріву використовують в таких процесах:

- а) для нагріву води і одержання пари;
- б) для створення мікроклімату в тваринницьких і птахівничих приміщеннях;
- в) для обігріву споруд захищеного ґрунту;
- г) для теплової обробки, сушіння і зберігання сільськогосподарських продуктів.

Ці установки за принципом дії належать до нагріву опором: прямий нагрів, коли матеріал, що нагрівається, проводить електричний струм і тепло виділяється безпосередньо в матеріалі (електродний нагрів); опосередкований нагрів, коли тепло виділяється під час проходження струму через спеціальні опори (частіше металеві), а потім конвективним чи іншим способом передається матеріалу, що нагрівається.

У ремонтно-механічних майстернях, на допоміжних підприємствах та в побуті застосовують й інші види електричного нагріву: діелектричний, індукційний, електродуговий.

**Елементні водонагрівачі** найбільш широко розповсюджені в сільськогосподарському виробництві. До них належать нагрівачі типу УАП (універсальний автоматичний підігрівач) ємністю 400, 800, 1600 л, САОС-400, 800, 1600 (нагрів опором акумуляційного типу, відкрита система водопостачання), ЭВ-150 (електричний водонагрівач), ВЭП-600.

Водонагрівачі типів УАП і САОС термосного типу використовують для нагріву води на технологічні потреби на фермах, у майстернях. За конструкцією – це резервуар для води з теплоізоляцією, нагрівні елементи (ТЕНи) один або два, температурні реле, які вмикають нагрівач за досягнення встановленої температури (95%). Температура води контролюється візуально за термометром. Великі водонагрівачі на 800 і 1600 л працюють з трьома рівнями потужностей, що визначаються відношенням 1:2/3; 1/3 та відповідними режимами: форсований нагрів, акумуляційний та розігрів. Потужність цих водонагрівачів становить від 12 до 30 кВт.



Водонагрівачі типу САОС обладнано двома двопозиційними терморегуляторами Т-419, один з яких контролює робочу температуру, а другий – аварійну.

Електричний водонагрівач ВЭП-600 призначений для підігріву питної води в холодну пору року в корівниках на 200 голів прив'язного утримання. Циркуляція води в системі теплого напування забезпечується відцентровим насосом з електроприводом, що входить до системи ВЭП-600.

**Електродні водонагрівачі** – це за принципом дії нагрівачі прямої дії. Між трьома електродами (трифазна система) знаходиться вода, яка нагрівається під час проходження струму. Регулювання потужності здійснюється зміною площі електродів, через які проходить струм. У разі сегментних електродів одні з них повертаються навколо загальної осі і змінюють робочу зону разом з нерухомими електродами.

Прикладом такого нагрівача є котел ЭПЗ-100 (електродний котел проточний для замкненої системи гарячого водопостачання). Температура води на виході – 95° С. Режим роботи – ручний або автоматичний, в останньому випадку заданий температурний режим підтримується за допомогою контактного манометричного термометра.

Одним з основних параметрів мікроклімату є температура, яка безпосередньо впливає на продуктивність тварин і птиці. Так, для великої рогатої худоби оптимальна температура 8...15° С, за зниження температури до -5° С споживання кормів збільшується майже вдвічі.

Для **електричного опалення** приміщень найчастіше використовують електрокалорифер. Він складається з нагрівного блока (3 групи оребрених ТЕНів) та вентилятора, який продуває повітря через нагрівний блок. Вентилятор приводиться в рух невеликим електродвигуном потужністю 0,6...1,5 кВт. Потужність електронагрівачів значна і становить від 5 до 95 кВт. Для обігріву тваринницьких і птахівничих приміщень використовують електрокалорифери СФОА і СФОЦ, які забезпечують подавання повітря в 700 м³/год – СФОА-5, до 5000 м³/год – СФОА-100. Схема керування дозволяє ступінчато регулювати теплопродуктивність установки. Датчиками температури є біметалеві датчики ДТКБ-53. Схемою передбачено вимикання нагрівних елементів за температури понад 180° С, а також у разі зупинки вентилятора.

В **спорудах захищеного ґрунту** (теплиці, парники) теж використовують електричний нагрів для підігрівання ґрунту та повітря (відповідно ґрунтовий та повітряний нагрів). Існують різні способи обігріву споруд захищеного ґрунту, але найбільш сучасним є обігрів ґрунту і повітря спеціальними ізольованими проводами та

кабелями, серед яких поширені проводи ПОСП, ПОСХВ, ПОСХВТ, ПВСВ (провід обігрівальний, стальна жила, далі йдуть літери, що означають тип ізоляції: вініл, полівінілхлорид тощо).

Нагрівні елементи, вищезгадані проводи, закладають безпосередньо в ґрунт з теплоізоляційною прокладкою (шлак) в шар піску, а зверху заливають цементно-піщаною сумішшю для захисту від механічних пошкоджень. У повітрі нагрівні проводи прокладають на фарфорових роликах.

Під'єднують проводи безпосередньо до стандартної мережі 220/380В.

**Електротермічне обладнання** використовують також для теплової обробки, сушки та зберігання сільськогосподарських продуктів.

Корми піддають термообробці (запарюванню) для кращого їх засвоєння тваринами, найчастіше це – картопля, коренеплоди, змочена солома, меляса. Найбільш ефективним тут є електродний електронагрів попередньо подрібнених та ущільнених продуктів. Матеріалами електродів є нержавіюча сталь, графіт, титан.

Під час заготівлі сіна та зерна використовують активне вентилявання – це примусове продування повітрям маси нерухомого матеріалу, при цьому знижується вологість зерна або сіна, тобто йде процес його сушіння. Для активного вентилявання більш ефективним є продування підігрітим повітрям. Повітря підігрівається електрокалорифером або просто оребреними ТЕНами, а подавання повітря здійснюється відцентровим вентилятором Ц4-70.

Для досушування сіна промисловість випускає установку УВС-100, призначену для сушіння розсипного сіна в скиртах. Сушіння зерна виконується в спеціальних бункерах активного вентилявання типу БВ, ємністю 25 і 40 т зерна.

Одним з основних факторів, що зумовлюють термін служби нагрівальних елементів, є температура, за якої вони працюють тривалий час. За підвищення робочої температури поверхня нагрівача інтенсивно окиснюється, зменшуються його живий переріз і потужність, яка виділяється, знижується термін служби.

Для кожного матеріалу встановлено максимально допустиму робочу температуру, починаючи з якої різко посилюється процес окиснення. Так, максимально допустима робоча температура для сталевого оцинкованого дроту становить 300°С, ніхрому – 1100°С.

Згідно з теорією нагрівання однорідного тіла процес нагрівання елементів струмом, який проходить ними, описується рівнянням:

$$\tau = \tau_y \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + \tau_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}}, \quad (3.1)$$

де  $\tau$  – перевищення температури нагрівача над температурою навколишнього середовища (перегрівання) в момент часу  $t$ ;  $\tau_0$  – початкове перегрівання елемента;  $\tau_y$  – усталене перевищення температури нагрівача над температурою навколишнього середовища;  $T$  – стала часу нагрівання елемента;  $t$  – час проходження струму.

В усталеному режимі кількість теплоти  $Q$ , що виділяється струмом в елементі за одну секунду, дорівнює кількості теплоти, яка віддається ним в оточуюче середовище за той самий період часу:

$$Q = \tau_y A, \quad (3.2)$$

де  $A$  – тепловіддача нагрівача в навколишнє середовище за одну секунду за різниці температур нагрівача і середовища  $1^\circ\text{C}$ ,  $\text{кДж}/(^\circ\text{C})$ .

Оскільки кількість теплоти, яка виділяється в нагрівачі, пропорційна потужності, що підводиться до нього ( $Q \equiv P$ ), то усталене перевищення температури нагрівного елемента  $\tau_y = Q/A$  залежить від потужності, яка до нього підводиться, і тепловіддачі з його поверхні. Тепловіддача нагрівного елемента залежить від його конструкції (прямий дріт; дротяна спіраль без каркаса; дріт, який накручений на ізоляційний каркас) та умов навколишнього середовища (нерухоме повітря, потік повітря, вода, молоко тощо).

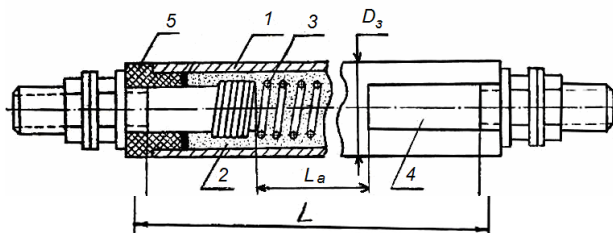
Аналітичне визначення  $\tau_y$  досить складне. Під час розрахунку нагрівних елементів величину  $\tau_y$  визначають за експериментальною залежністю  $\tau_y = f(I)$ , яка досліджується для різних перерізів дроту нагрівача. В літературі подаються криві  $\tau_y = f(I)$  (або таблиці) для нагрівача, що має вигляд прямого дроту, розміщеного горизонтально в спокійному повітряному середовищі з температурою  $20^\circ\text{C}$ . Для нагрівачів іншої конструкції (спіраль без каркаса, дріт, який накручений на керамічний каркас і т. ін.) або для тих, що працюють в інших умовах (в потоці повітря, у воді тощо), усталене перевищення температури також можна визначити за цими самими кривими  $\tau_y = f(I)$ . А вплив конструкції нагрівального елемента та навколишнього середовища на усталену температуру елемента  $\tau_{yc}$  враховується відповідно коефіцієнтами монтажу  $k_m$  і середовища  $k_c$ . У цьому випадку усталене перевищення температури визначається за формулою:

$$\tau_{yc} = \frac{\tau_{yd}}{k_m \cdot k_c}, \quad (3.3)$$

де  $\tau_{yd}$  – усталене перевищення температури прямого дроту, розміщеного в спокійному повітрі,  $^\circ\text{C}$ .

Коефіцієнт монтажу  $k_m$  характеризує погіршення умов тепло-віддачі нагрівача порівняно з прямим дротом, розміщеним горизонтально, і дорівнює  $k_m \leq 1$ . Для дрютяної спіралі без каркаса  $k_m = 0,8 \dots 0,9$ , тому усталена температура спіралі  $\tau_{yc}$  більша температури нагрівача, що має вигляд прямого дроту за тієї самої сили струму. Коефіцієнт середовища  $k_c$  характеризує покращення умов тепло-віддачі нагрівача порівняно з нагрівачем, що розміщений у нерухомому повітряному середовищі, і дорівнює  $k_c > 1$ .

Трубчасті електронагрівачі (ТЕНи) призначені для перетворення електричної енергії на теплову. Вони застосовуються як комплектуючі вироби у водонагрівачах, калориферах, інфрачервоних опромінювачах, побутових та інших електронагрівальних приладах. ТЕН складається з металевої трубки 1 (рис. 3.1), всередину якої запресовано в наповнювачі 2, ніхромову спіраль 3. Кінці спіралі приєднані до вивідних шпильок 4, що служать для підключення нагрівача до мережі.



**Рис. 3.1. Розріз трубчастого електронагрівача (ТЕНа):**

1 – металева трубка; 2 – наповнювач; 3 – ніхромова спіраль; 4 – вивідні шпильки; 5 – ізолятор

Залежно від робочої температури і виду середовища, яке нагрівається, трубки електронагрівачів виготовляються з вуглецевої або нержавіючої сталі, латуні, міді та алюмінієвих сплавів.

Для збільшення поверхні тепловіддачі та зниження температури нагрівання ТЕНів, які встановлюються в опалювальних електрокалориферах, на трубку нагрівачів намотують на ребро алюмінієву стрічку, оскільки за температури понад  $180^\circ\text{C}$  відбувається суха сублімація пилу і повітря забруднюється продуктами згоряння.

Наповнювач повинен мати малу електропровідність (для ізоляції спіралі від трубки) і достатню теплопровідність (для передавання тепла від спіралі до трубки). Такі властивості притаманні периклазу (плавлений окис магнію  $\text{MgO}$ ), який використовується як наповнювач в ТЕНах.

Під час виготовлення ТЕНів після засипки наповнювача трубку під великим тиском опресовують, у результаті чого периклаз

перетворюється на твердий моноліт і надійно фіксує та ізолює спіраль всередині трубки. Торці трубки герметизують вогнетривким кремнійорганічним герметиком та ізолювальними втулками. Оскільки опресовування трубки та її герметизація можливі лише в заводських умовах, то під час експлуатації доробка ТЕНів (розбирання, згинання з новим радіусом, приварювання і припаювання кріпильної арматури) забороняється.

Перевагою ТЕНів перед нагрівачами відкритого і захищеного типу є їх універсальність, надійність, довговічність та безпечність обслуговування. Оскільки спіраль ізолювана від зовнішньої трубки, то ТЕНи можна поміщати безпосередньо в середовище, яке буде нагріватися (воду, молоко, відвійки тощо). Внаслідок герметизації спіралі від повітря термін служби ТЕНів становить 10000 годин, вони ударовібростійкі.

ТЕНи виготовляють одиничною потужністю від 100 Вт до 25 кВт, довжиною від 250 до 6300 мм, із зовнішнім діаметром від 6,5 до 18,5 мм на номінальну напругу від 12 до 380 В в одно- і триелементному виконанні.

Основним параметром, що характеризує режим роботи ТЕНів, є питома потужність, яка вимірюється у Вт/см<sup>2</sup>. Питома потужність залежить від умов роботи (середовища), матеріалу трубки і наповнювача (табл.3.1).

Таблиця 3.1

### Параметри, які характеризують режим роботи ТЕНа

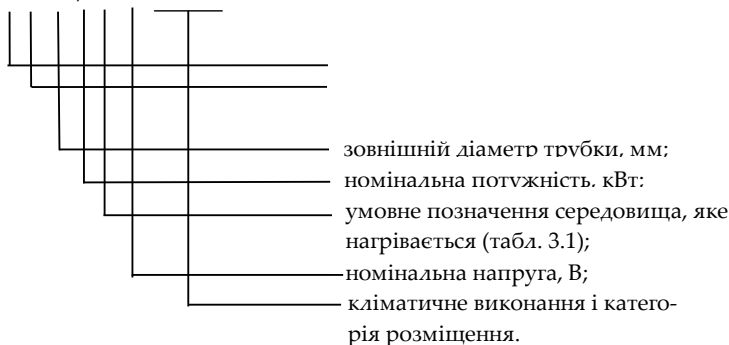
Умовне позначення нагрівного середовища	Нагрівне середовище	Характер нагрівання	Питома потужність, Вт/см <sup>2</sup> , не більше	Матеріал оболонки ТЕНа
Х	Вода, слабкий розчин лугів і кислот (рН від 5 до 9)	Нагрівання, кип'ятіння з максимальною температурою на оболонці 100° С	9,0	Мідь, латунь з покриттям
І	Вода, слабкий розчин кислот (рН від 5 до 7)	Нагрівання, кип'ятіння з максимальною температурою на оболонці 100° С	15,0	Нержавіюча жаростійка сталь
Р	Вода, слабкий розчин лугів (рН від 7 до 9)	Нагрівання, кип'ятіння з максимальною температурою на оболонці 100° С	15,0	Вуглецева сталь

Робота ТЕНів допускається лише в тому середовищі, для якого вони призначені.

Опір ізоляції ТЕНа в холодному стані має бути не менше 1 МОм. Якщо він менше 1 МОм, але не нижче 0,1 МОм, то нагрівач слід просушити за температури 100...120°С протягом 4...5 год.

Умовне літерно-цифрове позначення трубчастого електронагрівача розшифровується таким чином:

ТЕН-100А 13/2 Р220 УХЛ4



В електродних водонагрівачах вода нагрівається в результаті проходження через неї електричного струму. **Водонагрівач** – це металевий бак з теплоізоляцією, всередині якого на ізоляційній основі кріпляться електроди. Напруга до них подається через прохідні ізолятори, які встановлюються на кришці бака водонагрівача.

У результаті проходження електричного струму через воду на корпусі електродного водонагрівача може виникнути небезпечний потенціал. Особливо велика напруга дотику в разі втрати однієї з фаз. Для захисту від несиметричного режиму електродних водонагрівачів використовують реле обриву фаз або струмове реле в нульовому проводі.

Згідно з вимогою ПВЕ електродні водонагрівачі потрібно приєднувати до системи подавання та забору води через ізолювальні вставки. Довжина вставки визначається розрахунком, але має бути не менше 1 м. Розрахунок довжини ізолювальної вставки проводиться з таких міркувань. За відомого діаметра (перерізу) ізолювальної вставки слід вибрати її довжину таким чином, щоб у випадку дотикання до металевих елементів водопровідної мережі або до теплообмінника (під час роботи за замкненим контуром) сила струму, що протікає через тіло людини, була безпечною. Практично можна вважати безпечною силу струму 10 мА. Ізолювальна вставка виконуватиме свої функції, якщо напруга дотику буде менше 65 В у

приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом, 36 В у приміщеннях з підвищеною небезпекою, 12 В у приміщеннях особливо небезпечних. З метою запобігання появі високого потенціалу в струмені води за межами ізолювальної вставки рекомендується не ближче, ніж на 0,3 м від штуцерів водонагрівача вставляти захисні металеві трубки і заземлювати їх через металевий провід.

У разі живлення електродних пристроїв від мережі з глухозаземленою нейтраллю корпуси їх мають бути занулені. У разі теплопостачання споживачів, які розташовуються в особливо небезпечних приміщеннях, занулення корпусів допускається лише за наявності в цих приміщеннях пристроїв для вирівнювання потенціалу, які забезпечують напругу дотику не більше 12 В. В іншому випадку їх потрібно встановлювати на ізоляторах, ізолювати від мережі занулення (заземлення) і приєднувати до системи трубопроводів через ізолювальні вставки. Електродні апарати з ізольованим корпусом повинні мати індивідуальну суцільну огорожу або огорожу з дверима, які замикаються замком і мають блокування, що не допускає відкривання дверей за ввімкненого апарата та вмикання останнього, якщо відчинені двері.

До обслуговування електроустановок з електродними водонагрівачами і котлами допускаються особи, які мають класифікаційну групу не нижче третьої.

У процесі експлуатації електродних установок необхідно контролювати питомий опір води і здійснювати її доведення, якщо це необхідно, а також періодично очищати електроди від накипу та відкладень продуктів корозії для запобігання зниженню потужності установок.

Перевагою установок електродного нагрівання води порівняно з елементними є простота і надійність у роботі, низька металоємність, високий к.к.д., можливість отримання в невеликих обсягах великої потужності, знезараження води під час протікання нею електричного струму.

Недоліками електродних водонагрівачів є підвищена електронебезпечність, непостійність потужності в процесі нагрівання, її залежність від хімічного складу води, а також можливість забруднення води продуктами електрохімічного розчинення електродів. У зв'язку з цим слід пам'ятати, що використовувати воду для питних потреб можна тільки в разі застосування водонагрівачів з нерозчинними електродами (титан, графіт, деякі марки нержавіючої сталі та інші) або використовувати теплообмінні апарати для підігрівання питної води.

Робота електродного водонагрівача на замкнену систему з теплообмінником дозволяє спростити доведення води за питомим опором і знизити утворення накипу.

**Індукційне нагрівання.** Принцип індукційного нагрівання полягає в тому, що провідники, поміщені в змінне магнітне поле, нагріваються вихровими струмами, які наводяться в них за законами електромагнітної індукції. Це нагрівання використовується для плавлення металів, поверхневого загартування деталей та їх наскрізного нагрівання з метою зняття внутрішніх напруг.

