

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЗУБКО Владислав Миколайович

УДК 631.17:65.018

ДИСЕРТАЦІЯ

**КОНЦЕПЦІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ МЕХАНІЗОВАНИХ
АГРОТЕХНОЛОГІЙ**

05.05.11 «Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва»
(технічні науки)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора наук

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____ В. М Зубко

Науковий консультант
Пастухов Валерій Іванович
доктор технічних наук, професор

Суми – 2020

АНОТАЦІЯ

Зубко В. М. Концепція забезпечення якості механізованих агротехнологій. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». – Сумський національний аграрний університет. Суми, 2020.

У дисертації вирішена науково-технічна проблема, яка має важливе значення для підвищення ефективності реалізації біологічного потенціалу агрокультур унаслідок максимального наближення технологічних можливостей машинних агрегатів до агротехнічних вимог під час виконання механізованих технологічних процесів на основних етапах їхнього росту та розвитку.

Обґрунтовано необхідність розробки агровимог на основі потреб рослин щодо показників і їхніх параметрів, які можна реалізувати сучасними засобами виробництва. Використання засобів механізації зумовлене агротехнічними вимогами, показники яких перенесені з агровимог та доповнені показниками, які виникають у процесі використання агротехніки. Параметри показників агротехнічних вимог розширюються відповідними допусками, у зв'язку з неможливістю сучасною технікою в реальних умовах досягти відповідних нормативних значень.

Аналіз результатів досліджень відомих вчених у галузі рослинництва показав, що потреби агрокультур на етапі підготовки ґрунту й у різні фази їхньої вегетації, які впливають на інтенсивність накопичення енергії, що дає змогу оцінювати і керувати ефективністю ступеня реалізації біологічного потенціалу рослини. На підставі того, що середовище (твердість ґрунту (T), його пористість (κ_ϕ), вологість (p_ϕ), кислотність (pH); вміст NPK), а також сама рослина (накопичення сухої маси, вологість, хімічний склад), упродовж процесу вегетації змінюються – призводить до необхідності поліпшення умов росту, відповідно до потреб рослини. Такий підхід дає можливість визначити позитивні та негативні елементи технологічних операцій, які є чинниками

впливу на розвиток рослини та впливати на них.

Удосконалена методика визначення показників агровимог кожної технологічної операції для кожного з основних етапів росту та розвитку, яка враховує значення кожного показника відповідно до умов середовища та стану рослин із врахуванням ренкінгу показника за його впливом на інтенсивність накопичення енергії агрокультури, що дає можливість обґрунтувати агровимоги при вирощуванні різних сортів і гібридів агрокультур залежно від умов їхнього вирощування.

У результаті створено ланцюг методології розробки керованої системи оцінювання якості механізованих процесів: Потреби агрокультур (перелік потреб для отримання запланованого врожаю) → Агровимоги (перелік показників, які можливо реалізувати в даний період різними системами) → Агротехнічні вимоги (показники агровимог, які можуть забезпечуватися засобами механізації, включно з додатковими показниками, які виникають за умов використання агротехніки з урахуванням відповідних допусків) → Технологічні можливості машин (реальне значення показників агротехнічних вимог за використання відповідних засобів механізації) → Зміна врожайності (показники, які впливають на зміну врожайності агрокультури за використання конкретного засобу механізації на відповідній технологічній операції).

Експериментально встановлено, що сучасні сівалки можуть забезпечувати сівбу за вологи 35-39 %, на відміну від застарілих моделей, що збільшує приріст врожаю на 2,7 %. Отже, це дає підстави для коригування агротехнічних вимог – встановлення показника мінімальної вологості ґрунту за сівби на рівні 35 %.

Розроблено керовану систему механізованих агротехнологій, яка включає структуровану інформацію про сучасні сорти та гібриди агрокультур, агрокліматичних умов їхнього вирощування й засобів механізації, які використовуються для забезпечення виконання механізованого технологічного процесу й що входять у дану систему (матриця агрокультур,

матриця полів відповідного господарства та стан довкілля, матриця технологічних операцій; матриця агромашин; матриці енергетичних засобів; матриця систем контролю та розрахунку оцінки якості роботи машинних агрегатів) з урахуванням загальної якості виконання механізованих робіт і застосована на принципах математичної логіки.

Розроблено методику визначення показників якості виконання технологічних операцій машинними агрегатами, залежно від культури та технології її вирощування k_a , яка враховує якість виконання агровиимог робочими органами агромашини з урахуванням їхнього ренкінгу, якості роботи агрегатів і систем агромашини, які безпосередньо не працюють із продуктами обробітку. Експериментальна перевірка результатів розрахунку у виробничих умовах показала можливість реалізувати агротехнічні вимоги за вирощування кукурудзи на зерно за технологічними можливостями машин у межах 77-79 %.

Методика дає змогу аналізувати вплив кожної технологічної операції на заплановану врожайність агрокультури в залежності від обраних машинних агрегатів, умов роботи й робочих режимів через показник, що враховує повне або часткове виконання агротехнічних вимог машинним агрегатом.

На основі проведених досліджень роботи обприскувача була встановлена зміна якості розпилення робочого розчину залежно від зміни віддалі розташування форсунок із 500 мм до 250 мм підвищення якості виконання технологічних операції збільшилося на 7-9 % і, відповідно, реалізація біопотенціалу підвищилася на 4-5 %. Водночас досягнута економія робочого розчину до 20 %.

Методика дає змогу розрахувати реальний показник урожайності культури з урахуванням її зміни впродовж виконання технологічного процесу залежно від технології вирощування культури та комплексу машин; отримати і проаналізувати наведену до врожайності вартість роботи машинних агрегатів.

Вивчено та проаналізовано технологічні параметри сучасних ходових

систем машинних агрегатів і середовища їхнього використання відповідно до сучасних умов. Визначено коефіцієнти опору перекочування, зчеплення та буксування залежно від твердості ґрунту в шарі 0-10 см.

Так, наприклад, для енергетичних засобів із гумовою гусеницею функції цих величин будуть такі:

$$\begin{aligned} f &= -0,015T^2 + 0,169T + 0,472, \\ \mu &= -0,001T^3 + 0,015T^2 - 0,078T + 0,204, \\ \delta &= 0,033 \exp(7,154p) + 0,792. \end{aligned}$$

Встановлена залежність між питомим опором та твердістю ґрунту в межах орного шару, визначення експлуатаційних і якісних показників їхньої роботи і співвідноситься з оцінкою ґрунту в галузі агрономії.

Розроблено сучасну структуру балансу часу доби роботи машинних агрегатів для забезпечення агровимог, створення максимально однакових умов для агрокультури в межах одного поля та мінімізації строків виконання технологічної операції, що дає змогу підвищити показник забезпечення потреби рослин унаслідок удосконалення організації технологічного процесу. Запропоновано структурно-логічна схема машинних агрегатів, з урахуванням різних енергетичних засобів, з різними ходовими системами, агромашин, способів їхнього агрегування та передачі енергії до робочих органів, що дало змогу значно удосконалити алгоритм та програму обґрунтування параметрів та режимів роботи машинних агрегатів, з урахуванням якості виконання технологічних операцій.

Дослідженнями встановлено, що сучасні широкозахватні, зі збільшеною кінематичною довжиною машинні агрегати, які працюють на підвищених швидкостях потребують більшого радіусу їхнього повороту. Відповідно змінюється й розмір поворотних полос та робоча довжина гонів. Мінімальний радіус повороту для сучасних машинних агрегатів залежно від його ширини захвату, яка описується такою формулою:

$$R_n = 2,1 \ln B + 3,7.$$

На основі проведених досліджень уточнена оптимальна ширина загінок та їхня кількість залежно від площі поля та довжини гонів для підвищення значення коефіцієнтів робочих ходів.

Розроблений алгоритм та комп'ютерна програма «Машинний агрегат» для визначення техніко-експлуатаційних показників та показників якості механізованих операцій. Програма дає змогу розраховувати машинні агрегати різних сучасних структурно-логічних схем з урахуванням забезпечення якості виконання технологічних операцій та оцінки впливу конкретного машинного агрегату на формування загальної врожайності агрокультури. Визначені залежності якості виконання механізованих технологічних операцій від режимів роботи агромашин на прикладі основних операцій. Встановлено, що машинний агрегат у складі: Belarus 1025 + Дукат-2,5 за робочої швидкості 12-14 км/год. і способі руху вздовж рядка має показник якості 0,76-0,78. У разі зміни вказаних режимів роботи показник якості виконання технологічної операції має значення нижче 0,75. Результати розрахунку, отримані за допомогою програми, відповідають результатам хронометражних спостережень у виробничих умовах (різниця складає менше 5 %).

Розроблено методологію та математичну модель економічного оцінювання механізованих агротехнологій з урахуванням коефіцієнта якості виконання механізованих технологічних операцій, що дає змогу розрахувати фактичну врожайність культури з урахуванням її коливань упродовж росту й розвитку, залежно від технології вирощування агрокультури та застосованого комплексу машин, у порівнянні з накопиченням врожайності за умови повного забезпечення потреб рослини. Підготовлені пропозиції щодо оцінювання якості роботи машинних агрегатів під час виконання технологічних операцій.

Удосконалено математичну модель, алгоритм і комп'ютерна програма «Механізовані агротехнології. Якість і ефективність », яка за оптимізації враховує агровиимоги рослин і можливості машинних агрегатів із визначенням коефіцієнта якості. Крім того, система дає змогу обґрунтовувати машинний парк господарства з визначенням комплексів машин для кожної агрокультури

та оптимальну площу вирощування.

Оцінювання раціонального вибору комплексу машин для забезпечення виконання механізованого технологічного процесу проводиться на підставі аналізу прямих витрат під час роботи машинних агрегатів на кожній операції та розрахункової урожайності з урахуванням коефіцієнта якості виконання механізованих операцій.

Застосовано новий підхід для обґрунтування оптимального комплексу машин для вирощування агрокультур, який враховує потреби агрокультур на кожній фазі органогенезу.

Результати досліджень впроваджені в ТОВ «Українське конструкторське бюро трансмісій і шасі», ТОВ «Лозівський ковальсько-механічний завод», ПАТ «Харківський тракторний завод», ТОВ «Кернел», СТОВ «Промінь», СФГ «Кузін В.С.».

Ключові слова: якість виконання технологічного процесу, критерії оптимізації, ресурси, біопотенціал, імітаційне моделювання.

SUMMARY

Zubko V.M. The Concept Of Quality Assurance Of Mechanized Agricultural Technologies. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on a scientific degree of the doctor of technical sciences on a specialty 05.05.11 "Machines And Means Of Agricultural Production Mechanization ". – Sumy National Agrarian University. Sumy, 2020.

The dissertation solves a scientific and technical problem, which is important for improving the efficiency of crops biological potential release due to the maximum approximation of machine units technological capabilities to agronomic requirements when performing mechanized technological processes at the main stages of the plants' growth and development.

The necessity of agro-requirements development on the basis of plants needs

concerning indicators and their parameters which can be executed by modern means of production is substantiated. The use of mechanization is caused by the agro-technical requirements, the indicators of which were transferred from the agro-requirements and were supplemented by indicators that arise in the process of using agricultural machinery. The parameters of the agro-technical requirements indicators are expanded by the corresponding tolerances because of the modern equipment incapability to reach the corresponding standard values under real life conditions.

An analysis of research results of well-known scientists in the field of crop production showed that the crops needs at the stage of soil preparation and at different vegetation phases affect the intensity of energy accumulation, which allows to assess and manage the effectiveness of the plants biological potential. The fact that the environment (soil hardness (T), its porosity (κ_ϕ), humidity (p_ϕ), acidity (pH); NPK content), as well as the plant itself (dry matter accumulation, humidity, chemical composition) change during the vegetation process leads to the need of improving the growing conditions in accordance with the plant's needs. This approach makes it possible to identify the positive and negative elements of technological operations, that appear to be the factors influencing the plant development, and to influence them.

A methodology for determining agro-requirements of each technological operation for each of the main growth and development stages was improved. It takes into account the value of each indicator in accordance with environmental and plant conditions, considering the indicator ranking based on its impact on energy accumulation intensity. This will give an ability to justify the agro-requirements for growing different varieties and hybrids of crops depending on the conditions of their cultivation.

As a result, a chain of methodology for developing a managed system for assessing the quality of mechanized processes was designed: Needs of crops (list of needs to acquire the planned harvest) \rightarrow Agricultural requirements (list of indicators that can be currently implemented by different systems) \rightarrow Agro-technical

requirements (indicators of agricultural requirements that can be provided by mechanization means, including additional indicators that arise under the conditions of the agricultural machinery use with taking into account the relevant tolerances) → Technological capabilities of machines (real value of agro-technical requirements when using appropriate mechanization) → Change in yields (indicators that affect crop yields when using a particular mechanization mean, appropriate for a specific technological operation).

It has been experimentally established that modern drills can provide sowing at a moisture content of 35-39%, in contrast to outdated models, which raises the yield increase by 2.7%. Thus, this gives grounds for adjusting the agronomic requirements: setting the minimum indicator of soil moisture at 35% while sowing.

A managed system of mechanized agricultural technologies has been developed, which includes structured information about modern varieties and hybrids of agricultural crops, agro-climatic conditions of their cultivation and mechanization means used to ensure a mechanized technological process and included in this system (a matrix of agricultural crops, a matrix of fields of a relevant farm and environment state, a matrix of technological operations, a matrix of agricultural machines, a matrix of energy resources, a systems matrix of control and calculation of quality assessment of machine units operation). The system takes into account the overall quality of mechanized works and was applied basing on the principles of mathematical logic.

There were developed methods for determining the quality of technological operations by machine units, depending on a crop and technology of its cultivation k_a , which took into account the quality of agricultural requirements by the working bodies of the machine, basing on their ranking, performance quality of units and systems of machines that do not work directly with cultivated products. Experimental verification of the results of the calculation under the production conditions showed the ability to implement agronomic requirements for the corn cultivation for grain according to the technological capabilities of machines within the range of 77-79%.

The methods allow to analyze the impact of each technological operation on the planned crop yield depending on the selected machine units, operating conditions and operating modes via an indicator that takes into account the full or partial implementation of agro-technical requirements by the machine unit.

Based on the studies of the sprayer performance, the change in the spraying quality was determined depending on the change in the distance of the nozzles from 500 mm to 250 mm: it increased the quality of technological operations by 7-9% and, accordingly, the release of the biopotential increased by 4-5%. At the same time savings of a working liquid reached 20%.

The methods allow to calculate the real yield indicator for a crop taking into account its change during the technological process depending on the technology of the crop cultivation and the complex of machines used; they also allow to obtain and analyze the performance cost of machine units compared to the yield.

The technological parameters of modern running systems of machine units and the environment of their use in accordance with modern conditions were studied and analyzed. The coefficients of resistance to rolling, traction and slipping, depending on the hardness of the soil, in a layer of 0-10 cm were determined.

For example, for energy-consuming devices with a rubber caterpillar tiers, the functions of these values 0-10 cm will be as follows:

$$\begin{aligned} f &= -0.015T^2 + 0.169T + 0.472, \\ \mu &= -0.001T^3 + 0.015T^2 - 0.078T + 0.204, \\ \delta &= 0.033 \exp(7.154p) + 0.792. \end{aligned}$$

The dependency between the resistivity and hardness of the soil within the arable layer was detected, as well as were defined: operational and quality indicators of their work and their correlation with the soil assessment in the field of agronomy.

A modern structure of the time balance for machine units within a work day has been developed in order to: meet agro requirements, create the most uniform conditions for crops within one field and minimize the time of a technological operation, which allows to increase the plant's needs satisfaction indicator due to improved organization of the technological process. The structural and logical

scheme of machine units were introduced, taking into account different energy means, with different running systems, agricultural machines, ways of their aggregation and energy transfer to working bodies, which allowed to significantly improve an algorithm and a program of substantiation of parameters and modes of machine units operation with the consideration of technological operations quality.

Studies have shown that modern wide-reaching machine units, possessing an increased kinematic length, that operate at higher speeds require a larger radius of rotation. Accordingly, the size of the turning lanes and the working length of the working paths should be changes. The minimum turning radius for modern machine units depending on its reaching width is described by such a formula:

$$R_n = 2.1 \ln B + 3.7.$$

Based on the conducted research, the optimal width of the sections and their number depending on the field area and the length of the working paths were specified in order to increase the value of the coefficients of working routes.

An algorithm and a "Machine Unit" computer program for determining technical and operational indicators and quality indicators of mechanized operations have been developed. The program allows to calculate the machine units combinations consisting of various modern structural and logical schemes with consideration of the quality of technological operations and the assessment of the impact of a particular machine unit on the formation of overall crop yields. The dependencies of the performance quality of mechanized technological operations on the modes of operation of agricultural machines were determined using an example of major operations. It has been established that the machine unit consisting of: Belarus 1025 + Ducat-2.5 at an operating speed of 12-14 km/h and the along-the-line movement method has a quality index of 0.76-0.78. When changing these modes of operation, the performance quality indicator of the technological operation were dropping below 0.75. The calculation results obtained with the help of the program correspond to the results of time observations under the production conditions (the difference is less than 5%).

A methodology and a mathematical model of economic evaluation of

mechanized agricultural technologies were developed taking into account the performance quality coefficient of mechanized technological operations, which allowed to calculate the actual crop yield taking into account its fluctuations during growth and development, depending on the technology of a crop cultivation and applied machinery set. This was done in comparison with the yields accumulation under the condition of full provision of plant's needs. The recommendations for assessing the quality of machine units during technological operations performance were offered.

A mathematical model, an algorithm and a computer program named "Mechanized agricultural technologies. Quality and efficiency " were improved. When optimized, it may take into account the agro-requirements of plants and the capabilities of machine units with the definition of the quality factor. In addition, the system makes it possible to justify the machine park of the farm with the definition of machine complexes for each crop and the optimal growing area.

Evaluation of a rational choice of a machines set to ensure the implementation of a mechanized technological process was based on the analysis of direct costs during the machine units work for each operation and the estimated yield taking into account the quality factor of mechanized operations.

A new approach has been applied to justify an optimal machines set for crops cultivation, which considered the needs of crops at each phase of organogenesis.

The research results were implemented in LLC "Ukrainian Design Bureau of Transmissions and Chassis", LLC "Lozova Forging and Mechanical Plant", PJSC "Kharkiv Tractor Plant", LLC "Kernel", LLC "Promin'", private farming household "Cousin V.S."

Key words: quality of a technological process performance, optimization criteria, resources, biopotential, simulation modeling.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Мельник І. І., Сапсай В. І., Барабаш Г. І., **Зубко В. М.** Математична модель обґрунтування кількості агрегатів для виконання механізованих робіт. Таврійський державний агротехнологічний університет. Мелітополь. 2010. Вип. 10. Т. 9. С. 125–129. *(Здобувачем здійснено аналіз зв'язку кількості агрегатів та тривалості проведення операцій з дотриманням якості виконання робіт).*

2. Зубко В. М. Обґрунтування вибору ефективного машинного агрегату для виконання механізованої технологічної операції. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2011. Вип. 107. С. 45–54.

3. Мельник І. І., Сапсай В. І., Барабаш Г. І., **Зубко В. М.**, Чуба В. В. Математична модель визначення оптимального складу агрегатів у рослинництві. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2011. Вип. 41, ч. 1. С. 272–278. *(Здобувачем здійснено аналіз конструктивно-технологічних параметрів енергетичних засобів та сільськогосподарських машин).*

4. Зубко В. М. Технологічна та техніко-економічна оцінка машинних агрегатів при виконанні основного обробітку ґрунту. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2013. Вип. 135. С. 32–39.

5. Зубко В. М. Технологічна і техніко-економічна оцінка машинних агрегатів при проведенні догляду за посівами при вирощуванні сільськогосподарських культур. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. 2013. Вип. 185, Ч. 1. С. 352–363.

6. Зубко В. М. Аналіз етапів росту і розвитку рослини як основа для проектування комплексів машин та їх робочих органів. Вісник Харківського

національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2014. Вип. 148. С. 204–208.

7. Зубко В. М. Аналіз особливостей техніко-технологічного забезпечення вирощування озимої пшениці. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2014. Вип. 196. Ч. 2. С. 82–89.

8. Барабаш Г. І., Страхоліс І. М., **Зубко В. М.**, Барабаш О. Г. Вплив строків сівби на продуктивність та структуру гречки в зв'язку з обґрунтуванням використання комплексу машин. Інженерія природокористування. 2015. Вип. 1(3). С. 111–117. *(Здобувачем обґрунтовано оптимальні строки початку та тривалості сівби як основного показника агротехнічних вимог).*

9. Мельник І. І., **Зубко В. М.**, Хворост Т. В. Інформаційна технологія оцінки роботи машинних агрегатів. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2015. Вип. 156. С. 222–230. *(Здобувачем розроблено метод визначення показника якості роботи машинних агрегатів).*

10. Барабаш Г. І., **Зубко В. М.**, Барабаш О. Г. Вплив термінів сівби гречки та вибір комплексу машин для її збирання. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». Суми. 2016. Вип. 3(28). С. 88–93. *(Здобувачем обґрунтовані оптимальні строки проведення сівби, як показника агротехнічних вимог).*

11. Зубко В. М. Дослідження факторів впливу на рівномірність обробітку ґрунту при дискуванні. Інженерія природокористування. 2016. Вип. 1(5). С. 122–130.

12. Зубко В. М. Аналіз економічної ефективності традиційної та ресурсозберігаючих технологій вирощування озимої пшениці. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів. 2016. Вип. 10/2(30). С. 40–43.

13. Зубко В. М. Дослідження якості виконання посіву. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2017. Вип. 180. С. 263–273.

14. **Зубко В. М.**, Саєнко А. В. Вдосконалення методики визначення техніко-економічних показників агрегатів. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів. 2018. Вип. 5(33). С. 36–39. *(Здобувачем запропоновано підхід та методичний апарат визначення техніко-економічних показників роботи агрегатів з урахуванням витрат потужності на привід робочих органів через гідросистему).*

15. Зубко В. М. Обґрунтування розміщення культур у структурі полів та обсягів виробництва для механізованих технологічних операцій. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. 2020. Vol. 11. No 2. P. 107–113.

16. Зубко В. М. Обґрунтування та вибір агромашин за обраними робочими органами. Інженерія природокористування. 2020. Вип. 1(15). С. 36–43.

17. Зубко В. М. Обґрунтування та вибір енергетичних засобів та агрегатування агромашин. Інженерія природокористування. 2020. Вип. 2(16). С. 107–112.

18. Зубко В. М. Залежність техніко-експлуатаційних показників орного агрегату від твердості ґрунту, глибини обробітку, довжини гону та робочої швидкості. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. 2020. Vol. 11. No 4. P. 161–167.

Статті у наукових виданнях інших держав

19. Мельник І. І., Сапсай В. І., **Зубко В. М.** Оптимізація параметрів роботи машинних агрегатів при виконанні польових робіт. MOTROL Motoryzacjai energetyka rolnictwa motorizatiom and power industry in agriculture. 2010. Tom 12 В. Р. 109–114. *(Здобувачем здійснено аналіз роботи ходових систем сучасних енергетичних засобів та опір, який виникає при їх роботі).*

20. **Зубко В.,** Онычко В., Хворост Т., Чуба В. Методика технологической и технико-экономической оценки машинных агрегатов при проведении предпосевной обработки почвы и посева озимой пшеницы. MOTROL Commission of Motorization and energetics in Agriculture. 2013. Vol. 15. No 3. P. 150–156. *(Здобувачем зроблено аналіз існуючих агротехнічних вимог до проведення передпосівного обробітку ґрунту та посіву; визначений показник якості роботи основних машинних агрегатів для операцій, які досліджувались).*

21. **Зубко В.** Оценка качества механизированных технологических операций в растениеводстве. MOTROL Commission of Motorization and energetics in Agriculture. 2015. Vol. 17. No 3. С. 259–263.

22. **Zubko V.,** Kuzina T. Investigation of the influence of winter wheat's location on plant's germination energy. Teka. Commission of motorization and energetics in Agriculture. 2015. Vol. 15. No 4. P. 103–106. *(Здобувачем обґрунтовано необхідність забезпечення орієнтування посівного матеріалу під час сівби зерна озимої пшениці).*

23. **Zubko V.,** Roubík H., Zamora O., Khvorost T. Analysis and Forecast of Performance Characteristics of Combine Harvesters. Agronomy Research. 2018. Vol. 16(5). P. 2282–2302. *(Здобувачем проведені дослідження якісних та технологічних показників роботи зернозбиральних комбайнів).*

24. **Zubko V.,** Khvorost T., Zamora O., Onychko V. Methods of Maintaining Soil Depth Evenness during Disk Tillage. Scientia Agriculturae Bohemica. 2020. Vol. 51. P. 22–30. *(Здобувачем досліджено агротехнічні вимоги машинних знарядь з дисковими робочими органами; досліджено існуючі та альтернативні методи регулювання показників якості обробітку ґрунту дисковими боронами).*

Патенти на корисну модель

25. **Зубко В. М.,** Сіренко В. Ф., Плавинський В. І., Кузіна Т. В. Зерновисівний пристрій. Патент України на корисну модель № 113823 Україна, МПК А01С 7/20. Заявник і патентовласник Сумський національний

аграрний університет. № u2016 09567; заявлено 16.09.2016; опубліковано 10.02.2017. Бюл. № 3. *(Здобувач здійснив патентний пошук і запропонував конструкцію установки).*

26. Сіренко В. Ф., **Зубко В. М.**, Плавинський В. І., Кузіна Т. В. Спосіб розміщення насіння озимої пшениці в ґрунті при посіві. Патент України на корисну модель № 113837 Україна, МПК А01С 7/00. Заявник і патентовласник Сумський національний аграрний університет. № u2016 09785; заявлено 23.09.2016; опубліковано 10.02.2017. Бюл. № 3. *(Здобувач здійснив патентний пошук і запропонував спосіб розміщення насіння озимої пшениці в ґрунті при посіві).*

Тези наукових доповідей

27. **Зубко В. М.**, Кузіна Т. В. Конструктивні особливості сошників посівних машин для зернових культур. Гончарівські читання: Міжнародна науково-практична конференція присвячена 87-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем'яновича, м. Суми, 26–27 травня 2016 року: тези доповіді. Суми, 2016. С. 40–41.

28. Зубко В. М. Альтернатива рядковому посіву. Прогресивні технології в сільському господарстві: 22 Міжнародна наукова конференція, м. Суми, м. Одеса, 12–17 вересня 2016 року: тези доповіді. Суми, Одеса, 2016. С. 37–38.

29. **Зубко В. М.**, Кузіна Т. В. Дослідження впливу розміщення зерна озимої пшениці у насіннєвому ложі для пришвидшення інтенсивності його проростання. Прогресивні технології в сільському господарстві: 22 Міжнародна наукова конференція, м. Суми, м. Одеса, 12–17 вересня 2016 року: тези доповіді. Суми, Одеса, 2016. С. 41.

30. **Зубко В. М.**, Кузіна Т. В. Інформаційна технологія дослідження роботи машинних агрегатів. Сучасні проблеми землеробської механіки: XVII Міжнародна наукова конференція присвячена 116-річчю з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка, м. Суми, 17–18 жовтня 2016 року:

тези доповіді. Суми, 2016. С. 38–40.

31. **Зубко В. М.**, Хворост Т. В. Дослідження впливу швидкості руху на рівномірність глибини обробітку ґрунту при дискуванні. Сучасні проблеми землеробської механіки: XVII Міжнародна наукова конференція присвячена 116-річчю з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка, м. Суми, 17–18 жовтня 2016 року: тези доповіді. Суми, 2016. С. 40–41.

32. Сіренко В. Ф., **Зубко В. М.**, Кузіна Т. В. Розробка дослідної установки для вивчення процесу орієнтованого посіву зерна пшениці. Сучасні проблеми землеробської механіки: XVII Міжнародна наукова конференція присвячена 116-річчю з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка, м. Суми, 17-18 жовтня 2016 року: тези доповіді. Суми, 2016. С. 84–85.

33. **Зубко В. М.**, Крюков О. С. Дослідження рівномірності глибини обробітку ґрунту агромашиною Дукат 2,5. Інноваційні розробки в аграрній сфері: Міжнародна науково-практична конференція, м. Харків, 30 листопада 2017 року: тези доповіді. Х., 2017. С. 47–48.

34. Kuzina T., Sirenko V., **Zubko V.**, Chuba V. Increasing yields of winter wheat by means of sowing orientation of grain. Engineering for Rural Development: 17th International Scientific Conference, Jelgava Latvia, May 23–25, 2018: proceedings. Jelgava, 2018. Vol. 17. P. 688–696.

35. Зубко В. М. Дослідження якості виконання посіву. Гончарівські читання: Міжнародна науково-практична конференція присвячена 89-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем'яновича, м. Суми, 24–25 травня 2018 року: тези доповіді. Суми, 2018. С. 128–129.

36. Зубко В. М. Будова рослин та пристосування робочих органів машин до їх обробітку при дискуванні. Експлуатаційна та сервісна інженерія: Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених, м. Харків, 28–29 травня 2019 року: тези доповіді. Х., 2019. С. 33–35.

ЗМІСТ

	Стр.
ВСТУП	23
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОВИМОГ СУЧАСНИМИ ЗАСОБАМИ МЕХАНІЗАЦІЇ	29
1.1. Стан середовища з погляду потреб агрокультур	30
1.2. Аналіз діючих агротехнічних вимог та їх реалізація сучасними технічними засобами	39
1.2.1. Дискування	42
1.2.2. Оранка	46
1.2.3. Посів	48
1.2.4. Догляд за посівами	51
1.2.5. Збирання	53
1.3. Аналіз структури сучасних машинних агрегатів та моделювання їх експлуатаційних показників	58
1.4. Аналіз методів моделювання технологічних процесів та комплексів машин	65
1.5. Задачі досліджень	70
1.6. Висновки по розділу 1	70
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КЕРОВАНОЇ СИСТЕМИ МЕХАНІЗОВАНІ АГРОТЕХНОЛОГІЇ: ЯКІСТЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ	73
2.1. Основні чинники впливу на процес росту та розвитку рослин. Місце та роль механізованих процесів	73
2.2. Керована система механізовані агротехнології	79
2.2.1. Підмножини керованої системи механізовані агротехнології	81
2.2.2. Структурно-логічні схеми розміщення культур у	94

структурі полів	
2.2.3. Обґрунтування агромашин за обраними робочими органом	106
2.2.4. Обґрунтування та вибір енергетичних засобів для агрегаткування агромашин	118
2.2.5. Машинний агрегат, його структура та показники роботи	126
2.2.6. Показники якості та ефективності керованої системи механізовані агротехнології	144
2.2.7. Економічні показники оцінки роботи машинних агрегатів	149
2.3. Теоретичні основи обґрунтування керованої системи механізовані агротехнології	156
2.4. Оптимізація системи: «Механізовані агротехнології. Якість та ефективність»	160
2.5. Висновки по розділу 2	169
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	171
3.1. Програма досліджень	171
3.1.1. Програма польових досліджень	171
3.1.2. Програма обчислювальних експериментів	172
3.2. Методика досліджень	172
3.2.1. Методика польових досліджень	172
3.2.2. Методика обчислювальних експериментів	216
3.3. Висновки по розділу 3	221
РОЗДІЛ 4 ЗМІНА ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ, ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ Й РОСЛИНИ І РІЗНІ ПЕРІОДИ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ (РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ)	223
4.1. Етап 1. Стан ґрунту та поліпшення його властивостей у період створення умов для росту й розвитку	224

агрокультури (Етап I – «Підготовка ґрунту»)	
4.2. Етап 2. Зміна властивостей ґрунту й посівного матеріалу в процесі розміщення насіння в середовищі росту й розвитку	238
4.3. Етап 3. Зміна властивостей ґрунту й рослини в період накопичення енергії агрокультурою	242
4.4. Етап 4. Стан ґрунту і властивості рослини в передзбиральний і збиральний періоди	259
4.5. Висновки по розділу 4	263
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ТА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ МАШИННИХ АГРЕГАТІВ У СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА	264
5.1. Залежність техніко-експлуатаційних показників від твердості ґрунту, глибини обробітку, довжини гону, робочої швидкості за дискування	269
5.2. Залежність техніко-експлуатаційних показників від твердості ґрунту, глибини обробітку, довжини гону, робочої швидкості за оранки	274
5.3. Залежність техніко-експлуатаційних показників від твердості ґрунту, глибини обробітку, довжини гону, робочої швидкості за посіву	281
5.4. Залежність техніко-експлуатаційних показників від твердості ґрунту, глибини обробітку, довжини гону, робочої швидкості за внесення засобів захисту рослин	293
5.5. Порівняльна оцінка результатів, отриманих теоретичним шляхом, з результатами при виконанні технологічних операцій у реальних умовах	298
5.6. Висновки по розділу 5	301
РОЗДІЛ 6 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОТРЕБ РОСЛИН СУЧАСНИМИ	303

МАШИННИМИ АГРЕГАТАМИ ЗА РАХУНОК РЕАЛІЗАЦІЇ АГРОТЕХНІЧНИХ ВИМОГ	
6.1. Чинники впливу на ріст й розвиток рослин та вимоги до середовища росту й розвитку рослин	303
6.2. Чинники впливу на роботу машин та машинних агрегатів	309
6.3. Відповідність вимог до середовища росту й розвитку рослин агровимогам до робочих органів машин і машинних агрегатів	310
6.4. Конкретні агровимоги до основних технологічних операцій	312
6.5. Результат оцінки роботи машинних агрегатів	315
6.6. Висновки по розділу 6	319
РОЗДІЛ 7 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТА ПРОПОЗИЦІЇ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИМ ТА КОНСТРУКТОРСЬКИМ ОРГАНІЗАЦІЯМ	322
7.1. Економічна ефективність проведених досліджень	322
7.2. Пропозиції та рекомендації виробництву, навчально- науковим та конструкторським організаціям	329
7.2.1. Перший етап – обробіток ґрунту після попередника	329
7.2.2. Другий етап – підготовка ґрунту під посів та сівба	330
7.2.3. Третій етап – догляд за посівами	331
7.2.4. Четвертий етап – збирання	332
7.2.5. Задачі перспективних досліджень	333
7.2.6. Рекомендації закладам вищої освіти	333
7.3. Висновки по розділу 7	334
ВИСНОВКИ	335
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	339
ДОДАТКИ	381

ВСТУП

Актуальність теми. Нинішнє аграрне виробництво оснащене новітніми сортами та гібридами агрокультур, сучасною технікою з автоматизованими системами, зокрема, на базі прогресивних ІТ-технологій, що дає можливість пристосовувати засоби механізації до умов виробництва, а тому актуальною постає проблема використання техніки із забезпеченням оптимальних умов для росту й розвитку агрокультур.

Врожайність агрокультур у сучасних умовах залежить від багатьох чинників, основними з яких є середовище та посівний матеріал (40–45 %), мінеральні та органічні добрива (20–25 %), засоби механізації (25–30 %) та інше (організаційні питання, структура господарства тощо) (5–10 %).

На формування врожаю агрокультур значна вага відводиться засобам механізації технологічних процесів. У зв'язку із цим, постає актуальне завдання визначити здатність засобів механізації забезпечувати потреби рослин через агротехнічні вимоги.

Водночас нині діючі агротехнічні вимоги не відповідають сучасним агротехнологіям і засобам механізації. У деяких випадках певні господарства намагаються самостійно розробляти нові вимоги, але цей процес має епізодичний характер і пов'язаний із забезпеченням певних показників. Іншою, не менш важливою проблемою, є зміна як ґрунтово-кліматичних умов (середовища росту й розвитку рослин), так і вдосконалення самої техніки (маси, кінематичних розмірів, типів ходових систем), що має істотний вплив на ефективність її використання.

До теперішнього часу використання засобів механізації оцінювалося тільки фінансовим показником. Водночас цей критерій не враховував якісних показників забезпечення потреб рослин агротехнікою.

Аналіз попередніх досліджень різних науковців було спрямовано на часткове визначення впливу певних механізованих операцій або певних машинних агрегатів на покращення росту й розвитку рослин, що не стало системою, тому залишається поза увагою важливий чинник – урахування зміни урожайності від недотримання у

повному обсязі потреб рослин за виконання механізованих технологічних операцій.

Дослідження, які спрямовані на розроблення концептуального підходу до систематизації впливу роботи засобів механізації на забезпечення потреб рослин, належать до важливих і актуальних напрямів сьогодення й майбутнього, складають зміст теоретичних і експериментальних досліджень, що виконано в дисертації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, що складають основу дисертації, виконано в Сумському національному аграрному університеті згідно з планами науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт: «Удосконалення технологічного процесу та технічних засобів для виробництва та переробки аграрної продукції» (номер державної реєстрації 0119U103235); «Розробка і впровадження екологобезпечних, енергоощадних технічних засобів та методів експлуатації 2 в умовах зони лісостепу України» (номер державної реєстрації 0113U008229); «Наукові основи обґрунтування параметрів і вимог до машин у відповідності агровиимогам рослин» (номер державної реєстрації 0111U008027); «Розробка сівалки з орієнтуючим пристроєм для посіву озимої пшениці у зоні Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0117U003489).

Мета та завдання дослідження. Мета дисертаційного дослідження – забезпечення якості механізованих агротехнологій через урахування концептуальності підвищення ефективності реалізації біопотенціалу агрокультур на підставі їхніх потреб.

Для досягнення поставленої мети було висунуто наукову гіпотезу: «Визначивши потреби рослин протягом періоду їхнього росту та розвитку у відповідному середовищі та розробивши агровиимоги, а в подальшому – агротехнічні вимоги та забезпечивши їхнє виконання за допомогою відповідних засобів механізації, стан забезпечення потреб рослин можливостями агромашин буде відповідати ступеню якості».

Для реалізації поставленої мети вирішено такі основні завдання:

– вивчити та структурувати потреби агрокультур на етапах підготовки ґрунту, їхньої сівби і в різних фазах їхнього розвитку для визначення чинників

впливу як довкілля, так і механізованих технологічних операцій на процес накопичення біомаси рослинами у відповідності з прийнятою технологією;

- на основі вивчення та узагальнення технологічних операцій у кожному з основних етапів росту та розвитку рослин, розробити методiku обґрунтування показників агровимог для кожної з операцій;

- розробити структуру керованої системи механізованих агротехнологій та базу підмножин, які входять до неї;

- уточнити для ходових систем сучасної техніки значення коефіцієнтів опору перекочування і зчеплення, а також буксування залежно від твердості ґрунту у шарі певної глибини;

- розробити структурно-логічну схему сучасних машинних агрегатів, дослідити в польових умовах їхню кінематику, вивчити та узагальнити в реальних умовах сучасних аграрних господарств структуру часу доби роботи агротехніки;

- розробити методологію, алгоритм та математичну модель визначення критерія якості виконання механізованих технологічних операцій;

- розробити метод економічного оцінювання забезпечення агротехнічних вимог засобами механізації на основі потреб рослин;

- удосконалити систему та комп'ютерну програму щодо якості та ефективності механізованих агротехнологій з урахуванням якісних показників роботи машинних агрегатів.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси й механізовані засоби агротехнологій.

Предмет дослідження – методи моделювання механізованих агротехнологій для реалізації біопотенціалу агрокультур.

Методи дослідження. В основу теоретичних досліджень покладено методи математичного моделювання об'єктів підмножин систем технологічних з процесів вирощування агрокультур та управління ними з використанням теорії матриць та математичної логіки; а в експериментальних дослідженнях було проведено лабораторно-польові випробування, виробничо-хронографічні спостереження, застосовувалися обчислювальні експерименти, аналітичні дослідження моделей

машинних агрегатів за допомогою програмних продуктів із використанням комп'ютерної техніки.

Наукова новизна одержаних результатів дослідження полягає в такому:

Уперше:

- запропоновано концепцію керованої системи механізованих агротехнологій, яка враховує бази складових системи та їхню взаємодію для забезпечення потреб рослин;

- обґрунтовано доцільність розроблення показників агровимог на основі теоретично описаного накопичення біомаси за етапами: підготовки середовища, сівби (посадки), догляду за посівами і збирання агрокультур, які можна реалізувати сучасними засобами механізації;

- обґрунтовано концепцію оцінки якості забезпечення потреб рослин машинними агрегатами, яка полягає в співвідношенні технологічних можливостей машин до агротехнічних вимог;

- розроблено метод оцінювання економічної ефективності керованої системи механізованих агротехнологій, що базується на аналізі рівнянь сплайнових функцій зміни врожаю з урахуванням забезпечення якості виконання технологічного процесу вирощування агрокультур.

Набули подальшого розвитку:

- показники взаємодії сучасних ходових систем із ґрунтом у шарі 0–10 см (коефіцієнти зчеплення, опору перекочування та буксування). Встановлено взаємозв'язок між твердістю ґрунту та питомим опором в орному шарі;

- методологія обґрунтування техніко-експлуатаційних параметрів машинних агрегатів залежно від їхньої структурно-логічної схеми. Удосконалено методику визначення їхніх кінематичних характеристик, запропоновано структуру складових режимів часу їхньої роботи.

Удосконалено:

- теоретичні аспекти математичної моделі щодо визначення коефіцієнта якості виконання механізованих технологічних операцій і загалом комплексів машин та його вплив на показники врожайності та собівартості продукції

рослинництва.

Практичне значення одержаних результатів. Впровадження результатів дисертації у виробництво:

а) конструкторські бюро та заводи:

– ТОВ «Українське конструкторське бюро трансмісій і шасі» – результати, отримані завдяки використанню системи «Механізовані агротехнології. Якість та ефективність», використано при проєктуванні та обґрунтуванні техніко-експлуатаційних та якісних показників роботи сільськогосподарських ґрунтообробних знарядь бренду «Лозівські машини»;

– ТОВ «Лозівський ковальсько-механічний завод» – впроваджено у виробництво результати науково-дослідної роботи щодо удосконалення 4 конструкції борони-луцильника Дука-2,5 у напрямі підвищення якісних показників її роботи;

– ПАТ «Харківський тракторний завод» – експериментальні залежності використано та прийнято в якості методичних засад для проведення агрегаткування енергетичного засобу ХТЗ-17021;

б) агрофірми:

– ТОВ «Кернел» – результати розроблення структури складових режимів часу доби їхньої роботи з урахуванням сучасних умов вирощування культур, можливостями агротехніки з урахуванням використання в технологічному процесі precision систем;

– СТОВ «Промінь» – рекомендації з ефективності проведення посіву кукурудзи на зерно у вигляді відповідних математичних залежностей;

– СФГ «Кузін В. С.» – науково-обґрунтовано раціональні машинні агрегати для проведення обробітку ґрунту після попередника, основного обробітку ґрунту, посіву та збирання.

в) заклад освіти:

– Сумський національний аграрний університет – дисципліни освітньо-професійних програм спеціальності 208 «Агроінженерія» в розділах теоретичного і практичного матеріалу щодо обґрунтування технологічних операцій,

комплектування машинних агрегатів, оцінювання ефективності використання техніки та оцінювання якості виконання технологічних операцій машинними агрегатами.

Особистий внесок здобувача. Теоретичні положення та експериментальні результати дисертації, які виносяться на захист, одержано здобувачем особисто. Із наукових праць, опублікованих у співавторстві, використано результати, отримані здобувачем особисто.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися на: Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 87-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем'яновича «Гончарівські читання» (м. Суми, 2016 р.); XVII Міжнародній науковій конференції, присвяченій 116-річчю з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка «Сучасні проблеми землеробської механіки» (м. Суми, 2016 р.); 22 Міжнародній науковій конференції «Прогресивні технології в сільському господарстві» (м. Суми, м. Одеса, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні розробки в аграрній сфері» (м. Харків, 2017 р.); 17 Міжнародній науковій конференції «Engineering for Rural Development» (м. Єглава, Латвійська Республіка, 2018 р.); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 89-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем'яновича «Гончарівські читання» (м. Суми, 2018 р.); Міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Експлуатаційна та сервісна інженерія» (м. Харків, 2019 р.).