Індукційне нагрівання характеризується високою питомою поверхневою потужністю, яка досягає значень  $P_{\text{пит.пов.}} = 3 \text{ кВт/см}^2$ , що дозволяє знехтувати у деяких випадках теплопровідністю металів.

У технології індукційного нагрівання існує поняття глибини проникання струму: це товщина шару матеріалу  $Z$ , в якому густина індукційного струму зменшується в  $e = 2,71$  рази:

$$j = j_{\text{max}} \cdot e^{-\frac{h}{Z}}, \quad (3.4)$$

де  $j$  – густина струму на глибині  $h$ ;  $j_{\text{max}}$  – максимальна густина струму на поверхні матеріалу.

У цьому шарі виділяється 87% від загальної потужності, яка виділяється в матеріалі, що нагрівається.

Слід зазначити, що глибина проникання струму  $Z$ , залежить від частоти  $f$  напруги живлення:

$$Z = 503 \cdot \sqrt{\frac{\rho_m}{\mu_2 \cdot f}}, \quad (3.5)$$

де  $\rho_m$  – питомий електричний опір матеріалу, Ом·м;  $\mu_2$  – відносна магнітна проникність матеріалу;  $f$  – частота струму, Гц.

З останнього виразу бачимо, що чим вища частота, тим менші глибина проникання струму і товщина поверхневого нагрівання деталі. Цей ефект використовується в технологічному процесі поверхневого загартування деталей із збереженням в'язкої внутрішньої структури матеріалу. Такий технологічний прийом особливо важливий під час виготовлення деталей машин, поверхні яких потребують високої стійкості до спрацювання і здатності витримувати значні ударні навантаження (наприклад колінчасті вали двигунів внутрішнього згорання).

Основними елементами установки індукційного нагрівання є генератор підвищеної (для наскрізного нагрівання) або високої (для поверхневого загартування) частоти, індуктор, знижувальний трансформатор, батарея конденсаторів змінної ємності.

Для індукційного нагрівання застосовують електромашинні частотою до 10 кГц і лампові частотою вище 10 кГц генератори.



Індуктор служить для концентрації електромагнітного поля в провіднику, що нагрівається, і є котушкою з невеликою кількістю витків (іноді один виток) мідного проводу великого перерізу. Провід часто використовується порожнистим для циркуляції охолоджувальної рідини. Конструктивне виконання індуктора залежить від форми нагріваних деталей, мети та умов нагрівання. При цьому прагнуть забезпечити мінімальний повітряний зазор між індуктором і поверхнею деталі, яка нагрівається. Це забезпечує вищі коефіцієнти потужності та корисної дії установки.

Знижувальні трансформатори використовують для узгодження номінальної напруги генератора з опором індуктора.

**Електродугове зварювання** є найбільш розповсюдженим видом електродугового нагрівання. Живлення зварювальної дуги здійснюється від спеціальних джерел, які класифікують за родом струму, потужністю, призначенням, конструктивним виконанням.

Джерело зварювального струму повинно відповідати таким основним вимогам:

а) напруга холостого ходу має бути достатньою для надійного запалювання дуги і безпечною для людини;

б) після запалювання дуги напруга має зменшуватися до значень, що відповідають напрузі горіння дуги;

в) у разі зміни довжини дуги коливання сили зварювального струму має бути мінімальним;

г) у разі коротких замикань сила струму в колі не має перевищувати робочу силу струму під час зварювання більше ніж на 20...40%;

д) забезпечити можливість плавного регулювання зварювального струму.

Джерелами дуги змінного струму найчастіше служать зварювальні трансформатори, які широко застосовуються під час ремонту сільськогосподарської техніки. Для ручного зварювання використовують відкриту дугу, в якій вольт-амперна характеристика  $U_d = f(I_d)$  за малих струмів є крутоспадною, а потім у разі збільшення струму переходить в пологую і жорстку (рис. 3.2). Під час ручного зварювання довжина дуги і, відповідно, падіння напруги на ній змінюється, що приводить до зміни величини струму дуги. Для отримання певної якості зварювального шва коливання струму дуги за зміни її довжини мають бути мінімальними. Це забезпечується за крутоспадної зовнішньої характеристики джерела живлення дуги  $U=f(I)$ .

Кратність струму короткого замикання у зварювальних трансформаторів перебуває в межах 1,2... 1,4.

Зварювальний трансформатор типу ТД-300 призначений для живлення електричної дуги однофазним змінним струмом частотою 50 Гц під час ручного дугового зварювання, різання, наплавлення металів.

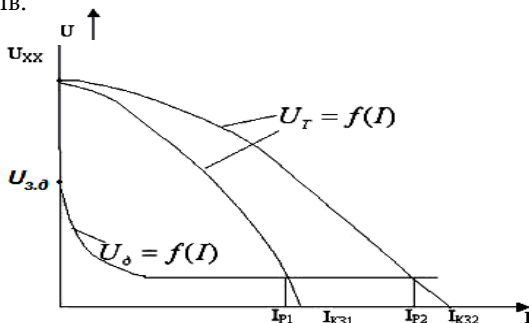


Рис. 3.2. Вольт-амперні характеристики зварювального трансформатора і відкритої дуги

Таблиця 3.2

### Технічна характеристика зварювального трансформатора ТД-300

Межі регулювання зварювального струму, А	60...350
Номінальна первинна напруга, В	380
Номінальна вторинна напруга, В	32,6
Напруга холостого ходу, В	61...79
Споживана потужність, кВт	19,4
Коефіцієнт потужності ( $\cos \varphi$ )	0,6
Номінальний режим роботи, ПР %	50

Трансформатор складається з осердя, нерухомої первинної та рухомої вторинної обмоток. Первинна обмотка намотана проводом із скловолокнистою ізоляцією марки АПСД, вторинна – голою алюмінієвою шиною АМ. Первинна і вторинна обмотки мають по дві котушки. Залежно від способу з'єднання останніх трансформатор може працювати на двох ступенях зварювальних струмів: «великі» струми, коли котушки первинної і вторинної обмоток з'єднані паралельно, і «малі» струми, коли котушки кожної обмотки з'єднані послідовно. В останньому випадку невелика частина витків первинної обмотки відключається, в результаті чого підвищується напруга холостого ходу, що необхідно для підвищення стійкості дуги під час

зварювання на малих струмах. Перемикання ступенів зварювального струму виконується перемикачем, рукоятка якого знаходиться на верхній кришці кожуха трансформатора.

Плавне регулювання зварювального струму на кожному ступені здійснюється шляхом зміни відстані між котушками первинної і вторинної обмоток за допомогою рукоятки, яка знаходиться на верхній кришці трансформатора. За збільшення відстані між обмотками потік магнітного розсіювання зростає, а струм зменшується. Величину зварювального струму вказує спеціальний показчик, який зв'язаний з рухомою обмоткою трансформатора.

З метою зниження втрат електроенергії, зменшення споживання реактивної потужності та підвищення безпеки зварювальника під час переривання процесу зварювання (обриві дуги) використовують пристрої для автоматичного відключення холостого ходу трансформатора.

Зварювальний перетворювач ПСО-300А призначений для ручного зварювання відкритою дугою постійного струму. Він дорожчий і складніший в експлуатації порівняно із зварювальними трансформаторами, проте якість зварювання за постійного струму краща, ніж за змінного. Останнє зумовлено великою стійкістю дуги постійного струму.

Перетворювач ПСО-300А складається із зварювального генератора постійного струму типу ГСО-300А (табл. 3.3) і приводного асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором, які виконані в одному корпусі на колесах для пересування.

Таблиця 3.3

### Технічні дані зварювального генератора ГСО-300А

Показники	ПР = 60%	ПР = 100%
Потужність, кВт	9	7,5
Напруга, В	32	30
Сила струму, А	300	240
Межі регулювання зварювального струму, А	100...300	
Частота обертання, хв <sup>-1</sup>	2890	

**Генератор** – це чотириполюсна машина постійного струму з незалежним збудженням і послідовною розмагнічувальною обмоткою. Обмотка незалежного збудження ОЗ розміщення на двох головних полюсах і живиться від статорної обмотки приводного двигуна через селеновий випрямляч і регулювальний реостат. Випрямляч і реостат знаходяться в кожусі, який змонтований на перетво-

рювачі. На двох інших головних полюсах є послідовна розмагнічувальна обмотка  $PO$ , яка має дві секції і вмикається послідовно з обмоткою якоря.

Магнітні потоки обмотки незалежного збудження  $\Phi_{oz}$  та розмагнічувальної обмотки  $\Phi_{op}$  спрямовані назустріч один одному, тому сумарний магнітний потік генератора дорівнює їх різниці:

$$\Phi_{рез} = \Phi_{oz} - \Phi_{po}. \quad (3.6)$$

За збільшення струму в колі якоря генератора зростає потік  $\Phi_{po}$ , а сумарний потік  $\Phi_{рез}$  і відповідно напрута на затискачах генератора зменшується. Таким чином, внаслідок розмагнічувальної дії послідовної розмагнічувальної обмотки збудження забезпечуються крутоспадні зовнішні характеристики генератора, що необхідно для ручного дугового зварювання.

Для забезпечення нормальної комутації на щітках генератор має два додаткові полюси з обмотками ДП.

Для отримання спадної зовнішньої характеристики якір генератора має обертатися у напрямі, який вказаний стрілкою на боковому щитку. У разі обертання в протилежний бік магнітні потоки обмоток спрямовані узгоджено, і зовнішня характеристика буде жорсткою. У такому випадку під час спроби запалити дугу виникає великий струм короткого замикання, що може призвести до виходу з ладу генератора.

Генератор має два діапазони зварювальних струмів: «малі» струми, коли ввімкнені обидві секції розмагнічуючої обмотки (сім витків на полюс), і «великі» струми, коли включена одна секція розмагнічувальної обмотки (три витки на полюс). Дошка затискачів генератора має три виводи: «плюс 300А», «плюс 160А» і «мінус». Затискач «плюс 300А» відповідає діапазону «великі струми», затискач «плюс 160А» – діапазону «малі струми». Плавне регулювання зварювального струму на кожному діапазоні здійснюється шляхом зміни струму в обмотці незалежного збудження за допомогою регульовального реостата  $R1$ .

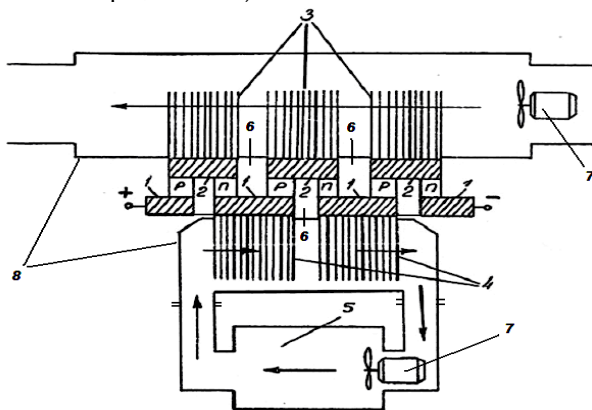
Пуск і зупинка двигуна перетворювача здійснюються пакетним вимикачем  $QS1$ , який встановлено у кожусі регульовального пристрою.

**Теплові насоси і термоелектричні холодильники.** Основою термоелектричних холодильників і теплових насосів є термоелементи, які виконані у вигляді послідовно з'єднаних за допомогою комутаційних пластин двох напівпровідникових віток, одна з яких має електронну ( $n$ -провідник), а друга – діркову ( $p$ -провідник) провідність. Термоелементи з'єднують послідовно в термобатарей. Конструктивно термоелектричну батарею виконують таким чином, що системи спаїв створюють дві поверхні, які мають радіатори.

Принцип отримання холоду чи теплоти з використанням термоелементів заснований на ефекті Пельтьє, який полягає в тому, що під час пропускання постійного електричного струму через різноорідні, з'єднані один з одним, напівпровідники крім виділення Джоулевої теплоти в місці контакту (спая)  $p$ -напівпровідника з  $n$ -напівпровідником за напрямку струму від першого до другого відбувається виділення теплоти, а в місці контакту  $n$ -напівпровідника з  $p$ -напівпровідником теплота поглинається. В установці (рис. 3.3) теплота поглинається на спаї 1 («холодний спай»), а виділяється на спаї 2 («гарячий спай»). У випадку зміни напрямку струму теплота виділяється на спаї 1, а на спаї 2 поглинається. Таким чином, термоелектричні установки є зворотними машинами. В режимі теплового насоса установка відбирає теплоту з навколишнього середовища і передає її в об'єм, що нагрівається, а в режимі холодильника – відбирає теплоту з холодильної камери і передає її в навколишнє середовище.

Перепад температур між «гарячими» і «холодними» спаями термобатареї залежить від матеріалу, з якого виготовлені напівпровідники з  $n$ - та  $p$ -провідністю, тепло- та електропровідності комутаційних пластин 1 і 2, якості теплоізоляції 6 між елементами установки, конструктивного виконання та величини струму через термобатарею.

Для покращення перенесення теплоти від радіаторів 3 і 4 застосовується примусова конвекція середовища за допомогою пристроїв 7 (вентиляторів, насосів).



**Рис. 3.3. Схема термоелектричного холодильника:**

1, 2 – комутаційні пластини; 3, 4 – радіатори; 5 – холодильна камера; 6 – теплоізоляція; 7 – пристрої (вентилятори, насоси); 8 – кришка

Теплота Пельтьє пропорційна першому ступеню струму  $I$ :

$$Q_n = \pm P t, \quad (3.7)$$

де  $P$  – коефіцієнт Пельтьє, що залежить від матеріалу напівпровідників;  $t$  – час протікання струму, с.

Теплота Джоуля пропорційна квадрату струму:

$$Q_{дж} = I^2 R t, \quad (3.8)$$

де  $R$  – електричний опір проходженню струму  $I$ .

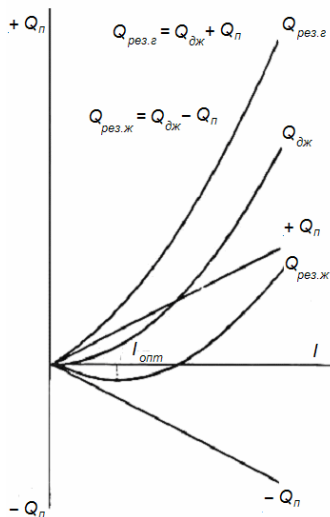
Холодильник ХАТЭ-12 (рис. 3.3) складається з корпусу, холодильної камери 5 і кришки 8, в яку вмонтовано вентилятор 7 і термоелектрична батарея. Вентилятор має дві крильчатки, одна з яких охолоджує радіатор 3 “гарячого” спаю термобатареї, а друга забезпечує циркуляцію повітря в холодильній камері 5 через радіатор 4 “холодного” спаю термобатареї.

Напівпровідники з  $p$ -провідністю виготовлені із сплаву ПВДХ (телур, вісмут, селен), а з  $n$ -провідністю – із сплаву ПВЭХ (телур, вісмут, селен), а комутаційні пластини – з міді. У термобатареї послідовно з’єднані 250 термоелементів.

У холодильнику передбачено два режими роботи: основний і допоміжний. В основному режимі термобатарея безпосередньо приєднується до джерела живлення, а в допоміжному – через опір. Ефективність роботи термоелектричного холодильника суттєво залежить від стабільності напруги джерела живлення. За збільшення пульсації чи відхилення напруги від номінального значення миттєве значення струму через термоелектричну батарею відрізняється від оптимального, в результаті чого холодопродуктивність термобатареї падає. Для ефективної роботи термоелектричного холодильника коефіцієнт пульсації випрямленої напруги не має перевищувати 4%, що досягається використанням джерел постійного струму, або випрямлячів змінного струму із застосуванням якісних згладжувальних фільтрів.

Технічна характеристика холодильника ХАТЭ-12: напруга живлення 12 В; споживана потужність, Вт: в основному режимі – 65, в допоміжному режимі – 30; перепад температур навколишнього середовища і холодильної камери, °С: в основному режимі – 19, у допоміжному режимі – 15; об’єм холодильної камери 12 дм<sup>3</sup>.

Якщо алгебраїчно скласти криві  $Q_n$  і  $Q_{дж}$  (рис. 3.4), то можна отримати сумарні криві  $Q_{рез}$ , які характеризують тепловий баланс «холодних» та «гарячих» спайів термобатареї за різних значень струму.



**Рис. 3.4. Залежність теплового балансу термоелектричного холодильника від струму**

З рис. 3.4 бачимо, що максимальне зниження температури «холодного» спаю має місце за певного значення струму  $I_{опт}$ . Подальше збільшення струму призводить до превалювання теплоти Джоуля над теплою Пельтьє, в результаті чого температура холодного спаю підвищується.

### **3.2. Електротехнології в сільськогосподарському виробництві**

До електротехнологічних установок сільськогосподарського призначення належать:

- а) установки електронно-іонної технології;
- б) обробка насіння та ґрунту електричним струмом;
- в) застосування електроімпульсної техніки;
- г) ультразвукова та магнітна обробка сільськогосподарських матеріалів.

Повітря, яке нас оточує, вміщує нейтральні атоми, молекули та іони газів, що входять до його складу. Іони повітря або аероіони можуть мати позитивний чи негативний заряд (відповідна їх назва позитивні чи негативні аероіони).

Встановлено, що негативні аероіони здійснюють благотворну дію на живі організми, стимулюючи біологічні процеси. В  $1\text{см}^3$  природного повітря міститься 700...1000 негативних аероіонів і тільки 100 – в приміщенні. Повітря, яке видихається тваринами, містить важкі іони, серед яких переважають позитивно заряджені.

Тому для підтримання іонного складу повітря в закритих тваринницьких приміщеннях застосовують штучну аероіонізацію. Доцільно штучну іонізацію використовувати і в теплицях.

Обладнання для аероіонізації повітря у виробничих приміщеннях повинно поповнювати повітряне середовище тільки легкими негативними іонами. Цим вимогам відповідають електричні аероіонізатори, які використовують коронний розряд.

Для створення коронного розряду необхідно, щоб один з електродів мав невеликий радіус кривизни (голчаті електроди, електроди з тонкого проводу), тоді навколо цього електроду за напруженості поля 15 кВ/см та більше, розпочинається ударна іонізація атомів газів, створюються позитивні та негативні іони, які спрямовуються до електрода другої полярності.

Найчастіше використовують голчаті електроди довжиною 20...40 мм, на які подається від'ємний потенціал 10...80 кВ від джерела високої напруги. Такі електроди забезпечують рівномірний розподіл аероіонів в невеликих приміщеннях на зразок «люстри Чижевського». Споживання електроенергії іонізатором незначне, оскільки струм становить десяті частки міліампера.

Аерозольні технології в сільському господарстві застосовують для розпилення лікарських препаратів, очищення та дезінфекції повітря. Використання для цього електрично заряджених аерозолів суттєво підвищує кількість аерозолів, що осаджуються на поверхнях.

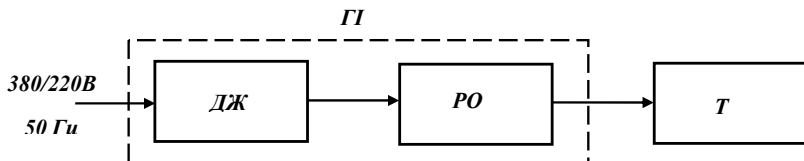
Електричний заряд передають аерозолям контактною передачею або шляхом осадження на них іонів в полі коронного розряду. Тоді аерозоль, який має заряд рухається силовими лініями електричного поля до протилежного електрода і осаджується на потрібній поверхні. Витрати аерозолю скорочуються при цьому в 2...4 рази. Установка теж повинна мати високовольтне джерело.

**Електроімпульсні процеси і параметри електричних імпульсів.** У деяких електротехнологічних процесах на об'єкт, що обробляється, діє електрична енергія протягом короткого проміжку часу з паузами. Таке використання електричної енергії називають імпульсним, а саму дію – електричними імпульсами.

Імпульсна технологія характеризується високою швидкістю введення енергії в технологічний об'єкт, дозволяє отримати короткочасну потужність дії, яка значно перевищує номінальну потужність джерела.



Загальна схема процесів електроімпульсної технології (рис. 3.5) включає технологічний об'єкт *ТО* і генератор електричних імпульсів *ГІ*, дозуючий за часом споживання енергії від джерела живлення та її використання технологічним об'єктом.



**Рис. 3.5. Загальна схема процесів електроімпульсної технології:**  
*ГІ* – генератор імпульсів; *ДЖ* – джерело енергії; *РО* – робочий орган;  
*ТО* – технологічний об'єкт

Тривалість і максимальне значення напруги або сили струму – основні параметри електричних імпульсів. В електроімпульсній технології зазвичай застосовують періодичну послідовність імпульсів, яка характеризується частотою повторень і скважністю. Скважність імпульсів визначають за формулою:

$$q = \frac{T_i}{\tau_i}, \quad (3.9)$$

де  $T_i$  – період повторення імпульсів, с;  $\tau_i$  – тривалість імпульсу, с.  
 Частоту повторення імпульсу визначають за формулою:

$$f = \frac{1}{T_i} = \frac{1}{q \tau_i}. \quad (3.10)$$

Якщо  $T_i \gg \tau_i$ , то вважають, що на технологічний об'єкт діють не періодичні, а одиночні імпульси.

Об'єкти обробки електроімпульсної технології, робоче середовище, яке може знаходитися у будь-якому фазовому стані (рідкому, газоподібному, твердому), а також і біологічні об'єкти (тварини і рослини).

**Електричні загорожі.** З установок високовольтної техніки поширені в сільському господарстві також електричні загорожі, призначені для організації пасовищ, запобігання пошкодженню посівів тваринами, огорожі літніх таборів.

До комплексу електричної загорожі входять: сталевий дріт діаметром 1-1,5мм, що кріпиться на ізоляторах, встановлених на дерев'яних або металевих стояках; генератор імпульсів високої напруги; джерела живлення (сухі батареї, акумулятори). Імпульсна напруга на холостому ході генератора становить 10...15 кВ. У разі до-

тику тварини до дроту напрута знижується до 40...160 В, струм зростає до 0,15...1,0 А. Частота імпульсів становить один за секунду, тривалість імпульсів десятки мілісекунд. Такі параметри виключають можливість смертельного ураження тварин струмом, а спричиняють лише «відлякуючий» ефект.

Генератор імпульсів працює в 2-х режимах: в автоколивальному, коли імпульси виробляються безперервно та в очікувальному, коли імпульси виробляються тільки у разі дотику тварини до дроту. Такі принципи закладено в основу загорож типу ІЭ-200 і ЭИП-1-1. Принцип дії генератора імпульсів базується найчастіше на накопиченні енергії в конденсаторі і наступним його розрядом на певинну обмотку підвищувального трансформатора.

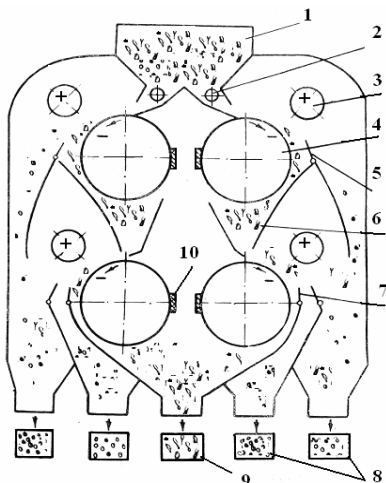
У місцях, де можлива поява людей, на електрозагорожу вивішують плакати (*Небезпечно! Електрична загорожа*).

**До електротехнологічних засобів передпосівної підготовки насіння** належать електростатичний сепаратор для очищення та сортування насіння, електромагнітний та електростатичний стимулятори, а також лінія для передпосівного оброблення насіння в електричних полях високої напруги.

Електростатичний сепаратор призначений для очищення і сортування зернових матеріалів в електричному полі високої напруженості, що в подальшому поліпшує посівні якості насіння та підвищує врожайність сільськогосподарських культур. Суть запропонованої технології полягає в тому, що під час очищення і сортування поряд із фізико-механічними властивостями насіння використовуються електричні (діелектрична проникність, величина і час поляризації, провідність), які залежать від біологічної структури кожної насінини та її хімічного складу. Розділення зернового матеріалу проходить в електростатичному полі, в якому частинки зернової суміші залежно від їх електрофізичних властивостей отримують різні за величиною електричні заряди на барабані-електроді та відриваються і рухаються від його поверхні з різними траєкторіями. Тому процес розподілу насіння на фракції проходить з урахуванням стиглості, хімічного складу та біологічної природи насіння. Сепаратор може використовуватися для очищення та сортування насіння зернових, технічних, овочевих та інших сільськогосподарських культур.

Електростатичний сепаратор складається з рами, електродної системи сепарувального блока, електропривода, джерела високої напруги, пульта керування. Електродна система сепарувального блока має заземлений та ізольований барабани-електроди, які приводяться в обертання через редуктор від електродвигуна постійного струму. Для очищення робочих поверхонь барабанів-електродів на

ізоляторах встановлено спеціальні щітки. Технологічну схему електростатичного сепаратора насіння і технічну характеристику наведено на рис. 3.6.



**Рис. 3.6. Технологічна схема електростатичного сепаратора насіння:**  
1 – завантажувальний бункер; 2 – пристрій подавання зерна; 3 – ізолюваний барабан-електрод; 4 – заземлювальний барабан-електрод; 5, 7 – розділювальні перегородки; 6 – проміжний бункер основної фракції; 8 – фракції відходів; 9 – фракція кондиційного насіння; 10 – очищувальна щітка

Для стимуляції до проростання насіння основної фракції обробляють в електроімпульсному та електромагнітному полях.

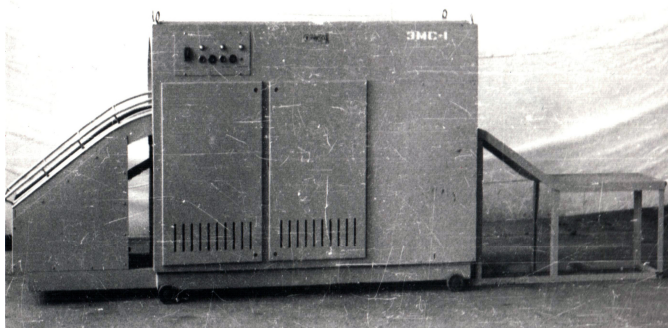
Електромагнітний стимулятор призначений для стимуляції біологічних процесів насіння сільськогосподарських культур, в результаті чого підвищується енергія проростання, схожість насіння та врожайність культур. Електростимулятор створює електромагнітне поле низької частоти.

Електромагнітний стимулятор складається з генератора сигналів звукової та ультразвукової частоти, технологічного вузла обробки насіння, датчика наявності електромагнітного поля. Технологічний вузол обробки насіння включає котушку індуктивності та магазин ємностей.

Загальний вид електромагнітного стимулятора і технічна його характеристика наведено на рис. 3.7.

Технологічний процес обробки насіння в електромагнітному полі включає такі операції. Зернова суміш завантажується в техно-

логічний вузол котушки індуктивності, насипом або в мішкотарі, і включається генератор. У генераторі ручкою зміни частоти настроюється коливний контур на резонансну частоту. Резонансна частота фіксується за максимальним розжарюванням лампочки датчика наявності електромагнітного поля. Витримується певний час обробки, який становить 10...15 хв. Після цього виключається генератор, висипається зернова суміш з технологічного вузла. Якщо зернова суміш знаходиться в мішку, то його виставляють з технологічного вузла. Обробка насіння проводиться за 10...20 днів до висіву. Генератор і технологічний вузол обробки насіння встановлюється на горизонтальній площині на відстані між ними 2...3 м. Корпус генератора заземлюється на контур заземлення. Клеми виходу генератора з'єднуються з клемми технологічного вузла. Всі перемикачі та тумблери на панелі генератора мають бути відповідно в нульовому положенні та вимкнено.

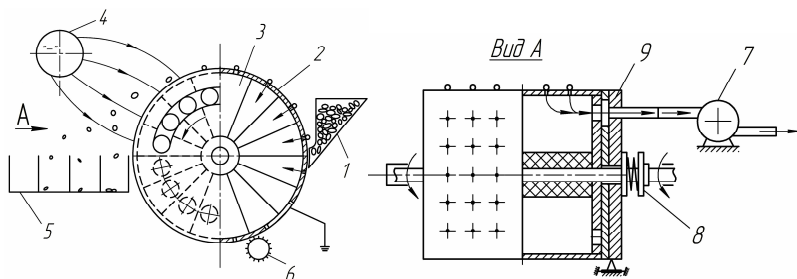


**Рис 3.7. Загальний вид електромагнітного стимулятора насіння**

Електроімпульсний стимулятор призначений для біологічної стимуляції насіння сільськогосподарських культур в електростатичному полі високої напруги. Електростатичний стимулятор складається з джерела високої напруги, струмопровідної транспортерної стрічки та електронної системи для створення імпульсів електростатичного поля різної форми і тривалості (рис. 3.8).

Під час обертання барабана 2, внаслідок розрідження, що створюється пневмосистемою 7, насіння притягується з вивантажувального вікна до отворів барабана і подається в робочу зону міжелектродного простору електросепаратора. Розділення зернового матеріалу за біохімічними і технологічними показниками насіння відбувається в електростатичному полі, в якому частинки

зернової суміші залежно від фізико-механічних та електричних властивостей насіння отримують різні за величиною електричні заряди на поверхні барабані-електроді з отворами 2 і відриваються від нього та рухаються від його поверхні з різними траєкторіями, розподіляючись за фракціями за стиглістю, олійністю та біологічною природою насіння. Внаслідок вакууму, що створюється пневмосистемою 7, насіння під час обертання барабана утримується над його отворами від початкового їх моменту фіксації в розташуванні бункера до входження в робочу зону міжелектродного простору.



**Рис. 3.8. Загальний вид орієнтаційно-дозувального пристрою електросепаратора насіння:**

1 – бункер для насіння; 2 – барабан з отворами; 3 – камера пневмосистеми; 4 – електромагніт; 5 – ємності для насіння та відходів; 6 – очисник; 7 – пневмосистема

Орієнтаційно-дозувальний пристрій має систему продувки фіксувальних отворів від забивання їх твердими частинками пилу та вороху.

Лінія передпосівної підготовки насіння складається з електростатичного сепаратора, імпульсного електростатичного стимулятора, транспортерів завантаження та розвантаження насіння, джерела високої напруги і пульта керування. Зернова суміш подається транспортером завантаження в бункер електростатичного сепаратора звідки спрямовується в робочі зони електричного поля, створені протилежно зарядженими високопотенціальними та заземлювальними барабанными електродами. У процесі контакту із заземленими електродами зернові частинки суміші залежно від своїх фізико-механічних та електричних властивостей отримують заряди різної величини і відштовхуються від нього з різними кутами відриву в бік протягування до високопотенціальних електродів, що зумовлює їх рух з

неоднаковими траєкторіями. Під час виходу зернового матеріалу із зони дії електростатичного поля утворюється своєрідне віяло, яке розсікається перегородками перших технологічних секцій на дві фракції. Некондиційне насіння і домішки, відібрані в першій секції, спрямовуються в приймальний бункер відходів. Частково очищене насіння основної фракції надходить в другу технологічну секцію сепарування, де зернова суміш проходить додаткове очищення та сепарацію і в подальшому потрапляє в імпульсне електростатичне поле стимулятора. Після обробки в стимуляторі чисте насіння надходить в мішкотару або висипається в бурти. Лінія може використовуватися для передпосівної обробки насіння зернових, технічних, овочевих та інших сільськогосподарських культур. Загальний вид лінії передпосівної обробки насіння наведений на рис. 3.9.



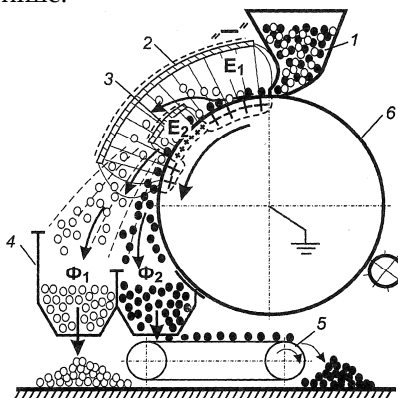
**Рис. 3.9. Лінія передпосівної обробки насіння:**

- 1 – завантажувальний транспортер; 2 – бункер для зерна; 3 – високо-потенціальний електрод; 4 – заземлювальний барабан-електрод;
- 5 – імпульсний електростатичний стимулятор; 6 – розвантажувальний транспортер

З метою поліпшення біохімічних, фізіологічних і технологічних показників насіння хрестоцвітих культур, що забезпечить у подальшому підвищення урожайності культур, а також дозволить збільшити виробництво олії і покращити її харчові властивості, розроблено електростатичні електросепаратори з комбінованою електродною системою (рис. 3.10) та з орієнтаційно-дозувальним пристроєм.

Технологічний процес електросепарації зернового матеріалу з використанням комбінованої електродної системи проходить наступним чином. Зернова суміш із бункера 1 подається барабаном 6

в робочій зоні електричного поля міжелектродного простору, створені негативно зарядженими високо-потенціальними пластинами 2 і 3 і барабаном – електродом 6, позитивного заряду. У зонах електричного поля високих напруженостей основної та додаткової електродних систем зернові частинки суміші в результаті контакту з позитивно зарядженим електродом залежно від фізико-механічних та електричних властивостей отримують позитивні заряди різної величини і відштовхуються від нього з різними кутами в бік притягання електродних пластин. Зернові частинки, що мають значну провідність і діелектричну проникність, зокрема насіння бур'янів, отримують відповідно більший контактний переданий заряд і скоріше відриваються від поверхні барабана порівняно з достиглим насінням олійної культури, у яких поляризаційні процеси відбуваються значно повільніше.



**Рис. 3.10. Технологічна схема розділення зернової суміші ріпака в комбінованій електродній системі електросепаратора:**

- 1 – завантажувальний бункер; 2, 3 – високопотенціальні електроди основної та додаткової електродних систем; 4 – приймальний бункер; 5 – вивантажувальний транспортер; 6 – заземлювальний барабан-електрод;  
 $\Phi_1$  – фракція відходів;  $\Phi_2$  – фракція очищеного насіннєвого матеріалу;  
 $E_1, E_2$  – напруженості електричного поля основної та додаткової електродних систем

Таким чином, в міжелектродному просторі насіння бур'янів та основної культури залежно від величини отриманого ними заряду рухаються з неоднаковими траєкторіями, потрапляючи у секції приймального бункера 4, зокрема насіння бур'янів потрапляє у фракцію відходів, а насіння основної культури – у фракцію очищеного зернового матеріалу.



## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Загальна характеристика електрофізичної обробки матеріалів.
2. Електророзсолення ґрунтів.
3. Використання біологічної дії електричного струму.
4. Вплив електричного струму на насіннєвий матеріал і рослини.
5. Електричні огорожі.
6. Посереднє опалення за допомогою теплових насосів. Поняття коефіцієнта перетворення.
7. Ефект Пельтьє. Термоелектричні перетворювачі теплоти.
8. Принцип дії термоелектричних холодильників.
9. Класифікація споруд захищеного ґрунту і засоби їх електрообігріву.
10. Електродний, індукційний і електрокалориферний обігрів культиваційних споруд.
11. Класифікація культиваційних споруд з питань електробезпеки.
12. ПТЕ і ПТБ споруд захищеного ґрунту.
13. Теплова обробка молока, соків та інших рідких речовин.
14. Електротехнологічні установки для обробки кормів.
15. Установки для сушіння зерна.
16. Бункери активного вентилявання БВ.
17. Використання іскрового розряду в рослинництві та кормовиробництві.
18. Загальні відомості про використання сильних електричних полів у сільськогосподарському виробництві.
19. Очищення і сортування насіння в електричних полях.
20. Обробка насіннєвого матеріалу в електричних полях.
21. Класифікація атмосферних іонів та їх вплив на живі організми.
22. Штучна іонізація повітря в приміщеннях.
23. Електронагрівні установки сільськогосподарського призначення та їх класифікація.
24. Нагрівання опором. Нагрівні елементи.
25. Елементні водонагрівачі. Будова, принцип дії.
26. Електродні водонагрівачі. Будова, принцип дії.
27. Установки для індукційного нагріву. Будова, принцип дії.
28. Електрозварювальне обладнання для ручного дугового зварювання. Вимоги до їх характеристик.
29. Будова, принцип дії, зварювального трансформатора.
30. Будова, принцип дії, зварювального генератора.
31. Використання електротехнологічних установок у сільськогосподарському виробництві.



## РОЗДІЛ IV

# АВТОМАТИЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

### 4.1. Обсяги автоматизації

До мобільних належать такі технологічні процеси, що виконуються безупинно пересувними машинами й агрегатами: перевезення вантажів, обробіток ґрунту, сівба і садіння рослин, догляд за рослинами і їх збирання. Їх виконують автомобілями, тракторами, плугами, культиваторами, сівалками, жниварками, комбайнами і тому подібне.

Рівень автоматизації мобільних процесів відстає від рівня автоматизації стаціонарних процесів через складність створення систем автоматики для мобільних машин. Незважаючи на складності, на тракторах і сільськогосподарських мобільних машинах широко використовуються такі засоби автоматики: прилади для контролю рівня палива, температури води і гальмівної рідини, тиску масла і частоти обертання двигунів внутрішнього згоряння; регулятори оборотів і потужності, температури охолоджувальної рідини й масла в системі мащення двигунів внутрішнього згоряння; автоматичні захисні пристрої, що охороняють робочі органи машини від поломок під час зустрічі з перешкодами чи обмежувачі зусиль та значення крутного моменту на валу машини; автоматичні пристрої для відведення робочих органів від стовбурів дерев, стовпів, кущів для машин, що працюють у плідівництві та виноградарстві; тягло-во-зчіпні пристрої для автоматичного приєднання і відокремлення робочих машин від тяглових; сигналізатори про заповнення збірних ємностей продуктом чи про забивання робочих органів матеріалом, наприклад, для бункерів, шнеків і соломотрясів комбайна; автомати для утворення паків та рулонів сіна чи соломи в прес-підбирачах, в'язальні апарати жаток снопов'язалок, пакових та рулонних прес-підбирачів.

Робота більшості з перерахованих пристроїв базується на механічних чи гідромеханічних принципах із приводом від вала відбору потужності. Багато пристроїв зв'язані з технологічним рухом робочих органів і коліс агрегату.

З появою сучасних напівпровідникових засобів електроніки і мікропроцесорної техніки на мобільних машинах і агрегатах стали використовувати електричні засоби автоматики у поєднанні із гідравлічними виконавчими механізмами для вимірювання, контролю і керування.

Розроблено і впроваджується низка САУ, призначених для: водіння тракторів під час оранки, сівби і садіння рослин; підтримки стабільності глибини оранки; орієнтування трактора і робочих органів сівалки і культиватора під час сівби і міжрядного обробітку просяпних культур, виноградників; водіння зернозбирального комбайна вздовж краю нескошеної хлібної маси під час скошування врожаю чи валками скошеної хлібної маси під час її обмолоту; регулювання висоти зрізу хлібної маси чи трави під час збирання; дотримання рівномірності висіву насіння сівалками чи садіння розсади садильною машиною; регулювання завантаження молотильних апаратів і сило-созбиральних агрегатів; вирівнювання сільськогосподарських машин та їхніх робочих органів, що працюють на схилах.