Публікації. Основний зміст і результати дисертації опубліковано в 36 наукових працях, з яких 18 статей у наукових фахових виданнях України, у тому числі включених до міжнародних наукометричних баз даних, 6 статей у наукових виданнях інших держав, 2 патенти України на корисну модель, 10 тез наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, семи розділів, висновків і додатків. Загальний обсяг роботи становить 393 сторінки. Основна частина роботи містить 111 рисунків та 72 таблиці. Список використаних джерел налічує 386 найменувань.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОВИМОГ СУЧАСНИМИ ЗАСОБАМИ МЕХАНІЗАЦІЇ

Населення постійно збільшується, що зумовлює необхідність відповідного зростання виробництва продуктів рослинництва [353, 381], тому надзвичайно важливо забезпечувати максимальну реалізацію біологічного потенціалу агрокультур у тому числі завдяки підвищенню якості механізованих процесів.

Сучасне аграрне виробництво спрямоване на підвищення врожайності різними підходами: впровадження нових сортів та гібридів аграрних культур, забезпечення умов для ефективного росту й розвитку агрокультур, застосування багатокomпонентних мінеральних добрив, застосування стимуляторів і регуляторів росту та ін.

Необхідно окремо зупинитися на забрудненні довкілля та ґрунтових вод рештками засобів захисту рослин (ЗЗР), мінеральних добрив та регуляторів росту.

Актуальними на сьогодні є спроби Європарламенту повністю заборонити використання гліфосату в ЄС до 15 грудня 2022 р. Під час великого зростання норм внесення хімікатів часто виникає проблема із засвоєнням великих доз хімікатів та утримання їх у ґрунті та переведення в доступну форму для рослин [312]. У своїх роботах М. П. Гусаренко підкреслює, що в системі використання засобів захисту рослин вирішальне значення відводиться саме якості їхнього внесення, від якої залежить економічність, екологічність і формується ефективність самого процесу застосування робочих розчинів [117].

Попередніми дослідженнями було встановлено, що якість виконання механізованих операцій складає 30% реалізації біологічного потенціалу агрокультур, тобто максимально можливої врожайності культур [226, 282]. Парфенов А. М. та Корнієнко А. В. оцінюють роль сорту у формуванні

врожайності агрокультур, вважаючи, що він становить від 30 до 70 % [186]. За даними вчених внесок добрив становить від 30 до 50 %, насіння – 8-20 %, захисту рослин – від 15 до 33 %; значущість обробітку ґрунту становить від 15 до 30 % [88, 231, 333, 359]. Водночас такі показники можливі за умови ідеального середовища [186].

Формування врожайності в сучасному агровиробництві розподіляється у такий спосіб: потенціал сортів та гібридів, штучне живлення агрокультур, дотримання оптимальних умов для росту та розвитку агрокультури.

З огляду на те, що для максимальної реалізації потенціалу агрокультур необхідно знати їхні потреби, необхідно розглянути внесок вчених-агрономів у вивчення потреб агрокультур у наступній послідовності:

- стан ґрунтового середовища з погляду потреб агрокультур;
- аналіз діючих агротехнічних вимог та їхні реалізації технічними засобами;
- обґрунтування структури та експлуатаційних показників машинних агрегатів;
- моделювання технологічних процесів та комплексів машин.

1.1. Стан середовища з погляду потреб агрокультур

Сучасне аграрне виробництво витрачає велику кількість як поновлювальних, так і неоновлювальних енергоресурсів: розробка засобів механізації, їхнє використання під час вирощування продукції рослинництва, витрата енергії на виробництво засобів захисту рослин (ЗЗР) та елементів живлення для агрокультур. Встановлено, що сучасний агропромисловий комплекс витрачає від 25 до 40 % і більше загального балансу енергоресурсів, яке використовує людство [129, 142, 381]. На сьогодні в науковій літературі, яка формується на основі експериментальних досліджень та виробничого досвіду, особлива увага приділяється максимальній реалізації біологічного потенціалу посівного матеріалу [68, 178, 206, 208, 299], у тому числі завдяки створенню оптимальних умов для росту та розвитку агрокультури на всіх

етапах вегетації [25].

Вирішальний вплив на урожай має людина, яка може покращувати властивості середовища та створювати оптимальні умови для повного використання потенціалу посівного матеріалу [144, 284].

Питаннями агротехніки займалися М. В. Зубець, В. В. Медведєва., І. Г. Строна, Д. Шпаар, С. М. Каленська, Р. А. Вожегова, М. Г. Собко, М. П. Бондаренко, Л. Н. Іодко та інші [6, 7, 17, 28, 29, 75, 94, 95, 138, 160, 242, 331, 334, 381].

Цехмейструк М. Г. зазначає, що за вивчення та врахування агрокліматичних ресурсів і генотипічних особливостей агрокультур є беззатратний резерв для підвищення врожайності агрокультур, який не повністю використовується [343, 363].

Для ефективності вирощування агрокультур, максимальної реалізації біологічного потенціалу, необхідно враховувати показники вологозабезпечення, теплозабезпечення та інших природних критичних чинників, оскільки від них залежить рівень агротехніки для кожної конкретної агрокліматичної зони [343, 363].

В області аналізу стану середовища на кожній певній фазі органогенезу, вивчення потреб агрокультур у процесі їхнього росту та розвитку та розробки технологій вирощування займаються науково-дослідні інститути аграрного виробництва та навчальні заклади аграрного спрямування.

Дослідження А. С. Азаренкової та В. Ф. Петриченка вказують на те, що розміщення сортів та гібридів агрокультур не завжди враховують реальний стан ґрунтового середовища відповідно до біокліматичного потенціалу регіону. Це ставить задачу щодо вдосконалення розміщення сортів та гібридів культур з урахуванням їхніх потреб та умов певних регіонів [50, 289].

На думку В. А. Ковди, необхідно для кожного певного мікрорегіону добирати культури з визначеними сортами або гібридами та науково обґрунтованою системою вирощування агрокультур із забезпеченням їхніх потреб на кожній фазі розвитку для досягнення планового рівня врожайності

[135, 180].

У роботах А. Б. Лур'є, І. В. Морозова, В. А. Семикина відмічено, що в процесі пошуку оптимального рішення обґрунтування технології або конкретного технологічного процесу необхідно враховувати не усереднені дані регіону, а наближені дані до конкретного мікрорегіону [220, 258, 317].

У своїх роботах М. В. Зубець підкреслював, що в найзагальнішому вигляді під терміном родючість необхідно розуміти здатність ґрунту забезпечувати рослини необхідними умовами для їхнього росту й розвитку. Ґрунт є носієм комплексного виду родючості, яка включає в себе природну і штучну [6, 138].

За дослідженнями Йозефа Штангела обробіток ґрунту спрямований на забезпечення оптимального розвитку всіх видів коріння агрокультури, запобігає його псуванню та створює умови виконання його основних функцій [386]. На сьогодні в Україні застосовують 4 основні типи обробітку [57, 187, 192]: 1) традиційний; 2) безполицевий; 3) мульчувальний; 4) нульовий [166, 262, 343], які залежать від регіону та попередника. Водночас В. В. Медведєв наголошує, що за мінімізації обробітку ґрунту буде змінюватися його щільність [238, 240].

Вчені дійшли висновку, що під дією ходових систем, робочих органів агромашин ґрунтово-кліматичних чинників ґрунт змінюється [2, 24, 341] і для забезпечення оптимальних умов росту вимагає механізованого обробітку. У системі механізованих агротехнологій обробіток ґрунту – це ключовий елемент, за допомогою якого регулюють фізичні властивості та основні режими в ґрунті (водний, повітряний, температурний, біологічний та інші), знищують бур'яни, падалицю та хвороби, заробляють у ґрунт рослинні рештки. За даними В. В. Медведєва, Т. Є. Линдіна обробіток ґрунту не завжди зумовлений потребою оптимізувати агрофізичний стан відповідно до потреб рослин, що призводить до зниження врожаю на 18-40 % [242].

На підставі багаторічних досліджень Л. Н. Іодко встановив, що обробіток ґрунту, як після попередника, так і основного, має істотний вплив

на врожайність, водночас який є оптимальним під певну культуру – однозначної відповіді немає. Кожний спосіб за різного середовища по-різному проявляє себе [160]. Водночас за дослідженнями В. Д. Войтюка істотний вплив на якість обробітку має і інтенсивність використання агротехніки без її належного обслуговування. Так, у разі затримки із заміною лемішів інтенсивно зростає тяговий опір агомашини, налипає ґрунт, що веде до зниження виконання агротехнічних вимог [123].

За В. В. Медведєвим під час обґрунтування обробітку ґрунту необхідно повністю змінювати технологію вирощування культур та розробляти засоби механізації з огляду на забезпечення потреб агрокультур [239].

Отже, можна зробити узагальнюючий висновок, що за вибору типу обробітку ґрунту необхідно виходити з огляду на потреби культури, попередник, реального стану середовища (ґрунту).

Під час розгляду процесу посіву необхідно визначитись із сортом або гібридом, який відповідає ґрунтово-кліматичним умовам місцевості вирощування. У своїх роботах Лютке Ентруп та Йозефа Штангела підкреслюють, що ґрунтово-кліматичні умови та ефективно підібрані гібриди сприяють реалізації врожайності кукурудзи на зерно на рівні 8-14 т/га [27, 386]. Що підтверджує і Строна І. Г., узагальнюючи експериментальні матеріали щодо насіннізнавства, які стосуються не лише насіння, але й низки суміжних питань, що дає змогу визначити заходи агротехніки щодо проведення посіву [334].

Йозефа Штангела наголошує, що незабезпечення рівномірності сходів, які виникають у зв'язку з виникненням галопування посівного матеріалу, нерівномірності розміщення зерна в ґрунтовому середовищі з оптимальною вологістю, знижує реалізацію потенціалу кукурудзи до 20 %, неякісне внесення елементів живлення знижує врожайність до 15 % очікуваного врожаю [386].

У своїх роботах В.В. Медведєв розглядає забезпечення оптимальних параметрів структури посівного шару, як необхідність підтримувати впродовж

всього вегетаційного періоду агрокультури, створюючи комфортні умови для їхнього росту та розвитку, що забезпечує суттєву надбавку врожаю [239, 240].

Дослідженнями О. Хмелка встановлено, що для культур із мичкуватою кореневою системою має велике значення створення оптимальних умов у 10-15 см шарі, до яких належить структура ґрунту з визначеним агрегатним станом (залежить від зони, типу ґрунту, вимог культури), його твердості та здатності до провітрювання і провідності води (збереження ґрунтової вологи, поглинання та збереження опадів), наявність нерозкладених рослинних рештків. Проведення обробітку ґрунту після попередника формує загальну кореневу масу в поверхневих шарах, впливає на укорінення рослин із формуванням головних та розвитком бокових та дрібних коренів. На забезпечення потреб агрокультур безпосередньо впливає стан середовища, у якому працює робочий орган агромашин. Наприклад, у разі роботи машинних агрегатів на перезволоженому або мерзлому ґрунті відбувається утворення дуже твердого горизонту, що безпосередньо впливає на розвиток кореневої системи агрокультур [361, 386].

У своїх наукових роботах Медведєв В.В. наголошує, що оптимальний агрегатний стан ґрунту характеризується типом агрокультур, розміром її насіння, особливостями кореневої системи, її потребами у волозі та компонентному живленні, не може бути рекомендацій [238].

За дослідженнями В. Ф. Пащенко В. М. Сала, І. А. Шевченка [227, 286, 314, 371, 373] встановлено, що для забезпечення якості посіву необхідно створити оптимальний грудкуватий стан (він являється акумулятором тепла та вологи), забезпечити максимальний контакт насінини з ґрунтом (не пошкодивши оболонку зерна та його зародок), визначити оптимальну глибину посіву з урахуванням наявних умов та потреб агрокультури (для сухих та районів із достатньою кількістю опадів) [386]. Для наближення машин до потреб агрокультур М. П. Волохою була запропонована альтернативна технологія сівби й догляду цукрових буряків із комбінуванням міжрядь основних (30 см) і технологічних (45 см) в одному захваті [99, 102].

У роботах С. Пономаренка та О. В. Томашука розглянуті питання забезпечення потреб агрокультур, зниження стресу на початкових фазах вегетації. На основі проведених досліджень встановлено, що сівалки повинні розрізати ґрунт і мінімально зрушувати його верхній шар, аби не порушити створене середовище [296, 343, 386].

За результатами досліджень Ю. М. Пащенко для зниження дії стресу необхідно створювати оптимальні умови для росту та розвитку відповідно до фізичної і фізіологічної конструкції посіву [287, 343].

У своїх роботах М. П. Волоха провів глибокий аналіз нинішніх агротехнічних вимог на прикладі цукрових буряків, а саме проаналізував основні агротехнічні вимоги до технологічного процесу луцення стерні, агротехнічні вимоги до технологічного процесу глибокої оранки, агротехнічні вимоги до здійснення технологічного процесу сівби. Проведені дослідження були пов'язані і з аналізом можливостей машин забезпечувати їх. Дослідження показали залежність польової схожості насіння від глибини обробітку і вмісту дрібних грудочок, вплив швидкості руху сівалок на рівномірність розміщення сходів (нормою висіву насіння та віддаллю між насінинами) [99, 100, 101].

Науково обґрунтовані показники агротехнічних вимог можуть відрізняються від реально необхідних для агрокультури в конкретних умовах вирощування. Наприклад, структурний склад ґрунту в орному та посівному горизонтах, на практиці може бути значно грубшим [76], інколи створення оптимального стану ґрунту може бути досягнуто лише після 9 культивацій та внесення добрив [33].

На підставі досліджень О. Л. Рудік можна зробити висновок, що проведення посіву повинно відбуватись із врахуванням потреб посівного матеріалу відповідно до реальної ситуації на кожному полі [307].

На якість проведення посіву істотний вплив має надійність посівного комплексу. Так, науковцями, на чолі з В. Д. Войтюком, були проведені теоретичні й експериментальні дослідження та на їхній основі розроблена методика аналізу різьбових з'єднань для визначення їхнього впливу на якість

зернових сівалок, що дає можливість використовувати посівні машини у встановлені терміни [96, 97].

Під час проведення догляду за посівами за дослідженнями О. В. Томащука агротехнічні заходи повинні бути спрямовані на створення умов для максимального накопичення вологи в ґрунті, її збереження й економного використання [198, 343]. До заходів із догляду за посівами належать: боротьба з бур'янами та хворобами, застосування біостимуляторів, легкорозчинних мінеральних або рідких комплексних добрив [54]. Також необхідно перділяту увагу й утворенню поверхневої кірки. Так, у роботах В. О. Шейченка, розглянуті питання знищення ґрунтової кірки під час розвитку агрокультур за допомогою гульчастих робочих органів. Особливістю проведених досліджень є аналіз нинішніх агротехнічних вимог до технологічної операції та дослідження режимів їхньої роботи та кута загострення голки з урахуванням забезпечення потреб агрокультур [375, 377, 378].

За результатами наукових досліджень Л. Анішина встановлено, що за проведення міжрядного обробітку на продуктивність кукурудзи негативно впливає саме глибокий обробіток, який значно пошкоджує наземну частину рослин і вузлові корені та збільшуються витрати пального. Оптимальною глибиною є 3 см [54]. На якість виконання міжрядного обробітку впливає відповідність робочих органів потребам агрокультур. Так, культиваторні лапи, які мають заточку 1-1,2 мм, підрізають до 12 % бур'янів, у порівнянні з товщиною лез лап 0,5-0,6 мм [126]. З погляду агротехнологічних вимог краще підрізають лапи з товщиною лез 0,5-0,6 мм. Тому, для дотримання агротехнологічних вимог саме товщина лез 0,5-0,6 мм є оптимальною та рекомендованою під час проведення догляду за посівами.

Аналізуючи фітосанітарний стан А. Вожегова зазначає, що ураженість рослин агрокультури хворобами та шкідниками щорічно зростає пропорційно до площ посіву. Така тенденція призводить до зниження урожайності кукурудзи на 25-30 % та зниження його якості. Тому актуальним постає

питання внесення ЗЗР у чітко визначену фазу вегетації та із забезпечення якісних показників (покриття листової маси не менше 80-83 %) [94].

Неякісне виконання догляду за посівами може нанести непоправної шкоди. Так, за твердженням Б. Оверченко, неякісне внесення ЗЗР може знищити від 18 до 100 % врожаю, а недостатня кількість та неякісне внесення добрив знижує врожайність на 20-35 % [270].

За останні роки в Україні середні показники внесення мінеральних добрив значно зростають [306]. Під час розвитку агрокультура потребує мінерального живлення з урахуванням стадії розвитку, їхніх форм та елементів живлення [8, 10, 32]. Чехов А. В зазначав, що ефективне використання добрив можливе лише за умови комплексного підходу: розуміння потреб агрокультур на кожній фазі вегетації та умов середовища, до росте культура [368].

На основі проведених досліджень А. В. Мельник стверджує, що надлишкові норми внесення живлення є причиною збільшення вегетаційного періоду, зниження стійкості проти хвороб та більш сильної негативної реакції на посушливі умови [135, 243].

Система удобрення агрокультур передбачає науково обґрунтоване поєднання органічних і мінеральних добрив, використання побічної продукції рослинництва та сидератів, оптимізацію доз добрив у зв'язку з вмістом поживних речовин у ґрунті, строки та способи їхнього внесення залежно від запланованого врожаю, біологічних особливостей культур та їхнє чергування в сівозміні з урахуванням форм добрив, ґрунтово-кліматичних умов, заходів хімічної меліорації ґрунтів, регулювання водного режиму (зрошення або осушення ґрунтів) [138].

На сьогодні на практиці використовуються наступні методи визначення доз: балансовий та нормативної окупності [365].

Необхідно зазначити, що як у першому, так і в другому методах у цій роботі не врахована післядія добрив, внесених під попередник та наявність добрив у ґрунті в доступній формі [365].

Впровадження нових інтенсивних сортів і гібридів агрокультур потребує уточнення коефіцієнтів використання поживних речовин із ґрунту й добрив. Кількість потенційно доступних для рослин поживних речовин, які містяться в ґрунті, може варіюватися залежно від зміни середовища вирощування аграрної продукції [128].

На стан реалізацію біологічного потенціалу суттєво впливають показники співвідношення діючих речовин, дотримання норми (дозы) та рівномірності внесення добрив. Науково обґрунтоване співвідношення азоту, фосфору та калію в середньому по Україні становить відповідно $N : P : K = 1 : 0,9 : 0,8$ [284, 313]. Водночас використане середнього значення не є ефективним. Планування норми внесення добрив необхідно визначати з урахуванням бонітету ґрунту, залишкової дії попередніх внесень на кожному певному полі.

Агрокультури дуже погано переносять перезволоження ґрунту, різко знижуючи врожайність. О. В. Томашуком було виявлено, що у зв'язку з нестачею кисню в переущільненому ґрунті, ґрунті з «кіркою» та перезволоженому ґрунті сповільнюється надходження фосфору до кореневої системи та погіршує білковий обмін [343, 386]. Тому для забезпечення агротехнологічних вимог необхідне використання засобів механізації з мінімальними ущільненням (використання обприскувачів із подовжувачами для прикореневого підживлення або проведення підживлення по листу з використанням безпілотних летальних апаратів).

Йозефа Штангела відзначає, що досягти реалізації біологічної врожайності сільськогосподарської культур можна лише за умови створення для них оптимальних умов для росту з урахуванням особливостей та потреб посівів [386].

З огляду на вищевикладене встановлено, що на якість технологічних операцій по догляду за посівами впливає стан середовища та відповідність робочих органів забезпечувати агротехнічні вимоги.

На стадії збирання забезпечується збереження накопиченої маси з

високими показниками якості зерна. Це забезпечується, насамперед, строками, які в межах однієї групи стиглості гібридів не повинні перевищувати 5 днів [94]. Збирання кукурудзи можна розпочинати при фізіологічній стиглості – 30 % [94, 95]. Дослідженнями М. Г. Собка встановлено, що збирання найчастіше розпочинають за вологості 16-20 %. За умови посіву та збирання гібридів кукурудзи в один строк, за різниці на 1 день за відносної стиглості, будуть мати різницю у 0,5 % за вологістю зерна [163, 164]. Встановлена залежність є передумовою корегування агротехнологічних вимог.

Дослідження, проведені В. О. Шейченком, показали залежність схожесті насіння від завантаження молотарки під час збирання, залежність якості обмолоту від пропускну здатності, робочої швидкості комбайна та соломистості культури [374, 376].

Аналіз стану агрокультур та середовища вирощування дає змогу визначитися з їхніми потребами під час росту та розвитку. Це дає змогу впливати на реалізацію біологічного потенціалу агрокультур.

1.2. Аналіз діючих агротехнічних вимог та їх реалізація сучасними технічними засобами

Під час вирощування агрокультури всі технологічні процеси пов'язані між собою. В аграрному виробництві урожайність і якість продукції багато в чому залежить від того, наскільки забезпечено умови для росту й розвитку агрокультур та в які строки проведені всі необхідні механізовані роботи. Якщо вони виконані в оптимальні строки, з забезпеченням якості, вплив несприятливих природних чинників істотно зменшується. І, навпаки, незабезпечення якості робіт веде до зниження врожайності і якості продукції [282].

Постулати якості полягають у тому, що кожна технологічна операція формує загальну якість технологічного процесу та впливає на кінцевий результат – на кількість і собівартість продукції. Неякісно виконану технологічну операцію неможливо ні переробити, ні компенсувати, ні

надолужити високою якістю подальших технологічних операцій [282].

Механізовані технологічні операції, виконані з порушеннями агротехнічних вимог, не можна переробити або виправити. Так, переорювання погано зораного поля призводить до втрати вологи, зростає загроза майбутньому врожаю; зрізані за міжрядного обробітку культурні рослини до життя не повернеш; зерно, втрачене за комбайном під час збирання, нічим не підбереш; лущена оболонка зерна під час збирання або дроблене зерно до стану цілого не повернути. Наочно це проявляється на збиранні, де від низької якості робіт аграрне виробництво несе великі прямі втрати продукції. Так, дослідженнями встановлено, що середні втрати зерна на збиранні колосових культур складають 8-10 %. Під час збирання комбайнами низки інших культур (цукровий буряк, картопля, бавовна, соя тощо), заготівлі кормів втрати продукції бувають ще більш високими [275].

Питаннями програмування врожаю займалися О. В. Харченко, М. К. Каюмов, М. М. Маренич, В. Д. Муха. У їхніх наукових працях враховується велика кількість чинників, що визначають реалізацію потенціалу агрокультури, тільки зазначається необхідність забезпечення агростроків і якості робіт [170, 171, 172, 227, 259, 359].

Культури діляться за типовими ознаками кінцевого врожаю та мають відповідні вимоги щодо якості зібраної продукцію, яку забезпечують робочі органи агромашин.

За ДСТУ 3768:2004 зерно повинно бути непророслим, не допускається пошкодження шкідниками, хворобами або механічним шляхом, не повинно містити домішок органічного та неорганічного походження, відсутнє бите, здавлене, невиповнене, проросле. Зерно повинно мати властивий здоровому зерну нормальний запах і колір [90, 175, 300].

За визначеними нормами ДСТУ 7035:2009 незалежно від класу, коренеплоди повинні бути свіжі, цілі, здорові, чисті, не зів'ялі, не тріснуті, без ознак проростання, без ушкоджень шкідниками та бур'янами, типовою для ботанічного сорту форми та забарвлення, гладенькими, правильної форми, без

бічних корінців, не побитими [256].

Відповідно до ДСТУ 7033:2009 та ДСТУ 4506:2005 бульби повинні бути цілими, сухими, однаковими за формою та розмірами, зі здоровою шкіркою та відсутністю будь-яких захворювань чи плям на поверхні, незабрудненими, непророслими, за забарвленням однорідними [80, 168].

Кожна сільськогосподарська машина має робочі органи, використання яких спрямовано на створення оптимальних умов, які потребує агрокультура під час росту і розвитку. У своїх роботах В. І. Пастухов та О. А. Маковецкий зазначають, що саме створення оптимальних умов на кожній фазі розвитку агрокультури забезпечує інтенсивність її росту та розвитку, отже, і підвищення врожайності та забезпечення якісних показників продукції рослинництва. Питання, пов'язані з використанням плуга, займалися П. М. Заїка, В. О. Дубровін, В. С. Новіков, О. В. Козаченко [130, 139, 184, 268]; проектуванням дискових знарядь – П. М. Заїка, А. С. Кушнарєв, В. І. Вєтохін, В. І. Кравчук, І. А. Шевченко, С. І. Камбулов, О. А. Грінєнко [89, 113, 139, 189, 204, 205, 357, 360, 370, 373]. Вклад у розвиток наукових досліджень робочих органів машин для проведення сівби та посадки і створення на їхній основі нових конструкцій сівалок зробили А. М. Семьонов, М. М. Лєтошнєв, А. І. Бойко, І. В. Морозов, М. О. Свірєнь [173, 215, 219, 257, 315, 316]. Дослідженням ефективності використання обприскувачів займалися І. А. Вікович, Т. І. Рибак, О. В. Сидорчук, Д. Г. Войтюк [92, 190, 303, 308, 319]. Наукові роботи Н. І. Кленіна, Д. Г. Войтюка, О. М. Леженкіна, А. А. Демка, В. О. Шейченка присвячені зернозбиральній техніці [98, 119, 177, 213, 214].

У своїй роботі В. Г. Мироненком проведений аналіз урожайності агрокультур та наявного машинного парку господарств. Ним встановлено, що використання сучасних зразків техніки дає можливість значно підвищити врожайність аграрних культур. Це є результатом забезпечення потреб агрокультури у разі виконання механізованих технологічних операцій машинними агрегатами [253]. Сучасні зразки техніки дають змогу проводити

технологічні операції в коротші строки.

На основі порівняльного аналізу отриманої врожайності аграрних культур із біологічним потенціалом посівного матеріалу доведено, що недобір врожаю сьогодні сягає до 25-30 %, а деяким культурам – до 50 % [272]. Це є результатом занижених агротехнологічних вимог та неврахування їхніх показників відповідно до конкретних умов вирощування культур. Іноді показник потенційної врожайності називають ще “виробничими можливостями зеленої рослини”, який можна оцінити накопиченням сухої речовини [181].

Для вивчення відповідності агротехнічних вимог сучасним робочим органам і агромашинам проаналізовані основні механізовані технологічні операції загального технологічного процесу, зокрема, дискування, оранка, посів, обприскування та збирання.

1.2.1. Дискування

На першому етапі технологічного процесу, насамперед, виконуються роботи, пов’язані з ліквідацією рештків попередника [105].

Взаємодію середовища і відповідних робочих органів для першого етапу розглянемо на прикладі дискування стерні.

Значний внесок у розвиток теоретичних досліджень роботи машин зі сферичними дисковими органами зробили В. П. Горячкин, П. М. Заїка, Ф. М. Канарія, П. С. Нартов, Г. М. Синьооков, Е. С. Босой та ін. [77, 109, 110, 135, 167, 229, 322].

Для аналізу взаємодії необхідно надати характеристику умов роботи.

Після збирання культури на поверхні поля залишається велика кількість рослинних рештків основної культури – стебла, стерня, коренева система, падалиця, рештки бур’янів, які потребують подрібнення та перемішування маси, яка утворилась із ґрунтом. Після збирання висота стерні пшениці 20-25 см (рисунок 1.1) [14, 26, 104, 105].



а



б



в

а, б – рівномірність розподілення рослинних рештків після збирання пшениці [81]; в – висота залишеної стерні

Рис. 1.1. Поле після збирання озимої пшениці

Середня висота зрізування стебел під час збирання кукурудзи на зерно становить 10-15 см (рис. 1.2) [136].



Рис. 1.2. Поле після збирання кукурудзи на зерно [22]

Рослинні рештки найчастіше нерівномірно, а саме, не у відповідності із шириною захвату жатки та мілкими копицями, розподіляються поверхнею ґрунту. На поверхні ґрунту та в рослинних рештках містяться падалиця культури та насіння бур'янів [72, 217, 285].

За час технологічного процесу вирощування культури ходові системи машин неодноразово проходили поверхнею ґрунту, тим самим збільшуючи його щільність до 1,4-1,6 г/см³. Відсутність механізованого обробітку ґрунту під час догляду за посівами істотно обмежує проникнення кисню і вологи в його нижні шари [46], тим самим зменшуючи пористість ґрунту до 40-45 % та підвищуючи його твердість до 30 кгс/см². Як правило, збирання аграрних культур супроводжується мінімальною кількістю вологи в ґрунті, що зменшує його липкість [217, 364].

Обробіток ґрунту дисковими знаряддями необхідний для закладення пожнивних рештків, підрізання бур'янів, провокування до проростання насіння бур'янів для подальшого знищення оранкою. Розпушування поверхневого шару ґрунту зменшує випаровування вологи, покращує поглинання атмосферних опадів, підвищує якість кришення пласта і знижує до 35 % тягове зусилля плуга за подальшої оранки. Допустимий розрив між збиранням і обробітком ґрунту – не більше 1 дня [13, 39, 42, 209, 275].

Після збирання зернових культур через стерню, як через труби інтенсивно випаровується волога. З ґрунтовою вологою та опадами, у вигляді дощу та роси, рослинні рештки швидше перегнивають, хворобам і шкідникам будуть створені негативні умови, у яких вижити важче, а втрати культури та падалиця бур'янів проростуть, і їх можна знищити подальшим обробітком. В утвореній мульчі будуть розвиватися макро- і мікроорганізми, ґрунт буде насичуватися «живим», рослинні рештки будуть перегнивати (а не висихати на поверхні), що супроводжує розуцільнення ґрунту. Для виконання такої задачі необхідно використовувати дискові робочі органи [105, 179, 373, 385].

У процесі луцення гине велика кількість збудників хвороб і шкідників аграрних культур [70, 274, 275, 381] (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Шкідники, які зимують в рослинних рештках кукурудзи [67, 103]

У процесі дискового обробітку гине велика кількість збудників хвороб і шкідників аграрних культур. Дисковий обробіток необхідно проводити відразу після збирання за комбайном [70, 275, 381].

Для забезпечення вказаних показників використовують сферичні або ромашкові диски різного діаметру.

Основні показники та вимоги відповідно до потреб рослини, якими характеризується дискування, представлені в таблиці 1.1 [70, 99, 139, 144, 188, 275, 313].

Таблиця 1.1 Агротехнічні вимоги до виконання дискування (луцення) [275, 313]

Показник	Вимоги і допуски
Відхилення середньої фактичної глибини обробітку ґрунту від заданої для дискових луцильників, см	не більше $\pm 1,5$
Вирівняність поверхні поля (довжина профілю), м	не більше 10,5 на відрізок 10 м
Глибина западин або висота гребнів після обробки, см	не більше 4
Перекриття суміжних проходів агрегатів, см	15-20
Підрізання бур'янів, %	90
Допустима кількість незакритих стерні, %	до 4
Розпушення ґрунту, %	10-20
Огірки, необроблені смуги	не допускаються

Аналіз таблиці 1.1 показує, що:

- перекриття суміжних проходів агрегатів втратило свою актуальність. По-перше, це знижує продуктивність роботи агрегатів, по-друге, знижує заробітну плату працівників, отже, і їхню мотивацію, по-третє, створення на полосах перекриття відмінних умов для росту й розвитку агрокультури, отже, і рівномірність у розвитку рослин буде також відсутня, по-четверте, використання GPS забезпечує роботу без перекриття [147];

- сучасний технічний прогрес дає можливість зменшити коливання роботи дискових машин за глибиною, отже, покращити умови розвитку агрокультури. Сьогодні важливість цього показника, а саме допуски до нього необхідно переглянути [147];

- у вимогах до машин із дисковими робочими органами рекомендується працювати на швидкостях 8-12 км/год. Такий діапазон є доволі широким і забезпечити оптимальну якість не може. Даному показнику необхідно приділити більше уваги [5, 87].

Солому, яка вкриває шар ґрунту, необхідно перемішати з ним та заробити рослинні рештки в землю для інтенсивного перегнивання. Також необхідно створити умови для проростання падалиці культури та насіння бур'янів. Після збирання зернових культур необхідно терміново перебити верхній шар ґрунту, це пов'язано з інтенсивністю випаровування вологи через новоутворені трубки стерні [385].

Аналізуючи теоретичні підходи щодо проєктування дискових робочих органів, встановлено, що теоретичні засади спрямовані на врахування контакту робочих органів із ґрунтом [77, 109, 110, 135, 167, 229, 322], водночас відсутня теорія врахування контакту диску із соломою.

1.2.2. Оранка

Після збирання культури подрібненні рослинні рештки, бур'яни та їхнє насіння, збудники хвороб та шкідників необхідно заробити в ґрунт. Крім того, необхідно заробити органічні та мінеральні добрива та забезпечити

розпушення ґрунту для коріння [93, 338].

Ця операція може виконуватись орним агрегатом.

Розвиток агрокультури відбувається як вгору (надґрунтова частина), так і вниз (розвиток коріння). Оранкою перемішуються рослинні рештки з ґрунтом, і після перегнивання рослинні рештки стають складовою структурованого ґрунту. Структурований ґрунт створює аераційні канали, через які також рухається волога. Це створює корінню додаткові умови активного розвитку [137, 337].

Якщо наступною культурою є ярова, а кількість рослинних рештків висока, наприклад кукурудза або соняшник, доцільно провести оранку. Рослинні рештки потрапляють у вологе середовище з обмеженим доступом кисню, де проходить їхня гуміфікація [218].

Оранку ґрунту необхідно проводити з періодичністю раз на 3-5 років. Часта оранка несе великі затрати коштів та праці, не дає повністю розкластися рослинним решткам. Без проведення оранки йде інтенсивне розмноження шкідників та хвороб. За сучасного монокультуризму це спричиняє безліч проблем [82].

Використання орних агрегатів повинно забезпечувати розпушування ґрунту, створення сприятливого водно-повітряного, теплового, харчового режимів і умов для накопичення, збереження і використання вологи, а також для закладення в ґрунт мінеральних і органічних добрив, бур'янів і поживних рештків [70, 188, 275, 313].

Основні показники та вимоги, якими характеризується оранка, представлені в таблиці 1.2 [70, 99, 188, 275, 313].

Таблиця 1.2 Агротехнічні вимоги до виконання оранки [275, 313]

Показник	Вимоги і допуски
1	2
Відхилення фактичної глибини оранки, см	± 2
Викривлення рядів оранки, м	± 1 на 500 м довжини гону
Вирівняність поверхні ґрунту	довжина профілю не більше 10,7 м на відрізьку 10 м

Продовження таблиці 1.2

1	2
Оборот пласта	повний
Закладення рослинних рештків, добрив, %	не менш 95
Кришення пласта (брили розміром 100 см), %	не більше 15
Висота гребнів, см	до 7
Брилистість, %	10
Висота звальних гребнів і глибина розвальних борозен, см	не більше 7
Огріхи, необроблені поворотні смуги, незароблені борозни і гребні	не допускаються

Робота плуга в сучасних умовах повинна проходити з подрібненими рослинними рештками за високої вологості ґрунту з одночасним внесенням мінеральних добрив та з урахуванням вологості ґрунту [293]. Аналіз таблиці 1.2 показує, що плуги не можуть виконувати одночасно подрібнення рослинних рештків, їхнє змішування з добривом та заробку в ґрунт; працювати за високої вологості у зв'язку з налипанням ґрунту на робочі органи плуга [293].

Сучасні ґрунти зазнають деградації, їхня щільність підвищується та збільшується питомий опір [217, 364,]. Це вимагає використання потужних енергетичних засобів із великою масою та збільшеним радіусом повороту. За середньої довжини гону 450-500 м до 10–13 % його довжини використовуємо на розворот машинного агрегату, що спрямоване на збільшення твердості ґрунту [290].

Негативом використання плуга для розвитку агрокультур є створення плужної підшви, що унеможлиблює нормальний рух вологи в ґрунті та розвиток і формування слабкої кореневої системи [362].

1.2.3. Посів

Проведення посіву належить до другого етапу вирощування агрокультур. Основним завданням посіву є рівномірний розподіл насіння на площі з прийнятою нормою висіву, закладення на певну глибину для даної

культури, забезпечення контакту насіння з вологими шарами ґрунту, що є вирішальною умовою для дружних і рівномірних сходів [91].

Проведення посіву повинне забезпечувати такі потреби агрокультур [148, 217]:

- посівні роботи необхідно проводити в найбільш сприятливій для насіння стрісній агротехнічній терміні;

- рівномірність висіву насіння по площі й у рядах зі встановленою нормою висіву;

- необхідна площа живлення насіння;

- рівномірність закладення насіння на задану глибину;

- насіння розміщується у вологий ґрунт, на дно ущільненої борозни;

- прямолінійність висівних рядків і збереження ширини встановлених міжрядь;

- насіння не повинно ушкоджуватися;

- відсутність огріхів і пересівань;

- відсутня гребенистість;

- розташування посівного матеріалу з урахуванням розвитку кореневої системи агрокультури та створення високого ступеня конкуренції бур'янами.

Проведення технологічної операції повинно забезпечити відбір посівного матеріалу з бункера та його транспортування до насіннепроводу, з урахуванням міжнасінневого інтервалу та забезпечення цілісності насіння (без травмування), забезпечення заданої розкладки (міжнасіннєвої віддалі) без галопування та забезпечення оптимального контакту насінини з ґрунтом [217, 383].

Аналізуючи сучасні сошники, виділяють їх два основних типи: дискові та наральникові [155].

Основні показники та вимоги, якими характеризується посів, представлені в таблиці 1.3 [70, 99, 156, 158, 159, 188, 275, 313].

Таблиця 1.3 Агротехнічні вимоги до виконання посіву кукурудзи [275, 313]

Показник	Вимоги і допуски
Відхилення фактичної глибини посіву насіння і внесення добрив від заданої, см	± 1
Відхилення фактичної норми висіву насіння від заданої, %	$\pm 5-8$
Відхилення фактичної норми внесення добрив від заданої, %	± 10
Пошкодження насіння при сівбі, %	не більше 1
Ширина міжрядь, см: основних стикових	± 1 ± 2
Прямолінійність (відхилення від осьової лінії на протязі 50 м), см	не більше 5
Огріхи на засіяному полі	не допускаються
Ширина поворотної смуги	не більше 4-разової ширини захвату агрегату
Відхилення інтервалу між насінням від розрахункового, %	± 30
Відхилення ширини міжрядь від нормативної, см: стикових основних	± 5 ± 1
Відхилення осьової лінії рядка на ділянці довжиною 50 м, см	не більше 5
Огріхи, незасіяні поворотні смуги	не допускаються
Строки сівби на 1 полі, дні	2

Аналіз таблиці 1.3 показує, що нинішні агротехнічні вимоги виконання посіву кукурудзи застаріли. Наприклад, сучасні сівалки забезпечують значно менші показники відхилення інтервалу між насінням та відхилення норми внесення. Розвиток сучасних сівалок спрямований в бік диференційованого посіву як у межах поля, так і за глибиною посіву [36]. Сучасне аграрне виробництво спрямоване на вирощування монокультур, тому на поверхні ґрунту трапляються рослинні рештки, які зменшують контакт насінини з ґрунтом, що призводить до зниження інтенсивності проростання рослини [267]. У сучасних сівалках це може бути вирішено завдяки використанню сенсорів визначення рослинних рештків у посівному ложі [111].

Сучасні висівні апарати, наприклад, на кукурудзі пошкоджують зародок зерна, тим самим провокуючи зараження мікроорганізмами зернинки [86, 344].

Ефективність проведення посіву залежить від вологості ґрунту в посівному шарі, у якому розміщується посівний матеріал. У разі високої вологості ґрунту насіння потрібно розмістити вище від оптимальної глибини норми, що забезпечує швидке проростання насіння [118, 217].

Для забезпечення контакту посівного матеріалу з ґрунтом необхідно враховувати склад ґрунту: під час проведення посіву на піщаних ґрунтах необхідно силу притискання прикочуючого диска збільшити. Під час роботи на важких ґрунтах силу притискання прикочуючого диска необхідно зменшити, щоби не задавлювати посівний матеріал [118, 217].

Робочі органи повинні бути виконані з матеріалу, який не налипає на них. Також, робочі органи необхідно виконувати з великою точністю, адже від неї в подальшому залежать робочі зазори, наприклад, між диском сошника та ребордою, функція якої не лише регулювання глибини посіву, а й очистки диска сошника [339].

1.2.4. Догляд за посівами

До третього етапу вирощування належить догляд за посівами (внесення ЗЗР). Мінімізація обробітку ґрунту розширює спектр використання засобів захисту рослин для боротьби зі шкідниками, хворобами, бур'янами, внесення деструкторів та елементів живлення [217].

Ця операція може виконуватись обприскувачем.

Кінцевою метою хімічної обробки посівів є зниження чисельності або знищення шкідливих організмів до рівня, нижчого за економічний поріг шкодочинності. Внесення робочого розчину проводиться в оптимальні строки, з забезпеченням рівномірності покриття оброблюваного об'єкта необхідною кількістю препарату. Чинників, які визначають ефективність обприскування: строки внесення пестицидів, ступінь покриття оброблюваної поверхні,

рівномірність внесення, вибір розпилювачів, знесення препарату вітром, висота розміщення штанги та швидкість руху обприскувачів [115].

Ріст агрокультур супроводжується розвитком листової маси. Сам по собі він має м'яку структуру, у листках виробляється хлорофіл, який по «жилах рухається до стовбуру рослини». Також листки рослини мають плоску форму, що дає змогу знизу листка інтенсивно розмножуватись шкідникам та хворобам, які захищені від прямих сонячних променів та опадів, водночас отримують усі поживні елементи [271]. Для забезпечення ефективності проведення обприскування необхідно наносити робочий розчин як на верхню, так і на нижню частину листка рослини.

Основна задача проведення обприскування – нанести робочий розчин на стовбур рослини і з обох боків листків. Шар покриву не повинен містити прогалин (місць без нанесеного розчину).

Основні показники та вимоги, якими характеризується обприскування, представлені в таблиці 1.4 [70, 151, 188, 275, 313].

Таблиця 1.4 Агротехнічні вимоги до виконання обприскування посівів [275, 313]

Показники	Вимоги та допуски
Відхилення норми витрати від заданої, %	5
Нерівномірність виливу рідини через розпилювачі, %	15
Відхилення від заданої швидкості руху, %	10
Відхилення від заданої ширини захвату, м	0,4

Аналіз таблиці 1.4 показує, що нинішні агротехнічні вимоги до проведення догляду за посівами враховують не всі потреби агрокультур та показники, які сьогодні є технічна можливість контролювати. В і нинішніх агротехнологічних вимогах не враховано використання GPS систем на оприскувачах, системи пофорсуночного відключення подачі робочого розчину на підставі створених карт-завдань. Сучасні обприскувачі не знайшли широкого застосування обробки агрокультур знизу листа за мінімальних втрат робочого розчину, до того ж відсутній автоматичний моніторинг зношення

форсунок, що впливає на формування краплини робочого розчину та розпливання її по поверхні листа рослини [125].

Відсутній моніторинг автоматичного контролю якості виконання обприскування [125]. На сьогодні це є невирішені задачі.

1.2.5. Збирання

Збирання продукції рослинництва (можна розглядати як процес збирання накопиченої рослинами енергії) – підсумковий етап технології. Виконання всіх технологічних операцій на цьому етапі спрямовано на збір врожаю з мінімальними втратами, та транспортування його до місця зберігання або переробки [217].

Ця операція може виконатися збиральним агрегатом.