Таким чином, мобільні машини й агрегати обладнують засобами і системами автоматики для керування траєкторією і швидкістю руху, завантаженням робочих органів і глибиною обробітку ґрунту, шириною захвату і висотою зрізу, координатами положення робочих органів і оброблюваного матеріалу, рівномірністю висіву і подавання оброблюваного продукту в машину.

За досягнення граничних значень контрольованих параметрів чи під час виникнення аварійних режимів засоби автоматики попереджають персонал або припиняють технологічний процес.

## 4.2. Основні поняття та визначення

Механізація виробничих процесів у сільському господарстві звільнила людину від важкої праці, яка потребує витрат фізичної енергії. Для того, щоб машина виконувала свої функції відповідно до її призначення, нею необхідно управляти, тобто здійснювати пуск, зупинку, змінювати режим роботи і виконувати інші операції управління, спрямовані на виконання машиною певного технологічного процесу.

Мета управління може бути різною залежно від призначення машини, режиму її роботи та інших факторів. Управління здійснюється шляхом дії на органи управління, передбачені в будь-якій машині чи установці.

Управління може здійснювати людина або технічний пристрій. У першому випадку управління називається ручним, а в другому – автоматичним.

Машину або установку, обладнану технічним кермовим пристроєм і діє без безпосередньої участі людини, називають **автоматом**. Створення і використання автоматів являє собою новий етап машинного виробництва, який називають автоматизацією. Автоматизація як більш високий етап машинного виробництва розви-

вається на базі механізації та електрифікації сільськогосподарського виробництва.

Автомат можна розглядати як систему, яка складається з об'єкта управління (ОУ) і автоматичного кермового пристрою (АКП), які взаємодіють між собою в процесі роботи для досягнення певної мети управління. Об'єктом управління може бути не тільки окрема машина, але й набір машин у технологічній лінії. Тому, в більш широкому розумінні, установки, в яких управління здійснюється за допомогою автоматичного кермового пристрою (АКП), називають системами автоматичного управління (САУ).

Стан об'єкта управління (ОУ) може характеризуватися багатьма показниками або параметрами. Основний показник, для якого визначають мету управління, в автоматичці називають змінною управління або вихідною величиною об'єкта управління (ОУ). Вихідну величину позначають  $y(t)$  незалежно від її фізичної природи.

Положення кермового органу або пропорціональна йому кількість введеної в об'єкт енергії називають керуючою дією. Керуючу дію називають також керуючою змінною або вхідною величиною об'єкта. Керуючу дію позначають  $u(t)$  незалежно від її фізичної природи.

У найпростішому випадку в САУ виділяють одну вхідну і одну вихідну величину. Такі САУ називають одномірними або САУ з одним каналом управління «вхід-вихід». Системи з декількома вхідними і вихідними величинами називають багатомірними. Наприклад, в тепловому двигуні збільшення подачі горючої суміші призводить до збільшення частоти обертання колінчастого вала двигуна і температури двигуна; частота обертання вала генератора змінного струму впливає на частоту і напругу електричного струму і тому подібне.

У процесі роботи на об'єкт управління діють зовнішні та внутрішні фактори, які призводять до зміни вихідної величини  $y(t)$  об'єкта. Дії, що порушують заданий стан об'єкта управління, характер, дії і значення яких має випадковий характер називають збуреннями. Збурення позначають  $f(t)$  незалежно від їх фізичної природи.

Основним збуренням будь-якого об'єкта управління є навантаження. Залежно від природи об'єкта управління навантаженням може бути опір на валу двигуна, що створюється робочою машиною, витрата речовини, температура середовища, електричний опір та інші.

У системі автоматичного управління відхилення керованої величини від заданого значення перетворюється кермовим пристроєм в керуючу дію на об'єкт через його кермовий орган.

Схематично автоматичну систему можна зобразити у вигляді об'єкта управління та кермового пристрою (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Схематичне зображення автоматичної системи управління

#### 4.3. Функціональні елементи автоматичних пристроїв

Автоматичні кермові пристрої (АКП) і регулятори складаються з окремих елементів, які виконують певні функції. Якщо регулятор виконаний у вигляді окремого виробу, то в ньому можна виділити окремі частини, що виконують функції, необхідні та обов'язкові для АКП чи регулятора.

Основні функціональні елементи АКП чи регулятора такі: задавальний елемент, сприймаючий елемент, елемент порівняння, кермовий елемент, виконавчий елемент. Крім цих елементів у більш складних АКП використовують коригувальні елементи. Призначення кожного елемента визначається його назвою.

**Задавальний елемент (ЗЕ)** служить для ставлення завдання регулятору; він виробляє еталонну величину  $x_0$ , з якою порівнюють фактичне значення величини  $y$ . ЗЕ задає алгоритм функціонування об'єкту управління.

**Сприймаючий** (вимірювальний, чутливий) елемент (СЕ) призначений для отримання інформації про фактичний стан регульованої величини об'єкта у вигляді сигналу певної фізичної природи.

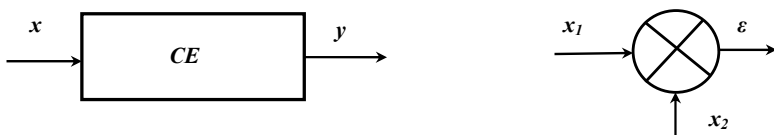
**Елемент порівняння** (ЕП) служить для порівняння еталонної величини  $x_0(t)$  і фактичного значення керованої величини  $y(t)$ ; на виході цього елемента отримуємо результат порівняння у вигляді  $\varepsilon = x_0 - y$ . Для цього обидві порівнювальні величини мають бути однакової фізичної природи.

**Кермовий елемент** (КЕ) формує керуючий сигнал відповідно до прийнятого алгоритму управління. Оскільки сигнал, що поступає на КЕ, зазвичай, має малу потужність, то здебільшого його підсилюють до потужності, достатньої для приведення в дію виконавчого механізму. Під час формування більш складних алгоритмів управління які КЕ можуть бути логічні елементи або електронні обчислювальні машини.

**Виконавчий елемент** (ВЕ) перетворює керуючий сигнал в керуючу дію  $u(t)$  на об'єкт управління через його кермовий орган. Якщо регулюючий орган об'єкта потребує механічного переміщення, то ВЕ називають виконавчим механізмом або сервомеханізмом.

**Коригувальні елементи** (КЕ) покращують динамічні властивості процесу регулювання і вводяться в автоматичний кермовий пристрій за обґрунтованої необхідності.

У схемах функціональний елемент позначають прямокутником, всередині якого записано скорочену назву виконуваної функції. Вхідний і вихідний сигнали позначають відповідно  $x$  і  $y$  (рис. 4.2а). Виключенням є елемент порівняння, який має два входи і один вихід та позначається колом (рис. 4.2б).



**Рис. 4.2. Умовні позначення в функціональних схемах:**  
а – функціонального елемента; б – елемента порівняння

Функціональна схема є першим етапом формалізації системи автоматичного керування (регулювання), яка виділяє тільки ті елементи і зв'язки між ними, які становлять суть автоматичного керування.

#### 4.4. Автоматичні системи керування глибиною оранки

**Автоматичні системи керування глибиною оранки** призначені для контролю і стабілізації глибини оранки причіпними і начіпними плугами.

Серед багатьох запропонованих методів керування глибиною оранки до практичного використання були доведені силовий, висотний і комбінований способи.

**Силовий спосіб** ґрунтується на тому, що тяговий опір плуга пропорційний глибині оранки. За збільшення чи зменшення тягового опору спеціальна пружина, що встановлена між трактором і плугом, стискується чи розтискується і переміщає поршень крмового золотника. Внаслідок цього за допомогою силового гідроциліндра відбувається виглиблення чи заглиблення лемешів плуга до заданої величини стискального зусилля. Водночас цей спосіб дозволяє стабілізувати навантаження трактора і утримувати глибину оранки в межах економічної роботи трактора.

Однак, силовий спосіб задовільно працює тільки на однорідних ґрунтах за постійної швидкості руху трактора, тобто коли стискальне зусилля залежить тільки від глибини ходу лемешів.

Для неоднорідних ґрунтів був запропонований **висотний спосіб** (рис. 4.3). Перед лемешем 1 плуга встановлюється спеціальне опорне колесо 2, яке є датчиком глибини, а органом, що задає і порівнює, є пружина 3. Під час зміни глибини оранки відбувається відкриття вікон а та б золотника 4.

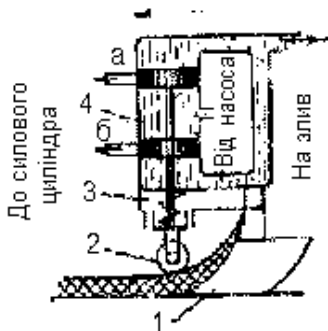


Рис. 4.3. Схема пристосування для керування глибиною оранки:

1 – леміш; 2 – опорне колесо; 3 – пружина; 4 – золотник; а, б – вікна

Через відкриті вікна масло під тиском надходить до силового циліндра, що регулює висоту плуга, відновлюючи глибину оранки.

Недолік висотного способу – стабілізація глибини оранки тільки того лемеша, перед яким встановлюється опорне колесо. Застосовують також **комбінований спосіб**, що поєднує пристрої силового і висотного способів керування. Розробляються інші способи автоматичного регулювання глибини оранки.

#### 4.5. Автоматичний пристрій для керування фрезою

Автоматичний пристрій для керування фрезою використовується під час обробки пристовбурних смуг у садах для відведення фрези від стовбурів дерев чи кущів. Відведення фрези 1 здійснює силовий гідроциліндр 2 у разі зіткнення шупа 8 з деревом чи кущем 7 (рис. 4.4). Шуп повертається за годинниковою стрілкою і замикає контакти 5. Як результат, спрацьовує електромагніт УА2, що відкриває вікна а і б золотника 3. Масло під тиском надходить через вікна у верхню порожнину циліндра 2 і штоком поршня повертає фрезу 1 за годинниковою стрілкою, доки не розімкнеться в крайньому положенні кінцевий вимикач 10 і замкнеться вимикач 9.

При цьому електромагніт УА1 відключається і вікна золотника 3 закриваються поршнями під дією пружин, фіксуючи фрезу у відведеному стані. Після обходу фрезою перешкоди шуп 8 під дією пружини 6 повертається у вихідний стан і замикає контакти 4, що призводить до спрацьовування електромагніту УА3 і відкриття вікон а і б золотника 3. При цьому масло надходить через вікно б у нижню порожнину гідроциліндра 2, а фреза займає робоче положення, за якого розмикається кінцевий вимикач 9 і вікна золотника перекриваються його поршнями.

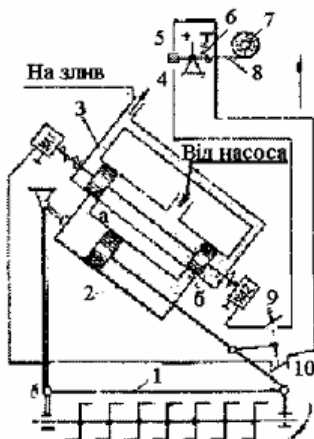


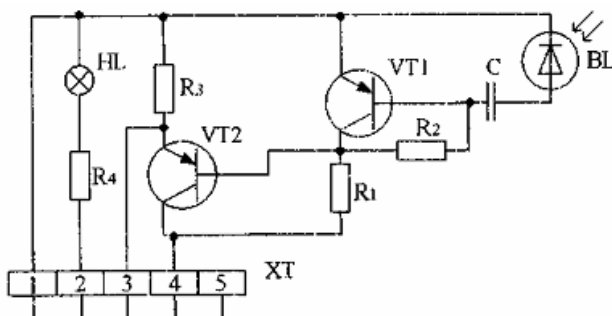
Рис. 4.4. Схема пристосування для керування фрезою в садах:

1 – фреза; 2 – силовий гідроциліндр; 3 – золотник; 4, 5 – контакти; 6 – пружина; 7 – дерево чи кущ; 8 – шуп; 9 – вимикач; 10 – кінцевий вимикач; а, б – вікна

#### 4.6. Автоматизація посівних машин

Важливими системами контролю за правильним виконанням технологічних операцій під час сівби є системи контролю висіву: «КЕДР», УСК, ХА та інші. У сівалках часто порушується нормальна робота механізмів: забиваються ґрунтом сошники, потрапляють сторонні предмети у висівні апарати тощо. Всі ці недоліки призводять до нерівномірності висіву насіння, що істотно знижує врожайність. Контроль за роботою сівалок дозволяє механізатору приділяти основну увагу водінню агрегату, забезпечуючи пряmlinіюність рядків та задане стикування міжрядь.

Систему «КЕДР» встановлюють на сівалках СУПН. Живиться вона від бортової електричної мережі трактора, з яким агрегатується сівалка, і складається з восьми датчиків контролю висіву насіння та двох – рівня насіння, блоків підсилювання та індикації і з'єднувальних кабелів. Датчики контролю висіву насіння – це П-подібний корпус, де знаходяться освітлювальна лампа, фотодатчик та електричний підсилювач (рис. 4.5).



**Рис. 4.5. Принципова схема датчика контролю висіву насіння системи «КЕДР»:**

BL – фотодіод; VT1 і VT2 – транзистори; R1...R4 – резистори; С – конденсатор; hl – лампа; ХТ ф роз'єднувач

У разі подачі живлення лампа НЛ освітлює фотодіод ВЛ, який є чутливим елементом. Насіння, яке висівається, перетинає світловий промінь між лампою та фотодіодом, що спричиняє зміну фотоструму. Фотодіод через конденсатор СІ підключений до двокаскадного транзисторного підсилювача (транзистори VT1 і VT2). У разі зміни фотоструму на виході підсилювача виникають електричні імпульси.



Датчик контролю наявності насіння в бункері (рис. 4.6) теж має П-подібний корпус, де знаходяться лампа, фото- та баластний резистори. У разі подачі напруги живлення лампа HL освітлює фоторезистор BL. У цьому випадку його опір становить десятки кілоом і струм на виході фоторезистора є сигналом датчика рівня про відсутність насіння в бункері. Якщо фоторезистор знаходиться в шарі насіння, то його опір досягає десятків мегаом і на виході сигнал відсутній.

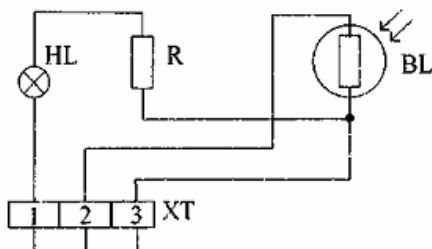


Рис. 4.6. Принципова схема датчика контролю наявності зерна в бункерах системи «КЕДР»:

HL – лампа; BL – фоторезистор; R – резистор, XT – роз'єднувач

#### 4.7. Автоматизація збиральних машин

Автоматичне керування висотою зрізування кормових трав (рис. 4.7), кукурудзи та іншої зеленої маси на корм худобі застосовують на силосозбиральних комбайнах і сінокосарках. Висота зрізу має бути мінімально допустимою, що підвищує збирання кормів з полів та луків.

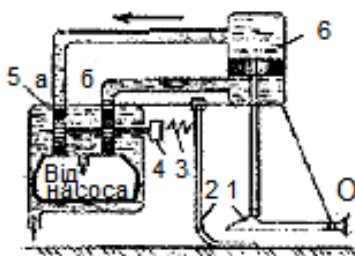


Рис. 4.7. Схема пристосування для керування висотою зрізу:

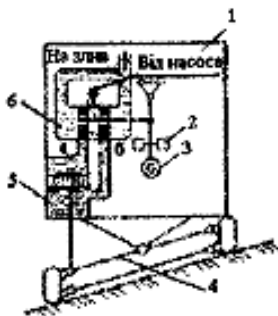
1 – різальний апарат; 2 – ползковий шук; 3 – пружина; 4 – запобіжний пристрій; 5 – золотник; 6 – силовий циліндр; а, б – вікна

Для цього використовують ползковий шук, що копіює рельєф поля. Ползковий шук 2 до поверхні поля притискається пружиною 3. Якщо висота зрізу відповідає заданій, то вікна а і б золот-

ника 5 закриті, а поршень силового циліндра 6 і апарат 1, що ріже, жорстко скріплені з поршнем, знаходяться на постійній висоті від поверхні поля. У разі зміни рельєфу поля полозковий щуп 2 відкриває вікна а і б золотника 5, і за допомогою силового гідроциліндра 6 відбувається відновлення заданої висоти апарата 1, що ріже. При цьому вікна золотника закриваються, оскільки щуп повертається у вихідне положення. Запобіжний пристрій 4 запобігає поломці золотника 5 у разі наїзду полозкового щупа 2 на перешкоду.

Автоматичне керування вирівнюванням молотарки зернозбирального комбайна під час роботи на схилах дозволяє зберігати паралельність молотарки комбайна поверхні ґрунту і горизонтальність положення молотильного барабана й очисних пристроїв. Вручну ці операції виконувати дуже складно, тому що кут нахилу поверхні горбкуватої і гірської місцевості міняється безупинно.

У разі роботи комбайна без системи автоматичного керування молотаркою на поперечних схилах з кутом ухилу більш  $8^\circ$  маса, що переробляється, збирається на похилому боці комбайна, внаслідок чого порушується технологічний процес обмолоту зерна: збільшується до 20...30% невимолот, до 30% – пошкоджуваність зерна і має місце забивання молотильних барабанів хлібною масою. Для вирівнювання корпус гірського комбайна встановлюють на паралелограмній ходовій частині 4 (рис. 4.8) і комбайн обладнують гідросистемою керування.



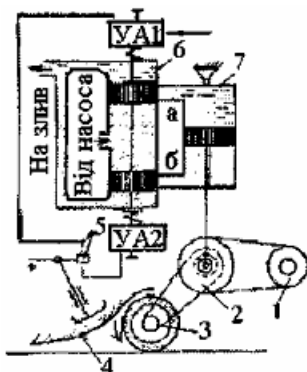
**Рис 4.8. Схема пристосування для вирівнювання молотарки комбайна:**

- 1 – корпус; 2 – демпфірувальні пристрої; 3 – вантажний маятник;
- 4 – паралелограмна ходова частина; 5 – силовий гідроциліндр;
- 6 – золотник; а, б – вікна золотника

У разі нахилу корпусу 1 комбайна, наприклад, вліво вантажний маятник 3 також відхиляється вліво і відкриває вікна а і б золотника 6. Масло під тиском надходить у вікно а і діє на поршень си-

лового гідроциліндра 5. Оскільки цей поршень закріплений жорстко до ходової частини комбайна, то повертається молотарка комбайна за годинниковою стрілкою відповідно осі його кріплення. Коли корпус займає горизонтальне положення, поршні золотника під дією маятника перекривають вікна золотника і жорстко фіксують положення гідроциліндра. Пристрої 2, що демпфірують призначені для виключення помилкових спрацьовувань системи під час поштовхів і короточасних відхилень молотарки від горизонтального положення.

Автоматичне керування оптимальним навантаженням молотарки зернозбирального комбайна здійснюється регулюванням швидкості пересування комбайна за допомогою зміни передатного числа варіатора 2, що передає обертаючий момент від вала двигуна 1 комбайна на привід коліс 3 (рис. 4.9).