Робота сучасних збиральних комплексів спрямована на збереження продукції. Так, за збирання зернових – це втрати комбайна на жатці, втрати за обмолоту на роторі або барабані, втрати разом з обмолоченою масою та дроблення зерна [119, 121, 122].

Під час дозрівання зерна в колосі ступінь готовності до обмолоту різний. Оскільки процес дозрівання зерна в колосі також нерівномірний, істотний вплив на рівномірність дозрівання зерна має рельєф та ступінь забезпечення кожної окремої ділянки поля пожнивними елементами. Низький ступінь реалізації біологічного потенціалу зерном також має вплив на ступінь дозрівання: слабе зерно дозріває швидше [121, 217]. Отже, регулювання робочих параметрів та режимів роботи зернозбиральної техніки повинно відповідати реальному стану агрокультури в конкретній координаті поля.

Сучасні молотильні апарати за обмолоту мають негативний вплив на цілісність зерна. Це є результатом зміни в межах одного поля коефіцієнта соломистості та фракційного складу зерна. На даному етапі існують три основні системи обмолоту зернової маси: барабанна, роторна та гібридна .

Основні показники та вимоги, якими характеризується збирання, представлені в таблиці 1.5 [70, 188, 275, 313].

Таблиця 1.5 Агротехнічні вимоги до виконання збирання зернових культур [275, 313]

Показники	Вимоги та допуски
Загальні втрати зерна, %	1,5
Подрібнення зерна, %	до 2
Засміченість зерна, %	до 3
Висота зрізу, см	відповідає агровимогам
Укладання копиць соломи	прямолінійне, копиці нерозсунуті

Аналіз таблиці 1.5 показує, що нинішні агротехнічні вимоги до виконання збирання зернових культур враховують не всі показники, які сьогодні є технічна можливість контролювати. На сучасній техніці встановлені датчики контролю втрат за молотаркою. Водночас відсутній контроль втрат за жаткою, травмованості зерна під час збирання та транспортування зібраного врожаю [120].

Травмованість зерна знижує його оціночну вартість, тривалість зберігання та може спричинити розповсюдження грибків на здорових зернах зібраного врожаю [305].

Дослідженнями були встановлені залежності між агрономічними заходами, термінами їхнього виконання та врожайністю кукурудзи [217, 381].

Отже, основні вимоги дають можливість підібрати робочі органи відповідно до потреб агрокультур.

Агротехнічні вимоги до виконання однієї й тієї ж технологічної операції не можуть бути однаковими й залежать від умов середовища (мікрорегіону) та потреб конкретного сорту або гібриду культури.

Дослідження процесу вегетації агрокультур Х. Гінаппа, Д. Шпаара, С. Каленської, А. Захарченка показало, що в кожній аграрній культурі є як спільні, так і індивідуальні вимоги, які впливають на реалізацію біологічного потенціалу. Необхідно зауважити, що нинішні машини не повною мірою реалізують агротехнічні вимоги. Для усереднення агротехнічних вимог та спроможності агромашин до кожного показника були застосовані допуски – межі зміни показника потреб агрокультури [47, 48, 380, 381].

Питаннями розробки агротехнічних вимог займалися такі вчені та виробничники, як К. С. Орманджи , В. Ф. Сайко , В. Т. Надикто , В. І. Кочев , С. П. Пожидаев , Є. М. Білецький, В. І. Пастухов [70, 188, 263, 274, 275, 276, 277, 282, 295, 313, 373].

Під час розробки агротехнологічних вимог до технологічних операцій науковим колективом, на чолі з Сайком В.Ф., дослідження були спрямовані на визначення та оцінку якості основних робіт у рослинництві на початку їхнього проведення для запобігання недобору врожаю за період вегетації під час проведення технологічних операцій. Водночас авторами не представлені рекомендації з проведення робіт у рослинництві, оскільки, на їхню думку, вони висвітлені в довідниках і посібниках для агрономів, рекомендаціях з вирощування агрокультур й інших виданнях [134, 185, 313, 379]. Розробкою агротехнічних вимог до конкретних механізованих технологічних операцій займались: до обробітку ґрунту – Л. М. Малієнко, М. В. Коломієць, до хімічної меліорації – Г. А. Мазур, В. М. Сімачинський, до оцінки робіт із внесення елементів живлення – Е. Г. Дегодюк , Ю. Г. Фішенко , до оцінки якості сівби – А. Д. Грицай, до оцінки якості застосування гербіцидів – А. К. Лисенко, до оцінки якості проведення заходів боротьби проти шкідників і хвороб – М. С. Корнійчук, А. В. Андрющенко, визначенням якості збиральних робіт – В. Ф. Сайко , Л. А. Кравченко [313].

У своїх дослідженнях В. І. Кочев звертає увагу, що з певною періодичністю розробляється обґрунтована система машин для комплексної механізації аграрного виробництва. Відповідно й агротехнічні вимоги розробляються під конкретні машини [188]. Водночас інтенсивність розвитку аграрного виробництва за останні 10-15 років набрала шалені оберти щодо інновацій.

За результатами досліджень І. І. Мельника та В. М. Зубка була розроблена методика оцінки якості виконання механізованих технологічних операцій. Під час оцінки якості проведення операції враховуються регламентовані показники за агротехнічними вимогами з визначеними

допусками та зниження врожайності від тривалості їхнього виконання. Визначене значення показника якості на кожній технологічній операції є підґрунтям для визначення загального показника якості комплексу машин і на його основі обґрунтування зниження врожайності агрокультури [141].

Необхідно розуміти, що допуски, передбачені до певних показників, це заздалегідь закладені втрати від недобору врожаю. Наприклад, наведемо показники та їхні допуски для основних технологічних операцій у таблицях

Отже, для проведення дискування визначені такі (таблиця 1.6) показники якості з допусками [70, 139, 188, 275, 313].

Таблиця 1.6 Основні показники та вимоги і допуски до дискування

Показники	Вимоги та допуски
Відхилення середньої фактичної глибини обробітку ґрунту дисковими знаряддями, мм	не більше ± 15
Вирівняність поверхні поля (довжина профілю), м	не більше 10,5 на відрізку 10
Агрегатний стан ґрунту, мм	грудки не більше 35
Глибина западин або висота гребнів після обробки, см	не більше 4
Перекриття суміжних проходів агрегатів (для дискових луцильників), мм	150-200
Підрізання бур'янів, %	100
Допустима кількість незаробленої стерні, %	до 4
Огірки, необроблені смуги	не допускаються

Отже, для проведення оранки визначені такі (таблиця 1.7) показники якості з допусками [70, 188, 275, 313].

Таблиця 1.7 Основні показники та вимоги і допуски до оранки

Показники	Вимоги та допуски
1	2
Відхилення середньої фактичної глибини обробітку ґрунту, мм	не більше ± 10
Кривизна рядків, м	± 1 на 500 м довжини гону
Вирівняність поверхні поля (довжина профілю), м	не більше 10,7 на відрізку 10
Оберт пласта	повний

Продовження таблиці 1.7

1	2
Заробка рослинних рештків, %	не менше 95
Кришення пласта (наявність глиб більше 100 см), %	не більше 15
Висота гребнів, мм	не більше 50
Огріхи, необроблені смуги	не допускаються

Отже, для проведення посіву визначені такі (таблиця 1.8) показники якості з допусками [70, 139, 188, 275, 313].

Таблиця 1.8 Основні показники та вимоги і допуски до посіву

Показники	Вимоги та допуски
Відхилення фактичної глибини посіву насіння і внесення добрив від заданої, %	± 15
Відхилення фактичної норми висіву від заданої, %	± 5
Нерівномірність висіву окремими висіваючими апаратами, %	± 3
Відхилення ширини стикових міжрядь від нормативної	не допускається
Огріхи і незасіяні поворотні смуги	не допускається

Отже, для проведення обприскування визначені такі (таблиця 1.9) показники якості з допусками [70, 188, 275, 313].

Таблиця 1.9 Основні показники та вимоги і допуски до обприскування

Показники	Вимоги та допуски
Відхилення від норми внесення, %	Не більше 15
Відхилення від заданої ширини захвату, м	Не більше 0,6
Нерівномірність виливу жиклером, %	Не більше 18

Отже, для проведення збирання визначені такі (таблиця 1.10) показники якості з допусками [70, 188, 275, 313].

Таблиця 1.10 Основні показники та вимоги і допуски до збирання

Показники	Вимоги та допуски
Повнота збору зерна, %	Не менше 98
Наявність зерна у подрібненій листостебельній масі, %	До 2,5
Повнота збору листостебельної маси, ступінь очищення качанів, %	Не менше 95

Аналіз питання показав, що критерій оцінки якості виконання техпроцесу робочими органами мало досліджений.

На сучасному етапі аграрного виробництва існують резерви для підвищення врожайності агрокультур. По-перше, необхідно переглянути показники агротехнічних вимог. На сьогодні вони не відповідають можливостям сучасної аграрної техніки. По-друге, сучасні агромашини мають можливість забезпечувати ті вимоги, які раніше не досліджувалися та не враховувались, але мають вплив на формування врожаю. По-третє, змінилися матеріали, які використовуються для виготовлення робочих органів агротехніки і використання яких дає можливість експлуатувати техніку в умовах, наближених до потреб агрокультур [228, 277, 279].

1.3. Аналіз структури сучасних машинних агрегатів та моделювання їх експлуатаційних показників

Дослідження ефективності використання машинних агрегатів починається на етапі вибору агрокультури та аналізі умов її вирощування. Важливо в комплексі аналізувати винос агрокультурою елементів живлення з ґрунту, бонітет ґрунту, можливість внесення органічних добрив та на підставі проаналізованої інформації визначити норму внесення мінеральних добрив, що не лише зробить коригування під час формування прямих експлуатаційних витрат, але й дасть змогу визначити чітке завантаження машинного агрегату.

На основі проведених досліджень науковців на чолі з В. І. Пастуховим, встановлено, що ґрунт найбільш суттєво піддається негативному впливу агротехніки. Від стану середовища – ґрунту, залежить його біологічна активність, здатність забезпечувати коріння рослин повітрям та вологою, інтенсивність перетворення поживних рештків у доступні рослинам форми [34, 284].

У своїх роботах Д. Шпаар показує, що якість виконання механізованих технологічних операцій залежить від структури та типу ґрунту, які під час роботи машинних агрегатів характеризуються питомим опором, який

залежить від вологості ґрунту та його пористості [380, 381].

Проблемами дослідження роботи машинними агрегатами на різних технологічних операціях та в різних природно-кліматичних умовах займалися такі вчені, як В. В. Медведєв [238, 241], І. М. Понов [278], А. Ф. Пронін [298], І. І. Мельник [252], О. В. Козаченко [184], В. І. Пастухов [284], М. П. Волоха [99]. Встановлено, що основними параметрами, які впливають на роботу машинних агрегатів є питомий опір, який пов'язаний із коефіцієнтом зчеплення, опору перекочування та буксуванням. Від них так само залежать такі показники, як продуктивність та витрати палива. Водночас питомий опір не дає характеристики розвитку агрокультури, а визначальним показником для неї є твердість ґрунту. Необхідно встановити залежність між питомим опором ґрунту та його твердістю.

Реальна робоча швидкість машинного агрегату під час виконання технологічної операції залежить від складу машинного агрегату. Водночас швидкість та робоча ширина захвату машинного агрегату – це взаємопов'язані величини: у разі зростання робочої швидкості під час оранки ґрунт від робочих органів перекидається на необроблену частину поля. Отже, змінюється й коефіцієнт використання ширини захвату, що впливає на визначення продуктивності машинного агрегату.

На основі проведених досліджень В. Ф. Пащенко, О. В. Ульянченко розробили рекомендації щодо формування раціональних машинно-тракторних агрегатів. Відповідно до розробленої ними системи обґрунтовується найбільш раціональні режими роботи агрегатів на основі агротехнічних вимог [69].

У роботах [55, 56, 210, 212, 382] проведено оцінювання впливу коливання дійсної швидкості, буксування та прискорення на функціональну стабільність агрегату.

У роботі І. І. Ріпакі та Я. В. Семеня [304] наголошується, що машинні агрегати повинні виконувати роботу на технологічно допустимих швидкостях для кожної операції, за яких якість роботи найкраща. Якщо робочі органи

приводяться в дію від незалежного валу відбору потужності трактора змінювати швидкість роботи не можна, тому що це змінить норму. Такі машини на сьогодні ще використовуються в агропідприємствах.

Так, за обприскування посівів швидкість руху агрегату дуже серйозний показник, який впливає на рівномірність внесення ЗЗР [115, 264]. Наприклад, за дослідженнями А. В. Бабія за обґрунтування швидкості обприскувача, на рівні з технологічним параметром можна використовувати критерій виникнення допустимих напружень в елементах конструкції обприскувача за дії динамічних сил, що впливають на міцність та довговічність конструкції [60].

Проведеними дослідженнями В. Т. Надикто на обґрунтування швидкісного режиму під час проведення оранки впливає і спосіб агрегування плуга [30, 31, 176].

Польові дослідження показують, що ширина захвату використовується по різному залежно від типу технологічної операції [64].

У своїх роботах Р. Б. Кудринський розглядає зміну ширини захвату не лише у разі зміни агрегату, а й за зміни наробітку [197].

Зміна агромашин та енергозасобів дає змогу виконувати технологічні операції на підвищених швидкостях. Тому є потреба в перегляді коефіцієнта використання ширини захвату з урахуванням сучасних можливостей техніки й потреб агрокультур.

У сучасних умовах господарювання використання рослинних решток – одна з актуальних проблем за формування структури ґрунту. Фахівцями компанії Poettinger був проведений аналіз кількості рослинних решток, які після себе лишають культури. На підставі проведених досліджень встановлено, що на полі присутня нерівномірність їхнього розподілення, що істотно впливає на накопичення та збереження вологи в ґрунті [35].

У своїх дослідженнях О. Говоров доводить, що солома може використовуватись як добриво [108]. На основі проведених досліджень

А. О. Парієв, Л. С. Воронін, Т. М. Коротченко встановили, що ступінь подрібнення соломи повинна бути менше 10 см, що підвищує її вологопоглинальні властивості і пришвидшує її перегнивання [280]. Як встановив М. Макаренко розмір подрібнення соломи повинен становити 5-7 см [224]. За дослідженнями М. В. Зубця, В. П. Ситника, В. О. Крутя інтенсивність перегнивання соломи досить низька. За умови рівномірного розподілення соломи на поверхні поля комбайном та її подрібнення на частинки 25-40 мм за 4 місяці розкладається до 46 %, решта – через 2-3 роки [138].

Питаннями ефективності використання зернозбиральних комбайнів займалися такі вчені, як А. А. Демко [119, 121, 122], Е. В. Желнін [132, 133], Г. Г. Маслов [232]. Проведення збирання аграрних культур супроводжується певним дробленням зерна. Це виникає завдяки неврахуванню реальної пропускної здатності збиральної машини, яка залежить від стану біологічного врожаю, у тому числі від виду культури коефіцієнта соломистості, вологості тощо. Необхідним є розробити залежність коефіцієнта соломистості та додаткової пропускної здатності, що буде коригуючим елементом залежно від урожайності поля на кожній його певній ділянці.

Встановлено, що в процесі вирощування зернових культурах кожна ділянка поля піддається 3-5-разовій дії коліс енергозасобу, просапних – 5-7-разовій [284].

Істотний вплив на ущільнення ґрунту та його структурний склад здійснюється ходовими системами засобів механізації. Встановлено, що сумарна площа слідів ходових системи агротехніки часто вдвічі перевищує площу поля, водночас на поворотних смугах – у 6-20 разів. Що значно може перевищувати верхню межу оптимального ущільнення, яка для чорноземів становить $1,35 \text{ г/см}^3$, а твердість ґрунту доходить до критичного значення у 2,0 МПа. Цей ефект називають машинною деградацією [169]. Фактично щільність ґрунту зростає до $1,40\text{-}1,60 \text{ г/см}^3$, а оптимальною є щільність від $0,90\text{-}1,10$ до $1,30\text{-}1,40 \text{ г/см}^3$, залежновід агрокультури та фаз їхнього розвитку [236, 269].

Забезпечення структури ґрунту – одне з основних завдань створення умов для подальшого розвитку агрокультури. За дослідженнями С. І. Долгова та В. В.Медведева найбільш агрономічно цінна є структура дрібно грудкувата, зерниста з розміром грудочок у діаметрі 0,25-10 мм. Найкраще обробленим вважається ґрунт, у якому часток із розміром 0,25-10 мм становить понад 80 %, водночас часток менше 0,25 повинно бути не більше 10-20 % [127, 238]. Частинки розміром 0,25 мм негативно впливають на розвиток агрокультури через інтенсифікацію водної та вітрової ерозії в середовищі [207]. Відповідні дані – це показники якості роботи агротехніки на кожному етапі росту агрокультур.

Проблемами руху опорного колеса поверхнею ґрунту займалися такі вчені, як П. М. Василенко [266], Г. М. Кутьков [203], Є. М. Гецович, М. А. Подригало [107, 294], А. Т. Лебедєв, Є. І. Калінін, М. Л. Шуляк [165, 211]. Під час експлуатації енергетичних засобів із колісними рушіями необхідно враховувати коефіцієнт зминання шин, який залежить від твердості поверхні, якою рухається енергетичний засіб, наявність шипів та тиску в шинах. Ґрунтозачеми забезпечують зменшення коефіцієнту зминання гумових рушіїв, а зменшення тиску збільшує коефіцієнт зминання. Для обґрунтування якості виконання технологічної операції доцільним є використання залежності коефіцієнта зминання шин від твердості ґрунту в оброблюваному шарі за стабільних значень тиску в ній.

Надзвичайно важливим показником, з погляду реалізації тягових можливостей енергетичних засобів, є коефіцієнт зчеплення рушіїв із ґрунтом, який залежить від типу ходових апаратів енергетичних засобів, структури та твердості поверхні роботи агромашин та питомого опору ґрунту.

У процесі роботи енергетичних засобів виникають сили опору руху, до них належить: сила опору перекочування й сила опору підйому. Сила опору перекочування енергомашин залежить від маси й коефіцієнта опору перекочування.

Використання коефіцієнтів зчеплення рушіїв з ґрунтом та коефіцієнта

опору перекочування підвищують точність розрахунків та впливають на ефективність обґрунтування комплексу машин загалом.

Під час аналізу матеріалів, пов'язаних із технічною характеристикою засобів механізації, використовується такий показник ґрунту, як питомий опір. Так, у системі техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва за загальної характеристики агромашин та вимог агротехніки до якості виконання робіт умови роботи виражені через питомий опір ґрунту [49, 162, 230]. Під час характеристики умов вирощування агрокультур фахівцями агрономічного профілю, використання обладнання та визначення якості виконання технологічних операцій характеристика ґрунту виражається через твердість ґрунту [292, 346]. Під час проведення досліджень аграрної техніки визначаються дані й питомого опору і твердості ґрунту [265]. Але тільки для умов проведення дослідження техніки. Сучасний аграрний бізнес потребує розробки даних для однозначного показника для агроінженерії – твердості ґрунту, яка сучасними засобами визначається легше, ніж питомий опір ґрунту. Тому, однією з задач є встановлення залежностей трьох основних показників: зчеплення, опору перекочування та буксування енергетичних засобів залежно від твердості ґрунту та умов роботи.

У своїх роботах Г. М. Кутьков наголошує, що тракторне колесо навантажено великим ведучим моментом, працює на полях з різним фоном, що істотно впливає на зчепні характеристики [201, 202].

Рушії енергетичних засобів впливають на деформацію ґрунту, що впливає на агротехнічні показники роботи машинного агрегату [200, 202].

Певний внесок у теорію трактора, зроблене Г. М. Кутьковим, [6] є наукове вирішення проблеми з використанням в технологічному процесі аграрного виробництва енергетичних засобів дуже високою енергонасиченості [199].

Реальне буксування у виробничих умовах змінюється в широкому діапазоні і часто воно вище за 16 % [345].

Під час виконання будь-якої технологічної операції «правило 24 годин»

[11]. У зв'язку з потребами агрокультур у забезпеченні мінімальних строків та високої якості виконання технологічних операцій, можливостями сучасної аграрної техніки та наявного допоміжного обладнання для її ефективного функціонування час роботи машинних агрегатів за виконання механізованих технологічних операцій на сьогодні збільшений до 24 год на добу. Актуальним є переглянути часу зміни з урахуванням умов роботи машинних агрегатів (площі поля, довжини робочих ходів), доступного навігаційного обладнання, конструктивних змін агромашин (плуги навісні, поворотні та оборотні) та умов технологічного обслуговування.

Академік В. М. Булгаков зазначає, що сьогодні особливого значення набуває відпрацювання методів раціонального використання складної й високовартісної аграрної техніки та належить до основного напрямку вирішення завдання – відпрацювання методів раціонального формування машинно-тракторних агрегатів [79]. У своїх роботах В. Т. Надикто обґрунтовує схеми та параметри орного агрегату із фронтальним агрегуванням агромашин на основі дослідження стійкості його руху в горизонтальній площині [30, 31].

Кінцевим показником оцінки забезпечення потреб є кількість і якість врожаю агрокультур, який відображає дію на агрокультуру всіх умов вирощування, що змінюються також за допомогою машинних агрегатів [58, 366].

Впровадження інновацій в аграрне виробництво змінило й техніку: вона збільшилась у габаритах, зросла її експлуатаційна маса, відповідно були змінені типи рушіїв. Можливості забезпечення потреб сучасних агромашин потребам агрокультур, у порівнянні з попередніми моделями, значно виріс і вимагає від енергетичного засобу не лише забезпечення тягового потенціалу, а й додаткової енергії для роботи всіх систем та механізмів. Тому змінені і способи передачі енергії до агромашин. Усе це вимагає додаткових досліджень.

На основі даних Державної фіскальної служби України, щодо імпорту та

експорту аграрної техніки, аналітичних даних провідних аграрних електронних ресурсів було встановлено, що в сучасній аграрній техніці, яка поступає на ринок України, змінилися рушії на гумово-тросові гусіні, здвоєні або строєні колеса, для яких відсутні дані коефіцієнтів опору перекочування, зчеплення, коефіцієнта зминання шин та буксування залежно від твердості ґрунту [59, 65, 66, 124, 301, 342].

Потребує додаткового вивчення в реальних аграрних господарствах структура часу доби роботи машинних агрегатів. У зв'язку з використанням активних систем забезпечення робочого процесу на агромашинах виникає необхідність додаткових джерел енергії від енергетичного засобу, запроваджені нові способи агрегування машинного агрегату – це вимагає розробки структурно-логічної схеми машинних агрегатів із вивченням кінематики в польових умовах.

Дослідженнями встановлено, що на сьогодні відсутня структурно-логічна схема комплектування машинних агрегатів щодо різних їхніх типів.

1.4. Аналіз методів моделювання технологічних процесів та комплексів машин

Пошук ефективності функціонування машинних агрегатів та критерії оптимізації технологічних процесів трансформуються відповідно до змін засобів механізації та досягнень у агрономічній сфері, водночас основа задачі залишається актуальною і на сьогодні.

Питання обґрунтування складу комплексів машин для виробництва продукції рослинництва розглянуті в роботах: А. П. Терехова, А. А. Зангієва, Л. В. Погорілого, Ф. В. Кальянова, Н. М. Орлова, І. П. Ксеневича. Питання обґрунтування комплексу машин розглядались у роботах М. К. Діденка, М. С. Рунчева. Обґрунтування машин для виконання поточних процесів аграрного виробництва висвітлена в роботах Е. М. Багір-Заде, А. М. Скороходов, Г. М. Данилової, В. І. Дубини, Е. С. Мельникова, А. І. Пасічного, А. М. Крикова. Оптимізація складу машинного парку

аграрних підприємств представлена в роботах Е. А. Фінна, І. І. Мельника, В. І. Пастухова, Ю. Д. Паперного, В. Ф. Рожина Імітаційного моделювання транспортних систем у рослинництві було розглянуто у роботах Е. А. Фінна, Е. М. Багір-Заде, М. А. Босого, Л. В. Погорілого, А. М. Крикова, В. А. Гобермана, В. І. Дубини, Л. І. Головашкіна, В. П. Єлизарова, А. І. Бур'янова, С. В. Кардашевського, Ю. І. Зенченко, В. Д. Ігнатова, Н. Д. Крилова, К. А. Козюри, Р. В. Тхайцукової, О. В. Сидорчука [4, 16, 23, 71, 73, 74, 83, 84, 85, 115, 116, 194, 195, 196, 221, 222, 233, 234, 235, 244, 260, 261, 288, 291, 320, 321, 324, 325, 327, 328, 330, 347, 348, 349, 350].

Ефективність використання систем аналізу і прогнозування використання техніки в аграрному виробництві залежить від врахування багатьох чинників: стану середовища та його змін за час вегетаційного періоду, вимоги сортів (гібридів) культур, сучасні зразки техніки з визначенням їхнього впливу на формування техніко-економічних показників та інших.

У системі автоматизованого розрахунку потреб у сільськогосподарській техніці “АСУ – Пласт”, та автоматизованій системі управління технологічними процесами і використанням машинного парку в рослинництві – “АСУ – Нива”, які розроблені науковцями на чолі з Е. А. Фінном, використовується такий алгоритм: технологічний агрегат, група взаємодіючих машин, набір агрегованих машин, комплекс машин для вирощування культур, парк машин, система машин для комплексної механізації рослинництва [347, 349, 350]. Проте розроблені системи спрямовані на забезпечення умов адміністративно-командної структури Радянського Союзу, що не відповідає сучасним реаліям аграрного бізнесу.

У роботах Ф. Ф. Мухамад'ярова [85, 116, 260, 261] на рівні з оптимізацією машинного парку розглядаються питання оптимізації середовища вирощування агрокультур та ґрунто- і енергозбереження під час проведення механізованого технологічного процесу. Автором використовується системний підхід до забезпечення ефективності проведення

технологічних процесів за виробництва продукції рослинництва, в основі якого лежить алгоритм: "людина – машина – середовище – рослина". Запропонована система передбачає агроекологічне районування агротериторій, використання математичних моделей взаємодії робочих органів агромашин і ґрунту та зміни врожайності зернових залежно від чинників довкілля.

У роботах А. М. Крикова [194, 195, 196] розглянуто питання функціонування транспортно-технологічних систем за виробництва продукції рослинництва: проведений аналіз параметрів роботи транспортного агрегату та розроблені математичні моделі функціонування агрегатів за виконання транспортних операцій. Розроблені уніфіковані моделі з урахуванням типів транспортних комплексів та класифікатора транспортних робіт для проектування транспортних процесів у рослинництві. Водночас дані системи розроблені для транспортних процесів і не можуть бути використані як самостійні системи.

Розробка Ю. Ф. Скидана [324, 325] моделювання технологічних процесів вирощування агрокультур включає підсистеми: техпідтримки управління, екологічного та технічного забезпечення. Ця система працює за критеріями мінімальних витрат ресурсів та довкілля.

У роботах Г. Г. Маслова і В. Н. Плешкова [233, 234, 291] розглянуті особливості оновлення машинного парку господарств та на основі викладених матеріалів, створена комп'ютерна програма, яка враховує техніко-технологічні основи оснащення засобів механізації.

У своїх роботах А. М. Валге [83, 84] пропонує ще на етапах дослідження та моделювання технологій вирощування агрокультур та машин проводити проектування агротехніки, а не комплектувати агрегати універсальними машинами для різних умов експлуатації.

За результатами наукових досліджень А. Н. Скороходова [327, 328, 329, 330] ним розроблена структурно-функціональна модель забезпечення виробничих процесів комплексами машин на основі системного підходу. До

структури системи належать такі параметри: технологічні, організаційні, технічні та економічні.

Науковцями на чолі з І. І. Мельником [73, 74, 244, 248], досліджуються питання оптимізації структури машинно-тракторного парку та комплексів машин. Розроблена математична модель спрямована забезпечення оптимізації з урахуванням площі полів, кількості машинних агрегатів, агростроків, забезпеченості поточності виробничих процесів. Оцінка ефективності роботи засобів механізації системи багатокритеріальна і проводиться за критеріями: прямі експлуатаційні витрати, матеріаломісткість, затрати робочого часу, витрати палива. Алгоритм роботи системи: технологія – машинні агрегати – комплекси машин. Використання програми забезпечує визначення параметрів та режимів роботи для нинішніх та перспективних засобів механізації; визначення техніко-експлуатаційних показників робіт агротехніки; обґрунтування нормативу потреби в техніці для господарств із різною площею та різними культурами; обґрунтування комплексів машин для визначення технологій вирощування агрокультур; визначення затрат для проведення технічного обслуговування, ремонту та зберігання техніки. Питаннями дослідження технологій вирощування аграрних культур відповідно до ґрунтово-кліматичних умов та їхнього забезпечення механізацію вивчав у своїх наукових працях В. Д. Гречкосій [112, 302].

Методика і програмне забезпечення обґрунтування оптимальних комплексів машин, розроблена В. І. Пастуховим [284], використовує імітаційне моделювання, яке складається із сукупності відмінностей: карт поля з відомостями про питомий опір ґрунту та його рельєф, що дає можливість отримувати реальну робочу швидкість з урахуванням коефіцієнта буксування машинних агрегатів, реальні витрати палива; кількісно оцінити якість виконання операцій, дію екологічних показників та їхня вагомість під час забезпечення техпроцесу.

Використовують методи математичного моделювання для аналізу й оптимізації власних виробничих процесів і систем, підвищують свою

ефективність і здобувають ринкові переваги, зокрема, завдяки зниженню собівартості виробленої продукції, реалізації можливостей оптимального управління і планування, прогнозування результатів господарчої діяльності тощо [354].

Також до перших спроб у напрямі застосування теорії масового обслуговування в галузі сільського господарства належать певні результати, представлені в [354].

Для забезпечення ефективності роботи збирально-транспортного загону Л. О. Флегантовим та Ю. І. Овсієнковою [352] розроблена математична модель функціонування агрегатів для розрахунку ймовірностей можливих станів системи та алгоритм оптимізації їхнього кількісного складу, який ґрунтується на використанні замкненої системи масового обслуговування, перші спроби використання якої в аграрному виробництві представлені в роботі Дж. Франса та Дж. Х. М. Торнли [354]. Робота машинних агрегатів моделюється на основі системного підходу і представлена у вигляді процес «загибелі-народження». У роботі критерій оптимізації визначений як мінімізація витрати коштів від позапланового простою техніки, який виникає внаслідок випадкових причин.

Дослідженнями виявлено, що роботи, присвячені ефективності проведення механізованих технологічних операцій, не містять інформації про вплив якості виконання механізованих технологічних операцій на врожайність [183, 274, 275, 297, 309, 310].

Проведеним аналізом встановлено, що в нинішні методах оптимізації комплексів машин частково враховані сучасні технології, нерозроблені бази агрокультур з урахуванням сортів та гібридів; полів із визначенням умов вирощування агрокультур; технологічних операцій; агромашин та енергетичних засобів; систем контролю якості роботи машинних агрегатів. Відсутня методика економічної оцінки механізованих агротехнологій з урахуванням коефіцієнта якості.

1.5. Задачі досліджень.

У результаті аналізу стану сформульовані наступні задачі для висвітлення теми дисертації:

1. Вивчити та структурувати потреби агрокультур на етапах підготовки ґрунту, їхньої сівби й у різних фазах їхнього розвитку для визначення чинників впливу як довкілля, так і механізованих технологічних операцій на процес накопичення біомаси рослинами у відповідності з прийнятою технологією.

2. На основі вивчення та узагальнення технологічних операцій у кожному з основних етапів росту та розвитку рослин, розробити методику обґрунтування показників агровимог для кожної з операцій.

3. Розробити структуру керованої системи механізованих агротехнологій та базу підмножин, які входять до неї.

4. Уточнити для ходових систем сучасної техніки значення коефіцієнтів опору перекочування і зчеплення, а також буксування залежно від твердості ґрунту в шарі певної глибини.

5. Розробити структурно-логічну схему сучасних машинних агрегатів, дослідити в польових умовах їхню кінематику, вивчити та узагальнити в реальних умовах сучасних аграрних господарств структуру часу доби роботи агротехніки.

6. Розробити методологію, алгоритм та математичну модель визначення критерія якості виконання механізованих технологічних операцій.

7. Розробити метод економічного оцінювання забезпечення агротехнічних вимог засобами механізації на основі потреб рослин.

8. Удосконалити систему та комп'ютерну програму щодо якості та ефективності механізованих агротехнологій з урахуванням якісних показників роботи машинних агрегатів.

1.6. Висновки до розділу 1

1. Нинішні вимоги для механізованих технологій виробництва продукції

рослинництва розроблені на основі досліджень майже столітньої давності, не відповідають сучасним можливостям технічних засобів, новим сортам і гібридам аграрних культур, недостатньо повно враховують потреби агрокультур для реалізації біологічного потенціалу. Як результат, сучасні методи обґрунтування ефективності використання машинних агрегатів за виконання конкретної технологічної операції не повною мірою враховують критерії ефективності, а саме: створення оптимальних умов для росту й розвитку агрокультур та вибір оптимальних режимів роботи, які сприяють забезпеченню потреби рослин. Для досягнення якісних та кількісних показників врожаю необхідно під час виробництва продукції рослинництва застосовувати такий алгоритм: культура → потреби рослини → агровимоги → агротехнічні вимоги → показники якості виконання технологічної операції → робочі органи → агромашина.

2. Проведеними дослідженнями було встановлено, що для обґрунтування оптимальних умов росту й розвитку агрокультур необхідно дослідити чотири основні етапи для росту й розвитку рослини: створення умов для росту й розвитку агрокультури, розміщення насіння в середовищі росту й розвитку, накопичення енергії рослиною (маси), збереження накопиченої маси.

3. Встановлено, що середовище, у якому розвивається агрокультура, а також сама рослина, упродовж процесу реалізації біологічного потенціалу змінюються, що призводить до необхідності зміни умов, росту відповідно до потреб рослини. Встановлені техніко-технологічні недоліки – недотримання якості, проведення технологічних операцій за виконання основних технологічних ліній, які впливають на реалізацію біологічного потенціалу агрокультури.

4. На прикладі основних технологічних ліній вирощування аграрних культур доведено, що технологічний процес потребує постійного автоматизованого контролю. Так, під час виконання обробітку ґрунту необхідно сканувати ґрунт для встановлення глибини обробітку та

автоматичного регулювання глибини приладом; за посіву необхідно контролювати орієнтацію та галопування насіння; за внесення ЗЗР обприскувачем необхідно контролювати знос робочого розчину; за збирання – на підставі зміни врожаю змінювати робочі налаштування комбайна для забезпечення якості врожаю.

5. На сьогодні існують прилади для ручного заміру якості виконання технологічних операцій, що є недопустимим для сучасних механізованих агротехнологій. Необхідне впровадження приладів для постійного контролю якості виконання технологічного процесу.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КЕРОВАНОЇ СИСТЕМИ МЕХАНІЗОВАНИ АГРОТЕХНОЛОГІЇ: ЯКІСТЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

2.1. Основні чинники впливу на процес росту та розвитку рослин. Місце та роль механізованих процесів

Урожайність агрокультур у сучасних умовах залежить від багатьох чинників, основними з яких є середовище та посівний матеріал, мінеральні та органічні добрива, засоби механізації та інше (організаційні питання, структура господарства) (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 Основні чинники формування врожайності агрокультур

Середовище та посівний матеріал, %	40-45
Мінеральні та органічні добрива, %	20-25
Засоби механізації, %	25-30
Інше, %	5-10

Як видно з таблиці 2.1, значна частина формування урожайності агрокультур відводиться засобам механізації технологічних процесів. У зв'язку з цим було поставлено основну задачу досліджень, яка заключалася в оцінці якісної здатності засобів механізації забезпечувати потреби агрокультур.

Критерієм оцінки може слугувати коефіцієнт якості, величину якого, в принципі, можливо визначити як відношення можливостей агромашин до потреб агрокультур (агрокультур).

$$\text{Коефіцієнт якості} = \frac{\text{Можливості машин}}{\text{Потреби агрокультур}}$$

Для обґрунтування вказаних показників і їхніх параметрів були запропоновані і введені нові терміни, крім уже відомих: *потреби агрокультур*, *агровимоги*, *агротехнічні вимоги*, *технологічні можливості агромашин*.

До потреб агрокультур залежно від виду, сорту чи гібриду агрокультури,

належать стан середовища, норма висіву, глибина заробляння насіння, норми внесення NPK, потреби у ФАР, коефіцієнт транспірації тощо. Названі потреби вивчаються фахівцями агрономічних наук і які є основою, у тому числі, для проектування і використання засобів механізації технологічних процесів у рослинництві. Термін "потреби рослин" щодо агрокультур названо "потреби агрокультур".

Потреби агрокультур – система заходів і матеріалів, передбачена відповідною технологією виробництва певної агрокультури в певних умовах.

На основі потреб агрокультур визначаються ті чинники, через які можливо вплинути засобами механізації на забезпечення потреб агрокультур. Їхній перелік будуть формувати *Агровимоги*.

Агровимоги – сукупність показників і їхніх параметрів, визначених потребами агрокультур, які необхідно виконати відповідною технологічною операцією залежно від сорту (гібриду), природно-кліматичних умов та за обґрунтованою технологією.

Агровимоги формуються для кожної технологічної операції вирощування агрокультури з відповідним переліком показників і їхніх значень. Відомо, що реалізація агровимог засобами механізації включає безліч труднощів. Наприклад, площа живлення рослин за агровимогами відповідає сотам, у центрі яких вони розміщені, а сучасними сівалками насіння розташовується рядками з відповідною шириною міжрядь і певною віддаллю між насінинами в рядку. Розташування насіння за агровимогами та реальністю не збігається. Отже, необхідно на основі *агровимог* розробити *агротехнічні вимоги*, які враховують додаткові показники, пов'язані з використанням техніки та певні допуски у зв'язку з тим, що не можливо на даному етапі розвитку науки і промислового виробництва виготовити такі машини, які зможуть повністю забезпечити агровимоги.

Показники агротехнічних вимог мають бути структуровані за ренкінгом, тобто відповідним впливом на накопичення врожайності.

Агротехнічні вимоги – сукупність вимог у вигляді технологічних

параметрів визначених показників до кожної механізованої операції відповідно до агровимог, а також додаткових параметрів, які виникають у результаті застосування засобів механізації, з можливими допусками та впливом на ступінь забезпечення потреб агрокультур.

На основі агротехнічних вимог проєктуються нові конструкції машин або вдосконалюються нинішні.

Водночас за використання засобів механізації в реальних умовах на їхні показники роботи впливають швидкозмінні чинники, які знижують можливість машин забезпечувати потреби агрокультур, тобто не повністю виконувати *агротехнічні вимоги*. Отже, *технологічні можливості* машин не повністю виконують агротехнічні вимоги й залежать від конструкції агромашин, технічного стану, умов їхнього використання та можливостей пристосування.

Технологічні можливості агромашини – властивість агромашини забезпечувати агротехнічні вимоги під час виконання відповідної механізованої операції.

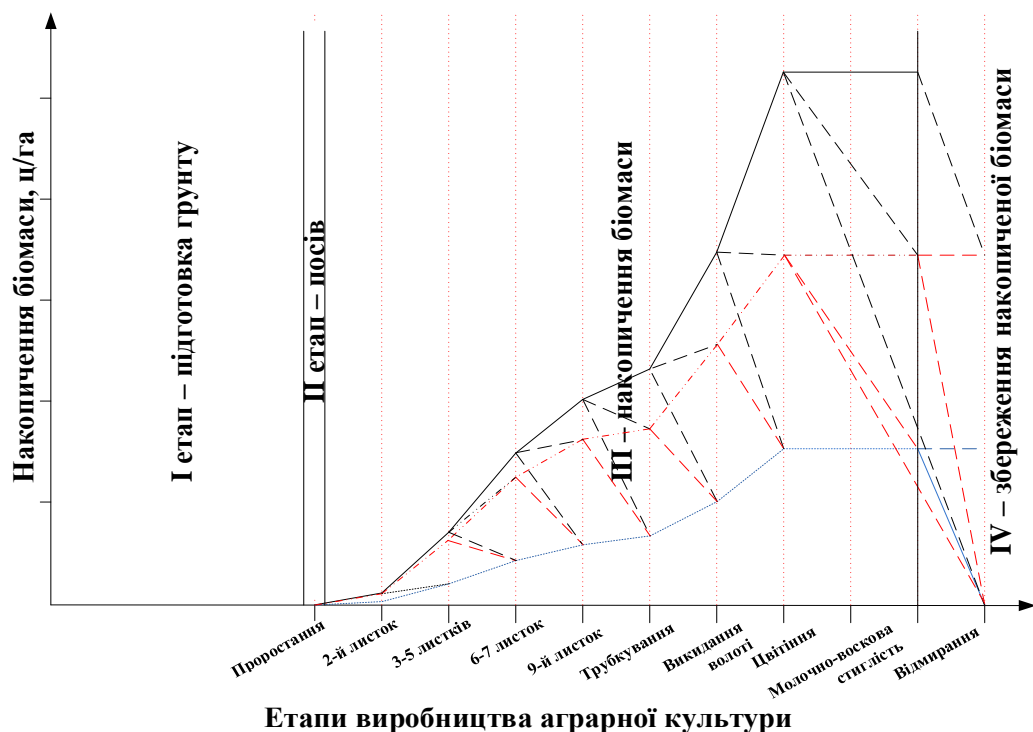
У результаті створено ланцюг методології розробки керованої системи оцінки якості механізованих процесів: Потреби агрокультур (перелік потреб для отримання запланованого врожаю) → Агровимоги (перелік показників, які можливо реалізувати в певний період різними системами) → Агротехнічні вимоги (показники агровимог, які можуть забезпечуватися засобами механізації, включно з додатковими показниками, які виникають за умов використання агротехніки з урахуванням відповідних допусків) → Технологічні можливості машин (реальне значення показників агротехнічних вимог за використання відповідних засобів механізації) → Зміна врожайності (показники, які впливають на зміну врожайності агрокультури за використання конкретного засобу механізації на відповідній технологічній операції).

Вирощування будь-якої агрокультури – складний системний процес. За умови отримання високого врожаю у кількісному та якісному відношеннях,

необхідно досконало вивчити всі необхідні умови забезпечення життєдіяльності агрокультури.

Весь процес росту та розвитку агрокультури складається з основних етапів і їхніх мікростадій, до яких належать: *перший етап*, який передбачає обробіток ґрунту після попередника (створити умови для старту посівного матеріалу); *другий етап* – підготовка ґрунту під посів та сівба (підготовка ложе та орієнтація насінини відповідно її потреб); *третій* – догляд за посівами (забезпечити постійне накопичення біомаси); *четвертий* – збирання (передбачає збереження біомаси та її якісних властивостей). Водночас для кожної мікростадії існує свій обсяг приросту біомаси (рис. 2.1).

Для реалізації гіпотези, наведеної у першому розділі, вивчалися передбачені етапи росту та розвитку агрокультури на прикладі кукурудзи на зерно (рис. 2.1):



(—————) – накопичення максимально можливої біомаси у разі забезпечення всіх потреб кукурудзи на зерно; (- - - - -) – накопичення біомаси за умов виконання всіх агровимог; (.....) – накопичення біомаси за умов використання технологічних можливостей агромашин.

Рис. 2.1. Етапи росту й розвитку кукурудзи на зерно [143, 145, 146]

На даній схемі розташовані три криві реалізації біологічного потенціалу агрокультури.

Перша крива описує процес накопичення біомаси кукурудзи за 100% забезпечення агровимог.

Друга крива характеризує процес накопичення біомаси агрокультурою, передбачене агротехнічними вимогами.

Третя крива – процес накопичення біомаси за умови виконання технологічних операцій відповідними засобами механізації з їхніми технологічними можливостями.