**Рис. 4.9. Схема пристосування для керування навантаженням комбайна:**

1 – двигун; 2 – варіатор; 3 – привід коліс; 4 – напрямна поверхня;  
5 – контакти; 6 – поршень золотника; 7 – гідроциліндр; а, б – вікна

Наприклад, за збільшення товщини хлібної маси на напрямній поверхні 4 ползковий датчик товщини маси замикає верхні контакти 5 і включається електромагніт УА1, що пересуває поршень золотника і відкриває вікна а і б. Масло під тиском через вікно а надходить до гідроциліндра 7 і пересуває поршень силового циліндра донизу. В результаті цього у варіатора 2 збільшується передатне число, комбайн знижує швидкість руху, і, отже, зменшується подача хлібної маси в молотильний барабан. При цьому розмикаються контакти 5, а поршні золотника б під дією пружини закривають вікна а і б.

Є також інші схеми регулювання завантаження молотильного барабана, наприклад, за крутним моментом на його валу, а також за товщиною хлібної маси під ланцюгами похилого транспортера жнивarki. САУ завантаженням молотильного барабана забезпечує зменшення втрат зерна і кращу якість обмолоту.

Широко застосовується метод контролю завантаження робочих органів збиральних машин, який ґрунтується на контролі частоти обертання робочих валів. У разі перевантаження будь-якого органа машини його вал зменшує частоту обертання. На індикації частоти обертання і створюються системи контролю завантаження робочих органів сільськогосподарських машин.

Розроблений і виготовляється цілий клас таких систем. Крім контролю частоти обертання, вони контролюють втрати продукції, рівень її в бункерах тощо.

Розглянемо конструкцію та роботу такої системи контролю на прикладі УСАК-13. Система призначена для автоматичного контролю частоти обертання 13 робочих органів самохідної коренезбиральної машини КС-6Б і подавання світлової та звукової сигналізації за зниження частоти обертання у тому чи іншому вузлі з визначенням його місця знаходження. За допомогою сигнальних ламп контролюють приводи копачів (з 1 по 6 датчик), шнека (датчик 7), бітерів копачів (датчик 8), передавального вала (датчик 9), поздовжнього транспортера (датчик 10), завантажувального елеватора (датчик 11), стрічкового транспортера (датчик 12), грудкоподрібнювача (датчик 13). Система УСАК-13 складається з 14 датчиків (один запасний), блока управління, а також 14 кабелів для під'єднання датчиків до блока.

Блок управління призначений для сприймання сигналів від датчиків, їх аналізу та формування сигналу на індикаторах. До блока приєднують всі елементи і вузли системи. На його передній панелі розміщені клеми для підключення живлення від електрообладнання комбайна, клема підключення звукового сигналу, штепсельний роз'єм «Індикатор» для підключення індикатора та «Датчик» – датчиків, перемикач «К-І» – для перевірки справності системи, два запобіжники: «2А» – для кола живлення і «5 А» – для кола звукового сигналу. Зверху блока знаходиться кришка, яка закриває місце перемикача «Датчик» для встановлення кількості підключених до системи датчиків і перемикач «Оберти», за допомогою якого встановлюють режим роботи системи контролю.

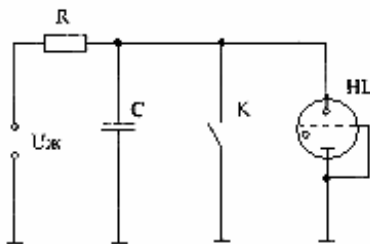
Індикатор системи призначений для розміщення органів управління та індикаторів візуальної сигналізації аварійного стану вузлів, які підлягають контролю.

Індикатор виконаний у вигляді малогабаритного блока. На його

передній панелі встановлені вимикачі живлення системи «ВКЛ» та звукового сигналу «ГУДОК», індикаторна лампа наявності живлення та 13 сигнальних ламп. На задній панелі змонтоване штепсельне з'єднання для підключення кабелю від блоку управління.

Датчик системи здійснює перетворення механічного руху обертання у послідовність електричних імпульсів. Це електромагніт з двома обмотками, розміщеними у сталюму циліндричному корпусі, і магнітним шунтом на валу, який контролюють. Одну з обмоток використовують для створення електромагнітного поля, а іншу – електричних сигналів. У корпусі датчика знаходиться фланець для встановлення датчика на вузлі. Перетворення механічного руху в електричні сигнали здійснюється за допомогою магнітних шунтів, виготовлених з урахуванням конструкції й частоти обертання робочих валів.

На рис 4.10. зображено електричну схему системи контролю, яка складається з конденсатора  $C$ , електронного ключа  $K$  і порогового елемента  $HL$ . Зарядження конденсатора здійснюється за рахунок постійної напруги  $U_{\text{ж}}$  на резисторі  $R$ . Електронний ключ спрацьовує в такт з імпульсом, який надходить від датчика. Пороговий елемент спрацьовує, якщо напруга на конденсаторі досягає граничного значення  $U_{\text{гр}}$ . Для реалізації порогового елемента використовують тиратрони типу МХТ-80 в діодному підключенні або світлодіоди.



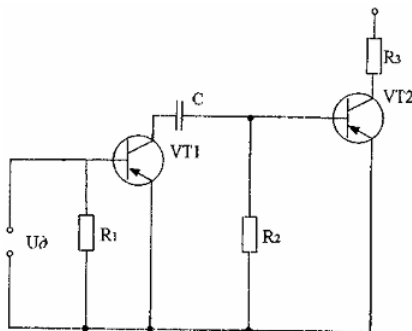
**Рис. 4.10. Спрощена принципова схема обладнання контролю УСАК:**

$C$  – конденсатор;  $K$  – електронний ключ;  $R$  – резистор;  $HL$  – тиратрон

Принцип дії системи такий. Імпульси від датчика надходять на електронний ключ  $K$ , замикають його і в цей час через ключ розряджає конденсатор  $C$ . Заряджається він за розімкненого  $K$  до напруги  $U_{\text{гр}}$  за час  $T_{\text{гр}}$ . Якщо період між двома імпульсами менший за  $T_{\text{гр}}$ , то конденсатор не встигає зарядитися до напруги  $U_{\text{гр}}$  і пороговий елемент не спрацьовує. За зниження частоти обертання робочого вала під дією перевантаження імпульси від датчика надходять через більший проміжок часу. Якщо період буде більший

$T_{тр}$ , то напруга на конденсаторі  $C$  встигає досягти  $U_{тр}$ , що призведе до спрацювання порогового елемента. При цьому конденсатор розряджатиметься через тиратрон  $HL$ . Світлова індикація проявляється у вигляді періодів загоряння тиратрона.

Ключ  $K$  складається з двох каскадів, виконаних на транзисторах  $VT1$  та  $VT2$  (рис. 4.11). Перший каскад підсилює імпульси, які надходять від датчика, до рівня спрацювання другого каскаду. Під час відкриття транзистора  $VT2$  через нього розряджається конденсатор  $C$ .



**Рис 4.11. Принципова електрична схема електронного ключа обладнання контролю УСАК:**

$R1...R3$  – резистори;  $C$  – конденсатор;  $VT1, VT2$  – транзистори;  
 $U_d$  – сигнал від датчика

Для перевірки стану основних блоків УСАК у процесі роботи застосовують блок самоконтролю, який складається з генератора, що виробляє імпульси з частотою вищою, ніж частота імпульсів від датчиків. У разі подавання напруги з такою частотою на виході всіх каналів мають з'явитися сигнали «відсутність відхилень», що свідчить про нормальну роботу системи.

#### **4.8. Автоматизація зерноочисних та сортувальних машин**

Весь врожай зернових, бобових, олійних культур і насіння трав після комбайнового збирання підлягає очищенню, а близько 55...60% зібраного врожаю необхідно сушити.

Необхідність в очищенні, сортуванні та сушінні викликана тим, що зернова маса, яка надходить з-під комбайнів, поряд із зерном містить до 20...30% домішок, а вологість зерна залежно від кліматичних умов значно відрізняється від допустимої (14%) і досягає

25% і більше. Для післязбиральної обробки і сушіння зерна використовують стаціонарні зерноочисно-сушильні пункти.

Промисловість випускає зерноочисні агрегати типу ЗАВ і очисно-сушильні комплекси типу КЗС продуктивністю від 10 до 100 т/год і вентилязовані бункери місткістю до 100 т.

Для очищення і сортування зернової маси використовують повітрорешітні та трієрні машини, а сушать зерно в зерносушарках шахтного і барабанного типів та установках активного вентилявання. Кожен агрегат і комплекс, крім зазначених машин, містить набір транспортерів і норій, зернопроводи і накопичувальні місткості, пристрої для завантаження і розвантаження автотранспорту, повітряні циклони, щити і пульти керування машинами. Усі машини погоджені за продуктивністю й об'єднані в єдину потокову лінію, що обслуговується одним або двома операторами.

Об'єднання машин у потокову лінію та їхня автоматизація дозволили підвищити продуктивність праці в 6...9 разів і знизити собівартість обробки зерна в 2,5...3,5 рази порівняно з використанням цих самих машин у розрізненому виді. Зерноочисні агрегати серії ЗАВ призначені для районів з відносно сухим кліматом, у яких вологість зерна з-під комбайна не перевищує 18%.

Зерноочисно-сушильні комплекси (КЗР-5, КЗС-10Ш, КЗС-20Ш, КЗС-40Ш, КЗС-50, КЗС-1 ОБ і КЗС-20Б) використовуються в зволожених зонах, у яких вологість зерна під час збирання перевищує 18%.

У господарствах, розташованих у зонах зі збиральною вологістю зерна 18...20%, на комплексі встановлюють бункери активного вентилявання (БВ-12,5; БВ-25; БВ-50).

У зонах з надлишковою вологістю на комплексах КЗС з індексом Ш встановлюють шахтні зерносушарки типу СЗШ-8 і СЗШ-16 продуктивністю відповідно 8 і 16 т/г чи з індексом Б – барабанні зерносушарки типу СЗСБ продуктивністю 2, 4 і 8 т/г на сушінні продовольчого зерна.

Для злагодженої роботи поточкових ліній агрегати і комплекси електрифіковані й автоматизовані. Агрегати типу ЗАВ мають від 6 до 16 електродвигунів сумарною встановленою потужністю від 16 до 47 кВт, а комплекси типу КЗС – від 22 до 34 електродвигунів сумарною потужністю від 65 до 150 кВт.

На агрегатах і комплексах широко використовуються засоби автоматизації, такі як прилади контролю і регулювання технологічних параметрів: датчики рівня сипучих матеріалів, датчики температури нагрівання теплоносія на вході та виході зерносушарки і температури зерна в сушарках та бункерах активного вентилявання, вологоміри для вимірювання відносної вологості повітря і воло-

гості зерна, витратоміри зерна, прилади контролю полум'я в топці, різні реле, електромагнітні клапани, кінцеві вимикачі та інше.

На основі цих засобів розроблено пульты і станції автоматичного керування агрегатами і комплексами післязбиральної обробки зерна, що автоматично забезпечують: послідовність пуску машин потокової лінії в напрямі, зворотному потоку зерна, починаючи з машини, установленої в кінці лінії; зупинку всіх машин, що передують потоком зерна будь-якій зупиненій машині потокової лінії; можливість ручного вмикання і відмикання будь-якої машини під час налагодження без дотримання технологічних блокувань; вмикання аспіраційної системи поряд з пуском машин і відмикання всіх машин під час зупинки аспіраційної системи; програмне розпалювання топки і контроль її роботи; контроль температури теплоносія і нагрівання зерна; захист електроустаткування від струмів короткого замикання і перевантажень; роботу розвантажувальних пристроїв шахт і охолоджувальних колон сушарки; світлову сигналізацію про включення і відключення всіх двигунів машин і механізмів, про граничні рівні зерна в сушарках і технологічних ємностях і про відхилення температури теплоносія від заданого значення.

Крім світлової, є аварійно-попереджувальна звукова сигналізація, що спрацьовує під час аварійної зупинки будь-якої машини, у разі перепоповнення технологічних ємностей, а також загасання полум'я в топці.

У схемах автоматики передбачено кнопкові пости для аварійної одночасної зупинки всіх працюючих машин у разі потреби.

Технологічні й електричні схеми автоматизації зернопункту розглянемо на прикладі автоматизації найбільше і широко розповсюдженого зерноочисно-сушильного комплексу КЗС-20Ш. Автоматизація інших агрегатів і комплексів виконана аналогічно.

Для захисту кіл живлення електродвигунів від струмів короткого замикання встановлено автоматичні вимикачі *QF2-QF5* серії *ВА51Г25*, захист електродвигунів від перевантаження здійснюється за допомогою теплових реле *КК – КК11* серії *РТЛ*.

Дистанційне керування електродвигунами установки здійснюється за допомогою магнітних пускачів серії *ПМЛ*.

Принципову електричну схему автоматичного керування очисним відділенням комплексу КЗС-20Ш наведено на рис. 4.12. Залежно від кількості та засміченості зернової маси установлюють відповідне положення перемикачів *SA1* і *SA2*, якими задається режим роботи устаткування за сімома різними варіантами: у разі перемикачів *SA1* у положення 3 можлива робота всіх машин попереднього, повітряно-решітного і трієрного очищення, а також загальна робота першої чи другої лінії машин залежно від вмикан-



ня перемикача SA2 (положення 1 чи 2). Якщо перемикач SA1 знаходиться в положенні 1, то можлива робота машин у вищевказаних трьох варіантах, але без трієрних блоків. Коли перемикач SA1 у положенні 2, працює також машина попереднього очищення.

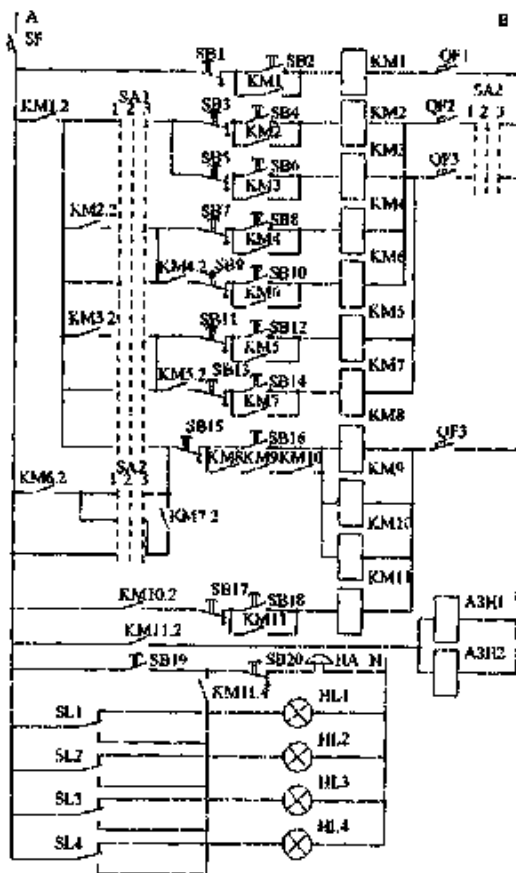


Рис. 4.12. Принципова електрична схема автоматичного керування зерноочисного агрегату КЗС-20III

Щоб запобігти перевантаженню зерна під час пуску і зупинки машин послідовність пуску електроприводів машин протилежна руху зерна, а послідовність зупинки збігається з потоком зерна. Розглянемо роботу схеми у разі включення машин за основним варіантом, коли вмикають всі машини. Спочатку вмикають автомати, перемикач SA1 ставлять у положення 3, а SA2 у положення 2 і кно-

покою *SB20* подають попереджувальний звуковий сигнал про пуск машини, а потім кнопкою *SB1* вмикають у роботу електропривод централізованої аспіраційної системи. Після цього кнопками *SB4* і *SB6* вмикають електроприводи потужністю по 2,2 кВт, двох блоків трієрів. Передавальні транспортери і повітряно-решітні машини працюють від електроприводів, які вмикають кнопками *SB4*, *SB6* і *SB5*, *SB7* після замикання блок-контактів *KM2:2* і *KM3:2* у ланцюгах магнітних пускачів *KM4...KM7*. Тільки після цього можна ввімкнути кнопкою *SB16* через блок-контакти *KM6:2* чи *KM7:2* електроприводи норії, машини попереднього очищення і транспортера відходів, а потім кнопкою *SB18* – електропривод завантажувальної норії. Автомати заслінки норії *A3H1* і *A3H2* відкриваються автоматично від блок-контактів *KM11:2*. Зупиняють машини в зворотній послідовності, натискаючи кнопки «Стоп» *SB9...SB1*.

У випадку переповнення бункерів перемикаються контакти датчиків рівня *SL1...SL4* і вмикається звуковий сигнал *HA*, а відповідна сигнальна лампа *HL1...HL4* вимкнеться.

Необхідний рівень зерна в сушарці контролюється датчиками мінімального і максимального рівня, що встановлені в надсушильних бункерах. Датчики рівня керують роботою порційного розвантажувального пристрою: за досягнення мінімального рівня зупиняється електродвигун розвантажувальної каретки, за досягнення максимального рівня електродвигун розвантажувальної каретки вмикається знову. Надлишок зерна з надсушильного бункера зернозливачами повертається до завальної ями.

У нижній частині шахт у патрубках встановлено датчики температури для дистанційного вимірювання температури нагрівання зерна в потоці.

Принципова електрична схема керування двома зерносушарками *СЗБ-8*, що входять у комплект *КЗС-20Б*, показана на рис. 4.13. Вона складається з ланцюгів дистанційного пуску й зупинки агрегатів, керування топкою, світлової і звукової сигналізації.

Автоматами *QF1* і *QF2* і перемикачем *SA1* вибирають заданий варіант роботи обладнання: робота тільки першої чи другої зерносушарки або їхня спільна робота (положення перемикача *CA1* буде відповідно в 1, 2 чи 3).

Перед пуском зерносушарки вмикають автомати *SF1* і *SF2*, які подають напругу в схему керування, і кнопкою *SB2* вмикають магнітний пускач *KM16*.

Блоки-контакти *KM16:3* через реле *KV3* вмикають попереджувальний звуковий сигнал *HA*, що після пуску агрегатів знімають кнопкою *SB21* через реле *KV1...KV3*.

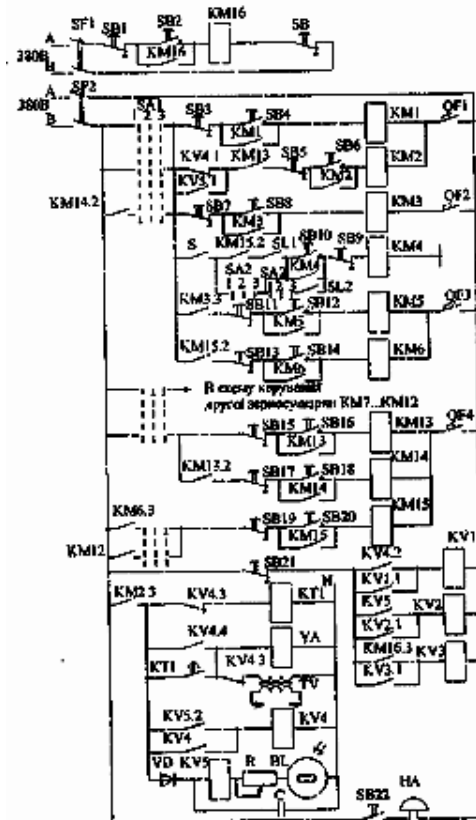


Рис. 4.13. Принципова електрична схема керування барабаними зерносушарками СЗСБ-8

Розглянемо роботу схеми (рис. 4.13) під час пуску першої зерносушарки. Кнопками *SB4* і *SB6* вмикаються електроприводи вентилятора 6 сушильного барабана 4 і топки 1. Від блоків-контактів *KM2:3* спрацьовує реле витримки часу *KT1*, що через 150 с своїм контактом *KT1:1* вмикає трансформатор запалювання *TV1* і електромагнітний клапан *YA1* подавання палива. З появою полум'я в топці спрацьовує фотореле *KV5*, що вмикає реле *KV4*. Останнє стає на самопідживлення через свій контакт *KV4* і вимикає реле *KT1*.

Якщо протягом 15 с у топці полум'я під час пуску не виникає, то реле *KT1* на 165 с з моменту пуску шунтує ланцюг *R* і цим викликає спрацьовування реле *KV5*, а потім реле *KV4*. Реле *KV4* одним контактом вимикає реле часу *KT1*, а другим контактом розриває

один з двох ланцюгів живлення магнітного пускача *KM2*. Реле *KTI*, розшунтовує ланцюг *R*, вимикає фотореле *KV5*, а останнє розриває ланцюг живлення *KV4*, а потім *KM2*, і вентилятор топки вимикається. Блоки-контакти *KM2.3* знімають напругу з автомата контролю полум'я і вимикають через контакти реле *KV1.2* звуковий сигнал *HA*. Аналогічно працює схема у разі загасання полум'я в топці з будь-яких причин. Повторний пуск оператором можливий тільки після усунення причин загасання полум'я.

У разі успішного пуску топки кнопками *SB12* і *SB14* вмикають магнітні пускачі *KM5* і *KM6* електродвигунів сушильного барабана 4 і вентилятора 11 охолоджувальної колони 10.

Магнітні пускачі *KM13...KM15* за допомогою кнопок *SB16...SB20* вмикають відповідно електроприводи двопоточної норії, охолоджувальної колони, розвантаження сушарок і проміжних норій. Потужність кожного електродвигуна норії дорівнює 2,2 кВт.

Тільки після вмикання розвантажувальної норії сушарок можна ввімкнути кнопкою *SB8* електропривод розвантажувального пристрою 8 сушарки. Аналогічно вмикаються і вимикаються електродвигуни другої зерносушарки.

Електроприводом розвантажувального пристрою 16 охолоджувальної колони 10 можна керувати вручну за допомогою кнопок *SB9* і *SB10* чи автоматично за допомогою датчиків рівня зерна (перемикач *SA2* у другому випадку ставлять у положення 2).

Величини нижнього і верхнього рівнів зерна в охолоджувальній колоні контролюються датчиками рівня *SL1* і *SL2*. Якщо рівень зерна досягне граничного нижнього значення, то розмикаються контакти *SL1* і розвантаження охолоджувальної колони припиняється. Коли зерно досягає граничного верхнього рівня, то замикаються контакти спочатку *SL1*, а потім *SL2* і починається розвантаження колони.

Зупиняє зерносушарку оператор, почергово вимикаючи обладнання в послідовності, зворотній пуску, за допомогою кнопок «Стоп» *SB1...SB19*. В екстремальних випадках одночасно всі машини зупиняють кнопкою *SB* чи *SB1*.

Активне вентилявання зерна застосовують для сушіння насінневого зерна, для тимчасової консервації зерна охолодженням та аерації насіння під час тривалого зберігання.

Активне вентилявання – це різновид конвективного способу сушіння продукту. Особливість такого способу полягає в досить низьких температурах агента сушіння, що не призводить до теплового травмування зерна. При цьому нерухомий достатньо товстий шар зерна продувається потоком повітря, який поглинає вологу із зерна, доки не настане гігроскопічна рівновага зерна і повітря. Напри-

клад, за температури 20° С для вологості зерна 14% відповідає відносна вологість повітря 65%.

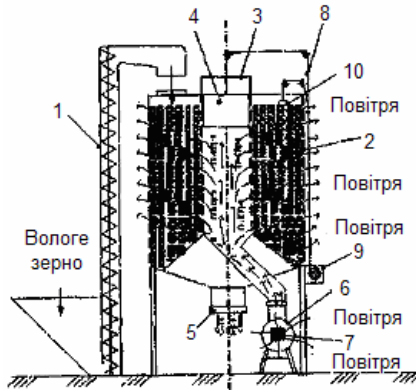
Обладнання для активного вентилявання зерна може функціонувати залежно від ефективності процесу сушіння трьома різними способами.

Перший спосіб полягає в продуванні звичайного повітря навколишнього середовища через шар зерна. У цьому випадку тривалість сушіння значно збільшується. Відомо, що зберігання вологого зерна досить обмежене. Наприклад, у разі зберігання зерна вологістю понад 18% протягом 6...8 діб починається його псування. Ось чому такий спосіб функціонування обладнання для активного вентилявання зерна не знаходить широкого застосування.

Другий спосіб полягає у використанні устаткування для вентилявання зерна як сушарок періодичної дії. Агент сушіння попередньо підігрівається до 45...50° С. У цьому випадку відносна вологість повітря, яке продувається, становить 15...30%, що відповідає 5...8% зрівноваженої вологості зерна. Так у разі висушування зерна початковою вологістю 25% нерівномірність вологості становить 12%, а прошарок зерна, який прилягає до внутрішнього циліндра, висушується до вологості 3...4%. Тому для підвищення рівномірності сушіння зерна його необхідно перемішувати під час сушіння. Це здійснюється шляхом пересипання зерна з одного бункера в інший один раз чи двічі за період сушіння залежно від початкової вологості зерна.

Найдоцільнішим способом сушіння зерна активним вентиляванням є третій спосіб, який передбачає продування шару зерна повітрям з відносною вологістю, яка відповідає або трохи нижча за зрівноважену вологість зерна. Відомо, що нагрівання повітря на 1° С знижує його відносну вологість приблизно на 5%, отже достатньо нагріти повітря навіть вологістю 100% на 7° С, щоб вологість агрегату сушіння становила 65%. За такого способу функціонування обладнання для активного вентилявання зерна нерівність сушіння майже відсутня, а тривалість сушіння не досягає допустимих строків зберігання вологого зерна. Така схема реалізована у вітчизняному устаткуванні для активного вентилявання зерна бункерами БВ-6, БВ-12,5, БВ-25, БВ-50 і бункерами К-878 фірми «Пектус» (НДР). Бункер активного вентилявання зерна типу БВ-25 має місткість (насіннева пшениця) 25 тонн. Встановлена потужність електроспоживачів бункера БВ-25 становить 41,5 кВт, зокрема підігрівачів повітря 36 кВт у разі подавання повітря – 5600 м³/год.

Технологічну схему активного вентилявання зерна бункером БВ-25 наведено на рис. 4.14.



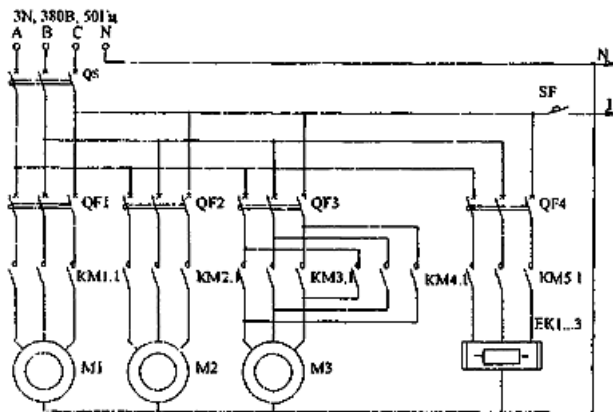
**Рис. 4.14. Технологічна схема активного вентилявання зерна бункером БВ-25:**

1 – завантажувальна норія; 2 – зовнішній перфорований циліндр; 3 – внутрішній перфорований циліндр; 4 – поршень-заслінка; 5 – вивантажувальний люк; 6 – відцентровий вентилятор; 7 – нагрівна система; 8 – трос лебідки приводу поршня; 9 – приводна станція лебідки; 10 – задавальник положення поршня

Робота здійснюється таким чином. Норія 1 завантажує зерно в бункер, який має циліндричну форму і виготовлений із штампованих перфорованих циліндрів 2 і 3. Зерно засипається між внутрішнім 3 і зовнішнім 2 циліндрами, де здійснюється вертикальне і горизонтальне (радіальне) повітророзподілення. У центрі бункера встановлена перфорована повітророзподільна труба, в середині якої переміщується поршень-заслінка 4. Розвантажується бункер самопливом через люк 5. Вентилятор 6 проганяє повітря через нагрівну систему 7 (електрокалорифер) і подає його до маси зерна. Повітря пронизує шар зерна від внутрішнього 3 до зовнішнього 2 циліндрів і відбирає надлишкову вологість. Електронагрівна система 7 вмикається в роботу за вологості зовнішнього повітря понад 65% і підігріває повітря лише на 5...6° С.

Схему живлення і захисту електроспоживачів бункера активного вентилявання зерна наведено на рис. 4.15.

Живиться система активного вентилявання зерна бункера БВ-25 від стандартного джерела живлення змінного струму частотою 50 Гц на напругу 0,4 кВ за чотирипровідної системи. Як ввідний апарат використовується роз'єднувач QS типу P16-3CB2000V3, який призначений для створення видимого розриву в електричному колі під час обслуговування установки.



**Рис. 4.15.** Принципова електрична схема живлення і захисту електроспоживачів бункера БВ-25

Для захисту електродвигунів від коротких замикань використані автоматичні вимикачі  $QF1...QF3$  типу  $BA51Г25$  із комбінованими розчіплювачами. Для захисту нагрівної системи  $EK$  від коротких замикань використано автоматичний вимикач  $QF4$  типу  $BA51-31$  із електромагнітними розчіплювачами. Для захисту кола керування від коротких замикань використано автоматичний вимикач  $SF$  типу  $BA51-10$ . Для дистанційного керування електроспоживачами установки та захисту від надмірного зниження напруги джерела живлення використовуються електромагнітні пускачі  $KM1...KM5$  типу  $ПМЛ$ .

Принципова електрична схема керування бункером БВ-25 передбачає роботу установки за двома взаємозв'язаними підсистемами. Система завантаження зерна в бункер та руху поршня-заслінки є задавальною і без її впливів неможлива робота іншої підсистеми керування мікрокліматом в масі зерна бункера.

Оскільки бункер активного вентиляювання зерна може виконувати дві функції переробки зерна, то перемикачем  $SA2$  (рис. 4.16) вибирають їх почерговість. Положення  $SA2$  «С» – сушіння вологого зерна до необхідних кондицій та «К» – консервація зерна, тобто зберігання зерна після його пересушування. Перемикачем  $SA1$  вибирають режим роботи схеми керування («Р» – ручне керування установкою оператором із постійним візуальним контролем та «А» – автоматичне керування без участі оператора). У ручному режимі керування, оператор натискає кнопки  $SB1...SB2$  і контролює роботу завантажувальної норії та поршня-заслінки за допомогою  $SB7...SB8$ .

Після заповнення бункера зерном він зупиняє електропривод *M1* завантажувальної норії натиснувши *SB1* і *KM1*. А за допомогою кнопки *SB7* піднімає догори поршень-заслінку на рівень зерна у бункері. Процес підготовки бункера до початку сушіння зерна завершено.

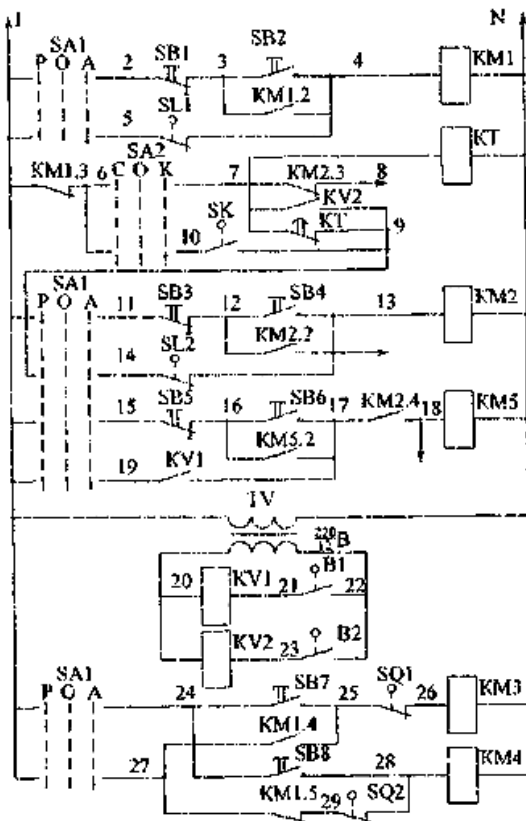


Рис. 4.16. Принципова електрична схема керування бункером активного вентиляювання БВ-25

Для початку сушки зерна оператор натискає кнопку *SB4* і заживлює через кнопку *KM2* електродвигун *M2* приводу відцентрового вентилятора. Вентилятор продуває повітря через зерно, а оператор слідкує за показаннями вологомірів *B1* і *B2*. Якщо вологість повітря, яке проходить через зерно, не зменшується (в бункер подається вологе повітря) оператор натискає кнопку *SB6* і заживлює через кнопку *KM5* електронагрівну систему *EK*. У масу зерна вже буде



подаватися лише сухе повітря за рахунок його нагрівання, а оператор слідує за показаннями вологомірів *B1* і *B2*. За необхідності він відмикає нагрівну систему *EK*, натиснувши *SB5*. Після закінчення сушки зерна оператор або звільняє бункер від висушеного зерна через вивантажувальний нижній люк, або переводить за допомогою *SA2* бункер в режим консервації. За цього режиму роботи оператор слідує за температурою зерна за показаннями датчика – регулятора *SK*, і за допомогою вентилятора і нагрівної системи підтримує цю температуру в нормі.

В автоматичному режимі роботи установки (перемикач *SA1* в «А» – автоматичне) всі функції оператора беруть на себе відповідні технічні засоби автоматики. Коли бункер не завантажений зерном на сушку чи консервацію, датчик *SL1* верхнього рівня зерна в бункері замкнутий і пускач *KM1* заживлює електродвигун *M1* приводу завантажувальної норії та контактом *KM1.4* пускач *KM3* приводу поршня-заслінки *M2*, а контактом *KM1.3* унеможливає роботу схеми керування вентиляційної установки.

Йде процес завантаження зерном бункера до встановленого верхнього рівня *SL1* і за його досягнення датчик-реле *SL1* розмикає свій контакт і знеживлює *KM1*, який в свою чергу зупиняє лебідку приводу поршня-заслінки та запускає в роботу систему підтримання мікроклімату в масі зерна (замикається *KM1.3*).

У режимі сушка зерна (положення *SA1*-«С» – сушка) контакт *KM1.3* заживлює програмне реле часу *KT*, яке своїм контактом *KT1* через замкнений контакт датчика нижнього рівня *SL2* заживлює магнітний пускач *KM2*, який, в свою чергу, заживлює своїми силовими контактами електродвигун *M2* приводу відцентрового вентилятора та контактом *KM2.4* підготовляє до роботи коло керування електронагрівною секцією *EK*. Вентилятор продуває зовнішнє повітря через зернову масу бункера. Контакт *KT* буде замкнутий 120 с, цього часу достатньо, щоб зовнішнє повітря пройшло зернову масу і, вийшовши із бункера, потрапило на датчик-вологомір *B2*. Якщо вологість повітря вища ніж 65% то вологомір *B2* заживить реле напруги *KM2* і через його контакт *KM2* навіть після виходу 120 с часу вентилятор продуватиме повітря через зерно, поки винесення вологості із зерна не стане меншим 65%. Водночас із вищеописаним процесом контролю вологи із зерна проходить контроль вологості повітря, яке вноситься в зерно за допомогою датчика-вологоміра *B1*. Якщо зовнішнє повітря, яке подається до бункера вентилятором, стане вологим більше 65%, то *B1* заживить реле *KV1*, яке своїм контактом *KV1* подасть живлення на магнітний пускач *KM5*. Пускач *KM5* своїми силовими контактами *KM5.1* заживить електронагрівну систему *EK* електрокалорифера. Зовнішнє повітря, проходячи че-

рез нагрівну систему, почне підігріватися і знижувати відносну вологість нижче 64%. Електрокалорифер підігріває зовнішнє повітря на 5...6° С, що відповідає зниженню вологості зерна на 25...30%. Таким чином проводиться сушка зерна, доки його вологість не стане нижчою заданої 13...15%. Після закінчення сушки оператор переводить бункер в режим зберігання (консервації). За цього режиму роботи керування системного мікроклімату проводиться за двома параметрами: температурою зерна, яка контролюється датчиком-регулятором *SK* та вологістю зовнішнього повітря, яка контролюється вологоміром *B1*.

Принципову схему регулятора відносної вологості агента сушіння в устаткуванні для активного вентилявання зерна показано на рис. 4.17.



**Рис: 4.17. Принципова електрична схема системи автоматичного контролю і роботи БВ-25**

Вимірювання вологості зовнішнього повітря здійснюється за допомогою напівпровідникового вологочутливого опору – гігірстора  $R_v$ . Гігірстор зашунтований опором  $R_{ш}$  і ввімкнений до мостової схеми електронного моста, плечами якого є резистори  $R_1...R_4$ , а також опір реохорда  $R_p$ . Контакти  $SQ1-SQ3$  трипозиційного пристрою моста, що настроюються на задані значення відносної вологості повітря  $\phi_1... \phi_3$ , через проміжні реле  $K1-K3$  управляють включенням магнітних пускачів  $1EK1-1EK3$  трьох секцій підігрівання повітря в бункерах.

Принцип дії регулятора такий (рис. 4.18). У разі підвищення відносної вологості зовнішнього повітря до значення  $\phi_1$ , замикається контакт  $SQ1$  і спрацьовує реле  $K1$ , яке своїми контактами підключає до мережі живлення контактом  $1KM1$  котушку магнітного пускача  $1EK1$  першої секції нагрівників. За подальшого підвищення

відносної вологості зовнішнього повітря до  $\phi_2$  замикаються контакти  $SQ_2$  (за  $\phi_3$  – замикаються  $SQ_3$ ), відповідно спрацьовують контакти  $K_2$  та  $K_3$  і підключаються наступні секції нагрівників. При цьому, коли спрацьовують контакти  $K_1$  та  $K_3$  загоряються сигнальні лампочки  $HL_1$ – $HL_3$ , які показують оператору кількість включених секцій. За зниження вологості аналогічно відбувається відключення секцій підігрівання повітря.

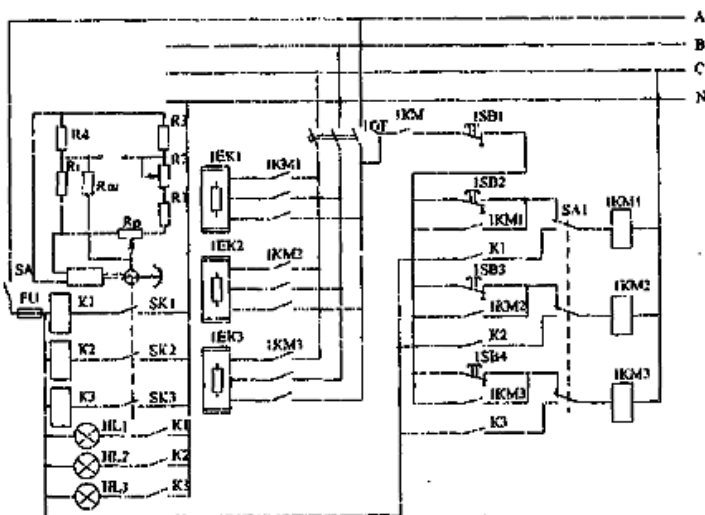


Рис. 4.18. Принципова схема автоматичного регулятора відносної вологості агента сушіння в бункері для активного вентилявання зерна

У схемі передбачено блокування на включення секцій у разі невключених вентиляторів, що здійснюється блок-контактами  $IKM$  відповідного магнітного пускача двигуна вентилятора. Перемикач  $SA_1$  призначений для перемикання управління секціями підігрівання з автоматичного на ручне і навпаки. Поточне значення відносної вологості повітря фіксується стрілкою електронного моста. Ця інформація дозволяє оператору своєчасно вмикати і вимикати регулятор, оскільки він працює лише на зниження вологості.