Перший етап для агрокультури є дуже важливим, адже саме попереднє дослідження з подальшою підготовкою ґрунту забезпечує оптимальне створення умов для розвитку агрокультури. На першому етапі необхідно вивчити, на основі попередніх досліджень і розробок фахівців, таке:

- тип ґрунту на площі, де планується вирощування аграрних культур;
- уміст хімічних сполук та їхня доступність для культури;
- баланс гумусу;
- засміченість бур'янами, шкідниками та хворобами;
- рН ґрунту;
- вміст присутньої біоти;
- проаналізувати негативні явища, які супроводжували вирощування попередників, й усунути їх під час вирощування аграрних культур.

Інтенсивність росту агрокультури, реалізація біологічного потенціалу, а також засмічення ґрунту невикористаними хімічними сполуками (як мінеральних добрив, так і засобів захисту агрокультур), ущільнення верхнього шару ґрунту і прогресування утворення плужної підшви, негативні явища, пов'язані з ерозійними процесами ґрунту – усі ці процеси будуть змінювати активність розвитку агрокультури залежно від (біологічного, агрономічного, механічного) підходу товаровиробника, для створення оптимальних умов для агрокультури.

Після отриманих результатів аналізу ґрунту необхідно підібрати сорт,

який за сумою температур регіону зможе сформувати максимальну врожайність, буде стійкий до основних хвороб, стресових чинників і негативних явищ ґрунтово-кліматичних умов та у відповідних умовах зможе мати високий приріст врожайності.

Другий етап вивчає як доставити насіння в ґрунт, на яку глибину, яке повинно бути середовище, як створити контакт насінини з цим середовищем, іншими словами, як створити оптимальні умови для насінини. Для цього, насамперед, необхідно:

- визначити, якими стартовими елементами необхідно обробити посівний матеріал;
- яке насіннєве ложе повинно бути сформоване для насіння;
- на яку глибину необхідно проводити посів;
- яка норма висіву для даного сорту та конкретних умов забезпечить оптимальне накопичення енергії;
- яка повинна бути ширина міжрядь.

На третьому етапі для накопичення енергії і, тим самим, формування максимального врожаю, необхідно:

- дослідити і проаналізувати необхідні умови для вегетації агрокультури;
- встановити за кожною фазою органогенезу необхідні умови для агрокультури, які пов'язані і з оптимальною кількістю хімічних сполук у прикореневій зоні (за глибиною і віддаллю від основного стебла), і з агрегатним (фізичним) станом ґрунту, і з кількістю продуктивної вологи в ґрунті;
- визначити, яким повинен бути препарат за хімічним складом та яким чином доставити його до «споживача», чи то листка, чи то коріння, щоби забезпечити оптимальну його дію.

Четвертий етап розвитку агрокультури характеризує збереження накопиченої маси, адже мало виростити врожай, важливо його зібрати з мінімальними втратами його фізичного обсягу та якісних показників зернової

маси.

Вивчення етапів росту та розвитку агрокультур дає можливість прослідкувати накопичення біомаси агрокультури при різних рівнях забезпечення її потреби.

У зв'язку з тим, що основну масу потреб агрокультур можливо забезпечити за допомогою відповідних засобів механізації, то порядок визначення коефіцієнта якості, як критерія оцінки впливу засобів механізації, зводиться до такого:

- на кожному етапі визначитися з показниками потреб агрокультур, які можливо забезпечити агромашинами;
- розробити агровимоги до кожної технологічної операції для реалізації їх засобами механізації;
- розробити агротехнічні вимоги з відповідними допусками на основі показників агровимог з урахуванням додаткових показників, які виникають у результаті використання техніки;
- запропонувати розробити конструкцію агромашин, які будуть відповідати агротехнічним вимогам, або вдосконалити нинішні агромашини, якщо їх конструкція не відповідає сучасним агротехнічним вимогам.
- у реальних умовах виробництва визначити технологічні можливості машин за відповідними параметрами показників;
- визначити коефіцієнт якості та долю впливу засобів механізації на накопичення біомаси;
- розробити керовану систему механізованих агротехнологій якості виконання механізованих технологічних процесів.

2.2. Керована система механізованих агротехнологій

Сучасне аграрне виробництво потребує новітніх підходів до реалізації задач з ефективності виробництва продукції рослинництва. Поруч із плануванням та моделюванням різних ситуацій, які пов'язані з впровадженням у виробництво нових сортів та гібридів агрокультур, станом ґрунтових та

кліматичних умов, необхідно обґрунтувати відповідні машинні агрегати, які забезпечать якість виконання механізованих технологічних операцій, з урахуванням агротехнічних вимог, на всіх етапах вегетації агрокультури. Керована система механізованих агротехнологій є поглибленням системи точного землеробства (Додаток А). В Україні питаннями, пов'язаними із системами точного землеробства, займалися такі вчені, як В. І. Кравчук [189], В. В. Адамчук [255], Л. В. Аніскевич [51, 52, 53].

Забезпечення якості виконання технологічних операцій – це підхід, який створює умови для максимальної реалізації біологічного потенціалу агрокультур. Водночас собівартість виробництва продукції рослинництва повинна бути в межах, які забезпечують рентабельність її вирощування. Забезпечення якості вирощування агрокультур має бути збалансоване з витратною частиною на закупівлю техніки, її використання, обслуговування та зберігання, відповідно до конкретних умов вирощування.

Наряду із системами контролю ефективності використання техніки завдяки супутниковому моніторингу Smart AgroTtechnology, необхідно розробити інструменти для оптимізації механізованих технологічних процесів вирощування агрокультур, обґрунтування якісних показників та забезпечення якості виконання технологічних операцій, з урахуванням потреб агрокультур, реальної ситуації на кожному певному полі, технологічних підходів до їхнього вирощування та впровадження сучасної техніки.

Існує система контролю ефективності використання техніки завдяки супутниковому моніторингу Smart AgroTtechnology. Система – це завершена множина функціональних елементів і відношень між ними, виокремлена із середовища відповідно до певної мети, у межах визначеного часового інтервалу. Проте, щоби вона ефективно працювала, необхідно розробити та запровадити інструменти для оптимізації механізованих технологічних процесів вирощування агрокультур, обґрунтування якісних показників та забезпечення якості виконання технологічних операцій, з урахуванням потреб агрокультур, реальної ситуації на кожному певному полі, технологічних

підходів до їхнього вирощування та впровадження сучасної техніки.

Забезпечення ефективного функціонування системи, яка включає стан ґрунтово-кліматичних умов, запровадження нових сортів та гібридів агрокультур, впровадженням у виробництво сучасної техніки з урахуванням забезпечення якості виконання механізованих робіт, вимагає дослідження зміни середовища та структурних змін посівного матеріалу агрокультур.

Системне планування виробництва продукції рослинництва на основі використання типологічного ряду системи, який містить завершену кількість чинників (агрокультури, поля, агрокліматичні умови, машинні агрегати), дає можливість представити дослідження, як результат проектної діяльності зміни середовища.

Для розв'язання задачі застосовано методи математичної логіки, які базуються на принципах перетворень. Для цього структуровано інформацію щодо сучасних сортів та гібридів агрокультур, агрокліматичних умов їхнього вирощування та засобів механізації, які використовуються для забезпечення виконання механізованого технологічного процесу і входять у дану систему (матриця агрокультур, матриця полів відповідного господарства та стан довкілля, матриця технологічних операцій; матриця агромашин; матриця енергетичних засобів; матриця систем контролю та розрахунку для оцінки якості роботи машинних агрегатів).

2.2.1. Підмножини керованої системи механізовані агротехнології

Вхідні параметри, які необхідні для функціонування структурно-логічної схеми розробки механізованого технологічного процесу та визначення якості системи виконання процесу машинами, виконання роботи машинними агрегатами під час вирощування агрокультури, сформовані у вигляді таких даних (Додаток А):

- агрокультур;
- полів відповідного господарства та стану довкілля;
- технологічних операцій;

- агромашин;
- енергетичні засобів;
- систем контролю та розрахунку для оцінки якості роботи машинних агрегатів.

Матриця агрокультур.

Матриця агрокультур сформована у вигляді двовірної матриці розміром $I \times J$ (рисунок 2.2) (де I – кількість агрокультур у матриці; J – кількість сортів та гібридів у матриці) і містить інформацію про існуючі агрокультури, включаючи їхні сорти, гібриди та біологічні особливості. Інформація формується з матеріалів дилерських мереж про посівний матеріал.

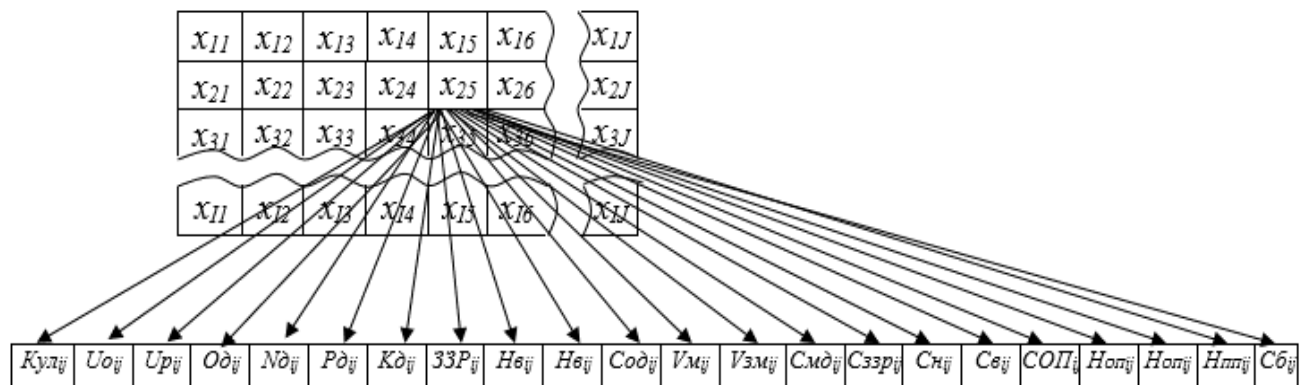


Рис. 2.2. Об'єкти підмножини агрокультур

Кожна комірка x_{ij} двовірної матриці представляє собою характеристику i -ої агрокультури (порядковий номер у матриці по горизонталі) j -ого сорту чи гібриду (порядковий номер у матриці по вертикалі) і включає такі параметри:

K_{ulij} – назва i -ої агрокультури j -ого сорту, формується на підставі матеріалів дилерських мереж про посівний матеріал;

U_{oij} – урожайність основної продукції i -ої агрокультури j -ого сорту, формується на підставі реалізації біологічного потенціалу агрокультури відповідно до ґрунтово-кліматичних умов реального поля, т/га;

U_{rij} – врожайність побічної продукції i -ої агрокультури j -ого сорту, формується на підставі реалізації біологічного потенціалу агрокультури

відповідно до ґрунтово-кліматичних умов реального поля, т/га;

k – коефіцієнт переведення побічної продукції в основну;

$O\partial_{ij}$ – потреба в органічних добривах i -ої агрокультури j -ого сорту, формується відповідно до потреб агрокультури, аналізу структури і агрохіманалізу ґрунту визначеного поля, кг/га;

$N\partial_{ij}$ – потреба в азоті i -ої агрокультури j -ого сорту, кг/га;

$P\partial_{ij}$ – потреба у фосфорі i -ої агрокультури j -ого сорту, кг/га;

$K\partial_{ij}$ – потреба в калію i -ої агрокультури j -ого сорту, кг/га;

$33P_{ij}$ – норма внесення отрутохімікатів i -ої агрокультури j -ого сорту, формується на підставі прогнозу засмічення поля бур'янами, шкідниками та хворобами в умовах реального поля, кг/га;

Hv_{ij} – норма висіву i -ої агрокультури j -ого сорту, залежить від структури ґрунту та наявної вологи на конкретному полі, кг/га;

Hv_{ij} – норма води для поливу i -ої агрокультури j -ого сорту, залежить від потреб агрокультури у волозі та наявної вологи на конкретному полі, т/га;

Cod_{ij} – ціна органічних добрив, ум.од./т;

Cmd_{ij} – ціна мінеральних добрив, ум.од./т;

$Cзр_{ij}$ – ціна отрутохімікатів, ум.од./кг;

Cn_{ij} – ціна насіння, ум.од./кг;

Cv_{ij} – ціна води, ум.од./1000 т;

$Cоп_{ij}$ – закупівельна ціна основної продукції i -ої агрокультури j -ого сорту, ум.од./т;

V_{mij} – віддаль перевезення в межах господарства, км;

$V_{змij}$ – віддаль перевезень за межі господарства, км;

$Ноп_{ij}$ – щільність основної продукції i -ої агрокультури j -ого сорту, т/м³;

$Нпп_{ij}$ – щільність побічної продукції i -ої агрокультури j -ого сорту, т/м³;

$Cб_{ij}$ – ціна бонітету ґрунту конкретного поля, ц/б.

Матриця полів відповідного господарства та стан довкілля.

Матриця полів господарства сформована у вигляді одномірної матриці

розміром I (рисунок 2.3) (де I – кількість полів у матриці) і містить інформацію про реальну ситуацію на його полях: від площі і форми до попередників. Інформація формується з журналів історії полів та результатів агрохіманалізу.

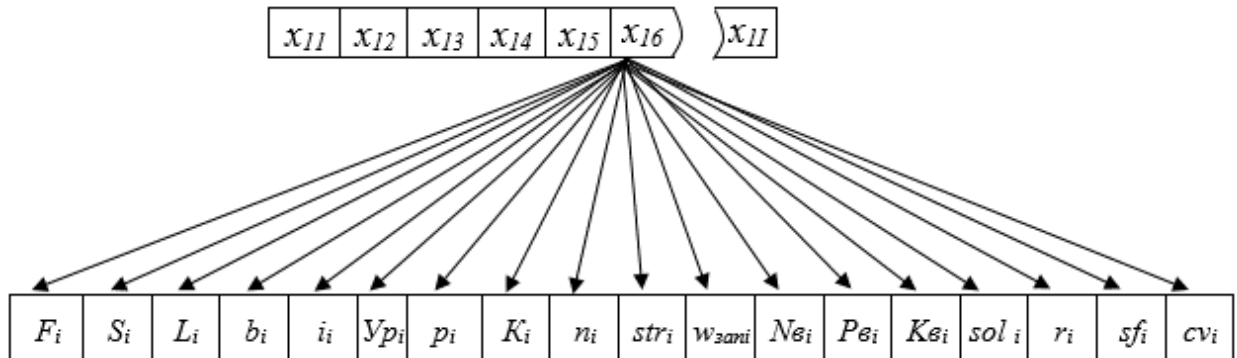


Рис. 2.3. Об'єкти підмножини полів господарства та стан довкілля

Кожна комірка x_i одномірної матриці представляє собою характеристику i -ого поля (порядковий номер у матриці по горизонталі) і включає такі параметри:

F_i – назва i -го поля, визначається відповідно до прийнятого маркування;

S_i – площа i -го поля, визначається на підставі обміру поля, м^2 ;

L_i – довжина i -го поля, визначається на підставі обміру поля, м ;

b_i – ширина i -го поля, визначається на підставі обміру поля, м ;

i_i – кут нахилу i -го поля, визначається на підставі обміру поля, град ;

Y_{pi} – умови руху агрегатів залежно від конфігурації поля і перешкод (1 – сприятливі; 2 – нормальні; 3 – середні; 4 – середньо-складні; 5 – складні; 6 – дуже складні; 7 – надзвичайно складні; 8 – майже неможливі; 9 – небезпечні);

p_i – щільність ґрунту i -го поля, формується за результатами польових досліджень та історії поля, г/см^3 ;

K_i – питомий опір ґрунту (клас ґрунтів за питомим опором: 1 – (27...34); 2 – (35...39); 3 – (40...48); 4 – (49...55); 5 – (56...62); 6 – (63...67); 7 – (68...75); 8 – (76...82); 9 – (83...90), кН/м^2 ;

n_i – пористість ґрунту i -го поля, формується за результатами польових досліджень та історії поля, %;

str_i – агрегація ґрунту i -го поля, формується за результатами польових

досліджень та історії поля, см;

W_{zani} – запаси вологи i -го поля, формується на підставі результатів спостережень, %;

Nv_i – уміст азоту у i -му полі, формується на підставі результатів агрохіманалізу, г/га;

Pv_i – уміст фосфору у i -му полі, формується на підставі результатів агрохіманалізу, г/га;

Kv_i – уміст калію у i -му полі, формується на підставі результатів агрохіманалізу, г/га;

t_i – температура i -го поля, формується на підставі результатів спостережень, °C;

sol_i – сонячна енергія i -го поля, визначається за результатами спостережень, Вт/м² (ФАР);

r_i – наявність та кількість рослинних рештків на поверхні i -го поля, формується за результатами польових досліджень, кг/м²;

sf_i – рівномірність поверхні i -го поля, формується на основі аналізу та коригування супутникових знімків, %;

cv_i – якість повітря i -го поля, формується за результатами аналізу хімічного складу повітря, мг/м³.

Матриця технологічних операцій.

Матриця технологічних операцій агрокультур сформована у вигляді двовірної матриці розміром $I \times J$ (де I – кількість механізованих технологічних операцій усіх (можливих) культур в матриці; J – кількість різновиду кожної технологічної операції у матриці) і містить інформацію про сучасні технологічні операції та сучасні робочі органи машин, які відрізняються за призначеннями їхнього використання та технологічними показниками (наприклад, глибина, швидкість). Інформація формується на підставі результатів досліджень технологій та рекомендацій фахових наукових установ щодо зональної ефективності використання технологічних операцій.

Інформація про робочі органи формується з каталогу та іншої техніко-технологічної інформації дилерських мереж продажу аграрної техніки.

Кожна комірка x_{ij} трьохмірної матриці представляє собою характеристику i -ої технологічної операції (порядковий номер в матриці по горизонталі) j -ого різновиду (порядковий номер в матриці по вертикалі) (рисунок 2.4).

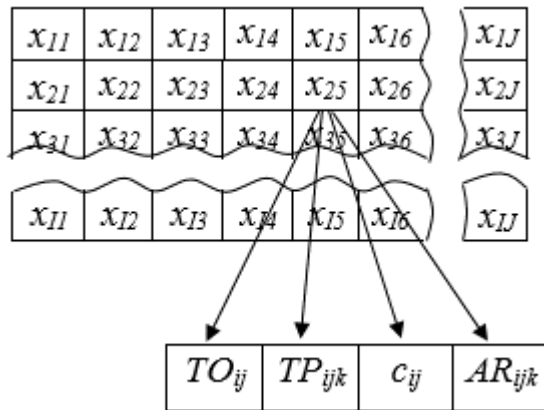


Рис. 2.4. Об'єкти підмножини технологічних операцій

Кожна комірка x_{ij} представляє собою двомірну або трьохмірну матрицю, яка включає такі параметри:

TO_{ij} – назва i -ої технологічної операції j -ого різновиду (наприклад, для операції «сівба зернових культур» – сівба дисковими сошниками, сівба анкерними сошниками тощо);

TP_{ijk} – технологічні параметри для i -ої операції j -ого різновиду з k -им параметром, формуються на підставі потреб агрокультури, визначаються дослідним шляхом для конкретних умов.

Технологічними параметрами операцій можуть бути такі:

- для ґрунтообробних операцій (глибина обробітку, вирівняність поверхні ґрунту, гребенистість, заробка рослинних рештків);
- для посівних операцій (норма висіву, глибина посіву, ширина стикових міжрядь);
- для операцій міжрядного обробітку (глибина обробітку, гребенистість, підрізання бур'янів);

- для збиральних операцій (висота стерні, втрати зерна, пошкодження зерна, засміченість зерна);
- для навантажувальних операцій (втрати під час проведення робіт, пошкодження ТАРИ, пошкодження матеріалу, втрати під час проведення робіт);
- для транспортних операцій (втрати за проведення транспортування, пошкодження якості товару (наприклад, залило водою)).

Відповідно технологічним нормативам мають відповідати агротехнічні вимоги.

c_{ij} – тип робочого органу для забезпечення i -ої операції j -ого різновиду;

AR_{ijk} – агротехнічні вимоги для i -ої операції j -ого різновиду k -ого показнику (формується на підставі потреб агрокультури для максимальної реалізації біологічного потенціалу рослини, визначаються дослідним шляхом для конкретних умов).

Для розробки керованого процесу побудовані логічні схеми. На рисунку 2.5 представлений основний алгоритм розробки схеми вирощування аграрної культури, який враховує основні періоди та об'єднані групи чинників, що впливають на ріст та розвиток агрокультур.

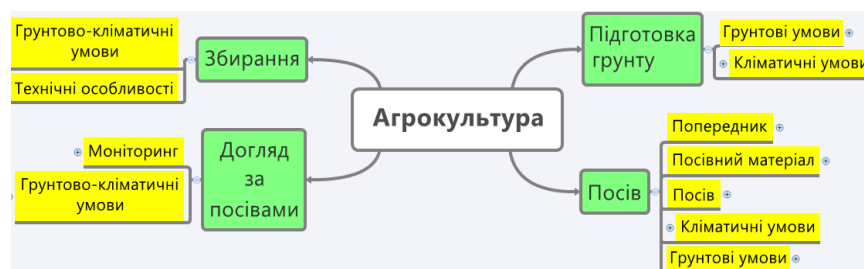


Рис. 2.5. Загальний алгоритм забезпечення умов росту та розвитку аграрних культур

Кожна група чинників складається з конкретних чинників, які безпосередньо забезпечують ріст і розвиток агрокультур. На рисунках 2.6 – 2.9 представлений алгоритм розробки показників якості, який враховує потреби агрокультур та реальних польових умов. На схемах зеленим кольором позначається період розвитку агрокультури; жовтим – група чинників; синім –

чинники впливу на розвиток агрокультур; помаранчевим – різні умови, з якими зустрічаються на виробництві; сірим – машини, які повинні забезпечити якість.

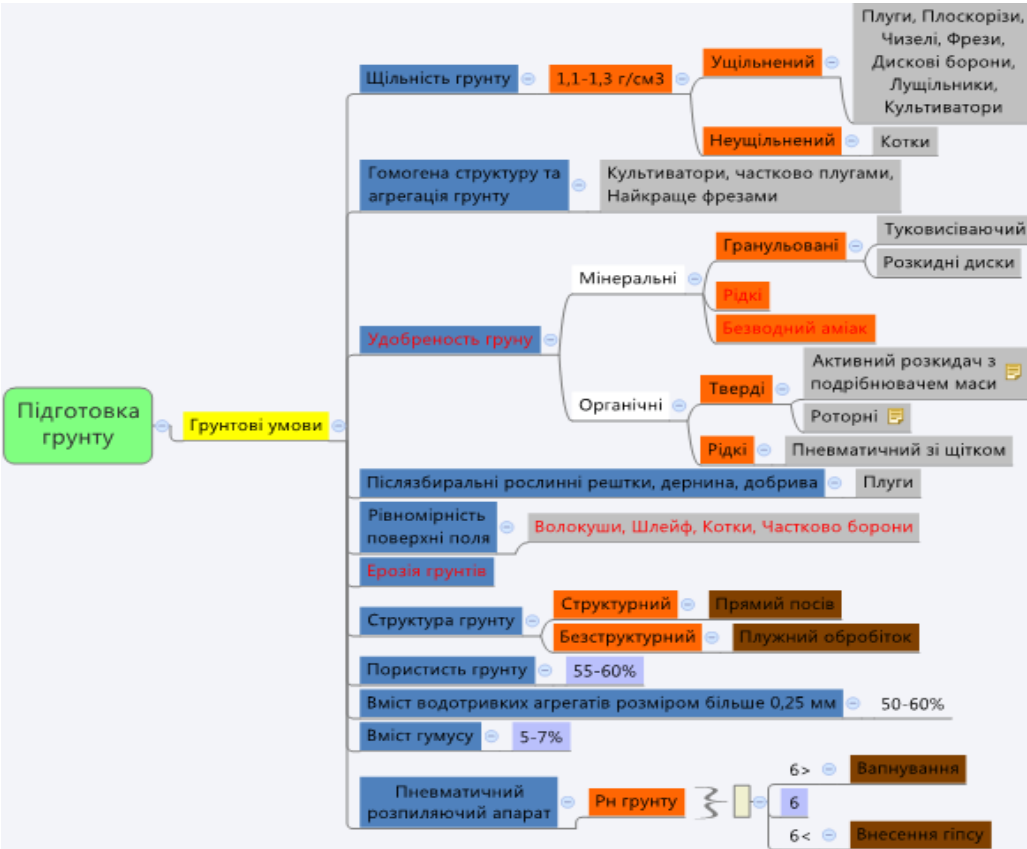


Рис. 2.6. Алгоритм підготовки ґрунту після попередника

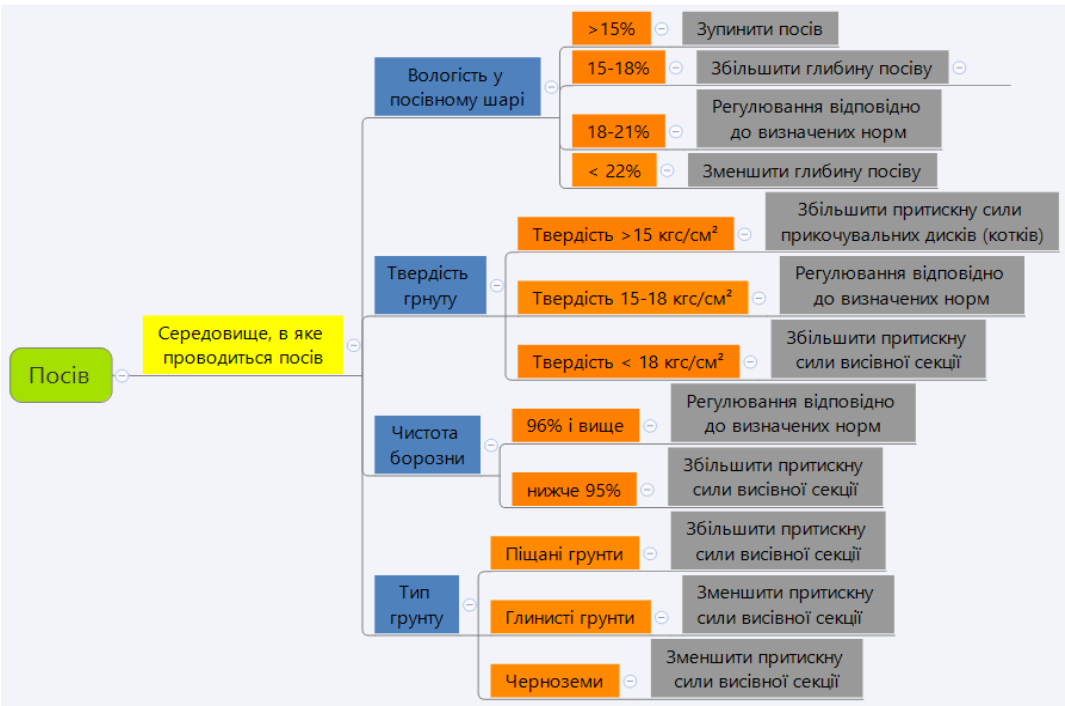


Рис. 2.7. Алгоритм проведення посіву кукурудзи на зерно

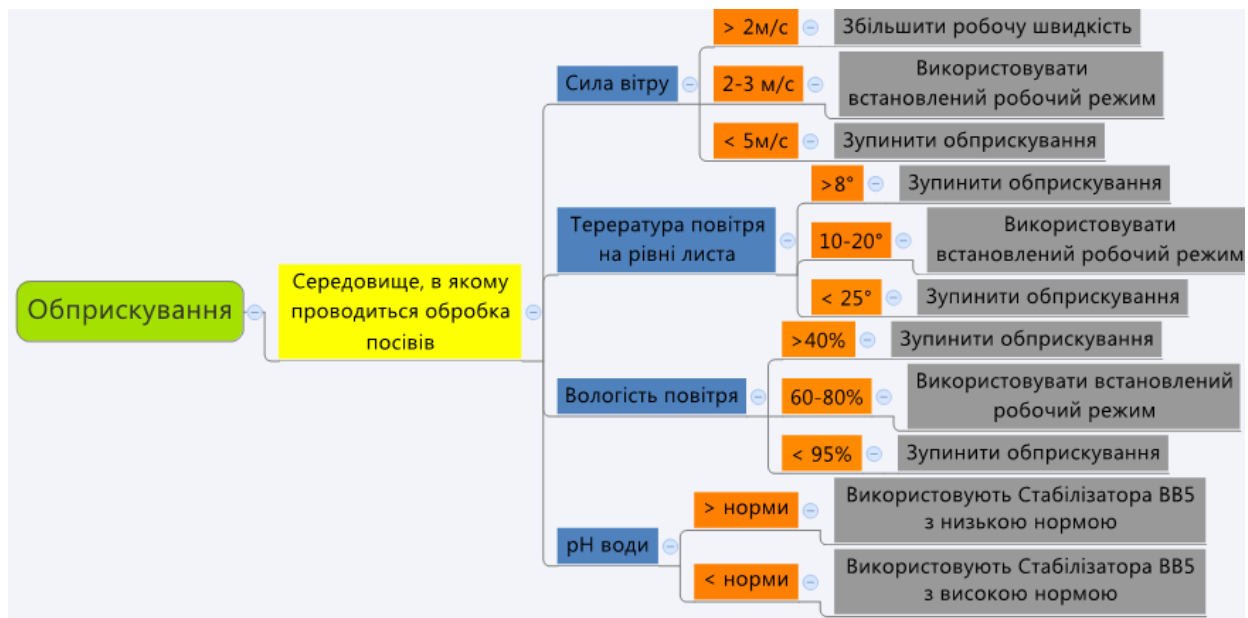


Рис. 2.8. Алгоритм догляду за посівами кукурудзи на зерно

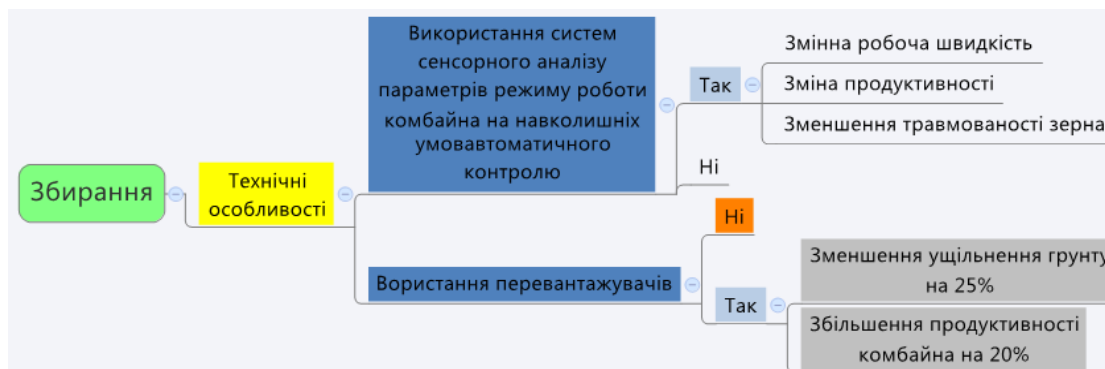


Рис. 2.9. Алгоритм збирання аграрних культур

Розвиток агрокультур завжди має супроводжуватись умовами, які необхідні для проростання насіння, росту культури, накопичення та збереження нею енергії.

Для ефективного вирощування аграрних культур першочергово визначають фази (етапи) розвитку агрокультури і встановлюють конкретні потреби, умови та терміни їхньої реалізації.

Забезпечення потреб аграрних агрокультур виконують проведенням відповідних технологічних операцій, які так само виконуються за допомогою машинних агрегатів різного призначення.

Матриця агромашин.

Матриця агромашин сформована у вигляді одомірної матриці розміром

I (рисунок 2.10) (де I – кількість агрокультур у матриці) і містить інформацію про існуючі агромашини з їхніми технічними характеристиками та показниками якості виконання технологічної операції. Інформація формується з дилерських мереж продажу аграрної техніки.

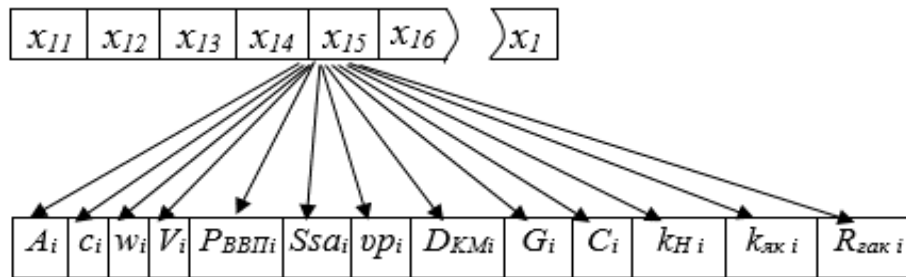


Рис. 2.10 Об'єкти підмножини агромашин

Кожна комірка x_i одномірної матриці представляє собою порядковий номер i -ої агромашини матриці (порядковий номер у матриці по горизонталі) і включає такі параметри:

A_i – назва (марка) i -ої агромашини, визначається відповідно до каталогу або технічного паспорту агромашини;

c_i – спосіб агрегування i -ої агромашини, формується на підставі технічного паспорту агромашини;

w_i – основний технологічний параметр i -ої агромашини на підставі технічного паспорту агромашини або дослідних даних для конкретної місцевості, м; т; т/год.;

V_i – максимальна допустима швидкість i -ої агромашини, визначається на підставі технічного паспорту агромашини або дослідних даних для конкретної місцевості, км/год.;

$P_{ВВПi}$ – потужність на ВВП i -ої агромашини, кВт;

Ssa_i – система ТОР (визначає ресурс роботи до першого ремонту) i -ої агромашини;

v_{pi} – кількість обслуговуючого персоналу для i -ої агромашини, кількість;

$D_{КМi}$ – кінематична довжина i -ої агромашини, м;

G_i – маса i -ої агромашини, визначається на підставі технічного паспорту

агромашини, т;

C_i – вартість i -ої агромашини, визначається на підставі прайсу на вартість, грн.;

k_{Hi} – коефіцієнт надійності i -ої агромашини, формується на підставі технічного паспорту агромашини або дослідних даних для конкретної місцевості;

$k_{як i}$ – коефіцієнт якості роботи i -ої агромашини, формується на підставі технічного паспорту агромашини або дослідних даних для конкретної місцевості;

$R_{зак i}$ – потужність або клас енергетичного засобу для i -ої агромашини, формується на підставі технічного паспорту агромашини, кВт(кН).

Матриця енергетичних засобів.

Матриця енергетичних засобів сформована у вигляді одномірної матриці розміром I (рисунок 2.11) (де I – кількість енергетичних засобів у матриці) і містить інформацію про існуючі енергетичні засоби з їхніми технічними характеристиками та показниками якості виконання технологічної операції. Інформація формується з дилерських мереж продажу аграрної техніки.

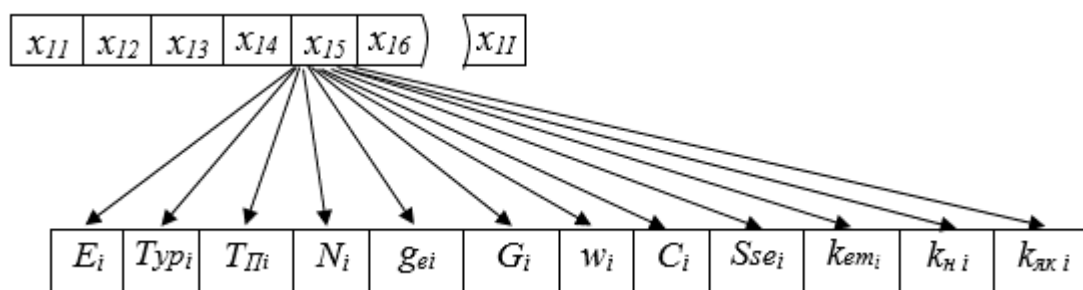


Рис. 2.11 Об'єкти підмножини енергетичних засобів

Кожна комірка x_i одномірної матриці представляє собою порядковий номер i -ого енергетичного засобу у матриці (порядковий номер у матриці по горизонталі) і включає такі параметри:

E_i – назва (марка) i -ого енергетичного засобу, визначається відповідно до каталогу або технічного паспорту енергетичного засобу;

T_{yp_i} – тип енергетичної машини (1 тип – трактори 4К4, 2 тип – трактори 4К2, 3 тип – самохідні комбайни; 4 тип – автомобілі-самоскиди, 5 тип – автомобілі бортові), визначається відповідно до каталогу або технічного паспорту енергетичного засобу;

T_{Pi} – основний технологічний параметр i -ого енергетичного засобу, формується на підставі технічного паспорту енергетичного засобу або дослідних даних для конкретної місцевості (максимальне тягове зусилля для тракторів, кН; вантажопідйомність для автомобілів, т; пропускна здатність для комбайнів, кг/с);

N_i – потужність двигуна i -ого енергетичного засобу, визначається на підставі технічного паспорту, кВт;

g_{ei} – питома витрата палива двигуна i -ого енергетичного засобу, визначається на підставі технічного паспорту енергетичного засобу або дослідних даних для конкретної місцевості, г/кВт*год (г/км);

G_i – маса i -ого енергетичного засобу, визначається на підставі технічного паспорту, т;

w_i – тип рушія i -ого енергетичного засобу (гусениці, квад-трак, колісний, здвоєні колеса, стросні колеса), визначається на підставі технічного паспорту;

C_i – вартість i -ого енергетичного засобу, визначається на підставі прайсу на вартість, грн;

S_{se_i} – система ТОР (визначає ресурс роботи до першого капітального ремонту), визначається відповідно до технічного паспорту енергозасобу;

k_{em_i} – коефіцієнт переводу машин в еталонні трактори ($K=0,06G+0,01Ne$);

k_{ni} – коефіцієнт надійності i -ого енергетичного засобу, формується на підставі технічного паспорту або дослідних даних для конкретної місцевості;

$k_{як_i}$ – коефіцієнт якості роботи i -ого енергетичного засобу, формується на підставі технічного паспорту або дослідних даних для конкретної місцевості.

Матриця систем контролю та визначення якості роботи машинних агрегатів.

Для оцінки якості роботи машинних агрегатів сформована одномірна матриця розміром I (рисунок 2.12) (де I – кількість систем контролю та розрахунку для оцінки якості роботи машинних агрегатів у матриці), яка містить інформацію про існуючі систем контролю та розрахунки для оцінки якості роботи машинних агрегатів у реальних польових умовах. Інформація формується на підставі каталогів продукції з відповідними продуктами та розробок профільних наукових закладів.

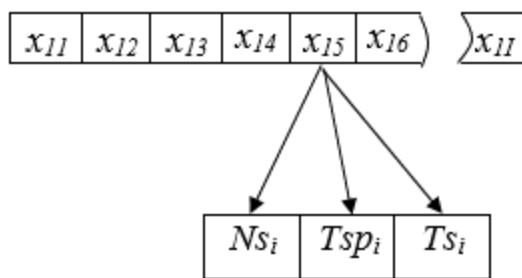


Рис. 2.12. Об'єкти підмножини систем контролю та розрахунку для оцінки якості роботи машинних агрегатів

Кожна комірка x_i одномірної матриці представляє собою характеристику i -ої системи в матриці (порядковий номер у матриці по горизонталі) і включає такі параметри:

Ns_i – назва системи контролю забезпечення якості i -ого технологічного параметра, визначається відповідно до каталогу або іншого номенклатурного документу;

Tsp_i – тип системи контролю забезпечення якості i -ого технологічного параметра (самостійнодіючий, керований, ручний-переносний), формується на підставі технічного паспорту відповідного обладнання або іншої техніко-технологічної документації;

Ts_i – системи розрахунку якості роботи машинних агрегатів i -ого технологічного параметра, визначається на підставі технічного паспорту відповідного обладнання або іншої техніко-технологічної документації.

2.2.2. Структурно-логічні схеми розміщення культур у структурі полів

Структурно-логічна схема розробки механізованого технологічного процесу та обґрунтування визначення якості систем машин, машинних агрегатів вирощування агрокультур розроблена для обґрунтування показників якості виконання технологічних процесів під час вирощування аграрних культур, з урахуванням потреб агрокультур та сучасних і перспективних систем моніторингу ефективності роботи машинних агрегатів.

Структурно-логічна схема передбачає виконання етапів проектування:

- вибір агрокультури, вивчення її потреб і аналіз умов вирощування;
- вибір технологічних операцій за визначеною технологією;
- вибір робочих органів для визначеної технологічної операції, за умови дотримання агротехнічних вимог;
- вибір агромашин з обраним робочими органом;
- вибір енергозасобу для агрегування з обраними агромашинами;
- обґрунтування параметрів машинних агрегатів для забезпечення якості виконання кожної технологічної операції обраної технології;
- системний аналіз техніко-економічних та якісних показників роботи машинних агрегатів, для визначення оптимального комплексу машин.

Порядок реалізації етапу *вибору агрокультури, вивчення її потреб і аналізу умов вирощування* на основі завдання для виробництва на вирощування агрокультур.

З огляду на завдання господарства, на основі структурно-логічної схеми, визначають агрокультури K_{ulij} , відповідного сорту чи гібриду, які вирощуватимуться в господарстві (матриці агрокультур (рис. 2.2)). Культури, обрані для вирощування необхідного обсягу продукції, розміщуються на полях господарства S_{ij} (матриця полів господарства (рис. 2.3)). На обраних полях, для забезпечення розміщення вибраних агрокультур, можливе часткове їхнє розташування на певних полях. Створюємо алгоритм вирощування, включно зі створенням сівозмін [150].

Алгоритм розміщення агрокультур на полях має три варіанти вирішення залежно від поставленого завдання в господарстві:

Варіант 1. Агрокультури і їхні площі вирощування не змінюються, поля з їх площами також не змінюються (рис. 2.13).

Варіант 2. Агрокультури не змінюються, а їхні площі вирощування змінюються. Поля з їхніми площами не змінюються (рис. 2.14).

Варіант 3. Агрокультури і їхні площі змінюються. Поля з їхніми площами не змінюються (рис. 2.15).

Вихідні дані для розв'язку задачі за варіантом 1. Агрокультури і їхні площі вирощування не змінюються, і поля з їхніми площами також не змінюються.

Агрокультури: назви $Kул_I$, їхня кількість I і площі вирощування Sk_I .

Поля: номери полів F_I і їхня площа Sp_I .

Матриця відношення культур до їх попередників.

Попередник \ Культура	$Kул_1$	$Kул_2$	$Kул_3$
$Kул_1$	x_{11}	x_{12}	x_{13}
$Kул_2$	x_{21}	x_{22}	x_{23}
$Kул_3$	x_{31}	x_{32}	x_{33}

Культура	Площа культур
$Kул_I$	Sk_I
$Kул_2$	Sk_2
$Kул_3$	Sk_3

$Kул_I$	x_{11}	$x_{ij\ 12}$	$x_{ij\ 13}$
---------	----------	--------------	--------------

x_{IJ}	Sk_I
----------	--------

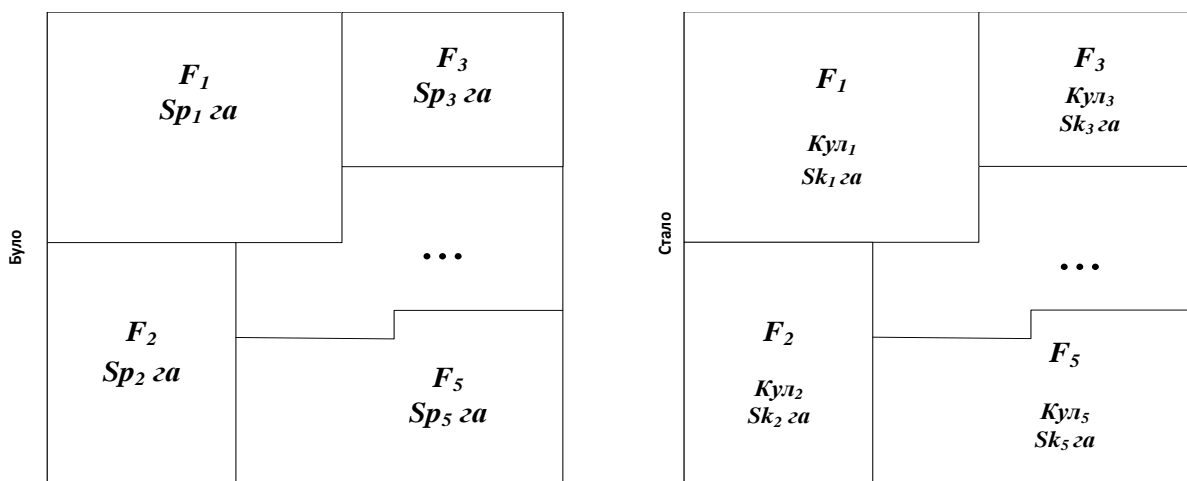


Рис. 2.13. Схема розміщення агрокультур на полях за першого варіанту: агрокультури і їхні площі вирощування не змінюються, поля з їхніми

площами також не змінюються.

Вихідні дані для розв'язку задачі за варіантом 2. Агрокультури не змінюються, змінюються площі їхнього вирощування. Поля з їхніми площами не змінюються.

Агрокультури: назви $Kул_l$, їх кількість і площі вирощування Sk_l .

Поля: номери полів F_l і їх площа Sp_l .

Матриця відношення культур до їхніх попередників.

Попередники з їхніми площами.

Попередник Культура	$Kул_1'$	$Kул_2'$	$Kул_3'$
$Kул_1$	x_{11}	x_{12}	x_{13}
$Kул_2$	x_{21}	x_{22}	x_{23}
$Kул_3$	x_{31}	x_{32}	x_{33}
$Kул_l$	x_{l1}	x_{l2}	x_{l3}
Площа під попередником	Sp_1	Sp_2	Sp_3

$Kул_l'$	Площа культур
x_{11}	Sk_1
x_{21}	Sk_2
x_{31}	Sk_3
x_{lj}	Sk_l
Sp_l	

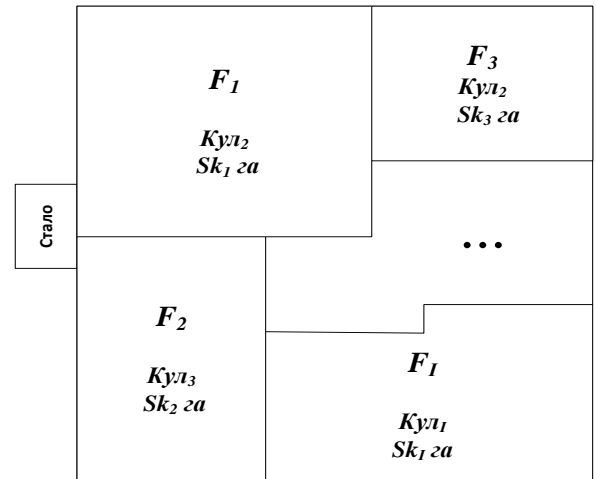
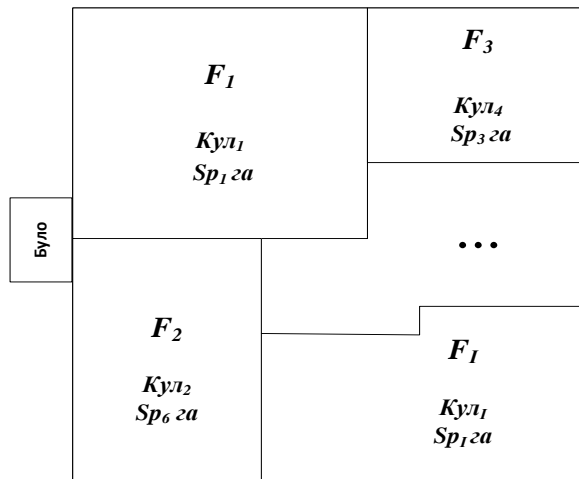


Рис. 2.14 Схема розміщення агрокультур на полях за другого варіанту: агрокультури не змінюються, а їхні площі вирощування змінюються. Поля з їхніми площами не змінюються

Вихідні дані для розв'язку задачі за варіантом 3. Агрокультури і їхні площі змінюються. Поля з їхніми площами не змінюються.

Агрокультури: назви $Kул_l$, їхня кількість і площі вирощування Sk_l .

Поля: номери полів F_l і їхня площа Sp_l .

Матриця відношення культур до їхніх попередників.

Попередники з їхніми площами.

Попередник \ Культура	$K_{ул1}'$	$K_{ул2}'$	$K_{ул3}'$
$K_{ул1}$	x_{11}	x_{12}	x_{13}
$K_{ул2}$	x_{21}	x_{22}	x_{23}
$K_{ул4}$	x_{31}	x_{32}	x_{33}

$K_{ул1}$	x_{11}	$x_{ij\ 12}$	$x_{ij\ 13}$
Площа культур попередника	Sp_1	Sp_2	Sp_3

$K_{ул\ 1}'$	Площа культур
x_{1j}	Sk_1
x_{2j}	Sk_2
x_{3j}	Sk_4

x_{1j}	Sk_1
Sp_1	

Було

F_1 $K_{ул1}$ $Sp_1\ 2a$	F_3 $K_{ул3}$ $Sp_3\ 2a$
F_2 $K_{ул2}$ $Sp_2\ 2a$	F_1 $K_{ул1}$ $Sp_1\ 2a$

Стало

$K_{ул3} - Sk_1\ 2a$	$K_{ул4} - Sk_3\ 2a$
F_1	F_3
$K_{ул2} - Sk_1\ 2a$	$K_{ул1} - Sk_3\ 2a$
$K_{ул2} - Sk_2\ 2a$	F_1
F_2	F_1
$K_{ул1} - Sk_2\ 2a$	$K_{ул1}$ $Sk_1\ 2a$

Рис. 2.15. Схема розміщення агрокультур на полях за третього варіанту: агрокультури і їхні площі змінюються. Поля з їхніми площами не змінюються

2. *Необхідно:* Створити математичну модель, яка описує процес вибору площ для вирощування запланованих агрокультур із матриці полів (рис. 2.2) з використанням існуючих полів або їхніх частин відповідно до даних Матриці відношення культур, для забезпечення запланованого обсягу виробництва продукції.

На вибрані площі необхідно внести живлення. Забезпечити поля відповідно до запланованого врожаю агрокультури можливо завдяки внесенню мінеральних добрив або внесенню органічних добрив.

Аналізуючи матрицю полів господарства, визначають дані щодо вмісту азоту N_{vij} , фосфору P_{vij} , калію K_{vij} , на полі(ях), вибраних під культуру (із матриці полів господарства (рис. 2.3)) та нормами виносу добрив вибраними культурами (матриця агрокультур (рис. 2.2)) азоту N_{dij} , фосфору P_{dij} , калію K_{dij} .

Реальне внесення NPK буде розраховується за формулами:

$$NPK_{ij} = k_N N_{\partial_{ij}} + k_P P_{\partial_{ij}} + k_K K_{\partial_{ij}}, \text{ т/га}, \quad (2.1)$$

де NPK_{ij} – загальна норма внесення мінеральних добрив, т/га; N_{∂} , P_{∂} , K_{∂} – дійсна норма винесення азоту, фосфору, калію агрокультурою, кг/ц; k_N , k_P , k_K – відповідно, коефіцієнти переведу норм внесення NPK у туки.

Тоді, коефіцієнт MD_{ij} , який враховує перерахунок норм винесення NPK у туки внесення, становитиме:

$$MD_{ij} = NPK_{ij} / (N_{\partial_{ij}} + P_{\partial_{ij}} + K_{\partial_{ij}}). \quad (2.2)$$

Під час розв’язання задач існують випадки, коли задаються рекомендації щодо комбінованої схеми внесення живлення в ґрунт [245, 252]. Наприклад, у господарстві є можливість внесення органічних добрив, або внесення N_{∂} , P_{∂} , K_{∂} не повною мірою покриває потреби агрокультур. У цьому випадку застосовується підхід із внесенням органічних добрив $O_{\partial'i}$ на основі бонітету ґрунту $Бон_i$ за його типом $Тип_i$ (матриця полів господарства (рис. 2.3)) . Бонітет ґрунту $Бон_i$ буде становити:

$$Бон_i = 20,1 Тип_i^{0.637}, \quad (2.3)$$

де $Бон_i$ – бонітеті-го поля; $Тип_i$ – номер типу ґрунту за бонітетом i -го поля (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 Бонітет ґрунтів за їхнім типом

№ типу	Тип ґрунту	Бонітет
1	2	3
1	дерново-підзолисті супіщані	15...25
2	дерново-підзолисті легкосуглинкові	26...35
3	дерново-середньопідзолисті	36...43
4	чорноземи типові малопотужні	44...54
5	чорноземи опідзолені легкосуглинкові	55...62
6	чорноземи типові	63...70
7	чорноземи звичайні потужні	71...72
8	чорноземи типові потужні	73...80

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
9	луко-чорноземи легкосуглинисті	81...82
10	чорноземи типові потужні середньосуглинкові	83...85
11	чорноземи типові потужні важкосуглинкові	86...90

Отже, для забезпечення відповідного врожаю U_i , норму органічних добрив визначають за залежністю:

$$Od'_i = \frac{10(U_i - Bon_i Cb_i)(N\partial'_{ij} + P\partial'_{ij} + K\partial'_{ij})MD_{ij}}{Bon_i}, \text{ т/га,} \quad (2.4)$$

де Od'_i – норма внесення органічних добрив на i -му полі, т/га;
 U – врожайність агрокультури, ц/га; Cb_i – ціна бонітету i -го поля.

За запланованою технологією господарства та конкретних умов, використовуючи матрицю технологічних операцій, визначаються відповідні технологічні операції TO_{ijk} (k – тип операції) для забезпечення технологічного процесу вирощування кожної культури Kul_{ij} . Так само технологічний процес базується на пріоритетності технологічних операцій, а саме, основній, допоміжній та суміжній.

Основна технологічна операція – операція, що визначає умови підготовки ґрунту, посіву (посадки), росту й розвитку аграрної культури та її збирання.

Допоміжна технологічна операція – це операція, без якої не може виконуватись основна (наприклад: підвезення насіння та мінеральних добрив).

Суміжна технологічна операція – операція, яка покращує (підсилює) якість виконання основної операції.

Основними характеристиками (параметрами) технологічних операцій є: початок і тривалість виконання робіт, обсяг робіт, агротехнічні вимоги, відповідні робочі органи та швидкісні характеристики.

Дати початку і тривалість виконання механізованих технологічних

операцій (рис. 2.16) повинні відповідати фазам росту й розвитку агрокультури.

Щодо операцій луцення стерні та основного обробітку ґрунту (обробітку після попередника) виконуються зразу після попередника.

Дата початку проведення посіву відповідає досягненням вимог щодо: суми температур, ФАР, вологості та типу ґрунту. Наприклад, посів кукурудзи проводять у разі прогрівання ґрунту до 10 °С, наявності води в ґрунті – 40 %.

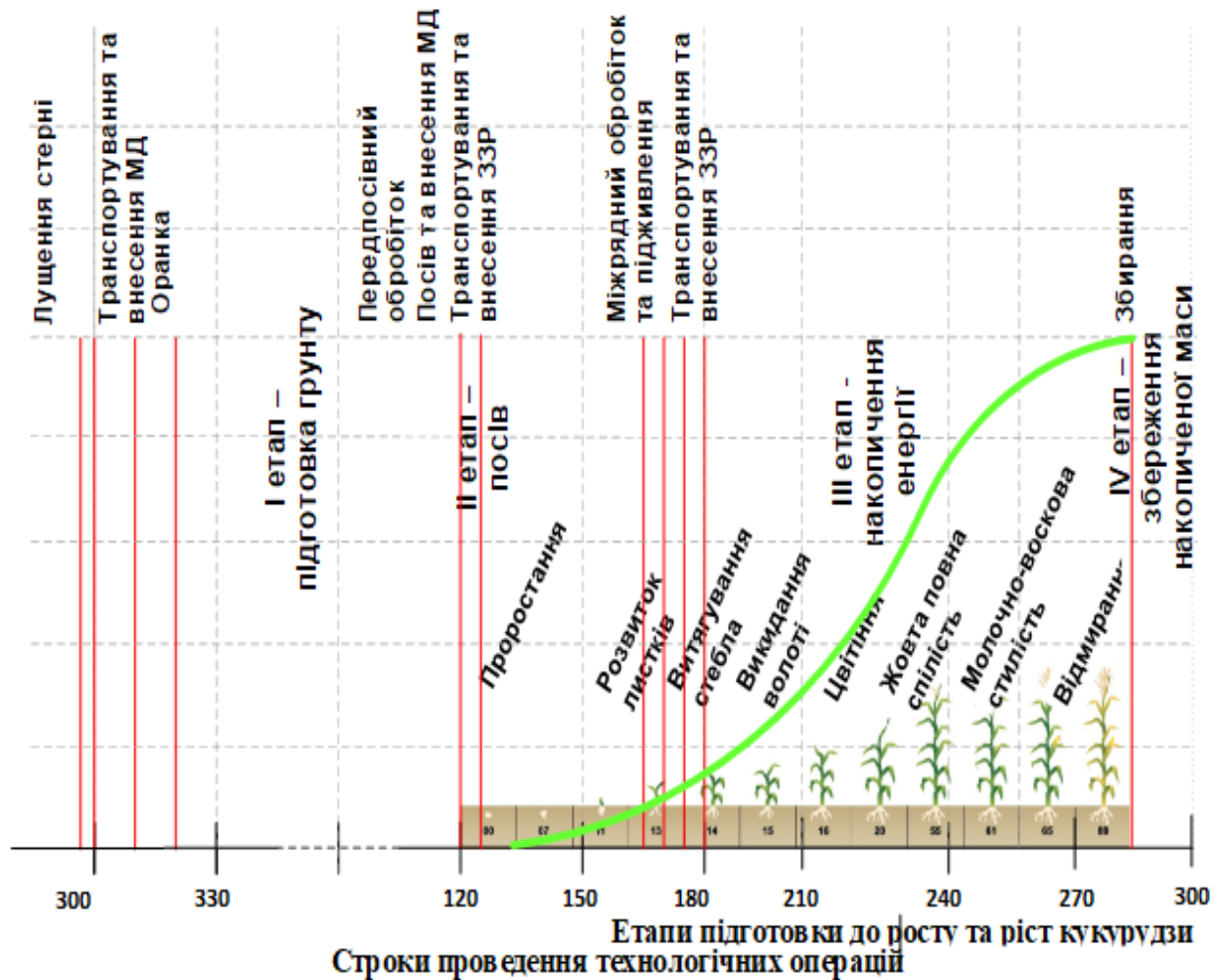


Рис. 2.16. Строки виконання основних механізованих технологічних операцій

Строк початку виконання кожної технологічної операції може бути змінений у відповідності до зміни природно-кліматичних умов. Чинником впливу може бути зниження інтенсивності накопичення енергії: Зміна погодних умов (різке похолодання, аномальна жара, град, опади). Тривалість проведення технологічних операцій не повинно перебільшувати 24 годин в

межах одного поля.

Обсяг робіт на кожній технологічній операції залежить від її виду та місця виконання.

Для механізованих операцій, які безпосередньо виконують роботу з ґрунтом, або з агрокультурою, рухаючись відповідним способом у загінці, обсяг робіт буде становити [245, 252]:

$$Q = S_{кул} \gamma_{ij}, \text{ га}, \quad (2.5)$$

де $S_{кул}$ – площа вирощування агрокультури $Kул_{ij}$, га; γ_{ij} – коефіцієнт, який враховує кратність виконання i -ої технологічної операції j -ого різновиду TO_{ijk} .

Для навантажувально-розвантажувальних операцій обсяг робіт дорівнює [245, 252]:

$$Q = S_{куу} H_{орм} \gamma_{ij}, \text{ т}, \quad (2.6)$$

де $H_{орм}$ – норма внесення добрив, засобів захисту рослин та інших робочих матеріалів, т/га.

Для транспортних операцій обсяг робіт дорівнює [245, 252]:

$$Q = S_{куу} \gamma_{ij} H_{ij} L_{ij}, \text{ ткм}, \quad (2.7)$$

де H_{ij} – урожайність, норма внесення, інші норми продукції, яка збирається або транспортується в залежності від виконуваної операції, т/га; L_{ij} – віддаль перевезення вантажу, км.

Забезпечення умов виконання кожної механізованої технологічної операції під час вирощування та збирання агрокультур зумовлюється відповідними правилами та нормативами, які об'єднуються в агротехнічні вимоги.

Дотримання та виконання агротехнічних вимог оцінюється показниками якості їхнього виконання.

Показники якості виконання механізованих робіт діляться на дві частини:

– показники (з їхніми допусками), показники необхідного стану середовища й агрокультури та їхні нормативи після виконання механізованих операцій;

– показники, що допускають регулювання робочих органів агромашин для забезпечення встановлених нормативів.

Для прикладу наведені агротехнічні вимоги до декількох основних операцій (дискування, оранки, посіву, внесення добрив та збирання), які повинні відповідати потребам агрокультури для максимальної реалізації біологічного потенціалу агрокультур (табл. 2.3-2.7).

Таблиця 2.3 Агротехнічні вимоги до операції «Дискування» (попередник кукурудза)

Показники агровимог	Нормативи агровимог	Допуски нормативів щодо машин
Глибина обробітку, мм	140	± 10
Висота гребнів, мм	20	± 10
Непідрізані бур'яни, %	0	+5

Таблиця 2.4 Агротехнічні вимоги до операції «Оранка»

Показники агровимог	Нормативи агровимог	Допуски нормативів щодо машин
Глибина оранки, мм	220	± 10
Висота гребнів, мм	0	± 70
Зароблення рослинних рештків, %	100	-5

Таблиця 2.5 Агротехнічні вимоги до операції «Посіву кукурудзи»

Показники агровимог	Нормативи агровимог	Допуски нормативів щодо машин
Глибина посіву, мм	60	± 10
Віддаль між насінинами у рядку, мм	273	± 50
Галопування насіння, мм	0	+30

Таблиця 2.6 Агротехнічні вимоги до операції «Внесення добрив»

Показники агровимог	Нормативи агровимог	Допуски нормативів щодо машин
Відхилення фактичної норми від заданої, %	відсутнє	± 10 %
Відхилення фактичної ширини захвату від заданої (8 м для причіпних дводискових, 5 м для однодискових), м	дорівнює заданій	не перевищує 0,6 і 0,5

Таблиця 2.7 Агротехнічні вимоги до операції «Збирання кукурудзи на зерно»

Показники агровимог	Нормативи агровимог	Допуски нормативів щодо машин
Висота зрізу агрокультур, мм	300	± 100
Втрати зерна за молотаркою, %	2	± 2
Травмування зерна, %	2	до 1

Для якісного виконання технологічних операцій, аналізуючи мету та умови роботи майбутніх машинних агрегатів, обирають відповідний тип робочих органів для визначеної технологічної операції, за умови якісного виконання агротехнічних вимог.

Методика вибору робочих органів базується на технологічній операції TO_{ij} технології вирощування агрокультур K_{ulij} . Робочий орган повинен повністю забезпечувати агротехнічні вимоги AR_{ijk} на визначеному етапі та на конкретно визначеному полі F_i . Якість виконання механізованої технологічної операції робочим органом $k_{як i}$ повинна підтримувати якість попередніх та забезпечувати якість подальших технологічних операцій.

Класифікація робочих органів для основних механізованих технологічних операцій вз технологічними параметрами, які ставляться до них, наведені в таблиці 2.8.

Набір обґрунтованих технологічних операцій із вибраними робочими органами ρ_{ij} , які забезпечують виконання технологічних параметрів TP_{ij} з дотриманням агротехнічних вимог AR_{ij} (матриця технологічних операцій (рис. 2.4)), визначають технологічний процес вирощування та збирання відповідної агрокультури. Аналогічно проводиться обґрунтування технологічних процесів для всіх запланованих до виробництва агрокультур.

Таблиця 2.8 Класифікація робочих органів для основних механізованих технологічних операцій вирощування агрокультур

Тип обробітку	Назва операції	Назва робочого органу	Технологічні показники	Показники
1	2	3	4	5
Обробіток ґрунту з обертанням пласта – полицевий	Оранка (засмічення поверхні ґрунту рослинними рештками; заробка органічних добрив)	Симетричний відвал плугу	Глибина обробітку	до 32 см
			Кришення пласта (наявність брил розміром 100 см ²)	не більше 15 %
		Несиметричний відвал плугу	Оберт пласта	повний
			Закладення рослинних рештків, бур'янів, добрив	не менше 95 %
Підрізання з розпушенням – чизелювання та глибоке розпушування	Суцільне розпушення (підрив плужної підшви)	Лапа розпушувача з вигнутою стійкою	Глибина обробітку	до 45 см
		Рихляча та підрізаюча лапа і рихляча лапа розпушувача	Збереження стерні (за одну обробку)	80-85 %
		Лапа щілеріза		
		Лапа чизельного культиватора	Діаметр грудок при оптимальній вологості ґрунту	3-10 см
		Лапа плоскорізу-глибокорозпушувача		
			Підрізання бур'янів (на глибині ходу робочих органів)	повне
Мульчування ґрунту (дискування)	Дискування (подрібнення рослинних рештків; перемішування рештків із ґрунтом; провокування проростання падалиці та бур'янів)	Сферичний диск	Глибина обробітку	7-18 см
		Вирізний диск		
			Підрізання бур'янів	100 %
Посів	Точний висів (посівний матеріал з високим біологічним потенціалом і схожістю (унеможливлення конкуренції між рослинами))	<i>Висіваючі апарати:</i> - пневматичний; - ложечко-дисковий; - дисковий садильний.	Відхилення норми висіву	не допускається
			Висів по довжині рядка	± 8 %
			Висів по глибині посіву	± 8 %
			Галопування	відсутнє
		<i>Насінне- і тукопроводити:</i> - елеваторного типу; - каркасний з антиударним покриттям.	Висів в залежності від вологості ґрунту	± 8 %
		<i>Сошники:</i> -дводисковий однорядковий.	Травмування зародкової частини	відсутнє
		<i>Загортачі:</i> - конічні котки; - сферичні.		

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5
	Посів з визначеною нормою висіву (посівний матеріал з низькою схожістю, недоліки посіву компенсуються зміною норми висіву)	<i>Висіваючи апарати:</i> - котушково-жолобчастий; - комірково-барабанний	Насіння I класу	сила росту від 80 %
		<i>Насінне- і тукопроводи:</i> - трубчастий гумовий; - гофрований гумовий; - спіраль-стрічковий; - лійкоподібний; - телескопічний; - спіраль-дротяний.	Відхилення норми висіву	не більше 5 %
		<i>Сошники:</i> - наральникові; - дводисковий дворядковий сошник з ребордами; - дводисковий однорядковий сошник з ребордами; - однодисковий сошник; - дводисковий дворядковий сошник.	Відхилення норми глибини посіву	не більше 15 %
		<i>Загортачі:</i> - полицеві; - борінки; - циліндричні пневматичні; - клиновидні.		
Збирання кукурудзи	Збирання низького врожаю, коли зерно щупле і добре тримається у колосі (для господарств, які спеціалізуються на зернових та зернобобових з невеликою площею і низькою врожайністю)	Барабанна система обмолоту	Висота зрізу	10 см
			Втрати зерна	до 2 %
			Травмування зерна	до 2 %
			Засміченість зерна	не більше 5 %
	Збирання дозрілого насіння або посівний матеріал	Роторна система обмолоту	Висота зрізу	10 см
			Втрати зерна	до 2 %
			Травмування зерна	до 2 %
			Засміченість зерна	не більше 5 %

2.2.3. Обґрунтування агромашин за обраними робочими органами

Основою для вибору агромашин для кожної технологічної операції є визначений тип робочого органу. Аналізуючи розміри поля, його схили, конфігурацію, умови роботи (перешкоди) та характеристики ґрунту (матриця полів господарства (рис. 2.3) і, досліджуючи агромашини (матриця агромашин (рис. 2.5)), на яких встановлений визначений тип робочого органу, призначають їх для виконання відповідної операції.

Загальними показниками для агромашин є показники, які забезпечують якісне виконання робіт. Залежно від виду робіт, показники також різні:

- для агромашин, які забезпечують виконання основних технологічних операцій: ширина захвату, кінематична довжина та ширина, робоча швидкість, опір агрегування, потужність на привід робочих органів.
- для навантажувально-розвантажувальних агромашин: об'єм ковша, вантажопідйомність, щільність матеріалу, висота навантаження, потужність на привід робочих органів;
- для транспортних:
- тракторно-транспортні агрегати: робоча швидкість, вантажопідйомність, об'єм кузова;
- автомобільні: робоча швидкість, вантажопідйомність, об'єм кузова.

Допустима робоча швидкість агромашин залежить від операцій, типу робочого органу та обмежень за агротехнічними вимогами (таблиця 2.9).

Таблиця 2.9 Допустимі швидкості для основних механізованих технологічних операцій

Механізовані технологічні операції	Робоча швидкість, км/год	Чинники обмеження швидкості
Дискування поля після кукурудзи	9-10	Тип та діаметр диску
Оранка обертовими плугами	12	Тип полиць
Посів кукурудзи пневматичним висіваючим апаратом	9-12	Галопування, рівномірність посіву по довжині та глибині
Внесення ЗЗР та живлення	до 20	Тип форсунок
Збирання кукурудзи	до 8	Тип молотильного пристрою, додаткові прискорювачі обмолоту

Реальна робоча швидкість виконання кожної механізованої технологічної операції залежить від складу машинного агрегату.

Ширина захвату агромашин залежить від розмірів полів, їхньої конфігурації, довжини гонів, нахилу місцевості та конструктивної ширини захвату.

Робоча ширина захвату (B_p) агромашин становить [252] :

$$B_p = B_k \beta, \text{ м}, \quad (2.8)$$

де B_k – конструктивна ширина захвату, м; β – коефіцієнт використання ширини захвату.

Коефіцієнт використання ширини захвату агромашин залежить від виду операції, типу робочого органу та від обмежень за агротехнічними вимогами (таблиця 2.10) [64].

Таблиця 2.10 Коефіцієнт використання ширини захвату для основних механізованих технологічних операцій

Механізовані технологічні операції	Коефіцієнт використання ширини захвату	Обмеження коефіцієнта використання ширини захвату
Дискування поля після кукурудзи	0,96-0,98	Тип та діаметр диску, швидкість, якість сигналу GPS
Механізовані технологічні операції	Коефіцієнт використання ширини захвату	Обмеження коефіцієнта використання ширини захвату
Оранка плугами	1,00-1,10	Швидкість, тип полиці, якість сигналу GPS
Посів кукурудзи пневматичним висіваючим апаратом	1,00	Якість сигналу GPS
Внесення ЗЗР та елементів живлення	1,10-1,25	Тип форсунок, сила і напрям вітру
Збирання кукурудзи	1,00	Яка відповідає кількості рядків при посіві

У результаті проведених досліджень у польових умовах встановлено, що коефіцієнт використання ширини захвату залежить від швидкості руху машини у складі агрегату (рис. 2.17).

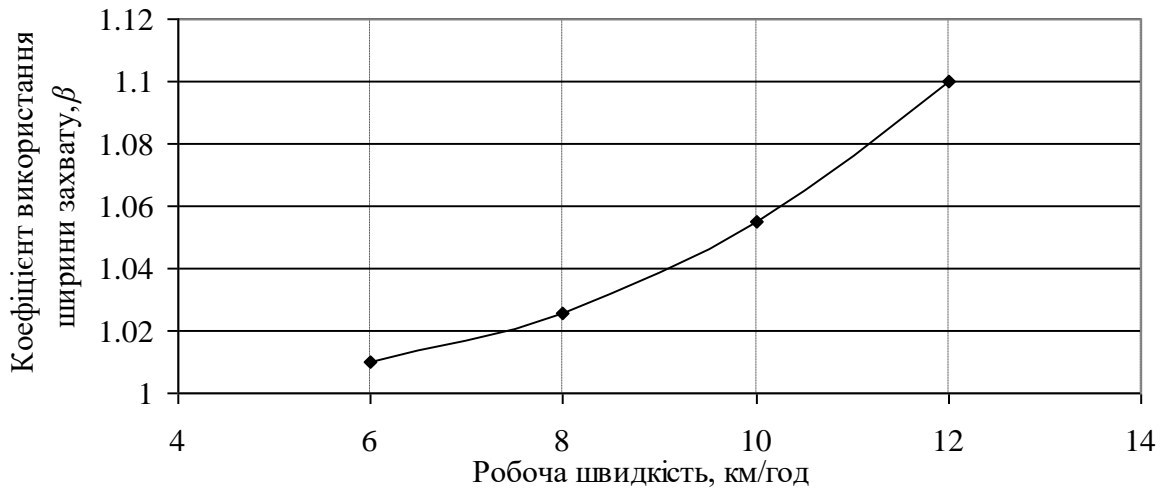


Рис. 2.17. Залежність коефіцієнта використання ширини захвату орного агрегату від робочої швидкості

Аналіз проведених досліджень показує, що залежність коефіцієнту використання ширини захвату орного агрегату залежить від швидкості її проведення і має квадратичний характер:

$$\beta = 0,0018V_{роб}^2 - 0,0182V_{роб} + 1,053, \quad (2.9)$$

де $V_{роб}$ – робоча швидкість орного агрегату, км/год.

Для машин, які вносять ЗЗР або проводять підживлення по листку, коефіцієнт використання ширини захвату залежить від висоти встановлення форсунки над поверхнею ґрунту та кутом розпилення рідини (рис. 2.18).

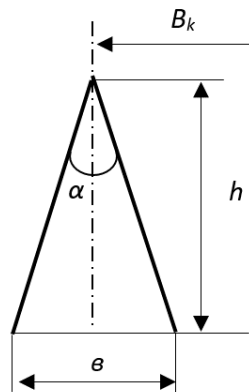


Рис. 2.18. Залежність коефіцієнту використання ширини захвату під час обприскування від віддалі між рослиною й форсункою та кута розпилу розпилювача (форсунки)

$$\frac{0,5e}{h} = \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.10)$$

$$\beta = \frac{B_p}{B_k}, \quad (2.11)$$

$$\beta = \frac{B_k + e}{B_k} = \frac{B_k + 2htg \alpha}{B_k}, \quad (2.12)$$

$$\beta = 1 + \frac{B_k}{B_k} + \frac{2htg \alpha}{B_k} = \frac{2htg \alpha}{B_k}, \quad (2.13)$$

$$B_p = B_k + 2htg \alpha, \quad (2.14)$$

де B_p – робоча ширина захвату, м; h – конструктивна ширина захвату, м (із технічної характеристики); e – ширина розпилення рідини на поверхні ґрунту, м; α – кут розпилу робочої рідини форсункою розпилювача; β – коефіцієнт використання ширини захвату.

У виробничих умовах реальна робоча ширина захвату залежатиме від складу машинного агрегату.

У зв'язку з застосуванням сучасних навігаційних систем та автоматичного підрулювання, коефіцієнт використання ширини захвату β збільшується.

Наступною характеристикою агромашин є їхня кінематична характеристика, яка обумовлюється двома показниками (рисунок 2.19):

- кінематичною довжиною агромашин;
- кінематичною шириною агромашин.

Для несиметричних машин кінематична ширина складається із правої та лівої кінематичної ширини.

Кінематичні характеристики агромашин впливають на величину холостого ходу за повороту, що в майбутньому відобразиться на їхній продуктивності.

Кінематична довжина агромашини – це віддаль від точки причіпу

агромашин з енергетичними засобами до крайнього робочого органу.

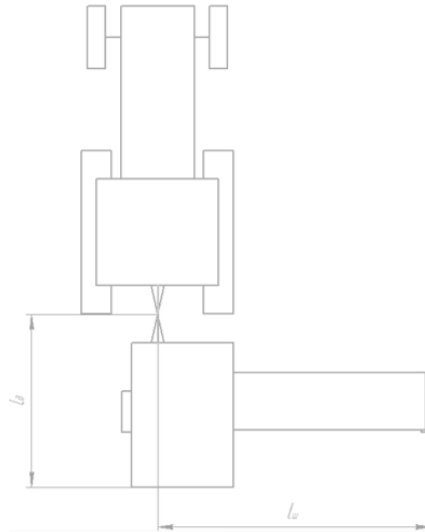


Рис. 2.19. Кінематична довжина та кінематична ширина для асиметричних агромашин

Надзвичайно важливим показником є загальний опір за агрегування агромашин, який складається з робочого опору, опору на перекочування та опору на підйом агромашин і визначається із залежності [202, 245, 246 252]:

$$R_{заг} = R_p + R_f^M + R_i^M, \text{ кН}, \quad (2.15)$$

де R_p – робочий опір, кН; R_f^M – опір на перекочування агромашин, кВт; R_i^M – опір на підйом агромашин, кН.

За умови руху машин в гору (зі схилу вниз) опір дорівнює:

$$R_{заг} = R_p + R_f^M - R_i^M, \text{ кН}. \quad (2.16)$$

Робочий опір машин залежить від питомого опору ґрунту, який так само залежить від його твердості, вологості, пористості та швидкості руху агромашин.

Питомий опір для агромашин, робочі органи яких працюють на глибині не більше 14 см, визначається на одиницю ширини захвату [245, 246, 249, 252]:

$$k_v = k(1 + T(V_p - V_0))(1 - 0,01(p_{онм} - p_\phi))(1 - 0,01(k_{онм} - k_\phi)), \text{ кН/м}, \quad (2.17)$$

– для агромашин, робочі органи яких працюють на глибини більше

14 см, визначається через поперечний розріз пласта з урахуванням глибини обробітку та швидкості руху. Як правило, такі машини складаються з набору корпусних робочих органів:

$$k_{0V} = k_0(1 + 0,006(V_p^2 - V_0^2))(1 - 0,01(p_{opt} - p_\phi))(1 - 0,01(k_{opt} - k_\phi)), \text{кН/м}^2, (2.18)$$

де k , k_0 – відповідно питомий опір агромашин, значення якого стабільне у разі підвищення швидкості руху агрегату, кН/м^2 ; V_0 – гранична швидкість, за якої питомий опір не змінюється, км/год ; V_p – робоча швидкість агрегату, км/год ; T – темп приросту питомого опору для відповідних машин; p_{opt} – оптимальна вологість, %; p_ϕ – фактична вологість, %; k_{opt} – оптимальна пористість ґрунту, %; k_ϕ – фактична пористість ґрунту, %.

Залежність значення між твердістю ґрунту та його питомим опором представлена на рисунку 2.20.

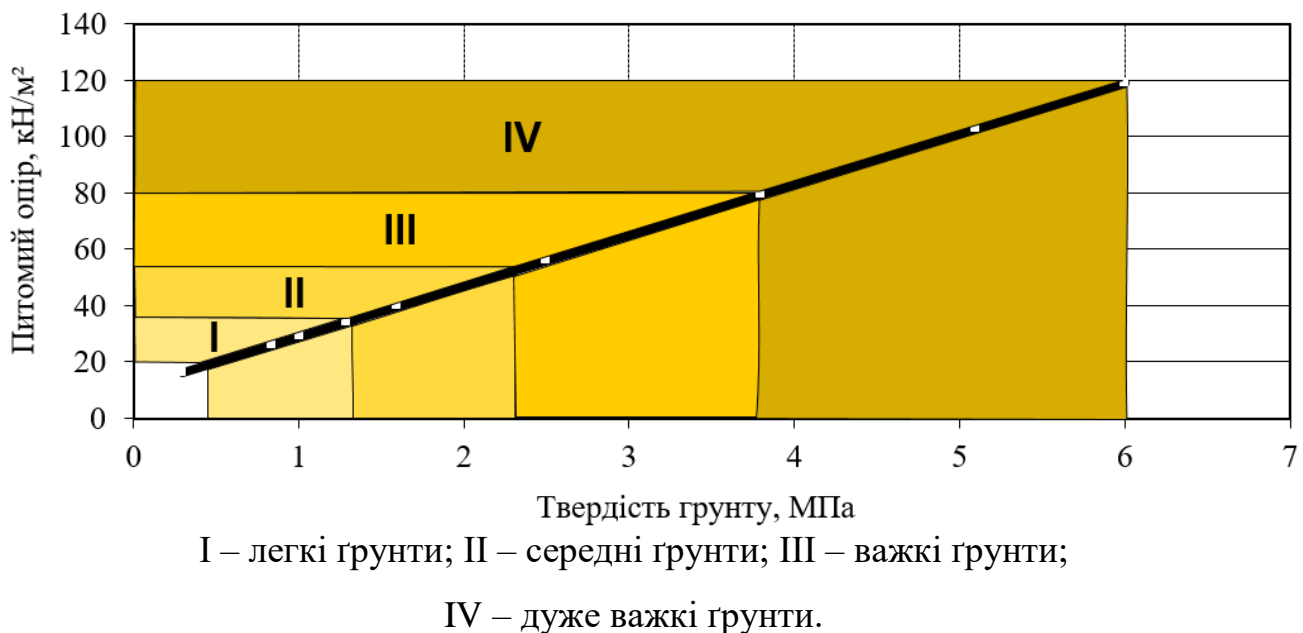


Рис. 2.20. Залежність між твердістю ґрунту та його питомим опором

Залежність між твердістю ґрунту та його питомим опором описується формулою прямої: $y = 18x + 11$. Водночас критерій Фішера становить: $F_{розр} = 4218,80 > F_{табл}(1,9) = 5,12$, модель адекватна на 95 % рівні.

Визначення твердості ґрунту проводиться твердоміром Ревякіна або

пенетрометрами різних модифікацій (рис. 2.21).

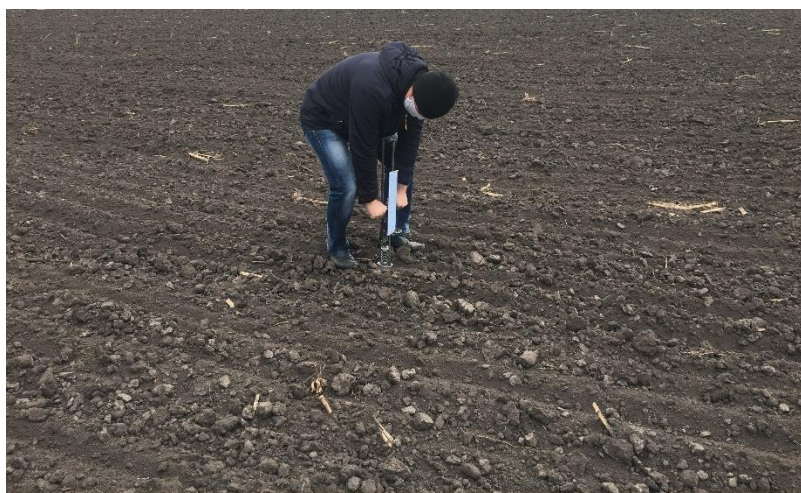


Рис. 2.21. Визначення твердості ґрунту твердоміром Ревякіна

Оптимальна вологість ґрунту p_{opt} зумовлюється типом технологічних операцій. Наприклад, проведення сівби повинно проходити за вологості, яка необхідна для проростання посівного матеріалу [326] (таблиця 2.11).

Таблиця 2.11 Оптимальна вологість ґрунту, необхідна для набухання та проростання посівного матеріалу (у % сухої речовини)

Тип агрокультур	p_{opt} , %
Пшениця озима	47
Кукурудза на зерно	40
Соняшник	57
Гречка	47
Ріпак озимий	55
Жито озиме	60
Овес	68

Пористість ґрунту визначає його структурний стан (чим вищий показник структурованості, тим вища пористість), механічний склад та якість проведення обробітку ґрунту [376] (таблиця 2.12).

Таблиця 2.12 Пористість оброблюваних горизонтів

Тип ґрунту	k_{opt} , %
Торф	85,2
Піщаний	30,4
Суглинковий	45,1
Глинистий	52,7

Отже, питомий опір враховує відповідні агрокліматичні умови.

Робочий опір агромашин складає [245, 246, 249, 252]:

– для агромашин, робочі органи яких працюють на глибині не більше 14 см:

$$R_p = k_v B_k \text{ кН}; \quad (2.19)$$

– для агромашин, робочі органи яких працюють на глибини більше 14 см:

$$R_p = k_{ov} b a n_k \text{ кН}; \quad (2.20)$$

де R_p – загальний опір машин, кН; b – ширина захвату корпусного органу, м; a – глибина обробітку, м; n_k – кількість корпусних робочих органів, шт.; B_k – конструктивна ширина захвату звичайних машин, м.

Опір перекочування агромашини R_f^a залежить від її ваги та коефіцієнта перекочування [245, 246, 249, 252]:

$$R_f^a = (G_m + G_e) g \cdot \cos \alpha f_m, \text{ кН}, \quad (2.21)$$

де G_m – вага агромашини, т; G_e – маса вантажу (насіння, мінеральні добрива), т; g – прискорення вільного падіння, м/с²; α – кут нахилу кривої підйому, град; f_m – коефіцієнт опору перекочування агромашин, кН/м².

Значення коефіцієнта перекочування f_e для активних ходових систем наведений на рисунку 2.26.

Для агромашин, у яких ходові системи пасивні, значення коефіцієнта f_m буде більше на 0,01-0,02, ніж в активних ходових систем.

Під час роботи агромашин на полях, які мають нахил, додатково виникає опір підйому:

$$R_i^a = (G_m + G_e) g \cdot \cos \alpha \tan \alpha, \text{ кН}. \quad (2.22)$$

Потужність на привід робочих органів.

Для реалізації виконання робочого процесу, опорів перекочування та подолання підйому потрібна необхідна потужність, включно з потужністю на привід робочих органів. У загальному вигляді рівняння буде мати вид [252]:

$$N_M = N_p + N_f + N_i + N_{ВВП}, \text{ кВт}, \quad (2.23)$$

де N_M – необхідна потужність для агрегатування та виконання робочого процесу агромашиною, кВт; N_p – потужність на виконання робочого цього процесу, кВт; N_f – потужність на перекочування, кВт; N_i – потужність на подолання підйому по схилу, кВт; $N_{ВВП}$ – потужність на привід робочих органів, кВт.

Складові потужності визначаються за наступними виразами:

– потужність, необхідна для виконання робочого процесу:

$$N_p = \frac{R_p V_p}{3,6}, \text{ кВт}, \quad (2.24)$$

де V_p – робоча швидкість агромашин, км/год.

– потужність, необхідна на подолання опору перекочування агромашин:

$$N_f = \frac{R_f V_p}{3,6}, \text{ кВт}, \quad (2.25)$$

– потужність, необхідна на подолання опору підйому по схилу:

$$N_i = \frac{R_i V_p}{3,6}, \text{ кВт}, \quad (2.26)$$

– потужність, необхідна на привід активних робочих органів агромашин через ВВП:

$$N_{ВВП} = 0,1047 M_{кр} n, \text{ кВт}, \quad (2.27)$$

де $N_{ВВП}$ – потужність, необхідна на привід робочих органів, кВт; $M_{кр}$ – крутний момент на валу приводу робочих органів агромашин, кН·м; n – оберти ВВП, об/хв.

–потужність, необхідна на привід робочих органів агромашин через гідросистему, залежить від потужності гідронасоса і режиму його роботи [154]:

$$N_{BВП} = N_{и} \eta_{и}, \text{ кВт}; \quad (2.28)$$

де $N_{и}$ – потужність гідронасоса, кВт; $\eta_{и}$ – коефіцієнт, який враховує режим роботи насоса (від номінального до максимального режиму $\eta_{и} = 0,75 \div 1,00$).