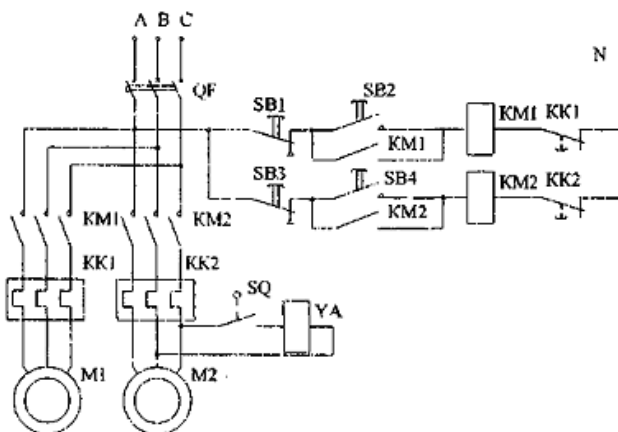
Широке впровадження на зернотоках одержали самопересувні машини для післязбиральної обробки зерна: зернозавантажувачі, протруювачі, зерноочисні машини. Електроенергію до них підводять гнучким кабелем, прокладеним на поверхні току.

Насіннеочисна машина  $CM-4$  призначена для вторинного очищення зерна і сортування насіння різних культур. Робочі органи

машини – завантажувальний скребковий транспортер із шнековими живильниками, два вентилятори, решітний стан, двопотокова норія, трієрний блок і механізм самопересування – приводяться в рух від двох асинхронних електродвигунів.

Механізмом самопересування машина переміщується вздовж бурта під час роботи та від бурта до бурта без допоміжних транспортних засобів.

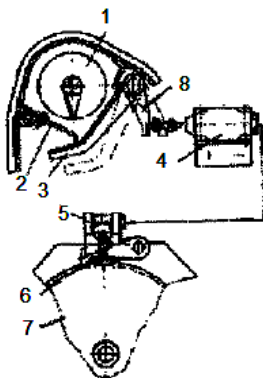
Електродвигуни приводу робочих органів машини вмикають натисканням кнопок SB2 і SB4 (рис. 4.19). Для захисту від коротких замикань встановлено автоматичний вимикач QF. Захист електродвигунів від перевантажень здійснюють теплові реле KK1 і KK2.



**Рис. 4.19. Принципова електрична схема керування насіннеочисною машиною СМ-4**

Ступінь завантаження машини регулюється автоматично шляхом вмикання і вимикання механізму самопересування. Для цього живильний пристрій, що складається з розподільного шнека 1 (рис. 4.20), рухомої перегородки 2 і підпружиненого клапана-живильника 3, обладнано вимикальним упором 8 і кінцевим вимикачем 4.

У разі переповнення кожуха розподільного шнека клапан 3 відтискується зерном, яке подається на очищення, і через упор 8 діє на кінцевий вимикач 4. Останній вмикає електромагніт 5, що встановлений на механізмі самопересування, який піднімає заскок 6 храпового колеса 7. Механізм самопересування вмикається і подача зерна на очищення зменшується.



**Рис. 4.20. Схема регулятора завантаження насіннеочисної машини СМ-4:**

1 – розподільний шнек; 2 – рухома перегородка; 3 – клапан-живильник; 4 – кінцевий вимикач; 5 – електромагніт; 6 – заскочка; 7 – храпове колесо; 8 – упор

#### **4.9. Системи автоматичного водіння тракторів**

Системи автоматичного водіння тракторів призначені для полегшення роботи тракториста, а в перспективі – для створення можливості одному трактористу одночасно керувати декількома тракторами, а потім для повної заміни тракториста автоматом керування рухом трактора. Звичайно тракторист, особливо під час роботи на підвищених швидкостях, швидко втомлюється і не звертає уваги на малі порушення агротехнічних вимог виконання технологічного процесу, що загалом призводить до зниження врожайності.

Для створення систем автоводіння виявилось доцільним роботу трактора розбити на три етапи: виїзд у поле і повернення в господарство, рух робочою довжиною гону, повороти наприкінці гону для заїзду на новий гін.

Поки що не розроблені системи для автоматичного водіння тракторів на всіх трьох етапах і немає доцільності в цьому. Найбільший етап за витратами часу й обсягом робіт, що виконуються, зв'язаний з перебуванням трактора на гоні, тому запропоновано кілька методів автоводіння трактора під час його роботи.

Метод копіювання може бути використаний на більшості видів польових робіт: оранці, сівбі, культивуванні, збиранні, тобто тоді, коли агрегат має проходити щораз той самий шлях рівновіддаленими одна від одної траєкторіями. Перший гін прокладається тра-

ктористом під час ручного керування трактором, а потім борозною чи від спеціально створеної маркером борозни. Закріплений перед трактором копір рухається і видає сигнали на зміну траєкторії руху трактора відповідно до напрямку борозни (рис. 4.21).



**Рис. 4.21. Схема пристосування для водіння трактора за копіром:**

1 – золотники; 2 – поршні; 3 – копір; 4 – лівий контакт; 5 – пружина;  
6 – важіль

Копір 3 під час руху трактора скочує дном борозни. Якщо копір відхиляється, наприклад, уліво, то замикається лівий контакт 4 і спрацьовує електромагніт УА1, що живиться від акумуляторної батареї трактора. При цьому важіль 6 пересуває поршні 2 золотники 1 теж уліво, і відкриваються його вікна а і б. Масло під тиском, створюваним гідронасосом, надходить через вікно а до лівого силового гідроциліндра, що відключає лівий фрикціон. Унаслідок цього трактор починає повертатися вліво до розмикання контактів 4, електромагніт УА1 відключається, і пружиною 5 поршні 2 золотники 1 повертаються у вихідне положення, за якого лівий і правий фрикціони трактора включені. У разі відхилення копир вправо спрацьовує електромагніт УА3, і тиск масла через вікно б діє на органи керування поворотом трактора вправо.

Метод копіювання простий за принципом дії, але має низку недоліків: накопичується статична помилка керування, унаслідок цього після декількох проходів сильно викривляється маршрут руху, і тому зростають витрати енергії на безупинні повороти трактора. Крім того, копір у разі наїзду на місцеві перешкоди вискакує з борозни, і трактор набуває довільного руху.

У методі програмного автоводіння траєкторія руху задається спеціальним програмним пристроєм. Технічно здійснити програмне автоводіння дуже складно через необхідність мати високу точність дотримання траєкторії руху. Наприклад, на гоні довжиною

500 м похибка роботи програмних пристроїв на оранці має бути не більше 0,02% (10 см відхилення), а за квадратно-гніздового садіння – 0,004% (2 см), що практично недосяжно.

Отже, програмне водіння може бути тільки в комбінації з копіюванням: на довжині гону трактором керують від пристрою, що копіює, а на поворотах від програмного автоводіння.

Під час дистанційного керування оператор керує одним чи декількома агрегатами за провідними лініями зв'язку чи радіозв'язку. Практично використовується дублююче водіння трактора: тракторист, крім свого трактора, керує каналом зв'язку сусіднім. Хоча цей метод скорочує кількість трактористів, але ускладнює їхню роботу з одночасного керування двома тракторами.

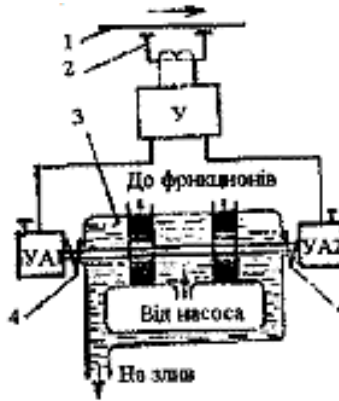
Методи, що використовують природні та штучні орієнтири, найбільш зручні за чітко заданих маршрутів руху – під час виїзду тракторів з господарства на польові стани, повернення, вивезення гною від ферм, доставки кормів, обробітку просапних культур, садів і виноградників

Як природні орієнтири використовують рядки рослин, краї хлібостою, валки скошеної маси, шпалерний дріт на виноградниках, магнітне поле землі і навіть планети та зірки, як за навігаційного керування літаками і кораблями. Штучні орієнтири спеціально створюють на оброблюваних полях, прокладають кабелі, організовують місцеві радіополя, роблять мітки з добрив тощо. Найбільше повно випробуваний метод водіння на електромагнітному полі, створюваному проводами. Для цього прокладають під ґрунтом провід і ним пропускають високочастотні струми (десятки кГц), що навколо проводу створюють електромагнітне поле, сприймане спеціальними датчиками, установленими на тракторах.

Провід закладають на глибину до 0,7 м уздовж гону на відстані подвійної ширини захвату робочої машини, на кінцях гону прокладають поперек окремих провід з електромагнітним полем іншої частоти, що служить сигналом для розвертання трактора на 180° (при човниковому обробітку поля).

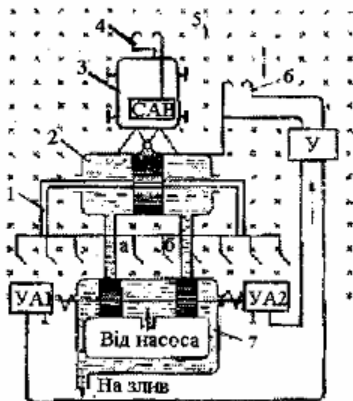
На рис. 4.22 показано принцип автоводіння трактора за проводом. Система автоматичного водіння створена таким чином, що витримує визначену відстань датчика 2 від проводу 1. За зміни цієї відстані сигнал від датчика залежно від знака відхилення надходить через підсилювач У на електромагніти УА1 чи УА2, які переміщують гідравлічні золотники 3.

Золотник керує гідроциліндрами бічних фрикціонів трактора аналогічно схемі (рис. 4.21). У разі усунення зазначеного відхилення поршні золотника 3 (рис. 4.22) займають вихідне положення під дією пружин 4.



**Рис. 4.22. Схема пристосування для водіння трактора за проводом:**  
1 – провід; 2 – датчик; 3 – гідролічні золотники; 4 – пружини

Системи керування робочими органами культиваторів під час обробітку просапних культур, бурякозбиральних комбайнів та інших машин працюють аналогічним чином. Автоматичне керування траєкторією руху робочих органів культиватора (рис. 4.23) виключає помилкове зрізання культурних рослин. У разі ручного керування культиватором для видалення бур'янів недосвідчений тракторист може підрізати до 40% культурних рослин.



**Рис. 4.23. Схема пристосування для керування культиватором:**  
1 – культиватор; 2 – силовий циліндр; 3 – трактор; 4, 6 – електроди;  
5 – рядок; 7 – поршні золотника; а, б – вікна



У подібних системах автоводіння використовують оптичні датчики чи електроконтактні щупи – кабельні електроди 4 і 6 (рис. 4.23). Електроди 4 використовуються в системі автоводіння (САВ) трактора 3. Електроди 6 закріплюються на культиваторі на висоті, що відповідає висоті оброблюваної культури. У разі відхилення рами культиватора 1 електроди стикаються з культурними рослинами в рядку 5 і утворюють замкнутий електричний ланцюг через рослину, землю і робочу машину. Оскільки через великий опір (від 1 до 25 МОм) цього ланцюга струм становить частки мікроампера, то використовується підсилювач У. З підсилювача сигнал надходить на електромагніт УА1 чи УА2 залежно від знака відхилення культиватора. Електромагніти переставляють поршні золотника 7 і відкривають вікна а і б. Масло під тиском надходить в одну порожнину силового циліндра 2 і переміщує його поршень, з'єднаний з рамою культиватора, у зворотному напрямі, доки не розірветься ланцюг «електрод – рослина». З другої порожнини циліндра масло повертається в гідросистему.

#### **4.10. Сучасні навігаційні GPS системи**

Аналізуючи досвід розвитку автоматизації процесів у різництві за кордоном та в Україні, можна дійти висновку, що в основному рівень автоматизації мобільних агрегатів підвищуватиметься шляхом удосконалення існуючих систем автоматичного контролю і захисту, розробки систем автоматичного управління на новій елементній базі, створення нових систем на збиральних машинах, які зможуть визначати якість збирання врожаю.

Сучасні системи автоматичного контролю та захисту удосконалюються за рахунок збільшення інформації про технологічний процес, підвищення надійності роботи систем, їх уніфікації та універсальності.

Спеціалізовані системи автоматичного контролю виконують на різних агрегатах майже однакові функції, а відрізняються технічними рішеннями та елементною базою. Універсальні системи позбавлені цих недоліків.

Сучасні системи автоматичного управління мобільними агрегатами розробляються з урахуванням нового обладнання, за допомогою якого можливе управління всіма процесами. Так, один кермовий пристрій може керувати водінням агрегату, роботою двигуна і правильним виконанням технологічних операцій. Таким пристроєм може бути тільки бортова електронно-обчислювальна машина. Розробляються та проходять випробування універсальні кермові пристрої на основі мікро-ЕОМ, які керують процесами під-

готовки ґрунту, сівби, догляду за рослинами та збирання врожаю.

Навігаційна система Raven Cruiser II (рис. 4.24) дозволяє позбутися простоїв, зменшити грошові витрати, втрати часу і продукції, виключити пропуски і таким чином забезпечити оптимальну віддачу від капіталовкладень. Швидкість і зручність встановлення пристрою дозволяє скоротити час, необхідний для налагодження обладнання.



**Рис. 4.24. Навігаційна система Raven Cruiser II**

Навігаційну систему Raven Cruiser II можна використовувати під час виконання різних видів робіт вдень або вночі, починаючи з підготовки ґрунту і закінчуючи сівбою, поливом чи збиранням врожаю. Систему можна перевстановлювати з одного трактора на інший, або з трактора на самохідний обприскувач.

Дані на дисплеї інформації представлені в зручній для читання формі. Система дозволяє виключити необхідність відслідковування місця розташування на полі і сконцентрувати увагу оператора на виконанні інших важливих операцій.

Простота і зручність досягається за рахунок використання великого кольорового сенсорного екрана з діагоналлю 16 см, який має високе розширення, а також інтуїтивно зрозуміле меню та індикатори стану з використанням відповідних значків.

Денний і нічний режими забезпечують достатню видимість в будь-який час доби. Вмонтована індикаторна панель гарантує високу точність навігації.

Вмонтований DGPS приймач на 10 Гц від проходу до проходу забезпечує високу точність даних про переміщення агрегату на робочій смузі поля. Точність під час використання безплатного сигналу EGNOS становить  $\pm 15...20$  см. Існує можливість використання системи поправок E-Diff в місцях, де коригувальний супутник EGNOS недоступний.

Чотири схеми навігації облягшують вибір траєкторії і забезпечують більш точне покриття. Схеми включають рух вздовж пря-

мої А-В, фіксованої кривої, рух по колу, а також ексклюзивну схему Raven «за останнім проходом» для полів неправильної форми, яка добре підходить для терасових полів.

Можливість огляду зображення в режимі вигляду зверху або трьохмірного зображення. Екран обзору поля дозволяє переконатися в тому, що оброблена вся площа поля і виявити пропущені ділянки. Пристрій веде підрахунок площі в межах заданих границь.

У навігаційну систему Raven Cruiser II закладено можливість записувати треки на флеш-накопичувач. У подальшому файли точкової графіки можна швидко зберігати і друкувати звіти, що показують карту покриття, оброблену площу і тому подібне. Файли SHP (Shapefile) прив'язані до географічних координат і можуть імпортуватися в більшість стандартного програмного забезпечення.

Навігаційна система Raven Cruiser II дозволяє встановлювати додаткове обладнання, а саме систему автоматичного водіння Raven, а також датчик компенсації нахилу Raven (TM-1).

Багатофункціональна навігаційна система Envizio Pro II (рис. 4.25) – це повний багатофункціональний польовий комп'ютер компанії Raven, призначений для використання під час вирощування сільськогосподарських культур.



Рис. 4.25. Багатофункціональна навігаційна система Envizio Pro II

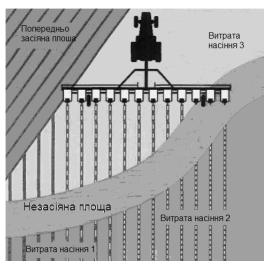
Серед переваг системи є вмонтована підтримка GPS, покращене відображення даних і ведення обліку, управління внесенням двох продуктів, управління штангами, автоматичне рульове управління і регулювання сівалки.

OmniROV™ (рис. 4.26) – удосконалена система управління сівалкою Raven повністю сумісна з системою Envizio Pro II і працює ідеально під її керуванням.

AccuBoom™ (рис. 4.27) – автоматичне управління секціями штанг для додаткової економії хімікатів і захисту навколишнього середовища. Ідеально підходить для виключення пропусків і обробки зон без розпилення і вже оброблених ділянок.



а



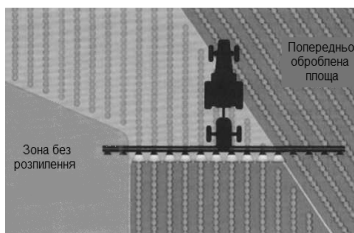
б

**Рис. 4.26. Удосконалена система управління сівалкою Raven OmniROV™:**

а – загальний вигляд системи; б – схема роботи посівного агрегату



а



б

**Рис. 4.27. Автоматичне управління секціями штанг АссуВом™:**

а – загальний вигляд системи; б – схема роботи агрегату

Крім вищезазначеної багатофункціональної навігаційної системи Envizio Pro II функціонує з системами автоматичного водіння SmarTrax, SmarSteer, які забезпечують 3D-компенсацію і водіння без використання рук до 45,3 км/год з точністю водіння до  $\pm 2$  см.

Компанія John Deere поставляє на ринок України три типи систем автоматичного управління: ручне управління з Parallel Tracking, автоматичне управління з інтегрованою системою допоміжного рульового управління «без рук» Auto Trac або модернізований комплект системи рульового управління Auto Trac 200.



## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Назвіть засоби автоматики, що використовуються на тракторах і сільськогосподарських машинах.
2. Які засоби автоматики використовують на мобільних машинах і агрегатах?