–потужність, необхідна на привід робочих органів збиральних машин, продуктивність яких вимірюється через пропускну здатність, визначається через питомі витрати потужності на одиницю пропускну здатності:

$$N_{BВП} = N_{н\text{ит}} q, \text{ кВт}, \quad (2.29)$$

де $N_{н\text{ит}}$ – питома потужність на одиницю пропускну здатності, кВт ·сек/кг; q – пропускна здатність збиральної агромашини, кг/сек.

Маса, яка поступає до збиральної агромашини за секунду роботи q_z , визначається [74]:

$$q_z = \frac{V_p B_p (U_z + U_c)}{36}, \text{ кг/сек}, \quad (2.30)$$

де V_p – робоча швидкість агромашини, км/год.; B_p – робоча ширина захвату агромашини, м; U_z – біологічна маса врожаю, т/га; U_c – врожайність зерна агрокультури, т/га.

Реальна пропускна здатність збиральної машини залежить від стану біологічного врожаю, у тому числі від виду культури $K_{ул}$, коефіцієнта соломистості k_c , вологості w тощо.

Коефіцієнт соломистості залежить від конкретної агрокультури та її сорту або гібриду:

$$U_m = U_z + U_c, \text{ ц/га}, \quad (2.31)$$

$$k_c = \frac{U_c}{U_m}, \quad (2.32)$$

$$U_m = U_z \left(1 + \frac{k_c}{1 - k_c}\right), \text{ ц/га}, \quad (2.33)$$

де U_c – урожайність соломи агрокультури, ц/га; U_m – біологічна врожайність агрокультури, ц/га; k_c – коефіцієнт солomистості.

Для прикладу, коефіцієнт солomистості для різних культур наведений у таблиці 2.13.

Таблиця 2.12 Коефіцієнт солomистості для основних агрокультур

Культура	Коефіцієнт солomистості
Пшениця озима	0,72
Кукурудза на зерно	0,64
Соняшник	0,63
Гречка	0,44
Ріпак озимий	0,33
Жито озиме	0,70
Овес	0,89

За результатами аналізу лабораторно-польових досліджень встановлено характер зміни додаткової пропускної здатності агромашин залежно від коефіцієнта солomистості Δq_c [62]:

$$\Delta q_c = 2,57 \ln k_c - 0,01. \quad (2.34)$$

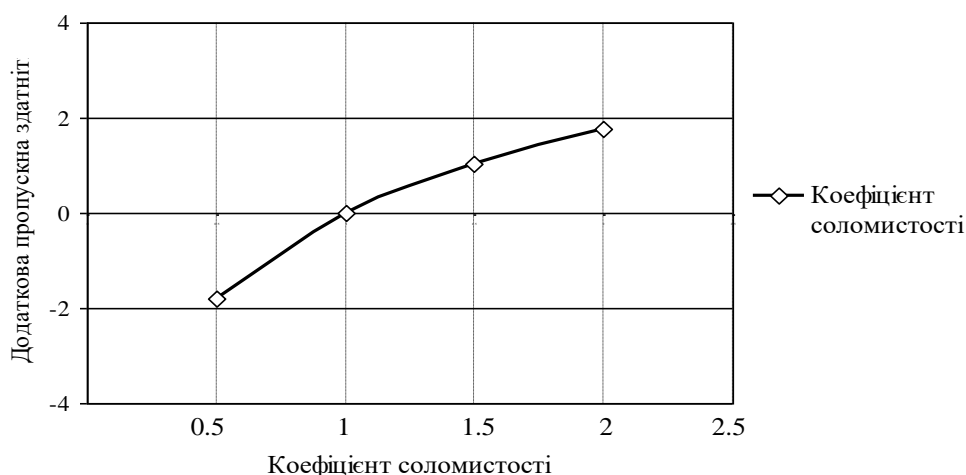


Рис. 2.22. Зміна додаткової пропускної здатності зернозбиральних

комбайнів від коефіцієнту соломистості

Зі зменшенням коефіцієнта соломистості, реальна пропускна здатність комбайна збільшується (рис. 2.22).

Крім того, встановлено характер зміни додаткової пропускної здатності агромашин від вологості маси, яка надходить до збиральної агромашини Δq_w :

$$\Delta q_w = 3,18 \ln w - 9,32. \quad (2.35)$$

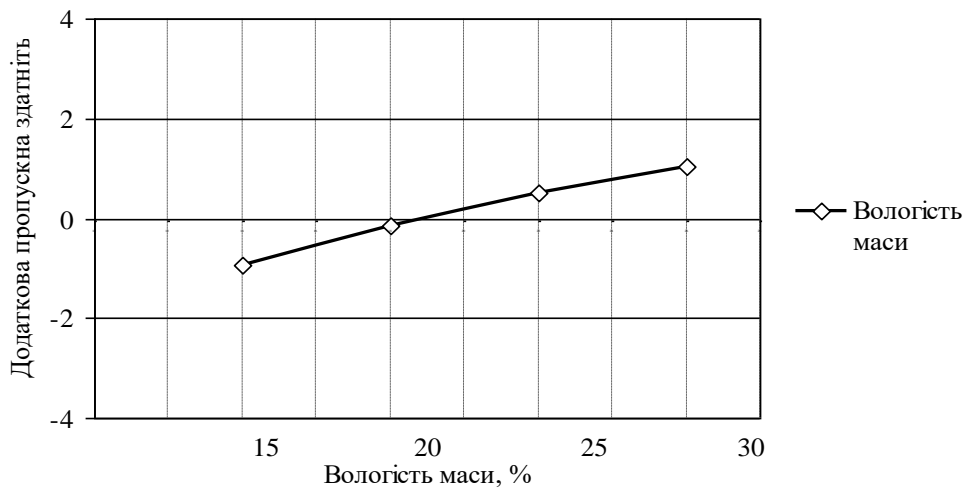


Рис. 2.23. Зміна додаткової пропускної здатності зернозбиральних комбайнів від вологості біологічної маси врожаю

Зі збільшенням вологості біологічної маси врожаю реальна пропускна здатність комбайна зменшується (рис. 2.23).

Отже, робоча швидкість збиральних агромашин із врахуванням коефіцієнта соломистості та вологості маси становить [62, 252]:

$$V_p = \frac{36(q_z + (\Delta q_c + \Delta q_w))}{B_p(U_z + U_c)}, \text{ км/год.} \quad (2.36)$$

За умови $V_p > V_{дон}$ ($V_{дон}$ — допустима швидкість агромашин за агротехнічними вимогами), уточнюють ширину захвату жатки, яка розраховується за наступною залежністю:

$$B_p \leq \frac{36(q_z + (\Delta q_c + \Delta q_w))}{V_{дон}(U_z + U_c)}, \text{ м.} \quad (2.37)$$

Таким чином, параметри роботи збиральних агромашин погоджені зі станом агрокультур.

2.2.4. Обґрунтування та вибір енергетичних засобів для агрегування агромашин

Енергетичний засіб є структурною складовою машинного агрегату, який забезпечує мобільність і привід робочих органів агромашин, для виконання технологічного процесу на відповідних технологічних операціях.

Основною технологічною характеристикою енергетичних засобів є тягове зусилля, як результат взаємодії дотичної сили тяги, визначеної за потужністю двигуна, беручи до уваги передачу на ходові системи та максимальну силу зчеплення з ґрунтом.

Дотична сила тяги за можливостями двигуна розраховується [246, 252]:

$$P_o = \frac{3,6N_H\eta_{MG}}{n_{ном}r_{коч}}, \text{кН}, \quad (2.38)$$

де N_H – номінальна потужність двигуна, кВт; η_{MG} – коефіцієнт корисної дії трансмісії; $n_{ном}$ – частота обертання колінчатого вала, об/хв.; $r_{коч}$ – радіус кочення, м.

Радіус кочення залежить від типу рушія:

– для гусеничного рушія:

$$R_{коч} = r_3, \text{ м}, \quad (2.39)$$

де r_3 – радіуси початкового кола ведучої зірочки, м.

– для колісних ходових систем із гумовими покриттями:

$$R_{коч} = r_{об} + h_{ш}\lambda, \text{ м}, \quad (2.40)$$

де $r_{об}$ – радіус обода, м; $h_{ш}$ – висота шин без зминання (різниця між зовнішнім діаметром шин та радіусом обода), м; λ – коефіцієнт зминання шин.

Коефіцієнт зминання шин λ визначається як відношення шин у

реальному стані до заводської висоти.

Коефіцієнт зминання шин λ залежить від твердості поверхні, якою рухається енергетичний засіб, наявність шипів та тиску в шинах. Ґрунтозачеми забезпечують зменшення коефіцієнта зминання гумових рушіїв, а зменшення тиску збільшує коефіцієнт зминання.

На рисунку 2.24 представлена залежність коефіцієнта зминання шин від твердості ґрунту в шарі 0-10 см за стабільних значень тиску в ній.

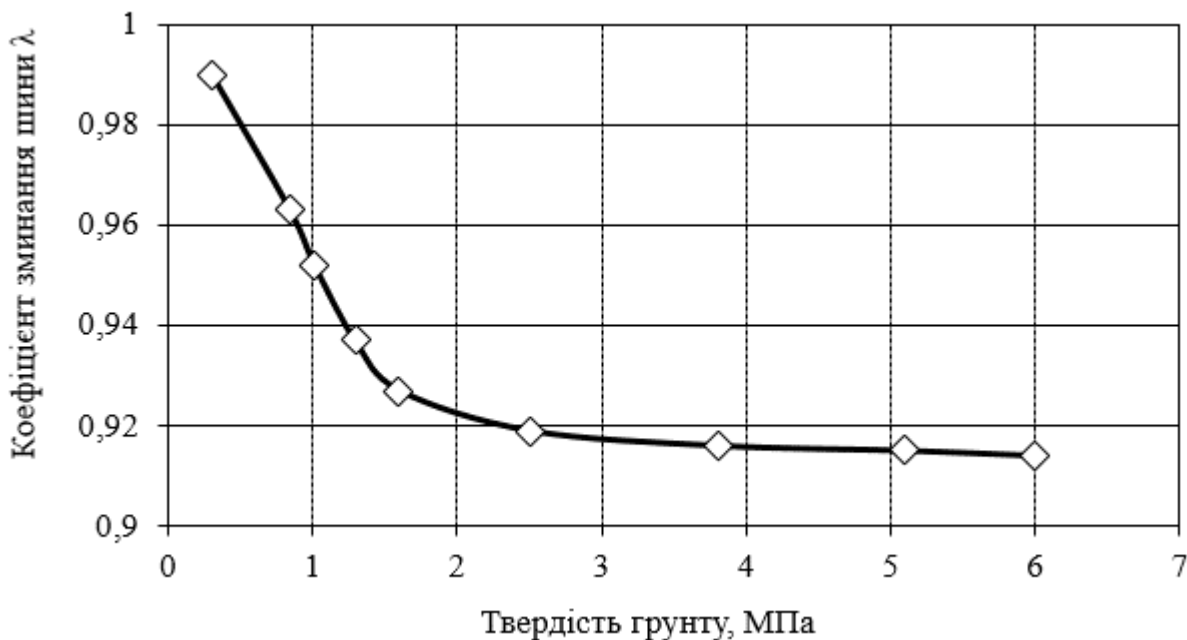


Рис. 2.24. Залежність коефіцієнта зминання шин від твердості поверхні

$$\lambda = 0,95 - 0,03 \ln T, \quad (2.41)$$

де T – твердість верхнього шару ґрунту, МПа.

Зі збільшенням твердості поверхні, якою рухається енергетичний засіб, коефіцієнт зминання шин зменшується (рис. 2.24).

Дотична сила тяги обмежується силою зчеплення ведучого апарата з ґрунтом. Її значення знаходять за виразом [245, 246, 252]:

$$F_{\max} = G_{mp} g \cos \alpha \varphi \mu, \text{ кН}, \quad (2.42)$$

де F_{\max} – максимальна сила зчеплення ведучого апарата з ґрунтом, кН;

G_{mp} – вага повна енергетичного засобу, т; α – кут нахилу кривої підйому, град;
 g – прискорення вільного падіння, м/с²; φ – коефіцієнт, який враховує розподіл маси енергетичного засобу на ведучий апарат; μ – коефіцієнт зчеплення ведучого апарата з ґрунтом.

Надзвичайно важливим показником, з погляду реалізації тягових можливостей енергетичних засобів, є коефіцієнт зчеплення ведучого апарата з ґрунтом, який залежить від типу ходових апаратів, енергетичних засобів, структури та твердості поверхні роботи агромашин та питомого опору ґрунту.

Для визначення коефіцієнта зчеплення ведучого апарата з ґрунтом, були проведені польові дослідження та теоретичні розрахунки.

Значення коефіцієнтів зчеплення ведучого апарату з ґрунтом різних ходових систем за різної твердості ґрунту в шарі 0-10 см приведені на рисунку 2.25.

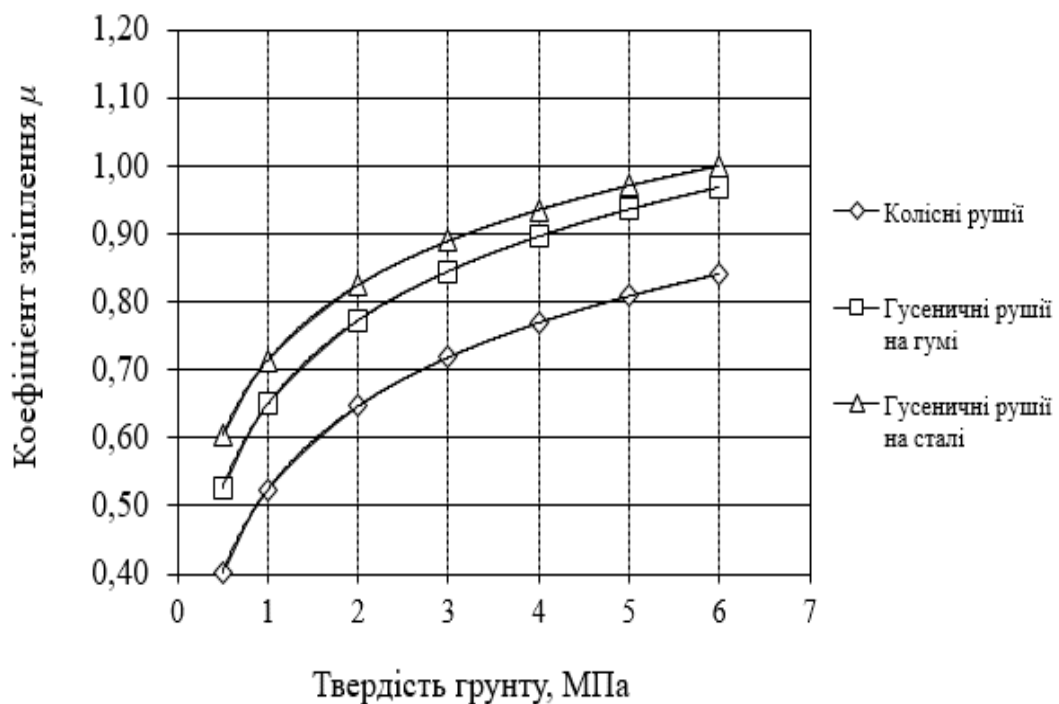


Рис. 2.25. Залежність коефіцієнта зчеплення різних типів рушіїв від твердості ґрунту

Значення коефіцієнта зчеплення ведучого апарата з ґрунтом для

зазначених умов з достатньою точністю можна визначити за такими залежностями:

– для енергетичних засобів з колісними рушіями:

$$\mu = -0,015T^2 + 0,168T + 0,347, \quad (2.43)$$

– для енергетичних засобів з гумовою гусеницею:

$$\mu = -0,015T^2 + 0,169T + 0,472, \quad (2.44)$$

– для енергетичних засобів зі сталюю гусеницею:

$$\mu = -0,013T^2 + 0,152T + 0,555, \quad (2.45)$$

де T – твердість верхнього шару ґрунту, МПа.

Водночас кореляцію коефіцієнта зчеплення від твердості ґрунту перевірено за критерієм Фішера, який становить: $F_{\text{гс}} = 86,76 > F_{\text{табл}}(1,10) = 4,96$, $R^2 = 0,89$; $F_{\text{гт}} = 84,47 > F_{\text{табл}}(1,10) = 4,96$, $R^2 = 0,89$; $F_{\text{кр}} = 81,13 > F_{\text{табл}}(1,10) = 4,96$, $R^2 = 0,89$.

Маючи значення дотичної сили тяги енергетичних засобів і максимальної сили зчеплення, визначають їхню рушійну силу $P_{\text{руш}}$ [244].

Рушійна сила енергетичних засобів $P_{\text{руш}}$ чисельно дорівнює:

$$\begin{aligned} &\text{– за умови, що} \quad P_{\partial} \leq F_{\text{max}}, \quad P_{\text{руш}} = P_{\partial}; \\ &\text{– за умови, що} \quad P_{\partial} > F_{\text{max}}, \quad P_{\text{руш}} = F_{\text{max}}. \end{aligned}$$

У процесі роботи енергетичних засобів виникають сили опору руху, до них належать: сила опору перекочування і сила опору підйому. Сила опору перекочування енергомашини R_f^e залежить від її повної маси, кута нахилу поверхні й коефіцієнта опору перекочування:

$$R_f^e = G_e g \cdot \cos \alpha f_e, \text{ кН}; \quad (2.46)$$

де G_e – повна маса енергетичного засобу, т; g – прискорення вільного падіння, м/с²; α – кут нахилу поверхні, град; f_e – коефіцієнт опору

перекочування енергетичного засобу, кН/м^2 .

Для визначення коефіцієнта опору перекочування енергетичних засобів були проведені польові дослідження та теоретичні розрахунки.

Значення коефіцієнтів опору перекочування енергетичних засобів із різними типами рушіїв за різної твердості ґрунту в шарі 0-10 см наведені на рисунку 2.26.

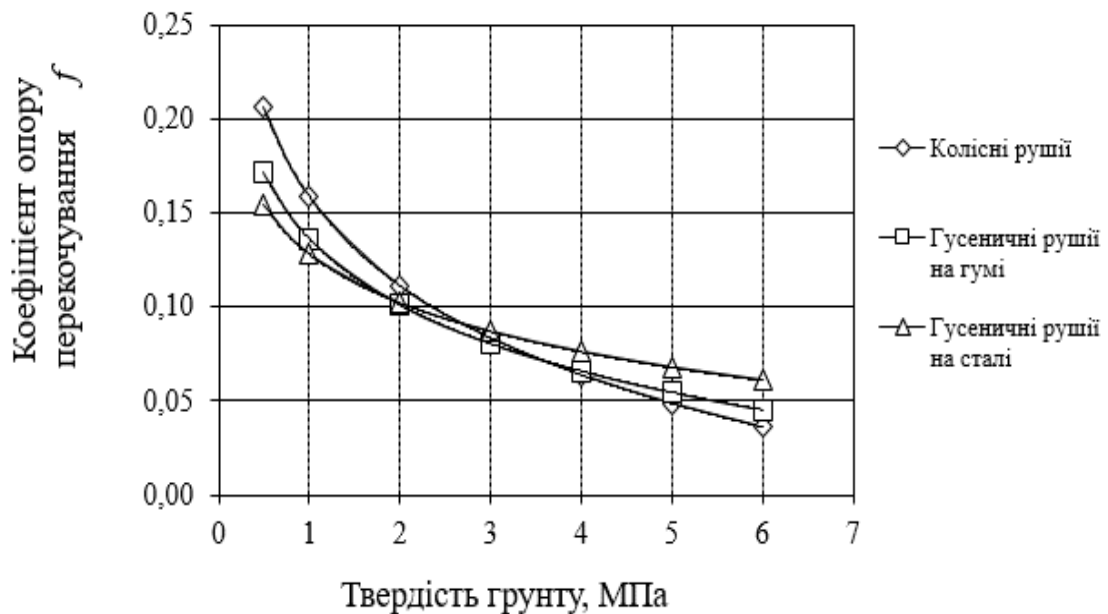


Рис. 2.26. Залежність коефіцієнта опору перекочування ходових систем від твердості ґрунту

Кореляція коефіцієнта опору перекочування від твердості ґрунту становить: $F_{\text{Гс}} = 84,11 > F_{\text{табл}}(1,10) = 4,96$, $R^2 = 0,89$; $F_{\text{Гг}} = 85,32 > F_{\text{табл}}(1,10) = 4,96$, $R^2 = 0,89$; $F_{\text{кр}} = 85,36 > F_{\text{табл}}(1,10) = 4,96$, $R^2 = 0,89$.

Значення коефіцієнтів опору перекочування енергетичних засобів для зазначених умов із достатньою точністю можна визначити за такими залежностями:

- для енергетичних засобів з колісними рушіями:

$$f = -0,002T^3 + 0,021T^2 - 0,105T + 0,250, \quad (2.47)$$

- для енергетичних засобів з гумовою гусеницею:

$$f = -0,00I^3 + 0,015I^2 - 0,078I + 0,204, \quad (2.48)$$

- для енергетичних засобів зі стальною гусеницею:

$$f = -0,00I^3 + 0,01I^2 - 0,057I + 0,178, \quad (2.49)$$

де I – твердість верхнього шару ґрунту, МПа.

Сила опору підйому енергетичних засобів R_i^e дорівнює [245, 246, 252]:

$$R_i^e = G_e \cos \alpha \operatorname{tg} \alpha, \text{ кН.} \quad (2.50)$$

Робота з тяговими та тягово-приводними агромашинами забезпечується через зусилля на гаку енергетичного засобу, яке дорівнює [245, 246, 252]:

$$P_{\text{зак}} = P_{\text{руш}} - R_f^e \pm R_i^e, \text{ кН.} \quad (2.51)$$

Для реалізації зазначених сил необхідно розглянути баланс потужності енергетичного засобу. У загальному вигляді рівняння балансу потужності буде мати вид [74]:

$$N_e = N_{\text{зак}} + N_{\text{тр}} + N_{\text{б}} + N_f + N_i + N_{\text{ВВП}}, \text{ кВт,} \quad (2.52)$$

де N_e – ефективна потужність, кВт; N_m або $N_{\text{зак}}$ – тягова потужність енергетичного засобу, кВт; $N_{\text{тр}}$ – витрати потужності у трансмісії, кВт; $N_{\text{б}}$ – витрати потужності на буксування, кВт; N_f – витрати потужності на переміщення енергетичного засобу, кВт; N_i – витрати потужності на підйом енергетичного засобу, кВт; $N_{\text{ВВП}}$ – потужність, яка реалізується через ВВП, кВт.

Визначаємо N_m або $N_{\text{зак}}$ за наступним рівнянням:

$$N_m = \frac{P_{\text{зак}} V_p}{3.6}, \text{ кВт.} \quad (2.53)$$

Витрати потужності в трансмісії:

$$N_{\text{тр}} = N_e (1 - \eta_m), \text{ кВт,} \quad (2.54)$$

де η_m – механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії.

Втрати потужності на буксування N_δ дорівнюють:

$$N_\delta = \frac{P_{руш}(V_m - V_p)}{3.6}, \text{ кВт}, \quad (2.55)$$

де $P_{руш}$ – рушійна сила трактора, кН; V_m – теоретична швидкість руху, км/год; V_p – робоча швидкість руху, км/год.

Робоча швидкість руху залежить від теоретичної швидкості та величини буксування й розраховується за формулою [252]:

$$V_{роб} = V_m \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \text{ км/год}. \quad (2.55)$$

Величина буксування залежить від максимальної сили зчеплення ведучого апарату з ґрунтом F_{max} і величини загального опору машинного агрегату $R_{заг}$. Залежно від відношення: $p = \frac{R_{заг}}{F_{max}}$ за формулами, наведеними нижче, визначається величину буксування:

– для енергетичних засобів із колісними ходовими системами:

$$\delta = 0,264 \exp(5,437 p) + 3,718, \%, \quad (2.56)$$

– для енергетичних засобів із металевими гусеничними ходовими системами:

$$\delta = 0,033 \exp(7,154 p) + 0,792, \%, \quad (2.57)$$

– для енергетичних засобів із гумовими гусеничними ходовими системами:

$$\delta = 0,098 \exp(6,175 p) + 1,281, \%. \quad (2.58)$$

Витрати потужності на переміщення енергетичного засобу визначаємо за формулою:

$$N_f = \frac{R_f^e \cdot V_p}{3,6}, \text{ кВт}, \quad (2.59)$$

де R_f^e – опір перекочування енергетичного засобу, кН; V_p – робоча швидкість руху, км/год.

Витрати потужності на подолання підйому енергетичним засобом визначаємо за формулою:

$$N_i = \frac{R_i^e V_p}{3,6}, \text{кВт}, \quad (2.60)$$

де R_i^e – опір підйому енергетичного засобу, кН; V_p – робоча швидкість руху, км/год.

Витрати потужності, яка реалізується через ВВП, $N_{ВВП}$ залежить від агромашини, з якою буде агрегатуватись енергетичний засіб.

Наступним вагомим показником роботи енергетичного засобу є годинна витрата палива на різних режимах роботи:

- холостому ході – енергетичний засіб не рухається, двигун працює;
- без навантаження – енергетичний засіб рухається без агромашин;
- холостий рух енергетичного засобу в складі машинного агрегату;
- робота енергетичного засобу у загінці в складі машинного агрегату.

Витрата палива за режиму холостого ходу [245, 246, 252]:

$$G_x = \frac{N_E g_H \eta_m}{1000}, \text{кг/год}, \quad (2.61)$$

де N_E – ефективна потужність двигуна, кВт; g_H – питома витрата палива при номінальній потужності двигуна, г/кВт год; η_m – ККД трансмісії.

$$\eta_m = \eta_{цп}^n \eta_{кп}^m \eta_{зр}, \quad (2.62)$$

де $\eta_{цп}$ – ККД циліндричних пар; $\eta_{кп}$ – ККД конічних пар; $\eta_{зр}$ – ККД гусеничного рушія; n – кількість циліндричних пар; m – кількість конічних пар.

Витрата палива за режиму роботи без навантаження:

$$G_{\delta n} = \frac{(N_{EH} + N_{\delta} + N_f + N_i) g_H \eta_m}{1000}, \text{кг/год.}, \quad (2.63)$$

де N_{δ} – втрати потужності на буксування, кВт; N_f – затрати потужності на переміщення енергетичного засобу, кВт; N_i – затрати потужності на підйом енергетичного засобу, кВт.

Витрата палива за режиму холостий рух енергетичного засобу в складі машинного агрегату:

$$G_{xx} = \frac{(N_{EH} + N_{зак} + N_{\delta} + N_f + N_i) g_n \eta_m}{1000}, \text{ кг/год.}, \quad (2.64)$$

де N_m – тягова потужність енергетичного засобу, кВт; N_{δ} – втрати потужності на буксування, кВт; N_f – затрати потужності на переміщення енергетичного засобу, кВт; N_i – затрати потужності на підйом енергетичного засобу, кВт.

Витрата палива за режиму роботи енергетичного засобу в загінці в складі машинного агрегату:

$$G_{заг} = \frac{(N_{EH} + N_{зак} + N_{\delta} + N_f + N_i + N_{ВВП}) g_n \eta_m}{1000}, \text{ кг/год.}, \quad (2.65)$$

де N_m – тягова потужність енергетичного засобу, кВт; N_{δ} – втрати потужності на буксування, кВт; N_f – затрати потужності на переміщення енергетичного засобу, кВт; N_i – затрати потужності на підйом енергетичного засобу, кВт; $N_{ВВП}$ – потужність, яка реалізується через ВВП, кВт.

2.2.5. Машинний агрегат, його структура та показники роботи

Сукупність аграрних машин з енергетичним засобом складають машинний агрегат – механізований технологічний об’єкт для виконання тієї чи іншої технологічної операції.

Для якісного комплектування складу машинних агрегатів та оцінки їхньої роботи була розроблена структурно-логічна схема. Для цього введені необхідні позначення:

Машинний агрегат:

- МАМП – мобільний польовий;
- МАТТ – мобільний транспортний тракторний;
- МААТ – мобільний транспортний автомобільний;
- МАСЗ – стаціонарний закріплений;
- МАСП – стаціонарно-пересувний;

Енергетичний засіб:

- ЕЗГМ – гусеничний на металевій гусениці;
- ЕЗГГ – гусеничний на гумовій гусениці;
- ЕЗК² – колісний із колісною формулою 4К2;
- ЕЗК⁴ – колісний із колісною формулою 4К4;
- ЕЗК₂ – колісний зі здвоєними колесами;
- ЕЗК₃ – колісний зі строєними колесами;

Агромашина:

- АМП – причіпна;
- АМН – начіпна;
- АМС – напівначіпна;
- СРА – самохідна робоча машина;

Спосіб передачі енергії до агромашин:

- гак – через тяговий гак;
- ввп – через вал відбору потужності;
- гіс – через гідросистему;
- елс – через електросистему;
- ркм – від робочих коліс.

Логічні символи:

- \equiv – включення складових частин до єдиного машинного агрегату;
- $\&$ – послідовне включення складових одиниць;
- \parallel – паралельності включення агромашин.

Структурно-логічні схеми машинних агрегатів:

Для побудови структурно-логічної схеми складу машинних агрегатів розглянемо декілька прикладів їхнього складу для виконання наступних операцій.

1. Дискування.

Для виконання технологічної операції розглянемо машинний агрегат у складі енергетичного засобу John Deere 6110 В і дискової борони-лушпильника «Дукат-2,5», який має наступну структурно-логічну схему:

$$\text{ММП} \equiv \text{ЕЗК}^4 \rightarrow \text{гак} \& \text{АМН}. \quad (2.66)$$

Загальний опір даного машинного агрегату буде становити [245, 252]:

$$R_{\text{заг}} = (k_V B_K) + ((G_e f_e + G_M f_M + G_b f_M) g \cdot \cos \alpha) \pm ((G_e f_e + G_M f_M + G_b f_M) g \cdot \sin \alpha). \quad (2.67)$$

Баланс потужності даного агрегату буде мати вигляд [245, 252]:

$$N_e = N_{\text{ез}} + N_M = N_{\text{зак}} + N_{\text{мп}} + N_{\text{б}} + N_f + N_i + N_p + N_f + N_i. \quad (2.68)$$

2. Оранка.

Для виконання технологічної операції розглянемо машинний агрегат у складі трактора John Deere 6095В і плуга EurOpal 5 LEMKEN, який має таку структурно-логічну схему:

$$\text{ММП} \equiv \text{ЕЗК}^4 \rightarrow \text{гак} \& \text{АМН}. \quad (2.69)$$

Загальний опір даного агрегату буде становити:

$$R_{\text{заг}} = (k_{0V} \text{ban}_K) + ((G_e f_e + G_M f_M + G_b f_M) g \cdot \cos \alpha) \pm ((G_e f_e + G_M f_M + G_b f_M) g \cdot \sin \alpha). \quad (2.70)$$

Баланс потужності даного агрегату буде мати вигляд (2.68).

3. Посів.

Для виконання технологічної операції розглянемо машинний агрегат у складі трактора John Deere 6095 В і сівалки VEGA 6, який має таку структурно-логічну схему:

$$\text{ММП} \equiv \text{ЕЗК}^4 \rightarrow \text{гак} \rightarrow \text{ввп} \rightarrow \text{гіс} \rightarrow \text{елс} \& \text{АМН}. \quad (2.71)$$

Загальний опір даного агрегату буде складати (2.67).

Баланс потужності даного агрегату буде мати вигляд:

$$N_e = N_{ez} + N_m = N_{zak} + N_{np} + N_b + N_f + N_i + N_{BPI} + N_p + N_f + N_i + N_{BPI} . \quad (2.72)$$

4. Обприскування.

Для виконання технологічної операції розглянемо машинний агрегат у складі трактора John Deere 6135 B + обприскувач Horsch LEEB 4 LT, який має таку структурно-логічну схему:

$$\text{МАМП} \equiv \text{ЕЗК}^4 \rightarrow \text{гак} \rightarrow \text{ввп} \rightarrow \text{гіс} \& \text{АМП}. \quad (2.73)$$

Загальний опір даного агрегату буде складати (2.67).

Баланс потужності даного агрегату буде мати вигляд (2.72).

5. Збирання зернових.

Для виконання технологічної операції розглянемо машинний агрегат у складі комбайна CLAAS Lexion 770, який має таку структурно-логічну схему:

$$\text{МАМП} \equiv \text{ЕЗК}^4 \rightarrow \text{гак} \rightarrow \text{ввп} \rightarrow \text{гіс} \rightarrow \text{елс} \& \text{CRA} \& \text{MAT}. \quad (2.74)$$

Загальний опір даного агрегату буде складати (2.67).

Баланс потужності даного агрегату буде мати вигляд (2.72).

Оцінка роботи машинних агрегатів за тяговими і енергетичними параметрами проводились за коефіцієнтом використання тягового зусилля і ефективної потужності [244, 252]:

$$\eta_{zak} = \frac{R_{zak}}{R_{zak}} . \quad (2.75)$$

$$\eta_e = \frac{N_e}{N_n} \quad (2.76)$$

Основним експлуатаційним показником роботи машинних агрегатів є продуктивність W , яка визначається за відомою формулою [244, 252]:

$$W_{\text{ГОД}} = 0,36B\beta V_p \tau_{op}, \text{ га/год}, \quad (2.77)$$

де τ_{op} – коефіцієнт часу основної роботи.

Складові продуктивності машинних агрегатів – ширина захвату B , коефіцієнт використання ширини захвату β та робоча швидкість V_p , розглянуті в розділі 2.2.3.

Наступна складова продуктивності – коефіцієнт часу основної роботи τ_{op} , який показує долю часу, яка приходить на основну роботу машинного агрегату.

У зв'язку з потребами рослин у забезпеченні мінімальних строків [61, 63] та високої якості виконання технологічних операцій, можливостями сучасної аграрної техніки та наявного допоміжного обладнання для її ефективного функціонування час роботи машинних агрегатів, під час виконання механізованих технологічних операцій, на сьогодні може бути збільшений до 24 години на добу.

До таких операцій належать: основний та передпосівний обробіток ґрунту, посів, механізований догляд за посівами та збирання просапних культур.

Тривалість операції внесення засобів захисту рослин обмежена в часі:

- під час виконання обприскування ранньою весною робота виконується з 5.00 до 21.00. Це пов'язано зі зниженням температури;
- під час виконання обприскування в жарку погоду робота виконується з 18.00 до 12.00.

Під час проведення збирання зернових робота комбайном обмежується підвищеною вологістю і виконується з 8.00 до 19.00.

Для визначення коефіцієнта використання часу основної роботи необхідно розглянути складові часу доби щодо використання чи простою машинних агрегатів.

Використання машинних агрегатів упродовж доби складаються з таких режимів:

- режим переміщення машинних агрегатів (переїзд до поля з місця дислокації або переїзд між полями, об'їзд поля для встановлення координат, підготовка поворотних смуг і ділянок поля, відбиття контрольної лінії тощо);

- режим роботи машинних агрегатів (робочі та холості ходи агрегату, технологічне обслуговування (завантаження, вивантаження робочого матеріалу) тощо);

- режим простоїв машинних агрегатів (перезмінка та контрольний огляд техніки, технічне обслуговування, фізіологічні потреби операторів тощо);

- режим спокою машинних агрегатів (агрегат не використовується та не обслуговується впродовж деякого часу зміни).

Отже, до часу доби входять такі складові:

- режим спокою машинних агрегатів:
 - тривалість знаходження машинного агрегату в стані спокою – $T_{спок}$;
- режим простоїв машинних агрегатів:
 - тривалість перезмінки й контрольного огляду машинних агрегатів – $T_{пто}$;
 - тривалість технологічного обслуговування – $T_{тхо}$;
 - тривалість фізіологічних потреб операторів – $T_{фіз}$;
- режим переміщення машинних агрегатів:
 - тривалість переміщення машинних агрегатів до поля – $T_{пер}$;
 - тривалість встановлення координат – T_{gps} ;
 - тривалість підготовки поля – $T_{мпп}$;
 - тривалість переміщення між загінками – $T_{заг}$;
 - тривалість холостих ходів (поворотів) – $T_{нов}$;
- режим основної роботи машинних агрегатів:
 - тривалість робочих ходів (основної роботи) – $T_{осн}$.

У результаті, коефіцієнт часу основної роботи машинних агрегатів буде дорівнювати:

$$\tau_{op} = \frac{T_{осн}}{24 - T_{спок} - T_{нто} - T_{фіз}}. \quad (2.78)$$

Оскільки:

$$24 - T_{спок} - T_{нто} - T_{фіз} = T_{пер} + T_{заг} + T_{пп} + T_{gps} + T_{осн} + T_{нов} + T_{мхо}. \quad (2.79)$$

то, основний час роботи становитиме:

$$T_{осн} = 24 - (T_{спок} + T_{нто} + T_{фіз}) - (T_{пер} + T_{заг} + T_{пп} + T_{gps} + T_{нов} + T_{мхо}). \quad (2.80)$$

Розглянемо значення складових часу доби.

Тривалість спокою $T_{спок}$ залежить від багатьох чинників (типу механізованих технологічних операцій, агротехнічних вимог до неї, погодних умов, термінів їхнього виконання, використання автоматизованих систем аграрного виробництва тощо) і може тривати від 0 до 24 годин на добу. За значення $T_{спок} = 0$ – машинний агрегат упродовж доби перебуває у використанні, а за $T_{спок} = 24$ – машинний агрегат перебуває на зберіганні або в ремонті.

Тривалість на перезмінки та контрольні огляди машинних агрегатів $T_{нто}$ включає візуальний огляд машинних агрегатів, перевірки навігаційного обладнання та контролерів на предмет помилок, запуск машинних агрегатів та перевірку вузлів на роботоздатність, при необхідності проводиться змащення вузлів та агрегатів. Також, для підвищення ефективності використання машинних агрегатів, під час перезмінки може проводитися дозаправка машинних агрегатів паливом та робочими матеріалами.

Тривалість фізіологічних потреб $T_{фіз}$ включає час на харчування та інші особисті потреби операторів, пов'язаних із життєдіяльністю людини.

Тривалість переміщення машинних агрегатів до поля $T_{пер}$ включає віддаль між базою зберігання техніки та полем, або переїзд між полями в

межах господарства, де виконується технологічна операція і швидкості руху, яка залежить від типу дороги та стану покриття й дорівнює

$$T_{пер} = 3,6 \frac{L_{пер}}{V_{пер}}, \text{ год.}, \quad (2.81)$$

де $L_{пер}$ – віддаль переїздів від місць зберігання техніки до поля або переїзд між полями, м; $V_{пер}$ – транспортна швидкість машинних агрегатів, м/с.

Тривалість переміщення між загінками $T_{заг}$ використовується за умови виконання робочих ходів машинними агрегатами в загінках, що включає час на переїзди агрегатів з однієї загінки на іншу.

Тривалість підготовки поля $T_{пг}$ включає всі витрати часу, які спрямовані на забезпечення руху машинного агрегату: розбивка поля на загінки, відбивання поворотних смуг, нарізання контрольних ліній. Відповідні витрати, пов'язані з типом механізованої технологічної операції, формою та розміром поля, кінематичними показниками машинних агрегатів та використанням навігаційних систем під час виконання робочого процесу, визначаються:

$$T_{пг} = 3,6 \frac{2l_k}{V_x}, \text{ год.}, \quad (2.82)$$

де l_k – довжина контрольної лінії, м; V_x – швидкість на холостих ходах машинних агрегатів, м/с.

Тривалість встановлення координат T_{gps} включає витрати часу, які спрямовані на визначення контуру поля та залежать від оснащення господарства навігаційними системами. Можливі три варіанти використання машинних агрегатів при виконанні механізованих польових робіт:

- сучасні машинні агрегати без навігаційних систем;
- сучасні машинні агрегати з навігаційними системами, які використовують сигнали Rent Point або Center Point;
- сучасні машинні агрегати з навігаційними системами, які використовують сигнали з RTK Station.

Експлуатація сучасної аграрної техніки з використанням навігаційної системи, яка у своїй роботі використовує супутникові сигнали Rent Point або Center Point, – це безплатний сигнал, який надходить від супутника та має відхилення в зоні лісостепу України, точність у межах 125 мм. Щорічне зміщення супутника відносно точки прив'язки вимагає калібрування сигналу, який необхідно проводити перед виконанням роботи з визначення конкретної площі роботи, шляхом об'їзду контуру ділянки.

Експлуатація сучасної аграрної техніки з використанням навігаційної системи, яка у своїй роботі використовує сигнал з RTK Station – це сигнал з RTK Station, який має прив'язку до конкретної точки місцевості. Водночас використання даних систем вимагає обов'язкового встановлення RTK станцій, які мають обмежену площу використання (радіус до 50 км).

Тривалість встановлення координат визначається:

$$T_{gps} = 3,6 \frac{l_{kn}}{V_x}, \text{ год}, \quad (2.83)$$

де l_{kn} – загальна довжина контуру поля, м.

Тривалість поворотів машинних агрегатів $T_{нов}$ залежить від значення коефіцієнта використання холостих ходів на повороти:

$$T_{нов} = \frac{\tau_{нов}}{24 - (T_{спок} + T_{пто} + T_{фіз})}, \text{ год}, \quad (2.84)$$

який так само залежить від коефіцієнта робочих ходів [251]:

$$\tau_{нов} = \frac{1 - \varphi}{\varphi}, \quad (2.85)$$

де φ – коефіцієнт робочих ходів.

Значення коефіцієнта робочих ходів показує, скільки з загального часу припадає на чисту роботу, і дорівнює:

$$\varphi = \frac{l_p}{l_p + l_{нов}}, \quad (2.86)$$

де l_p – шлях, який проходить машинний агрегат під час виконання робочого ходу, м; $l_{нов}$ – шлях, який проходить машинний агрегат під час виконання холостого ходу (повороту), м.

Для визначення коефіцієнта робочих ходів, необхідно розглянути кінематику машинного агрегату [245, 252].

Довжина робочого ходу обмежується поворотними смугами й дорівнює:

$$l_p = L_{гон} - 2B_{нс}, \text{ м}, \quad (2.87)$$

де $L_{гон}$ – довжина гону, м; $B_{нс}$ – ширина поворотної смуги, м.

До складу загінки входять поворотні смуги, довжина яких визначається:

$$B_{нс} = 1,5R_n + 0,5l_{ма}, \text{ м}, \quad (2.88)$$

де R_n – радіус повороту машинних агрегатів, м; $l_{ма}$ – кінематична довжина машинних агрегатів, м.

Кінематична довжина залежить від типу рами енергетичного засобу, його ходових систем, способу агрегування з аграрною машиною та її типом, і дорівнює:

$$l_{ма} = l_e + l_a, \text{ м}, \quad (2.89)$$

де l_e – кінематична довжина енергетичного засобу, м; l_a – кінематична довжина аграрної машини, м.

Визначене значення ширини поворотної смуги повинно бути збільшене до ближчого кратного значення ширини захвату агрегату.

Радіус повороту машинних агрегатів залежить від різновиду технологічної операції, способу руху, способу агрегування, типу

рушіїв енергетичних засобів, модифікації агромашин (наприклад, звичайний плуг чи обертовий), ширини їхнього захвату, способу приводу робочих органів (гідропривід, електропривод, карданна передача, опорні колеса, завдяки контакту робочих органів із ґрунтом), кваліфікації та стану оператора водіння.

Для забезпечення якості залежно від різновиду операцій машинні агрегати виконують такі основні способи руху:

- всклад-врозгін;
- човниковий;
- вкругову.

Під час виконання руху всклад-врозгін, машинні агрегати, як правило, виконують поворот на *90 градус* із пробігом по прямій.

Довжина одного холостого ходу водночас повороті дорівнює:

$$l_{нов} = 2l_{ма} + 3,14R_n + \frac{B_{заг}}{2}, \text{ м}, \quad (2.90)$$

де $l_{ма}$ – кінематична довжина машинного агрегату, м; R_n – радіус повороту машинного агрегату, м; $B_{заг}$ – ширина загінки, м.

Для способу руху всклад-врозгін під час проведення оранки поле розбивають на загінки. Кількість загінок встановлюють залежно від коефіцієнта робочих ходів, розмір загінки повинен приблизно відповідати виробітку машинного агрегату за добу.

Для визначення оптимальної кількості загінок під час проведення оранки, були проведені теоретичні дослідження за використання орного агрегату John Deere 8400 + ПН 10-35, на площі поля 100 га, довжина гонів 800 м, ширина поля 125 м.

Встановлено, що від величини кількості загінок залежить коефіцієнт робочих ходів. Залежність коефіцієнта робочих ходів від кількості загінок приведені на рисунку 2.27.

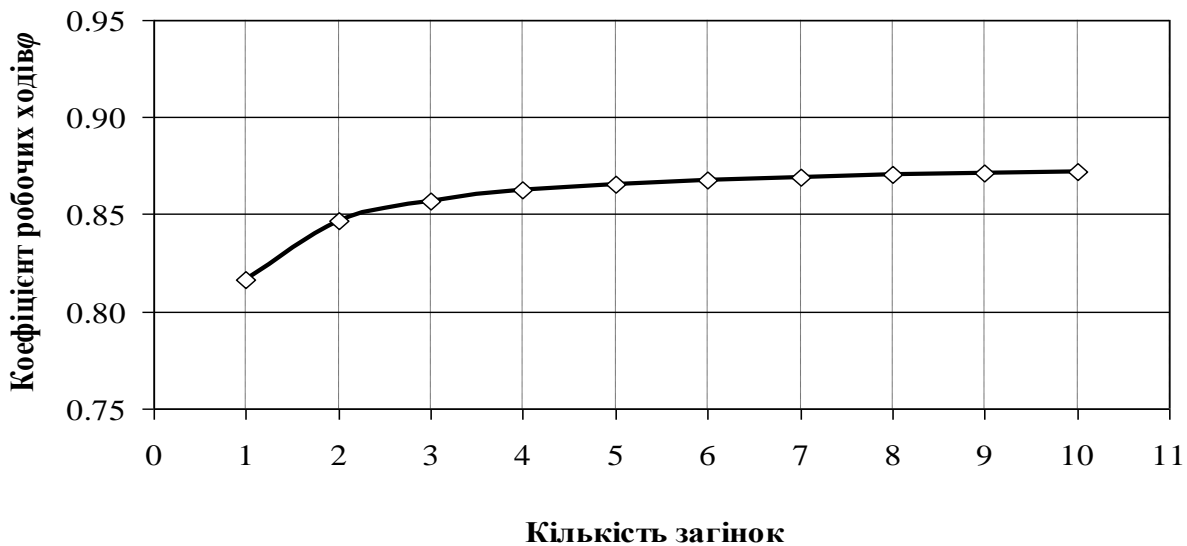


Рис. 2.27. Залежність коефіцієнта робочих ходів від кількості заїнок у разі використання орного агрегату John Deere 8400 + ПН-10-35 на площі поля 100 га, довжині гону 800 м, ширині поля 125 м

Аналіз залежності показує, що немає сенсу робити велику кількість заїнок за виконання механізованих технологічних операцій. Збільшення кількості заїнок веде до зниження якості виконання технологічних операцій.

На рисунку 2.27 представлено роботу орного агрегату в складі John Deere 8400 + ПН-10-35 на полі з характеристиками: $S = 100$ га, довжина гону 800 м, ширина поля 125 м – раціональна кількість заїнок становить 4-6 шт. Коефіцієнт робочих ходів у разі збільшення кількості заїнок незначно зростає й описується кривою: $y = 0,02\ln(x) + 0,84$. Коефіцієнт Фішера становить: $F_{\text{розр}} = 16,09 > F_{\text{табл}}(1,8) = 5,32$.

Під час виконання човникового способу руху, машинний агрегат, найчастіше виконує грушовидний поворот.

Таким способом руху, як правило, виконують дискування, оранку обертовими плугами, посів тощо.

Довжина одного холостого ходу машинних агрегатів у разі грушовидного повороту дорівнює:

$$l_{\text{нов}} = 6R_n + 2l_{\text{ма}}, \text{ м.} \quad (2.91)$$

Мінімальний радіус повороту для сучасних машинних агрегатів залежить від ширини захвату машинного агрегату (рис. 2.28).



Рис. 2.28. Поворот машинного агрегату John Deere 8335R та сівалки John Deere DB 55

На рисунку 2.29 представлена залежність мінімального радіусу повороту для сучасних причіпних машинних агрегатів залежно від ширини захвату машинного агрегату.



Рис. 2.29. Залежність радіусу повороту від ширини захвату машинного агрегату

На основі вивчення даних встановлено, що радіус повороту залежить від ширини захвату машинного агрегату й описується рівнянням:

$$R_n = 2,1 \ln B + 3,7. \quad (2.92)$$

Водночас коефіцієнт Фішера дорівнює: $F_{\text{розн}} = 127,27 > F_{\text{табл}}(1,10) = 4,96$, $R^2 = 0,92$.

У разі використання начіпних машинних агрегатів радіус повороту обмежений, як правило, радіусом повороту трактора. Виключенням є обприскування, де обмежувальним є ширина захвату агрегату.

Під час проведення обприскування посівів використовується рух машинного агрегату по полю човниковим способом, з основним беспетльовим поворотом по колу.

Використання гусеничних рушіїв дає змогу розвертатись, стоячи на місці; поворот тракторів із колісними рушіями обмежений кутом повороту передніх коліс.

За умови використання машинного агрегату, ширина якого менше за радіус повороту трактора, радіус повороту машинного агрегату необхідно збільшити для забезпечення ширини захвату трактора. І, навпаки, коли ширина захвату агромашини перевищує радіус повороту трактора, радіус повороту машинного агрегату необхідно зменшити для мінімізації ширини поворотної смуги.

На радіус повороту впливає спосіб приводу робочих органів агромашин. Під час забезпечення приводу робочих органів через карданну передачу збільшується радіус повороту машинного агрегату. Для передачі крутного моменту, за використання карданного валу нерівних швидкостей на машинному агрегаті, кут повороту становить: під час роботи – 25 град та під час короткочасного вимкнення карданного валу – 80 град. Під час повороту на місці – 80 град (рисунки 2.30) [335].

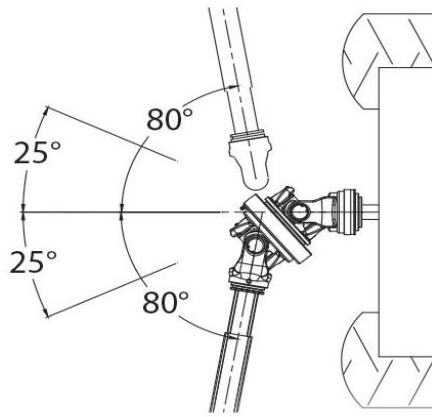


Рис. 2.30. Кут повороту карданного валу [336]

Обмежуванням радіусу повороту в такому випадку є регулювання кута повороту передніх коліс. Це запобіжний захід, оскільки тракторист не завжди в змозі контролювати процес якості повороту.

Кут передачі крутного моменту карданним валом від трактора до агромашини також є чинником збільшення радіусу повороту машинного агрегату. Вирішенням задачі може бути встановлення приводу генератора та турбіни на навісці трактора або встановлення шарніру рівних швидкостей. Відповідні конструкційні зміни суттєво зменшують радіус повороту машинних агрегатів

Під час проведення збирання зернових посівів використовується рух комбайна по полю вкругову, з беспетлевим поворотом по колу.

У разі виконання руху вкругову машинний агрегат найчастіше виконує беспетлевий поворот по колу. Довжина одного холостого ходу машинних агрегатів при беспетлевому повороті по колу дорівнює:

$$l_{нов} = \pi R_n + 2l_{ма}, \text{ м.} \quad (2.93)$$

Час на виконання технологічного обслуговування $T_{тхо}$ машинних агрегатів включає час на усунення проблем, пов'язаних із роботою машинними агрегатами в середовищі та робочими матеріалами: забивання ґрунтообробних машин, налипання ґрунту на робочі органи аграрних машин, забивання висіваючих апаратів сівалок, очистка сенсорів, забивання форсунок

на обприскувачах, забивання молотильних механізмів збиральних машин.

Час на виконання технологічного обслуговування також включає завантаження або розвантаження машинних агрегатів робочими матеріалами, до яких належать: посівний матеріал, добрива, рідкі робочі розчини, зерно, і залежить від типу технологічної операції та машинних агрегатів.

Під час проведення посіву використовуються посівні комплекси, час на завантаження яких залежить від тари робочої суміші.

Час на завантаження сівалки за використання Біг-Бегів:

Час на висів (спорожнення) посівного матеріалу складає:

$$T_{\text{вис}} = \frac{M_{\delta}}{W_{\text{год}} HB}, \text{ год.}, \quad (2.94)$$

де M_{δ} – маса посівного матеріалу, який уміщує бункер сівалки, кг; $W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність сівалки, га/год.; HB – норма висіву, кг/га.

Час на завантаження сівалки дорівнює:

$$T_{\text{зсб}} = t_{\text{ББ}} n_{\text{ББ}}, \text{ хв.}, \quad (2.95)$$

де $t_{\text{ББ}}$ – час на завантаження одного Біг-Бега, хв; $n_{\text{ББ}}$ – кількість Біг-Бегів, шт.

Час на завантаження сівалки за використання посівних одиниць (мішків із посівними одиницями):

$$T_{\text{зсп}} = t_{\text{ПО}} n_{\text{ПО}}, \text{ хв.}, \quad (2.96)$$

де $t_{\text{ПО}}$ – час на завантаження одного мішка з посівною одиницею, хв; $n_{\text{ПО}}$ – кількість мішків із посівними одиницями, шт.

Час на завантаження оприскувачів:

Час на вилив робочого розчину:

$$T_{\text{вил}} = \frac{V_{\delta}}{W_{\text{год}} HBH}, \text{ год.}, \quad (2.97)$$

де V_{δ} – об'єм бака для робочого розчину, л; $W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність сівалки, га/год; HBH – норма внесення робочого розчину, л/га.

Час на завантаження обприскувача дорівнює:

$$T_{zo} = V_{\delta} W_n, \text{ хв.}, \quad (2.98)$$

де V_{δ} – час на завантаження одного Біг-Бега, хв; W_n – продуктивність заправного агрегату, л/хв.

Час на вивантаження бункера зернозбирального комбайна:

$$T_{вк} = \frac{UV_p B \tau_{op}}{10 \cdot M_{\delta}} T_{зм}, \text{ хв.}, \quad (2.99)$$

де U – урожайність основної продукції, т/га; V_p – робоча швидкість зернозбирального комбайна, км/год; B – робоча ширина захвату збирального комплексу, м; τ_{op} – орієнтовний коефіцієнт часу основної роботи; M_{δ} – місткість бункера зернозбирального комбайна, т.

Складові елементи часу за режиму простою машинних агрегатів залежать від організаційної форми господарства, погодних умов або у відповідності агротехнічним вимогам.

Знаючи складові часу використання машинного агрегату впродовж доби, розраховується продуктивність через залежність 2.77.

Продуктивність машинного агрегату, час на виконання основної роботи та складові його кінематики можливо розрахувати для конкретного поля за його параметрами.

Шлях, який проходить машинний агрегат під час виконання основної роботи, дорівнює:

$$S_{роб} = \frac{10000 S_n}{B_{пол}}, \text{ м}, \quad (2.100)$$

де S_n – площа ділянки, яка обробляється машинним агрегатом, м²; B – ширина захвату машинного агрегату, м.

Тоді витрати часу на виконання чистої роботи дорівнюють:

$$T_{осн} = \frac{S_{роб}}{1000V_p}, \text{ год}, \quad (2.101)$$

де $S_{роб}$ – загальний шлях, який проходить машинний агрегат під час виконання основної роботи, м; V_p – робоча швидкість виконання механізованої технологічної операції для забезпечення оптимальних умов росту й розвитку агрокультури, км/год.

Враховуючи робочу довжину гонів, визначають кількість робочих ходів. Їхня кількість буде відповідати кількості холостих ходів.

$$n_{px} = n_{xx} = \frac{S_{роб}}{l_{гон}}. \quad (2.102)$$

Шлях, який проходить машинний агрегат за виконання холостих ходів, складає:

$$S_{хол} = n_{xx} l_{нов}, \text{ м}, \quad (2.103)$$

де $l_{гон}$ – довжина гону, м; $l_{нов}$ – довжина холостого пробігу.

Витрати часу на виконання непродуктивної роботи дорівнює:

$$T_{невч} = \frac{S_{хол}}{1000V_n}, \text{ год}, \quad (2.104)$$

де $S_{хол}$ – загальний шлях, який проходить машинний агрегат під час виконання холостих ходів, м; V_n – швидкість руху машинного агрегату під час виконання поворотів, км/год.

Значення коефіцієнта робочих ходів визначають через загальний шлях на виконання основної роботи та на холості ходи:

$$\varphi = \frac{S_{роб}}{S_{роб} + S_{нов}}. \quad (2.105)$$

Підставивши отриманий результат у формулу 2.85, визначаємо $\tau_{нов}$ і, відповідно, за методикою, визначаємо продуктивність за формулою 2.77.

2.2.6. Показники якості та ефективності керованої системи механізовані агротехнології

Технологічний процес вирощування аграрної культури – це набір механізованих технологічних операцій, які пов'язані між собою технологічними параметрами та строками їхнього проведення. Для забезпечення отримання прогнозованої врожайності агрокультур необхідно забезпечити наближення умов росту та розвитку агрокультур до їхніх вимог завдяки, у тому числі, робочих органів агромашин. Оптимальні умови росту та розвитку агрокультур створюють унаслідок чіткого дотримання встановлених агротехнічних вимог робочими органами агромашин, забезпечуючи повне або часткове їхнє виконання.

Кожна механізована технологічна операція технологічного процесу вирощування аграрної культури має *свою долю впливу (індивідуальний відсоток впливу)* на загальну врожайність. Ця доля оцінюється дослідним шляхом. За умови забезпечення 100 % якості виконання механізованої роботи відповідним агрегатом за агротехнічними вимогами, операція щодо врожаю дасть конкретний відсоток його накопичення. Якщо не забезпечується 100 % виконання агротехнічних вимог машинними агрегатами, врожайність змінюється складним відсотком. Цей складний відсоток буде залежати від технології вирощування культури і від впливу конкретної операції на загальну врожайність.

Неповне забезпечення якості виконання технологічної операції не може бути відновлено внаслідок виконання подальших механізованих технологічних операцій [182], тому надзвичайно важливо дотримання агротехнічних вимог на кожній операції.

Грунтуючись на роботах К. С. Орманджи [275], Д. Н. Саакяна [310], В. Ю. Ільченка [161], В. Ф. Сайка [313], В. І. Пастухова [281], нами розроблена

методика визначення показників якості виконання технологічних операцій машинними агрегатами, залежно від культури та технології її вирощування [149].

Методика дає змогу аналізувати вплив кожної технологічної операції, залежно від обраних машинних агрегатів, умов роботи та робочих режимів через показники якості їхньої роботи на заплановану врожайність агрокультури [149].

Зазначена методика дає змогу розрахувати реальний показник врожайності культури, з урахуванням її зміни впродовж виконання технологічного процесу, залежно від технології вирощування культури та комплексу машин; отримати та проаналізувати приведену до врожайності вартість роботи машинних агрегатів. Це дасть можливість оптимізувати технологічний процес вирощування культури внаслідок забезпечення раціонального показника якості роботи машинних агрегатів на кожній технологічній операції та вартості робіт.

Модель дає змогу проводити ренкінг показників, що так само дає змогу всебічно проаналізувати сорти та гібриди агрокультури, їхні потреби до умов довкілля, потреби в живленні, відповідність потреб агрокультури умовам на кожному полі господарства (регіону), визначати сорт культури, відповідно до потреб рослини та реальних виробничих умов.

Показник, який враховує повне або часткове виконання агротехнічних вимог машинним агрегатом, називається показником якості виконання технологічної операції, або коефіцієнтом якості роботи машинного агрегату.

У загальному вигляді коефіцієнт якості роботи машинного агрегату складається із коефіцієнтів якості виконання елементів агротехнічних вимог робочими органами агромашини, з урахуванням ренкінгу, якості роботи агрегатів і систем агромашини, які безпосередньо не працюють із продуктами обробітку (вплив ходових систем, вібрації тощо на якість виконання агротехнічних вимог), і якості роботи енергетичного засобу (позитивний чи негативний вплив на виконання агротехнічних вимог).

Коефіцієнт якості роботи машинного агрегату залежить від агрокліматичних умов і довкілля, продукту, який обробляємо, та його стану. Кожна умова представляє собою комплекс параметрів, які необхідно враховувати у разі визначення коефіцієнта якості роботи машинного агрегату.

Отже, коефіцієнт забезпечення агротехнологій:

$$K = k_a k_m k_e k_c k_{\Pi}, \quad (2.106)$$

де k_a – коефіцієнт якості забезпечення агротехнічних вимог; k_m – коефіцієнт якості роботи агромашини; k_e – коефіцієнт якості роботи енергомашини; k_c – коефіцієнт, який враховує вплив елементів довкілля на якість роботи машинного агрегату; k_{Π} – коефіцієнт, який враховує вплив стану оброблюваного продукту на якість роботи машинного агрегату.

Коефіцієнт якості забезпечення агротехнічних вимог (k_a) враховує кількість показників, їхній ренкінг, допуски виконання операції й агротехнічні можливості робочих органів машин:

$$k_a = \frac{\sum_{i=1}^n ((a_i - |d_i|) * b_i)}{\sum_{i=1}^n (a_i * b_i)}, \quad (2.107)$$

де a_i – значення i -го показника агротехнічних вимог; d_i – для діючих машин це відхилення під час виконання операції, а для проєктованих це нормативне відхилення; b_i – ренкінг i -го показника вимоги технологічної операції.

Коефіцієнт якості роботи агромашини (k_m) враховує вплив на якість виконання агротехнічних вимог складових елементів конструкції агромашин (наприклад, ходових систем) та режимів роботи:

$$k_m = f(a_g, V_m, a_m, w_h, V_p, a, \gamma, l, T), \quad (2.108)$$

де a_g – спосіб агрегування; V_m – амплітуда коливної швидкості (віброшвидкість), м/с; a_m – амплітуда коливного прискорення (віброприскорення), м/с²; w_h – ходові системи; V_p – робоча швидкість

машинного агрегату, км/год.; a – глибина обробітку, см; γ – кут напряду роботи машинного агрегату, °; l – довжина гону, м; T – твердість ґрунту, МПа.

Величина складників визначається дослідним шляхом.

Коефіцієнт якості роботи енергомашини (k_e) впливає на якість виконання агротехнічних вимог, завдяки функціонуванню систем агрегатів енергетичних засобів:

$$k_e = f(V_m, a_m, \delta, a_g, w_h, V_p, a, \gamma, l, T), \quad (2.109)$$

де V_m – амплітуда коливальної швидкості (віброшвидкість), м/с; a_m – амплітуда коливного прискорення (віброприскорення), м/с²; δ – буксування, %; a_g – спосіб агрегатування; w_h – ходові системи; V_p – робоча швидкість машинного агрегату, км/год.; a – глибина обробітку, см; γ – кут напряду роботи машинного агрегату, °; l – довжина гону, м; T – твердість ґрунту, МПа.

Величина складників визначається дослідним шляхом.

Коефіцієнт, який враховує вплив елементів довкілля на якість роботи машинного агрегату (k_c), складається з показників довкілля та зовнішніх чинників, які напряду не впливають на якість, але від яких залежить забезпечення якості роботи машинного агрегату:

$$k_c = f(W, \rho, n, k, d, p, T, V_m, a_m), \quad (2.110)$$

де W – вологість ґрунту, %; ρ – щільність ґрунту, г/см³; n – пористість ґрунту, %; k – грудкуватість ґрунту; d – наявність та глибина розташування плужної підшви; P – тиск повітря, Па; T – твердість ґрунту, МПа; V_m – амплітуда коливної швидкості (віброшвидкість), м/с; a_m – амплітуда коливного прискорення (віброприскорення), м/с².

Величина складників визначається дослідним шляхом.

Коефіцієнт, який враховує вплив стану оброблюваного матеріалу на якість роботи машинного агрегату (k_{Π}), враховує вологість, щільність, твердість та інші властивості оброблюваного матеріалу:

$$k_{\Pi} = f(m_{con}, p_b, u_i), \quad (2.111)$$

де m_{con} – вологість матеріалу, %; p_t – щільність матеріалу, г/см³; u_i – твердість матеріалу, МПа.

Величина складників визначається дослідним шляхом.

Як встановлено проведеними польовими дослідженнями та на підставі аналізу літературних джерел, якість виконання технологічної операції різними машинними агрегатами, або різними робочими органами, а також різними робочими параметрами, впливає на реалізацію біологічного потенціалу. Про це свідчать і роботи професора В. І. Пастухова [282], де описані залежності коефіцієнта реалізації біологічного потенціалу від забезпечення певного показника (наприклад, глибини обробітку або посіву).

Результатом обґрунтування параметрів машинних агрегатів для забезпечення якості виконання кожної технологічної операції обраної технології, за кожною операцією кожного з досліджуваних агрегатів були показник якості роботи машинного агрегату, собівартість виконання технологічної операції та приведений до врожайності вартісний показник.

У разі підвищення показника якості виконання механізованої технологічної операції, зростає й собівартість її виконання. Це пов'язано з залученням до проведення механізованих технологічних операцій додаткового обладнання для контролю, аналізу та автоматичного коригування показників якості виконання технологічного процесу, конструктивно-дорогих робочих органів.

Розроблена методика дає можливість розраховувати долю виконання встановлених агротехнічних вимог для кожної механізованої технологічної операції. Реальна врожайність, у разі механізованого технологічного процесу, розраховується за такою залежністю:

$$U_p = U_{nl} - \sum_{i=1}^n U_{nl} k_{TO_i} k_{a_i}, \quad (2.112)$$

де U_p – реальна врожайність, т/га; U_{nl} – планова врожайність агрокультури, т/га; k_{TO} – коефіцієнт, який враховує вплив i -ої операції на

кінцеву врожайність агрокультури; k_a – коефіцієнт якості роботи i -го машинного агрегату.

Частка зниження врожайності агрокультури залежить від частки забезпечення агротехнічних вимог, виконання технологічної операції через коефіцієнт якості роботи машинного агрегату, та ренкінг показника технологічної операції, зменшення якого веде до зниження запланованої урожайності:

$$U_{zn} = \sum_{i=1}^n U_{nl} b_i (1 - k_{a_i}), \text{ т/га}, \quad (2.113)$$

де U_{nl} – планова урожайність, т/га; b – ренкінг i -го показника вимоги технологічної операції.

2.2.7. Економічні показники оцінки роботи машинних агрегатів

До економічних показників належать затрати праці та прямі експлуатаційні затрати [246, 252].

Затрати праці визначаються:

$$H_{np} = \frac{\sum n_i}{W_{год}}, \text{ люд.-год/га}, \quad (2.114)$$

де n_i – кількість i -ого персоналу, що обслуговує машинні агрегати, люд;
 $W_{год}$ – годинна продуктивність, га/год.

Прямі експлуатаційні затрати під час роботи машинних агрегатів складають [246, 252]:

$$C = C_{оп} + C_{нмм} + C_a + C_p + C_3, \text{ грн/га}, \quad (2.115)$$

де $C_{оп}$ – оплата праці операторів, що обслуговують машинний агрегат, грн./га; $C_{нмм}$ – вартість паливно-мастильних матеріалів, грн/га; C_a – амортизація, грн/га; C_p – відрахування на технічний сервіс, грн/га; C_3 –

відрахування на зберігання, грн/га.

Оплата праці персоналу нараховується з огляду на мінімальну заробітну плату, встановлену Законодавством України, регіональний коефіцієнт, кваліфікацію та тарифні розряди виконаних робіт.

Додатково до оплати праці можуть бути нарахування залежно від фінансового стану господарства.

Оплата праці операторів, що обслуговують машинні агрегати, становить [246, 252]:

$$C_{on} = \frac{\sum n_i C_i}{W_{год}}, \text{ грн/га}, \quad (2.116)$$

де C_i – оплата праці i -го оператора, відповідно до встановленого тарифу, з урахуванням доплат, грн/год.

Вартість паливно-мастильних матеріалів дорівнює:

$$C_{пмм} = Q(1 + k_{мм})W_{год}C_{пм}(1 + k_{вм}), \text{ грн/га}, \quad (2.117)$$

де $G_{год}$ – годинна витрата палива, кг/га; $k_{мм}$ – коефіцієнта витратних матеріалів; $C_{пм}$ – ціна палива, грн/кг.

Для визначення коефіцієнта витратних матеріалів, під час виконання роботи машинного агрегату, необхідно визначити складові машинного агрегату, де вони використовуються. Такими, як правило, є двигун, мости, коробка зміни передач, гідросистема енергозасобів та агромашин; їхній загальний об'єм та термін між замінами.

Об'єм витратних матеріалів i -го вузла, який припадає на одну мотогодину роботи трактора, дорівнює:

$$v_i = \frac{V_i}{TB_i}, \text{ кг}, \quad (2.118)$$

де V_i – об'єм витратних матеріалів i -го вузла, кг; TB_i – термін заміни

витратних матеріалів в i -ому вузлі, мотогодин.

Коефіцієнт використання витратних матеріалів у i -ому вузлі на 1 кг витраченого палива, дорівнює:

$$k_{mm} = \sum \frac{100v_i}{G_{zod}}, \%, \quad (2.119)$$

де G_{zod} – витрата палива i -им машинним агрегатом, кг/га.

Для визначення ціни паливно-мастильних матеріалів, з урахуванням витрати додаткових матеріалів, необхідно мати дані щодо об'єму витратних матеріалів i -го вузла та вартості i -го виду витратного матеріалу. Комплексна ціна паливно-мастильних матеріалів дорівнює:

$$k_{em} = \sum \frac{100v_i}{CM_i}, \%, \quad (2.120)$$

де CM_i – ціна V_i об'єму витратних матеріалів i -го вузла, грн.

Для своєчасного оновлення техніки, у статті витрат обов'язковим є амортизація, що забезпечує безперебійне виконання механізованих технологічних операцій роботоздатною та морально не застарілою технікою.

Оптимальний алгоритм амортизації аграрної техніки – виробничий метод, за якого враховується очікуваний рівень інтенсивності її використання. Перший рік експлуатації техніки є мінімальним за нарахування амортизації, максимальними є 2 та 3 роки, і далі витрати на амортизацію ідуть на спад. Нарухування амортизації проводиться пропорційно до ступеня фактичного використання техніки. Цей спосіб враховує фактичне зношення техніки, для якої строк амортизації (відповідно до чинного законодавства України) складає 5 років, і за якого важливе фізичне зношування, а не термін експлуатації.

Амортизація визначається:

$$C_a = \frac{1}{W_{\text{год}}} \sum \frac{(B_i - L_i)a_i}{t_i}, \text{ грн/га}, \quad (2.121)$$

де L_i – ліквідаційна вартість техніки, грн; a_i – щорічне відрахування на амортизацію в i -ому році, грн.

Для ефективного використання техніки розглянемо питання пришвидшеної амортизації, щорічний відсоток амортизації, який дорівнює $k=2,083x^3-22,321x^2+70,595x-40$, де x – рік використання техніки (рисунок 2.31).

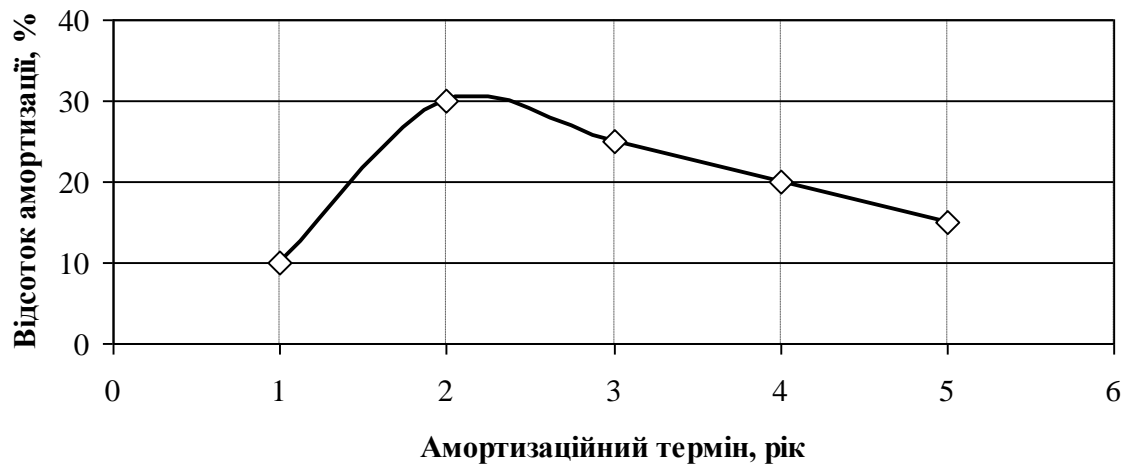


Рис. 2.31. Зміна відсотку амортизації аграрної техніки в залежності від її експлуатації у господарстві.

Затрати коштів на технічний сервіс визначаються у відсотках балансової вартості техніки:

$$C_p = \frac{1}{W_{\text{год}}} \sum \frac{B_i p_i}{t_i}, \text{ грн/га}, \quad (2.122)$$

де B_i – балансова вартість i -ої одиниці аграрної техніки, грн; p_i – відрахування на сервісне обслуговування та поточний ремонт i -ої машини, %; t_i – річне завантаження i -ої машини, год.

Балансова вартість машин, які входять до складу машинного агрегату:

$$B_i = C_i + D_i + K_i, \text{ грн/га}, \quad (2.123)$$

де C_i – вартість i -ої машини, грн; D_i – витрати, пов'язані з доставкою i -ої

одиниці техніки до місця розташування господарства, грн; K_i – витрати, пов'язані з підготовкою i -ої техніки до запуску та її запуском, грн.

Відрахування на зберігання машин дорівнюють:

$$C_z = \frac{1}{W_{год}} \sum \frac{D_i m_i}{t_i}, \text{ грн/га}, \quad (2.124)$$

де D_i – річна норма коштів на зберігання i -ої машини, грн; m_i – кількість i -их машин в агрегаті; t_i – річне завантаження i -ої машини, год.

Існує альтернативний алгоритм зберігання техніки. Для зниження витрат на зберігання аграрної техніки в умовах господарства та забезпечення фінансової підтримки робітників підприємства, відповідну техніку на зимовий період можна передавати до профільних закладів освіти, які мають фахову підготовку з інженерних та агрономічних спеціальностей. Водночас у штатному розписі закладів освіти можливо передбачити заробітну плату для трактористів господарства. Це необхідно для забезпечення контролю використання техніки в умовах закладів освіти, з боку агропідприємства.

Тракторист, перебуваючи на посаді допоміжного персоналу, відкриває доступ до елементів керування трактора, навігаційної системи та вузлів його сервісного обслуговування. За певною домовленістю, на період зберігання техніки, виділяється певна кількість мотогодин для відпрацювання практичних навичок водіння.

У разі використання альтернативного методу зберігання техніки господарство не несе фінансове навантаження на зберігання. Прямі експлуатаційні витрати дорівнюють:

$$C = C_{on} + C_{нмм} + C_a + C_p - C_z, \text{ грн/га}. \quad (2.125)$$

Отже, власник техніки має додаткові фінансові надходження завдяки економії коштів. Відповідний альтернативний варіант зберігання техніки зменшує собівартість роботи машин.

Собівартість механізованої технологічної операції машинними агрегатами визначається за методикою, наведеною в статті [252]. Оцінка ефективності виконання технологічної операції, з урахуванням якості її виконання, проводиться на підставі отриманого значення величини врожайності агрокультури та собівартості її проведення:

Оцінка раціонального вибору комплексу машин, для забезпечення виконання механізованого технологічного процесу, проводиться на підставі аналізу прямих витрат під час роботи машинних агрегатів на кожній операції та розрахункової урожайності, з урахуванням коефіцієнта якості виконання робіт машинними агрегатами:

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{U_p}, \quad (2.126)$$

де C_i – прямі затрати i -го агрегату на j -й операції машинного агрегату, грн/га; U_p – реальна врожайність, т/га.

У такий спосіб приведений показник враховує собівартість та якість забезпечення технології вирощування культури.

Аналіз ефективності використання комплексу машин для вирощування агрокультур проводиться, використовуючи графіки реалізації біологічного потенціалу, за ідеальних і реальних умов у господарстві (рис. 2.32).

Кількість врожаю кукурудзи на зерно становить площу, обмежену відрізком осі абсцис – OO'' , рівняннями сплайнових функцій розвитку агрокультури, що представляє собою накопичення біомаси за умови забезпечення агротехнічних вимог – $y_1(t)$, $y_2(t)$, і ординатами, відповідними точкам на осі абсцис: $t = 125$ и $t = 300$. Загальний вигляд рівнянь кусково-квадратичних кривих має вид:

$$y(t) = a_i t^2 + b_i t + c_i, \quad (2.127)$$

де a_i , b_i , c_i ; $i = \overline{1,4}$ – коефіцієнти, отримані експериментальним шляхом; t – календарні строки, дні.

$$y_1(t) = 0,004004321 * t^2 - 0,89884444 * t + 51,26697022, \quad \text{з достовірністю}$$

апроксимації $R^2 = 0,98$ – рівняння кривої реалізації біологічного врожаю в термін від 125 до 240 дня у разі реалізації біологічного потенціалу за забезпечення агротехнічних вимог;

$y_2(t) = -0,00707 \cdot t^2 + 4,189697 \cdot t - 530,327$, з достовірністю апроксимації $R^2 = 1$ – рівняння кривої реалізації біологічного врожаю в термін від 240 до 300 дня, за реалізації біологічного потенціалу за забезпечення агротехнічних вимог.

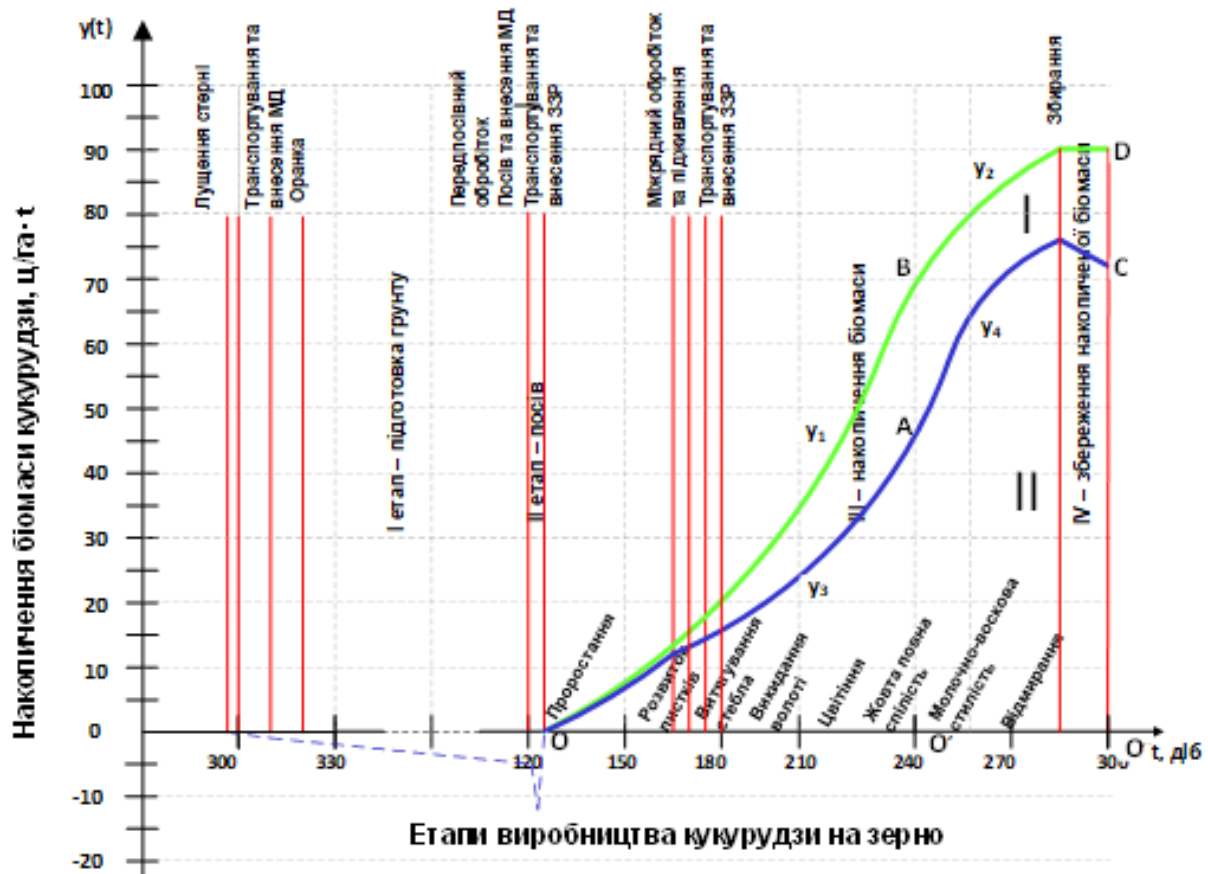


Рис. 2.32. Процес підготовки до накопичення біомаси та її накопичення відповідною агрокультурою

Кількість врожаю кукурудзи на зерно за технологічними можливостями агротехніки, являє собою площу, обмежену відрізком осі абсцис – OO'' , рівняннями сплайнових функцій – $y_3(t)$, $y_4(t)$ й ординатами, відповідними точкам на осі абсцис: $t = 125$ и $t = 300$, де:

$y_3(t) = 0,001959 \cdot t^2 - 0,34151 \cdot t + 13,37284$, з достовірністю апроксимації $R^2 = 0,99$ – рівняння кривої реалізації біологічного врожаю в термін від 125 до 240 дня, за реалізації біологічного потенціалу за технологічними можливостями

агротехніки;

$y_4(t) = -0,01475 * t^2 + 8,400606 * t - 1120,75$, з достовірністю апроксимації $R^2 = 1$ – рівняння кривої реалізації біологічного врожаю в термін від 240 до 300 дня, за реалізації біологічного потенціалу за технологічними можливостями агротехніки.

Криволінійна трапеція, обмежена зверху сплайновою функцією реалізації біологічного потенціалу, за накопичення біомаси агрокультурою за умови виконання всіх агровимог OBD, окреслена знизу сплайновою функцією реальної реалізації біологічного потенціалу агрокультури ОАС, й ординатами, відповідними точкам на осі абсцис $t = 125$ і $t = 300$, відповідає втратам врожаю від недовиконання якості, і розраховується інтегральною формулою:

$$P = \int_{t_1}^{t_2} (y_1(t) - y_3(t)) dt + \int_{t_2}^{t_3} (y_2(t) - y_4(t)) dt. \quad (2.128)$$

2.3. Теоретичні основи обґрунтування керованої системи механізовані агротехнології

Структура керованої системи механізовані агротехнології задається в символній формі:

$$Кул; F; TO; AR; \rho; A; E, \quad (2.129)$$

де *Кул* – вибір агрокультури; *F* – вибір поля; *ТО* – вибір технологічної операції; *AR* – агротехнічні вимоги; ρ – вибір робочого органу; *A* – вибір агромашини; *E* – вибір енергетичного засобу; *МА* – машинний агрегат.

Вибір агрокультури визначається з *матриці агрокультур* з урахуванням ринкових потреб, а вибір полів має відповідати технології вирощування обраної агрокультури (*матриця полів відповідного господарства та стан довкілля*). Вирощування агрокультури може проводитися на одному полі або на декількох ділянках одночасно, як показано на рисунках 2.13-2.15.

Наступний крок в утворенні структури – комплектування машинного

агрегату, який призначений для певної технологічної операції TO й забезпечує якість виконання відповідно до агротехнічних вимог AR з оптимальними техніко-експлуатаційними параметрами (*матриця технологічних операцій; матриця агромашин; матриця енергетичних засобів; матриця систем контролю та розрахунку для оцінювання якості роботи машинних агрегатів*).

Взаємозв'язки в системі доцільно представити у вигляді морфологічного графа (рисунк 2.23), який дає змогу відобразити одночасне перетворення. Для цього необхідні чіткі умови, що однозначно описують можливість наслідування структурних елементів та варіантних особливостей у сукупності предметного переліку.

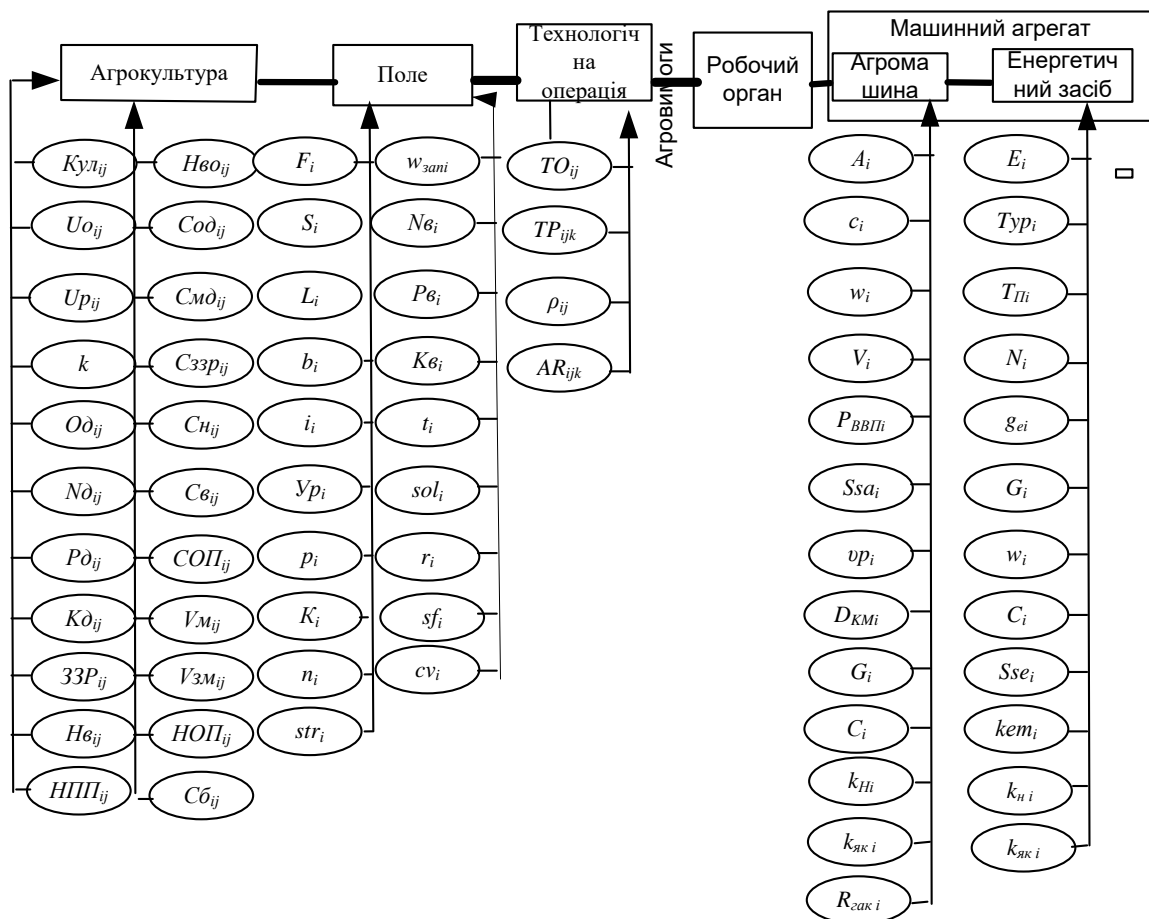


Рис. 2.33. Морфологічний граф керованої системи механізованої агротехнології

Група K_{ul} визначає агрокультуру. Елементи цієї групи розрізняються залежно від потреб конкретного сорту (гібриду) агрокультури: K_{ul1a} – потреби

у волозі, $K_{ul_{1b}}$ – оптимальне значення твердості ґрунту, $K_{ul_{1c}}$ – потреба в мінеральному живленні тощо

Група F визначає особливості «Поля господарства та стан довкілля». Індивідуальні підгрупи цієї групи: F_{1d} – наявна волога на полі; F_{1e} – наявність мінеральних елементів у ґрунті, F_{1f} – твердість ґрунту на полі тощо.