3. Принципи автоматизації основних технологічних процесів, що виконуються мобільною технікою.
4. Як систематично можна зобразити автоматичну систему управління?
5. Назвіть функціональні елементи автоматичних пристроїв.
6. Які є автоматичні системи керування глибиною оранки?
7. Які є автоматичні пристрої для керування фрезою?
8. Як здійснюються способи автоматичної системи керування глибиною оранки?
9. Для чого призначена системи контролю УСАК-13?
10. З чого складається система «КЕДР», що встановлюють на сівалках СУПН?
11. Як працює датчик контролю висіву насіння системи «КЕДР»?
12. Як здійснюється автоматичне керування висотою зрізу кормових трав, кукурудзи та іншої зеленої маси?
13. Як здійснюється автоматичне керування оптимальним завантаженням молотарки зернозбирального комбайна?
14. Які пристрої використовують для автоматичного вмикання і вимикання механізму самопересування насіннеочисної машини СМ-4?
15. Поясніть роботу принципової електричної схеми керування зерноочисним агрегатом.
16. Чим керуються датчики мінімального і максимального рівня зерна в шахтній зерносушарці?
17. Поясніть роботу барабанної зерносушарки за принциповою електричною схемою.
18. Що передбачає автоматизація бункерів активного вентилявання зерна?
19. Поясніть роботу бункера активного вентилявання зерна за принциповою електричною схемою.
20. Які засоби автоматизації використовують на зерноочисних агрегатах і зерноочисно-сушильних комплексах?
21. Для чого обладнують мобільні машини й агрегати засобами і системами автоматики?
22. Які засоби автоматики використовують у сільськогосподарських мобільних машинах?
23. Як здійснюється автоматичне водіння трактора методом копіювання?
24. Як здійснюється автоматичне водіння трактора методом дистанційного керування?
25. Які перспективи автоматизації мобільних агрегатів?
26. Що може виконувати бортова електронно-обчислювальна машина?
27. Наведіть характеристику навігаційної системи Raven Cruiser II.
28. Наведіть характеристику багатофункціональної навігаційної системи Envizio Pro II.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Автоматика и автоматизация производственных процессов / И.И. Мартыненко, Б.Л. Головинский, Р.Д. Проценко, Т.Ф. Резниченко. – М. : Агропромиздат, 1985. – 335 с.
2. Агрокультура. Растениеводство. – Днепропетровск, АгроСоюз, 2011. – 24 с.
3. Анісевич Л.В. Комплексна навігаційна система машинно-тракторного агрегату для технологій точного землеробства / Л.В. Анісевич // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / КНТУ. – 2006. – Вип. 36. – С. 3-12.
4. Анісевич Л.В. Місцевизначене керування технологічними процесами сільськогосподарських машин. Зб. наук. пр. НАУ «Механізація сільськогосподарського виробництва». – Т. IX. – Київ, НАУ, 2000. – С. 43-46.
5. Анісевич Л.В. Модель формування щільності розподілу матеріалів в технологіях точного землеробства // Науковий вісник НАУ. – К. : 2005. – В. 92. – Ч. 2. – С. 370-378.
6. Анісевич Л.В. Модель функціонування посівної машини в системі точного землеробства // Механизация производственных процессов рыбного хозяйства, промышленных и аграрных предприятий. – Керчь : КМТИ. – 2001. – Вип. 1. – С. 112-118.
7. Анісевич Л.В. Сенсор-технологія в точному землеробстві. – Київ, Науковий вісник НАУ. – 1998. – Вип. 9. – С. 70-72.
8. Анісевич Л.В. Технологія компенсаційних внесень технологічних матеріалів в системі точного землеробства. Зб. наук. праць НАУ «Механізація с.-г. виробництва». – К. : НАУ. – 2002. – Том XI. – С. 30-43.
9. Анісевич Л.В. Технології точного землеробства / Л.В. Анісевич, В.І. Адамчук // Науковий вісник НАУ – К. : 2006. – Вип. 101.
10. Анісевич Л.В. Управління рухом польового інформаційного роботизованого об'єкту / Анісевич Л.В., Войтюк Д.Г., Захарін Ф.М. // Науковий вісник НАУ. – К. : 2006. – С. 95-105.
11. Бондаренко М.Г. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві : підруч. / М.Г. Бондаренко, В.А. Демешук. – К. : Вища шк., 1995. – 237 с.
12. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Н.М. Недилько. – М. : Агропромиздат, 1986. – 368 с. – С. 6-25.
13. Войтюк Д.Г. Оптимізація механізованих технологій змінних норм внесення технологічних матеріалів (рекомендації) / Войтюк Д.Г., Анісевич Л.В., Гаврилюк Г.Р. ; за заг. ред. Д.Г.Войтюка. – К. : Аграрна освіта, 2003. – 55 с.
14. Волчкевич Л.И. Автоматизация производственных процессов / Л.И. Волчкевич. – М. : Машиностроение, 2005. – 380 с. – С. 161...186.
15. Гарькавий А.Д. Машиновикористання у рослинництві : навч. посіб. / [А.Д. Гарькавий, Л.П. Середа, В.А. Пльонсак та ін. – ВДАУ, НАУ, 2008. – 70 с.
16. Гончар В.Ф. Електрообладнання і автоматизація с.-г. машин, агрегатів і потокових ліній / В.Ф. Гончар, Л.П. Тищенко. – К. : Вища школа, 1989. – 343 с. – С. 77-227.
17. Діденко М.К. Експлуатація машинно-тракторного парку / М.К. Діденко. – К. : Вища школа, 1982. – 448 с.
18. Электропривод. Ч. I ; за ред. О.С.Марченка. – К. : Урожай, 1995. – 208 с.

19. Живописцев Е.Н. Электротехнология и электрическое освещение / Е.Н. Живописцев, О.А. Косицын. – М. : Агропромиздат, 1990. – С. 190-283.
20. Інтегрована система керованого землеробства – необхідний засіб новітніх технологій / В. Кравчук, С. Любченко, В. Войновський та ін. // Техніка і технології АПК. – 2010. – №7. – С. 14-16.
21. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.А. Иофинов, Г.П. Лышко. – М. : Колос, 1984. – 351 с.
22. Кравчук В. Новітні техніко-технологічні рішення для різних систем обробітку ґрунту і сівби при вирощуванні зернових культур: Проект «АгроОлімп 150» / В. Кравчук, В. Погорілий, Л. Шустік // Техніка і технології АПК. – 2010. – №7. – С. 9-14.
23. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві : навч. посіб. / В.В. Марченко. – К. : Кондор, 2011. – 333 с.
24. Машиновикористання в землеробстві / [В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джолос та ін.]. – К. : Урожай, 1996. – 384 с.
25. Методи реалізації системи точного землеробства / Войтюк Д.Г., Анісевич Л.В., Гаврилюк Г.Р., Волянський М.С. – Київ, Науковий вісник НАУ. – 1998. – Вип. 9. – С. 67-69.
26. Методичні рекомендації по енергетичному аналізу інтенсивних технологій / [М.І. Самокиш, І.М. Бендера, А.В. Рудь та ін.]. – Кам'янець-Подільський, КПСХІ, 1990. – 26 с. – С. 3-26.
27. Механізація і автоматизація у тваринництві і птахівництві / За ред. О.С. Марченка. – К. : Урожай, 1995. – 416 с.
28. Механізація технологічних процесів у рослинництві : навч. посіб. / За ред. В.В. Марченко. – Київ. : Кондор., 2011. – 333 с.
29. Танчик С.П. No-till і не тільки. Сучасні системи землеробства / С.П. Танчик. – К. : Юнівест Медіа, 2009. – 160 с.
30. Посевная техника. – Днепропетровск, АгроСоюз, 2011. – 12 с.
31. Рубцов П.А. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. / П.А. Рубцов, П.А. Осетров, С.П. Бондаренко. – М. : Колос, 1971. – 528 с.
32. Система управления GreenStar. – Deere & Company, 2009. – 16 с.
33. Спеціалізоване обладнання машин для високоточного внесення заданих норм мінеральних добрив в технологіях точного землеробства / Анісевич Л.В., Войтюк Д.Г., Сівак І.М. Зелінський М.З. ; за заг. ред. Л.В.Анісевича. – К : Аграрна освіта, 2006. – 49 с.
34. Терміни точного землеробства / Войтюк Д.Г., Анісевич Л.В., Гаврилюк Г.Р., Волянський М.С. // Техніка АПК. – 1999. – № 5. – С. 29-30.
35. Технологічні карти та витрати на вирощування с.-г. культур з різним ресурсним забезпеченням / За ред. Д.І. Мазоренка, Г.Є. Мазнева. – Харків, ХНТУСГ, 2006. – 725 с.
36. Фоменков А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий / А.П. Фоменков. – М. : Колос, 1984. – 288 с.
37. Эксплуатация машинно-тракторного парка ; под ред. Ю.В. Будько. – Мн. : Ураджай, 1991. – 336 с.
38. Amako. Каталог техники и оборудования. – 2012. – 122 с.
39. No-till – шаг к идеальному земледелию. – К. : «Зерно», ЗАТ «Гроші та світ», 2007. – 128 с. – С. 10-29.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>ЧАСТИНА ІІІ. МЕХАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ</b>	
<b>У РОСЛИННИЦТВІ</b> .....	5
<b>РОЗДІЛ І. ОСНОВИ КОМПЛЕКТУВАННЯ І ВИКОРИСТАННЯ</b>	
<b>МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ</b> .....	5
1.1. Виробничі процеси і операції.....	5
1.2. Поняття машинно-тракторного агрегату та умови роботи.....	8
1.3. Експлуатаційні властивості машинно-тракторних агрегатів.....	10
1.3.1. Експлуатаційні властивості енергетичних засобів.....	10
1.3.2. Експлуатаційні властивості робочих машин.....	15
1.4. Комплектування машинно-тракторних агрегатів.....	18
1.5. Швидкість руху машинно-тракторного агрегату.....	21
1.6. Кінематика машинно-тракторних агрегатів.....	22
1.6.1. Кінематичні характеристики машинних агрегатів.....	22
1.6.2. Повороти агрегатів та ширина поворотної смуги.....	25
1.6.3. Основні способи руху агрегатів.....	27
1.6.4. Підготовка поля до роботи агрегатів.....	29
1.7. Продуктивність та виробіток машинних агрегатів.....	30
1.7.1. Поняття та визначення.....	30
1.7.2. Розрахунок продуктивності машинно-тракторного агрегату.....	31
1.7.3. Баланс часу зміни та коефіцієнт використання часу зміни.....	33
1.7.4. Поняття про умовну еталонну одиницю роботи	
та облік механізованих робіт.....	35
1.7.5. Шляхи підвищення продуктивності	
машинно-тракторних агрегатів.....	37
1.8. Витрата палива і мастильних матеріалів.....	39
1.9. Витрати праці під час виконання механізованих робіт.....	41
1.10. Питомі експлуатаційні витрати	
під час роботи машинного агрегату.....	42
<b>РОЗДІЛ ІІ. ВИКОРИСТАННЯ</b>	
<b>ТРАНСПОРТНИХ І НАВАНТАЖУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ</b> .....	45
2.1. Транспортне обслуговування збиральних агрегатів.....	45
2.2. Розрахунок кількості автомобілів для обслуговування	
зернозбиральних комбайнів.....	50
2.3. Комплектування тракторних транспортних агрегатів.....	57
2.4. Експлуатаційні показники використання автомобілів.....	67
<b>РОЗДІЛ ІІІ. МАШИННЕ ВИРОБНИЦТВО ПРОДУКЦІЇ</b>	
<b>РОСЛИННИЦТВА</b> .....	82
3.1. Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур.....	82
3.2. Структура і розрахунок технологічних карт.....	83
3.3. Шляхи підвищення ефективності	
та екологічності механізованих технологій.....	95
3.4. Енергетичний аналіз механізованих технологій.....	98
3.4.1. Мета і завдання енергетичного аналізу.....	98
3.4.2. Основні терміни.....	98
3.4.3. Розрахунки енергоемності та ефективності механізованих	
технологій виробництва сільськогосподарської продукції.....	99



3.4.4. Новітні техніко-технологічні рішення для різних систем обробітку ґрунту і сівби під час вирощування зернових культур .....	165
3.5. Організація роботи машинно-тракторних агрегатів.....	113
3.5.1. Операційна технологія виконання механізованих робіт.....	113
3.5.2. Управління якістю польових робіт .....	114
<b>РОЗДІЛ IV. КОМПЛЕКСНА МЕХАНІЗАЦІЯ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБИРАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР .....</b>	<b>124</b>
4.1. Механізований технологічний процес виробництва зернових та зернобобових культур .....	124
4.2. Механізований технологічний процес виробництва круп'яних культур .....	130
4.3. Механізований технологічний процес виробництва цукрового буряку.....	137
4.3.1. Механізований технологічний процес виробництва сояників.....	140
4.3.2. Механізований технологічний процес виробництва ріпака .....	143
4.3.3. Механізований технологічний процес виробництва сої .....	146
4.3.4. Механізований технологічний процес виробництва льону.....	149
4.3.5. Механізований технологічний процес виробництва хмелю .....	153
4.4. Механізований технологічний процес виробництва кормових культур .....	157
4.4.1. Механізований технологічний процес виробництва однорічних культур.....	157
4.4.2. Механізований технологічний процес виробництва багаторічних трав .....	160
4.4.3. Механізований технологічний процес виробництва кукурудзи на силос.....	164
4.5. Механізовані технологічні процеси виробництва овочевих культур .....	168
4.5.1. Механізований технологічний процес виробництва картоплі.....	168
4.5.2. Механізований технологічний процес виробництва моркви .....	173
4.5.3. Механізований технологічний процес виробництва цибулі.....	177
4.5.4. Механізований технологічний процес виробництва капусти .....	181
4.5.5. Механізований технологічний процес виробництва томатів .....	186
4.5.6. Механізований технологічний процес виробництва огірків .....	190
4.6. No-till – альтернативна технологія сучасності .....	194
4.6.1. Ідеологія no-till .....	194
4.6.2. Головні переваги технології no-till .....	195
4.6.3. Системний підхід до запровадження no-till .....	196
4.6.4. Технічна система.....	200
<b>РОЗДІЛ V. ОСНОВИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА .....</b>	<b>204</b>
5.1. Система точного землеробства – основа управління агробіологічним потенціалом поля.....	204
5.2. Основні поняття та визначення системи точного землеробства .....	207
5.3. Методи реалізації точного землеробства .....	210
5.4. Карт-технологія.....	211
5.5. Сенсор-технологія .....	213
5.6. Методи збору і аналізу місцевизначених параметрів поля.....	214
5.7. Визначення вмісту поживних елементів у ґрунті .....	215
5.8. Побудова картограм місцевизначених параметрів ґрунту .....	217

5.9. Картографування урожайності зернових.....	219
5.10. Технології змінних норм внесення технологічних матеріалів.....	224
5.11. Характеристика системи точного землеробства AMS John Deere .....	226
5.12. Проблеми та перспективи розвитку систем точного землеробства .....	231

## **РОЗДІЛ VI. ОСНОВИ КОМПЛЕКТУВАННЯ І ВИКОРИСТАННЯ**

<b>МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ .....</b>	<b>236</b>
6.1. Комплектування машинно-тракторного парку.....	236
6.1.1. Методи розрахунку потреби в техніці .....	236
6.1.2. Визначення обсягу та строків проведення механізованих робіт у рільництві.....	239
6.1.3. Визначення комплексу машин для виконання циклу взаємозв'язаних операцій під час комплектування складу машинно-тракторного парку.....	244
6.1.4. Визначення комплексу машин для виконання циклу взаємозв'язаних операцій під час розробки плану використання машинно-тракторного парку .....	247
6.1.5. Визначення оптимального розподілу обсягу робіт між агрегатами.....	249
6.1.6. Побудова графіка використання тракторів .....	250
6.1.7. Побудова графіка використання сільськогосподарських машин .....	252
6.2. Аналіз використання машинно-тракторного парку .....	253
6.3. Інженерна служба .....	258
6.4. Контроль роботоздатності і технічне діагностування машин .....	262
6.4.1. Роль технічної діагностики в системі технічного обслуговування і підвищенні надійності роботи машин .....	262
6.4.2. Класифікація методів діагностування техніки .....	265
6.5. Технологія технічного обслуговування машин .....	267
6.6. Періодичність технічного обслуговування тракторів і сільськогосподарських машин.....	272
6.7. Забезпечення машинно-тракторного парку нафтопродуктами .....	277
6.7.1. Призначення і загальна організація нафтогосподарства .....	277
6.7.2. Нафтоховища, вибір місткостей для зберігання та облік пально-мастильних матеріалів.....	277
6.8. Організація і технологія зберігання машин .....	281
6.8.1. Зношення машин у неробочий період .....	281
6.8.2. Загальні правила зберігання машин .....	282

## **ЧАСТИНА IV. ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ**

### **СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА .....**

<b>РОЗДІЛ І. ЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ І ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ</b>	
<b>СІЛЬСЬКИХ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ. ЕЛЕКТРОПРИВОД .....</b>	<b>285</b>
1.1. Первинні енергетичні ресурси і типи сучасних електростанцій.....	285
1.2. Типи сучасних електростанцій .....	287
1.3. Альтернативна енергетика .....	290
1.4. Проблеми, що спричиняє електрична енергія та заходи з її збереження .....	293
1.5. Транспортування (передавання) електроенергії від електростанцій до сільських споживачів .....	294
1.6. Поняття електроприводу і його характеристики.....	304

1.7. Будова і принцип дії електродвигунів .....	306
1.8. Приводні характеристики сільськогосподарських машин .....	311
1.9. Апарати керування .....	312
1.10. Апарати захисту електроустановок .....	316
<b>РОЗДІЛ II. ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ І ОПРОМІНЕННЯ</b>	
<b>В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ .....</b>	<b>324</b>
2.1. Роль променистої енергії.....	324
2.2. Фотобіологічна дія оптичного випромінювання .....	325
2.3. Енергетичні величини і одиниці їх вимірювання .....	326
2.4. Системи ефективних величин і одиниці їх вимірювання .....	327
2.5. Вимірювальні прилади оптичного випромінювання .....	328
2.6. Будова і робота ламп розжарювання, їх енергетичні та експлуатаційні характеристики.....	330
2.7. Види і системи освітлення.....	344
2.7.1. Вибір типу джерел світла і світильників .....	345
2.7.2. Розміщення світильників у приміщенні.....	345
2.7.3. Методи розрахунку освітлення .....	347
2.8. Установки для опромінення рослин в умовах захищеного ґрунту ....	348
2.8.1. Типи опромінювачів і опромінювальних установок, їх характеристики .....	349
2.8.2. Розрахунок опромінювальних установок з точковими джерелами випромінювання .....	351
2.8.3. Опромінювальні установки для тварин.....	352
2.8.4. Розрахунок рухомих установок ультрафіолетового опромінення .....	357
2.8.5. Використання ультрафіолетового випромінювання в різних технологічних процесах сільськогосподарського виробництва .....	358
2.8.6. Використання інфрачервоного випромінювання в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва .....	361
<b>РОЗДІЛ III. ЕЛЕКТРИЧНЕ НАГРІВАННЯ І ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ</b>	
<b>В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ .....</b>	<b>364</b>
3.1. Електронагрівальні установки сільськогосподарського призначення .....	364
3.2. Електротехнології в сільськогосподарському виробництві .....	379
<b>РОЗДІЛ IV. АВТОМАТИЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРЬКОГО</b>	
<b>ВИРОБНИЦТВА.....</b>	<b>389</b>
4.1. Обсяги автоматизації.....	389
4.2. Основні поняття та визначення .....	390
4.3. Функціональні елементи автоматичних пристроїв .....	392
4.4. Автоматичні системи керування глибиною оранки .....	393
4.5. Автоматичний пристрій для керування фрезою.....	395
4.6. Автоматизація посівних машин.....	396
4.7. Автоматизація збиральних машин .....	397
4.8. Автоматизація зерноочисних та сортувальних машин.....	402
4.9. Системи автоматичного водіння тракторів .....	417
4.10. Сучасні навігаційні GPS системи.....	421
<b>ЛІТЕРАТУРА .....</b>	<b>426</b>

Навчальне видання

**Рудь** Анатолій Володимирович  
**Бендера** Іван Миколайович  
**Войтюк** Дмитро Григорович  
**Кравченко** Станіслав Миколайович  
**Мошенко** Іван Остапович  
**Червінський** Леонід Степанович  
**Панченко** Анатолій Іванович  
**Семен** Ярослав Васильович  
**Іщенко** Валерій Васильович

**МЕХАНІЗАЦІЯ, ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА**

**Том II**

Підручник

Редагування	Л.М. Талюта
Макетування	І.О. Сєрова
Обкладинка	М.О. Цендревич

Підписано до друку 24.11.2012 Формат 60х84/16.  
Папір офсет. №1. Гарнітура Palatino Linotype. Друк офс.  
Наклад 700 примірників, Зам. № 102

«ДУ НМЦ «Агроосвіта»  
Київ-151, вул. Смілянська, 11  
тел. 249-94-04