Група TO – з матриці «Технологічні операції» вибираються технологічні операції. TO_{2g} – передпосівний обробіток ґрунту, TO_{3h} – сівба, TO_{4i} – внесення добрива. Елементи цих груп так само поділяються на підгрупи, що обґрунтовуються агротехнічними вимогами на підставі потреб культур і на їхній підставі формуються агротехнічні вимоги, наприклад, для сівби: TO_h^j – норма висіву, TO_h^k – глибина сівби, TO_h^l – ширина стикових міжрядь тощо.

Наступна група A – матриця «Агромашини». A_{1m} – машина для передпосівного обробітку ґрунту, A_{2n} – машина для посіву, A_{3o} – машина для внесення добрив, A_{4mno} – машина, яка одночасно з посівом може виконати передпосівний обробіток ґрунту та внесення добрив.

Підсистема заданої групи визначається технологічними параметрами A_{mno}^p – передпосівного обробітку ґрунту, A_{mno}^q – сівби та A_{mno}^r – внесення добрив.

Остання група – E , які присутні в базі «Енергетичні засоби». E_{1s} – потужність двигуна енергозасобу, E_{1t} – маса енергозасобу, E_u – витрати палива двигуном енергозасобу.

З огляду на кількість кінцевих елементів у кожній групі можна очікувати значної кількості комбінацій ключових характеристик і керованої системи механізованих агротехнологій із новими властивостями. У якості попереднього кроку необхідно визначити основні правила, за якими атрибути можуть бути згруповані. Використовуючи закони математичної логіки для викладу загальних підходів до формування теорії керованої системи механізовані агротехнології, будуються висловлювання за допомогою логічних відносин. У цьому випадку керована система механізованих агротехнологій складається з елементів графа морфологічних ознак, у

формалізованій формі, кожен тип системи буде являти собою складне висловлювання, що складається з простих елементів за допомогою дій, які можуть бути змістовно виражені як «і» (з'єднання), відоме як кон'юнкція, «або» (Заміна), відоме як диз'юнкція.[^]

$$\left[\begin{array}{l} \left((Кул_{abc} \wedge F_{def}) \wedge TO_{mn}^{jklp} \right) \vee \left((Кул_{abc} \wedge F_{def}) \wedge TO_{ghi}^{1jklp} \right) \vee \dots \\ \left(\left((Кул_{abc} \wedge F_{def}) \wedge TO_{ghi}^{xjklp} \right) \wedge A_{mn}^{pqr} \wedge E_{stu} \right) \vee \\ \dots \\ \left(Кул_{abc} \wedge F_{def} \wedge TO_{ghi}^{xjkl} \wedge A_{mno}^{xpqr} \wedge E_{xstu} \right), \\ a, b, c, \dots, s, t, u, x = 1, 2, 3, \dots \end{array} \right] \quad (2.130)$$

Далі аналізуються:

– ТЕЕ – ТЕЕ – розрахунок техніко-технологічних, експлуатаційних і економічних параметрів вибраних машинних агрегатів та коефіцієнта якості за формулами (2.114-2.125);

– ОВ – обґрунтовуються оптимальні обсяги виробництва згідно (2.5)-(2.7);

– С – розраховується собівартість продукції та загальні втрати залежно від коефіцієнта якості, що наведено у (2.106) - (2.113), (2.126).

На мові математичної логіки це означає, що необхідно врахувати одночасно оптимальні значення трьох складових. Для цього скористаємося логічною операцією «і» (\wedge), як показано далі (2.131):

$$ТЕЕ_{extr} \wedge ОВ_{extr} \wedge С_{extr}. \quad (2.131)$$

Після врахування оптимізаційних компонентів (2.131) необхідно привести формулу (2.130) до логічного завершення, тим самим обрати найменш затратний і найприбутковіший машинний агрегат для виконання відповідної операції певної культури. Для цього і скористаємося логічною операцією імплікацією « \Rightarrow », що для керованої системи механізованих агротехнологій означає «слідування» з першочергових операцій з урахуванням (2.131) однієї найвдалішої.

$$\left[\begin{array}{l}
 \left(\left(\left(\text{КуЛ}_{abc} \wedge F_{def} \right) \wedge T O_{mn}^{jklp} \right) \vee \left(\left(\text{КуЛ}_{abc} \wedge F_{def} \right) \wedge T O_{ghi}^{1jklp} \right) \vee \dots \right. \\
 \left. \left(\left(\left(\text{КуЛ}_{abc} \wedge F_{def} \right) \wedge T O_{ghi}^{xklp} \right) \wedge A_{mn}^{pqr} \wedge E_{stu} \right) \vee \right. \\
 \dots \\
 \left. \left(\text{КуЛ}_{abc} \wedge F_{def} \wedge T O_{ghi}^{xjklp} \wedge A_{mno}^{xpqr} \wedge E_{xstu} \right) \right) \\
 \xrightarrow{\text{TEE}_{extr} \wedge \text{OB}_{extr} \wedge \text{C}_{extr}} \\
 \left(\text{КуЛ}_{abc} \wedge F_{def} \wedge T O_{ghi}^{xjklp} \wedge A_{mno}^{xpqr} \wedge E_{xstu} \right)_{opt}
 \end{array} \right] \quad (2.132)$$

Ця формула буде генерувати наявні або перспективні агрегати через об'єднання різних принципів і особливостей із наведеного вище морфологічного графа (рисунок 2.33).

2.4. Оптимізація системи: «Механізовані агротехнології. Якість та ефективність»

Методи математичної логіки дали змогу розробити граф керованої системи механізовані агротехнології, алгоритм та комп'ютерну програму для ПК «Механізовані агротехнології. Якість та ефективність». Дана програма забезпечує проведення ефективного аналізу технологій вирощування агрокультур, з урахуванням потреб сорту чи гібриду, умов вирощування та дає можливість визначити оптимальну техніку, яка забезпечує якість вирощування агрокультури, з урахуванням зміни врожайності уразі зміни витрат на вирощування.

Для реалізації алгоритму необхідно підготувати бази даних – вхідну інформацію, яка складається з агрокультур із переліком їхніх потреб для повної реалізації біологічного потенціалу; полів із даними щодо їхнього розташування, площ, типом ґрунтів, даними агрохіманалізу, нахилу; технологій вирощування з робочими органами та агротехнічними вимогами; агромашинами та енергетичними засобами з їхніми технічними характеристиками, системами контролю та розрахунку для оцінки якості роботи машинних агрегатів.

Обґрунтування раціонального комплексу машин та ефективного його

використання під час забезпечення якості виконання механізованих технологічних операцій потребує певного розгляду для кожного господарства з його природно-кліматичними умовами, у єдиному системному взаємозв'язку: поля для вирощування агрокультур – агрокультури – машинні агрегати – технології вирощування агрокультур – забезпечення якості виконання механізованих технологічних операцій [245].

Реалізація біологічного потенціалу аграрних культур на сьогодні може бути досягнута, як свідчать останні дослідження [245, 318], на підставі науково обґрунтованих комплексів машин для певного господарства, з його природно-кліматичними умовами, у єдиному системному взаємозв'язку конкретного поля, агрокультури, технології вирощування, забезпечення якості виконання механізованих технологічних операцій та надійності МТА.

Для подальшого удосконалення механізованого рослинництва, для підвищення його ефективності, необхідно визначення раціональних комплексів машин, які можуть забезпечать потреби росту та розвитку агрокультур на кожній фазі органогенезу агрокультури, що входить у завдання побудови математичної моделі обґрунтування комплексів машин.

Визначення раціональних комплексів машин, які можуть забезпечити потреби росту та розвитку агрокультур на кожній фазі органогенезу агрокультури, входить у завдання побудови математичної моделі обґрунтування комплексів машин.

Основні операції циклу взаємопов'язаних між собою робіт технологічного процесу визначають тривалість виконання циклу.

Тривалість виконання механізованої технологічної операції циклу визначається із залежності [249]:

$$d_j^0 = \frac{S_k k^0}{W_{ij}^0 T_{зм} k_{зм} \operatorname{int} \left(\frac{\varpi_j^0}{W_{ij}^0} + 1 \right)} \leq d_{\text{доп}}, \quad (2.133)$$

а кількість агрегатів для виконання основної механізованої операції

обчислюється [249]:

$$x_{ij}^0 = \text{int} \left(\frac{\varpi_j^0}{W_{ij}^0} + 1 \right), \quad (2.134)$$

Тривалість виконання допоміжної механізованої операції повинна дорівнювати тривалості виконання основної операції, тобто [246, 249, 250]:

$$d_j^\partial = d_j^0, \quad (2.135)$$

тоді кількість машинних агрегатів для виконання допоміжної операції обчислюється [249]:

$$x_{ij}^\partial = \text{int} \left(\frac{S_k k^0}{d_j^0 W_{ij}^\partial T_{зм} k_{зм}} + 1 \right). \quad (2.136)$$

Тривалість виконання суміжної механізованої операції не може перевищувати тривалості основної операції, тобто [249]:

$$d_j^c \leq d_j^0. \quad (2.137)$$

Тоді кількість агрегатів, які необхідні для виконання суміжної операції, буде [249]:

$$x_{ij}^c = \text{int} \left(\frac{S_k k^c}{d_j^c W_{ij}^c T_{зм} k_{зм}} + 1 \right), \quad (2.138)$$

де $x_{ij}^0, x_{ij}^\partial, x_{ij}^c$ – кількість машинних агрегатів, необхідних для виконання основної, допоміжної та суміжної операцій; S_k – площа вирощування агрокультур; k^0, k^∂, k^c – кратність виконання відповідних операцій; $d_{\text{доп}}$ – допустима за агротехнічними вимогами тривалість виконання заданого циклу робіт; $d_j^0, d_j^\partial, d_j^c$ – тривалість виконання відповідних операцій технологічного

процесу; W_{ij}^O , W_{ij}^D , W_{ij}^C – продуктивність машинних агрегатів відповідно на основній, допоміжній і суміжній операціях; ω_j^O , ω_j^D , ω_j^C – годинний обсяг робіт на відповідних операціях; T_{zm} – тривалість зміни; k_{zm} – коефіцієнт змінності.

Під час вибору кількості машинних агрегатів для виконання механізованих операцій необхідно враховувати коефіцієнт використання агрегату, який визначається із залежності [246, 249, 250]:

$$K_{ij}^a = \frac{S_k k}{d_j W_{ij} T_{zm} k_{zm} x_{ij}} \leq 1. \quad (2.139)$$

З аналізу залежності (2.139) встановлено, що при $K_{ij}^a > 1$ величина x_{ij} збільшує своє значення, тобто зменшення до деякого значення d_j не призводить до зміни x_{ij} . Тобто за менш тривалий час можливо виконати той самий обсяг робіт, тією самою кількістю машинних агрегатів. Збільшення кількості машинних агрегатів на основних операціях призведе до збільшення кількості агрегатів на допоміжних операціях за незначного зменшення тривалості їхнього виконання [246, 249, 250].

Водночас аналіз залежності (2.139) свідчить, що тільки у разі переходу межі $W_{ij}^{Cn'} = \omega_j$, де $n' = 1, 2, \dots, n$, величина x_{ij} змінює своє значення. Оскільки це справедливо, то при зменшенні до деякого значення d_j величина x_{ij} не змінюватиме свого значення. Це означає, що за менш тривалий час можна виконати роботу тією самою кількістю агрегатів, за умови правильного розподілення машинних агрегатів за переліком операцій технологічного процесу [246, 249, 250].

Одну й ту саму механізовану операцію можуть виконувати різні за складом машинні агрегати із властивими тільки їм показниками роботи. На виконанні кожної операції може бути використано m варіантів агрегатування. Технологічний процес вирощування агрокультур складається із закінченого числа операцій, кількість яких виражається числом n . Відповідно прямокутна матриця розміром $n \times m$ являє собою множину можливих варіантів

використання машинних агрегатів [245, 246, 249, 250].

Критеріями оптимізації встановлюємо приведені витрати ($C \rightarrow \min$).

Показники використання машинних агрегатів виражаються через a_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$).

Варіанти використання машинних агрегатів у річному періоді виконання механізованих робіт виражаються матрицею [246, 249, 250]:

$$S = \|a_{ij}\| = \{Q_{ij}, L_{ij}, k_{ck.y}, U_{ij}, k_{zm}, W_{ij}, C_{ij}, k_n, Q_{ij}, x_{ij}, i_{ij}\}, \quad (2.140)$$

де Q_i – обсяг робіт, га (т, ткм); L_{ij} – довжина гонів, м; $k_{ck.y}$ – коефіцієнт складності умов; U_{ij} – норми висіву насіння, внесення мінеральних добрив та отрутохімікатів, кг/га; k_{zm} – коефіцієнт змінності; W_{ij} – продуктивність машинно-тракторного агрегату, га (т, ткм)/год; C_{ij} – прямі експлуатаційні витрати, грн/га (т, ткм); k_n – коефіцієнт використання парку машин; Q_{ij} – витрата палива, кг/га (т, ткм); x_{ij} – кількість агрегатів; i_{ij} – нахил місцевості, град.

Водночас підмножина $x_{ij} \in S$ включає елементи, у які входять типи енергетичних засобів t ($t = 1, 2, \dots, T$), агромашин ξ ($\xi = 1, 2, \dots, \Xi$) та їхня кількість в агрегаті z_ξ , тобто [246, 249, 250]:

$$x_{ij} = \{t, \xi, z_\xi\}. \quad (2.141)$$

Якщо застосувати один із критеріїв ефективності, можна визначити найбільш “вигідні” машинні агрегати для виконання кожної певної операції технологічного процесу. Для цього необхідно перетворити прямокутну матрицю $n \times m$ у матрицю-вектор так, що [246, 249, 250]:

$$A = \text{opt} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{vmatrix}^n. \quad (2.142)$$

Матриця A являє собою систему машинних агрегатів, які можуть виконувати відповідні механізовані операції технологічного процесу. Для пошуку оптимального складу комплексів машин для вирощування агрокультур необхідно розглянути дану систему, з урахуванням строків виконання робіт і загальним річним завантаженням машин [246, 249, 250].

Почергово розглядаючи технологічні операції з урахуванням тривалості їх виконання за основною операцією в межах $j=1, 2, \dots, n$, визначається реальна тривалість виконання кожного циклу, уточнюється необхідна кількість машинних агрегатів на основних, допоміжних та суміжних операціях. Знаючи початок D_j і тривалість d_j виконання j -ї операції, визначаються терміни закінчення механізованих робіт [246, 249, 250]:

$$D_j^k = D_j + d_j + 1. \quad (2.143)$$

Оскільки x_{ij} залежить від тривалості виконання механізованої операції, відповідно знайшовши суму кількості агрегатів за строками виконання робіт l ($l = D_j, D_{j+1}, \dots, 365$) й операціями j ($j = 1, 2, \dots, n$) по кожному енергетичному засобу t ($t = 1, 2, \dots, T$), одержимо [246, 249, 250]:

$$\|x_{it}\| = \left\| \begin{matrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1T} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2T} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{365,1} & x_{365,2} & \dots & x_{365T} \end{matrix} \right\| = \left| \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \sum_{l=D_j}^{D_j^k} x_{l(j)} \right|. \quad (2.144)$$

Досліджуючи матрицю (2.144) на максимум для кожного t по l , одержимо матрицю-вектор кількості енергетичних засобів t -го типу [249]:

$$x_t^{\max} = \max_{t=1}^T \|x_{it}\|, \quad (2.145)$$

Загальна кількість годин роботи енергетичних засобів типу t упродовж року під час виконання механізованих робіт знаходиться за такою залежністю:

$$H_t^3 = \left| \sum_{j=1}^n (x_{l(j)} d_j T_{3M}) \right|. \quad (2.146)$$

Відповідно річне завантаження одиничного енергетичного засобу кожного типу дорівнюватиме [246, 249, 250]:

$$H_t^3 = \left| \sum_{j=1}^n \frac{(x_{l(j)} d_j T_{3M})}{x_t^{\max}} \right|. \quad (2.147)$$

З аналізу залежності встановлено, що зменшення кількості енергетичних засобів x_t^{\max} завдяки перерозподілу робіт між ними призводить до збільшення їхнього річного завантаження, а, отже, до зменшення приведених витрат на виконання механізованих робіт та зниження капітальних вкладень. Для пошуку шляхів зменшення значення x_t^{\max} необхідно ввести поняття “відсікаюча перемінна” – δ_t , початкове значення якої дорівнює [246, 249, 250]:

$$\delta_t = x_t^{\max} - 1. \quad (2.148)$$

Розглядаючи елементи матриці (2.144) по кожному t ($t = 1, 2, \dots, T$), знаходять значення l , для якого $x_{tl} > \delta_t$. У цьому випадку із множини x_{tl} для даного t і l знаходять таке значення (тобто таку операцію), для якого справедлива нерівність [246, 249, 250]:

$$x_{tl} \geq x_t^{\max} - \delta_t. \quad (2.149)$$

Такий пошук проводиться для всіх t за всіма l . Якщо нерівність (2.149) не підтверджується, то перемінна δ_t для всіх t зменшується на 1 до того моменту, поки нерівність (2.149) буде справедлива. Відповідно для одержаного j планується використання іншого агрегату, близького за критерієм ефективності до вибраного раніше за умови, що тип енергетичного

засобу t цього агрегату увійшов до складу агрегатів на інших операціях. Тимчасово знявши з j -ї роботи попередній агрегат, тобто частково звільнивши матрицю (2.133) від раніше прийнятого значення t по $D_j, D_{j+1}, \dots, D_j^k$, перевіряють її стан із новим t . Якщо нерівність (2.149) справедлива, то перебудовується матриця A з урахуванням нововведеного агрегату. Кожний перерозподіл стану системи, яка розглядається, викликає нове значення матриці A . Тому на кожному етапі перерозподілу аналізується ця матриця для визначення випадку збільшення H_t . Водночас тимчасово зняті агрегати повністю виключаються із системи. В іншому випадку вони залишаються для продовження коригування згаданої матриці [246, 249, 250].

Коли знімається один із типів агрегатів з основної операції, то визначаються нові строки виконання робіт і уточнюється кількість агрегатів на допоміжних і суміжних операціях. Під час заміни агрегатів на допоміжних і суміжних операціях одночасно визначається їхня необхідна кількість [246, 249].

Процес перерозподілу робіт продовжується до моменту, коли “відсікаюча перемінна” δ_t для всіх t набуває значення $\delta_t = 0$ [246, 250].

Остаточне значення елементів матриці (2.149) являє собою матрицю використання раціонального складу парку енергетичних засобів по днях календарного періоду робіт [246, 249, 250].

Кількісний склад енергетичних засобів раціонального комплексу машин визначається із залежності [246, 249, 250]:

$$X_t^e = \max_l \left| \sum_{j=1}^n \sum_{l=\mu(k)}^{\mu(k)+d_j+1} x_{l(j)} \right|. \quad (2.150)$$

Кількісний і структурний склад агромашин залежить від складу машинних агрегатів, у яких використовуються енергетичні засоби раціонального машинного парку [246, 249, 250]:

$$X_{\xi}^c = \max_l \left| \sum_{\xi=1}^{\Xi} \sum_{j=1}^n \sum_{l=\mu(k)}^{\mu(k)+d_j+1} (x_{l(j)} z_{\xi}^{\xi}) \right|. \quad (2.151)$$

Цільова функція розглянутої системи цілісних математичних моделей, визначення структури раціональних комплексів машин у загальному вигляді записується в такий спосіб [246, 249, 250]:

$$F = f(A(d_i^0)) \rightarrow \underset{i}{\text{opt}} Kr^e, \quad (2.152)$$

де Kr^e – критерій ефективності; $A(d_i^0)$ – динамічний стан системи (агрегати – строки робіт).

Розкривши множину S і використавши (2.150) і (2.151), одержимо потребу в машинних агрегатах для технологічного процесу вирощування агрокультур із забезпечення якості виконання механізованих технологічних операцій.

На основі викладених моделей обґрунтування раціональних машинних агрегатів, для забезпечення виконання технологічних операцій для оптимізації комплексів машин, спільно з професором І. І. Мельником удосконалений алгоритм та розроблена комп'ютерна програма «Механізовані агротехнології. Якість та ефективність», яка створена на базі Borland Delphi для Windows, з впровадженням об'єктно-орієнтованої моделі і високошвидкісним компілятором. Дана програма дає можливість:

- провести аналіз забезпечення потреб агрокультур окремо агромашиною та в комплексі з різними енергетичними засобами. На підставі отриманих результатів зробити рекомендації виробникам аграрної техніки щодо змін у конструкції машин для підвищення якості виконання механізованих технологічних операцій;

- визначити раціональні параметри, режимів роботи й показники якості виконання механізованих технологічних операцій існуючих і перспективних машинних агрегатів;

- визначити оптимальні технології вирощування аграрних культур з обґрунтуванням комплексів машин, з урахуванням якості;
- визначити техніко-експлуатаційні показники механізованого вирощування аграрних культур.

2.5. Висновки до розділу 2

1. Встановлено, що з погляду реалізації тягових можливостей енергетичних засобів надзвичайно важливими показниками є коефіцієнти зчеплення ведучого апарата з ґрунтом та опору перекочування, які залежать від типу ходових апаратів енергетичних засобів, структури та твердості поверхні роботи агромашин та питомого опору ґрунту.

Значення коефіцієнтів зчеплення ведучого апарата з ґрунтом та опору перекочування для ходових систем за різної твердості ґрунту в шарі 0-10 см, з достатньою точністю можна визначити за такими залежностями:

– для енергетичних засобів з колісними рушіями:
 $\mu = -0,015T^2 + 0,168T + 0,347$; $f = -0,002T^3 + 0,021T^2 - 0,105T + 0,250$;

– для енергетичних засобів з гумовою гусеницею:
 $\mu = -0,015T^2 + 0,169T + 0,472$; $f = -0,001T^3 + 0,015T^2 - 0,078T + 0,204$;

– для енергетичних засобів зі сталюю гусеницею:
 $\mu = -0,013T^2 + 0,152T + 0,555$; $f = -0,001T^3 + 0,011T^2 - 0,057T + 0,178$;

2. Характерним показником впливу на забезпечення якості виконання технологічних операцій є залежність між твердістю ґрунту та його питомим опором. Залежність між твердістю ґрунту та його питомим опором описується формулою прямої: $y = 18x + 11$. Водночас критерій Фішера складає: $F_{\text{розр}} = 4218,80 > F_{\text{табл}}(1,9) = 5,12$, модель адекватна на 95% рівні.

3. Дослідження структури балансу часу доби та кінематики машинних агрегатів у реальних аграрних господарствах показало, що вони потребують уточнення для сучасних умов та сучасних систем машин. Для забезпечення безперервності технологічного процесу за агровимогами запропонована уточнена структура складових режимів часу перебування машинних агрегатів:

- режим спокою ($T_{\text{спок}}$ – тривалість знаходження машинного агрегату в стані спокою);
- режим простою ($T_{\text{нто}}$ – тривалість перезмінки й контрольного огляду машинних агрегатів; $T_{\text{мхо}}$ – тривалість технологічного обслуговування; $T_{\text{фіз}}$ – тривалість фізіологічних потреб операторів);
- режим переміщення ($T_{\text{пер}}$ – тривалість переміщення машинних агрегатів до поля; T_{gps} – тривалість встановлення координат; $T_{\text{мпп}}$ – тривалість підготовки поля; $T_{\text{заг}}$ – тривалість переміщення між загінками; $T_{\text{пов}}$ – тривалість холостих ходів (поворотів));
- режим основної роботи ($T_{\text{осн}}$ – тривалість робочих ходів (основної роботи)).

4. Встановлена залежність мінімального радіусу повороту для сучасних причіпних машинних агрегатів залежно від ширини захвату машинного агрегату, яка описується рівнянням: $R_n = 2,1 \ln B + 3,7$.

5. За результатами проведених досліджень розроблено математичну модель та комп'ютерну програму «Механізовані агротехнології. Якість та ефективність» для обґрунтування якісних показників роботи машинних агрегатів, їхніх оптимальних режимів роботи, які забезпечують потреби агрокультур у процесі їхнього росту та накопичення ними енергії.

Оцінка раціонального вибору комплексу машин, для забезпечення виконання механізованого технологічного процесу, проводиться на підставі аналізу прямих витрат під час роботи машинних агрегатів на кожній операції та розрахункової урожайності, з урахуванням коефіцієнта якості виконання робіт машинними агрегатами.

6. Використання теоретичних основ для розробки алгоритму встановлення якості виконання механізованих операцій забезпечує створення умов для вегетації агрокультури; зменшує навантаження мінеральних добрив на ґрунт, засобів захисту агрокультур та вплив ходових систем на структуру ґрунту.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма досліджень

3.1.1. Програма польових досліджень

Мета досліджень:

- отримання дослідних даних відповідно до природно-виробничих умов для проведення подальших аналітичних розрахунків;
- дослідження роботи робочих органів агромашин та забезпечення ними потреб агрокультур;
- вивчення особливостей та отримання інформації щодо техніко-експлуатаційних властивостей машинних агрегатів для основних механізованих технологічних операцій;
- визначення закономірностей зміни якісних показників залежно від режимів роботи агромашин;
- вивчення альтернативних методів регулювання агромашин із забезпеченням оптимальних умов для росту й розвитку агрокультур;
- проведення аналізу недобору врожаю агрокультур з урахуванням можливостей забезпечення агровимог виконання операцій машинними агрегатами.

Експериментальні дослідження проводилися для досягнення зазначеної мети та реалізації завдань і поділялися на лабораторно-польові випробування та обчислювальні експерименти.

Під час проведення лабораторно-польових випробувань основними машинними агрегатами порушень агротехнічних вимог типових операційних технологій не виявлено.

3.1.2. Програма обчислювальних експериментів

Мета досліджень:

- розроблення вхідної інформації, яка складається з технологічної операції; технічних показників, які необхідно забезпечити для роботи машини; показників, що характеризують потреби агрокультур, які повинні бути забезпечені машиною; проведення їхнього ранжування відповідно до ступеня впливу показника на загальний розвиток агрокультури; визначення градації (межі), у яких повинна працювати машина відповідно до сучасних можливостей роботи машин; встановлення показника у відповідності граничним розмірам;
- дослідження змодельованих машинних агрегатів залежно від змінних параметрів.

3.2. Методика досліджень

3.2.1. Методика польових досліджень

Дослідження проводилися спільно з Лозівським ковальсько-механічним заводом, Elvorti, компанією Bednar та ATS Україна (Horsch) на території України та Чеської Республіки.

Для визначення якості роботи машинних агрегатів у польових умовах використовувалися методики для визначення показників якості та контролю умов виконання технологічних операцій, за створення умов для росту й розвитку агрокультури, розміщення насіння в середовищі росту й розвитку, накопичення енергії (маси) агрокультурою, збереження накопиченої маси.

Методики, які використовувались для дослідження умов роботи машинних агрегатів.

Твердість ґрунту досліджували за методикою: Стандарти ASAE: Пенетрометр із конусом ґрунту. Святий Йосип, штат Мічиган: ASAE. 49-е изд.

2004: Додати S313.3 (ASAE STANDARDS: Soil cone penetrometer. St. Joseph, Mich.: ASAE. 49th Ed. 2004: S313.3).

Були використані інструменти:

- Penetrometer Pn-10 з кутом конуса 30° (рис. 3.1).
- Bednar machinery (прототип) (рис. 3.2).



Рис. 3.1. Penetrometer Pn-10 with 30° cone angle. (Вертикальний спосіб)



Рис. 3.2. Bednar machinery (прототип) (горизонтальний спосіб)

Вологість та пористість ґрунту досліджувались, використовуючи методики:

1. Valla, M., et al. Педологічна практика. 2-е видання. Прага: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN: 978-80-213-0914-2 (Valla, M., et al. Pedologické praktikum. 2. vydání. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN: 978-80-213-0914-2).

2. Блейк, Р. та Hartge, Н. Насипна щільність. Методи аналізу ґрунту: частина 1. Фізичні та мінералогічні методи, 363-375. А. Klute, вид. Медісон, Віско: ASA і SSSA (Blake, G. R., and K. H. Hartge. 1986. Bulk density. In Methods of Soil Analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods, 363-375. A. Klute, ed. Madison, Wisc.: ASA and SSSA).

Вологість та пористість ґрунту досліджувались, використовуючи обладнання:

- вологомір ґрунту HH2 (рис. 3.3);
- обладнання для визначення вологості виробника Eijkelkamp (рис. 3.4).

Лабораторне обладнання (сушильна шафа, ваги, скляні кришки, лотки, папір) (рис. 3.5).



Рис. 3.3. Пристрій для фіксації вологості в ґрунті HH2



Рис. 3.4. Обладнання для визначення вологості виробника Eijkelkamp

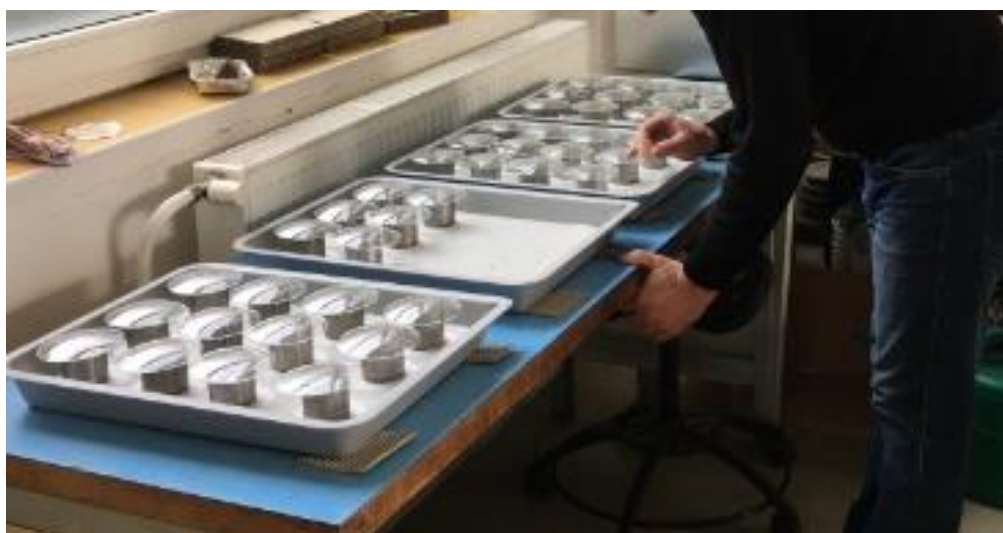


Рис. 3.5. Визначення вологості та пористості в лабораторних умовах

Методики, які використовувались для дослідження показників якості виконання технологічних операцій.

– PN-83 / R-55000. Аграрна техніка. Методи випробування інструментів і машин для вирощування (PN-83/R-55000. Maszyny Rolnicze. Metody badań narzędzi i maszyn uprawowych (Agricultural machinery. Test methods for tools and cultivation machines); (<http://sklep.pkn.pl/pn-r-55000-00-1983p.html>)).

– PN-83 / R-55000. Аграрна техніка. Методи випробування інструментів і машин для вирощування (PN-90/R-55004. Maszyny Rolnicze. Metody badań. Charakterystyka energetyczna) .

– Agricultural engineering. Methods for determining the test conditions: КНД 46.16.02.08-95. State standard of Ukraine.

– РД 10.4.2-89. Керуючий документ. Випробування сільськогосподарської техніки. Машини та знаряддя для поверхневої обробки ґрунту. Програма і методи випробувань. Вид-во стандартів, 1989. 117 с. (РД 10.4.2-89. Руководящий документ. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Программа и методы испытаний. Изд-во стандартов, 1989. 117 с.) .

– КНД.46.16.02.-96. Agricultural machinery. Nomenclature of quality indicators.

– Щільність Standart ASAE S313.3 FEB1999ED (R2013), Soil Cone Penetrometer.

– ГОСТ 20915-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. Стандартифор , Москва, 2013 год, 23 с.

– ГОСТ 26244-84 Обработка почвы предпосевная. Требования к качеству и методы определения, Московский печатник, Москва, 1984, 7 с.

– ГОСТ 31345-2007 Сеялки тракторные. Методы испытаний, Стандартифор , Москва, 2008 год, 53 с.

– СОУ 74.3-37-155:2004 Випробування сільськогосподарської техніки. Машини і знаряддя для обробітку ґрунту. Методи випробувань.

– СОУ 74.3-37-129:2004 Випробування сільськогосподарської техніки. Машини посівні. Методи випробувань.

– СОУ 74.3-37-142:2004 Випробування сільськогосподарської техніки. Машини для транспортування і внесення рідких добрив. Методи випробувань.

– СОУ 74.3-37-137:2004 Випробування сільськогосподарської техніки. Обприскувачі, опилувачі, розселювачі ентомофагів, машини для

приготування і транспортування робочої рідини. Методи випробувань.

–СОУ 74.3-37-266:2005 Випробування сільськогосподарської техніки.

Обприскувачі тракторні та самохідні. Методи випробувань.

– ОСТ 70.8.1-81 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины зерноуборочные. Программа и методы испытаний.

– ГОСТ 28301-89 (СТ СЭВ 6542 - 88) Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний, государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, Москва, 19 с.

– ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT).

Обробіток ґрунту.

Якість обробітку ґрунту визначають за трьома основними показниками: глибині обробки, кількість непідрізаних рослин і гребнистість поверхні поля (таблиця 3.1) [139].

Для оцінки рівномірності глибини обробітку ґрунту проводять 40 замірів даного показника. Заміри проводять по діагоналі через кожні 60-80 м, використовуючи глибиномір. Результати досліджень (кількість вимірів) заносять напроти відповідного граничного розміру в колонці «кількість замірів». Маючи загальну кількість замірів і кількість замірів, які за результатами дослідження належать до конкретного значення граничного розміру, розраховують значення колонки «показник відповідності агротехнологічним вимогам», переводячи чисельне значення кількості вимірів у проценти.

Для оцінки кількості непідрізаних рослин оглядають поле по діагоналі й заміряють площу пропусків через 50 м, використовуючи рамку 0,7х0,7 м (площа 0,5 м²). Результати досліджень заносять аналогічно, як і під час аналізу попереднього агротехнологічного показника.

Для того, щоб оцінити гребнистість і вирівняність поверхні поля, виконують 30 замірів відповідних показників. Виміри проводять по

діагоналі ділянки через кожні 40-50 м. У разі вимірювання гребнистості використовують двометрову лінійку, а при дослідженні вирівняності – бороздомір. Результати досліджень заносять аналогічно, як і при аналізі першого агротехнологічного показника [139].

Отримані результати польових експериментів машинних агрегатів заносять у відповідні колонки таблиці.

Оцінку за показником ($k_{\text{пок}_i}$) «агротехнологічного показника» визначають після визначення пріоритетності вимог, граничних розмірів, показників відповідності та на основі проведених 40 замірів за формулою:

$$k_{\text{пок}_i} = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i b_i)}{100} \quad (3.1)$$

де a_i – показник відповідності, який відповідає i -му граничному розміру, бали; b_i – показник відповідності агротехнологічним вимогам, який припав на i -й граничний розмір, %.

Загальне значення на операції ($k_{\text{мо}}$) відповідно з отриманими результатами дослідження розраховуємо за формулою:

$$k_{\text{мо}} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i k_{\text{пок}_i})}{100}, \quad (3.2)$$

де P_i – пріоритетність вимог i -го показника за формування врожайності, %.

Результати досліджень та їхня обробка можуть бути виконані за допомогою Microsoft Office (таблиця). Це значно спрощує і пришвидшує отримання результату для оцінки та вибору машинного агрегату відповідно агротехнологічним вимогам.

Для ефективної оцінки машинного агрегату на предмет його відповідності вимогам агрокультур, необхідною умовою є правильність визначення агротехнологічних показників під час виконання операції, проведенні їхні ранжування, відповідно до пріоритетності вимог, встановленні ступеня пріоритетності показника. Що стосується роботи наведених машинних агрегатів, то для кожної машини відповідність вимогам щодо граничних розмірів різна й розрізняється залежно від агротехнологічного показника.

У кожного машинного агрегату є свої особливості, що і спостерігається під час аналізу агротехнологічних показників кожного машинного агрегату. Дуже важливо, щоби машинний агрегат забезпечував основні вимоги до операції, що характеризуються пріоритетністю вимог.

Посів.

Якість посіву визначають за п'ятьма показниками: відхилення фактичної норми висіву насіння від заданої; відхилення фактичної глибини посіву насіння від заданої; оцінювання відхилення ширини стикових міжрядь від норми; забезпечення орієнтації посівного матеріалу; відхилення фактичної щільності насінневого ложе та наднасінневого «простору» [274, 276, 277].

Для оцінки відхилення фактичної норми висіву насіння від заданої, у 30 місцях по довжині гону обережно розкривають рядок та проводять підрахунок кількості насіння на одному погонному метрі й отримані значення заносять до таблиці 3.2.

Для оцінки відхилення фактичної глибини посіву насіння від заданої, проводиться 30 замірів цього показника. Заміри проводять по діагоналі через кожні 60-80 м ширини захвату сівалки рейкою з лінійкою (рис. 3.6), або визначають за допомогою приладу Калентьєва. Результати досліджень заносять аналогічно, як і під час аналізу попереднього агротехнологічного показника [274, 276, 277].

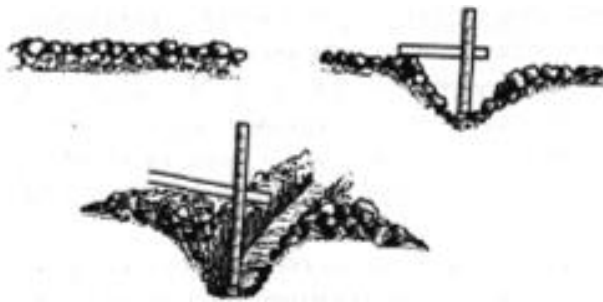


Рис. 3.6. Визначення глибини посіву насіння лінійкою [275]

Для того, щоб оцінити відхилення ширини стикових міжрядь від норми відповідно для суміжних сівалок і проходів, проводиться 30 замірів ширини міжрядь між крайніми сошниками двох суміжних проходів. Результати досліджень заносять аналогічно, як і під час аналізу попереднього агротехнологічного показника

Для того, щоб оцінити орієнтацію посівного матеріалу в ґрунті, виконують 30 замірів відповідних показників. Виміри проводять по діагоналі ділянки через кожні 40-50 м. Під час виміру методом безпосереднього відшукування обережно розкривають рядки, зміщаючи пошарово землю поперек ходу сівалки до знаходження посівного матеріалу в кожному рядку. Потім проводять дослідження щодо орієнтації посівного матеріалу [20, 44]. Результати досліджень заносять аналогічно, як і під час аналізу першого агротехнологічного показника.

Для оцінки відхилення фактичної щільності насінневого ложе та наднасінневого «простору» визначають глибину спушеного шару (підготовленого до посіву) шляхом заглиблення лінійки (щупа) у ґрунт до необробленого шару. Вимірювання щільності проводять у чотирьох повторностях, рівномірно розташованих по діагоналі ділянки. У кожній повторності вимірювання проводять із рівномірним інтервалом по ширині та довжині проходу агрегату. Загальна кількість вимірювань повинна бути не менша 30. Результати вимірювань записують у відомість та проводять математичну обробку.

Для оцінки щільності над зерном на підготовлену рівну поверхню ґрунту

ставлять спрямовувач і в нього вставляють циліндр. За допомогою ударника циліндр занурюють у ґрунт так, щоби його вінця були на рівні його поверхні. Заповнені ґрунтом циліндри підрізають ножом із надлишком ґрунту в нижній частині і виймають. Витирають від прилиплого ґрунту, перевертають і гострим ножом зрізають зайвий ґрунт на рівні з вінцями циліндра. Потім ґрунт переносять без втрат із циліндрів у великі бюкси та щільно закривають кришками. У лабораторії бюкси з відібраними зразками зважують із точністю до 0,01 г і звільняють від ґрунту. Циліндри з відібраними зразками ґрунту можна зважувати безпосередньо в полі [1]. Результати вимірювань записують у відомість та проводять математичну обробку.

Вся отримана інформація, як і в попередньому досліді, заноситься, в таблицю для подальшої обробки та аналізу.

Збирання

Збирання – найбільш відповідальна технологічна операція, від якісного виконання якої залежить урожай аграрних культур, його якість, успіх подальшої переробки і зберігання продукції. Механізоване збирання врожаю необхідно проводити в оптимальні агротехнічні терміни. Робочі органи збиральної техніки повинні бути відрегульовані у такий спосіб, щоби виключити втрати й пошкодження зерна.

Якість збирання визначають за трьома основними показниками: загальні втрати зерна, дроблення зерна, засміченість бункерного зерна [139, 274, 277].

Якість збиральних робіт оцінюють за величиною допущених втрат зерна. Втрати зерна за жаткою визначають накладенням рамки в 30 місцях по діагоналі ділянки. Зерна, які вимолочено з колосків, підсумовують із вільними зернами, підібраними в межах облікової ділянки площею 0,5 м².

За подвоєною середньою кількістю зерен (за вирахунком дозбиральних втрат), зібраних у межах рамки, за 30 вимірами визначають кількість зерен (вільних, в зрізаних і незрізаних колосках), які втрачаються за жаткою. Дозбиральними вважаються забруднені зерна і пророслі колоски з темним забарвленням.

Якість роботи молотарки визначають за величиною втрат від недомолота й невитряса зерна [274, 276, 277]. Для визначення втрат від недомолота по довжині 5 м валка соломи беруть 50 обмолочених колосків, а невимолочені зерна, які містяться в них, обмолочують вручну і перераховують. Потім визначають втрати зерна (Π_n) за формулою:

$$\Pi_n = \frac{KP}{50}, \text{ шт./м}^2, \quad (3.3)$$

де K – кількість невимолоченого зерен в 50 колосках, шт.; P – густота продуктивного стеблостою, шт./м².

Для визначення втрат вільного зерна від невитряса беруть склянку або середню жменю половини з-під валка соломи [274, 276, 277]. Перед взяттям половини кілька разів струшують соломі, домагаючись, щоби вільне зерно, яке затрималося в соломі, пішло в половину. Пробу беруть із трьох рівнів половини: зверху, у середині і внизу. З половини виділяють зерно. За кількістю зерен у пробі визначають втрати зерна (Π_{nv}) у половині й у соломі від невитряса за формулою:

$$\Pi_{nv} = \frac{10B_n UK}{U_{np} P}, \text{ шт./м}^2, \quad (3.4)$$

де B_n – відношення маси половини до маси зерна (визначається експериментально); U – урожай зерна, ц/га; K – середня кількість зерен в склянці половини, шт.; U_{np} – обсяг склянки, дм³; P – об'ємна маса половини, кг/м³.

Втрати зерна у відсотках до врожаю (Π_o) визначають за формулою:

$$\Pi_o = \frac{n_c A}{100U}, \text{ кг/га.} \quad (3.5)$$

Оцінка якості виконаної роботи може бути знижена в разі наявності огріхів або замінів нескошених рослин на поворотах, дробленні й засміченості зерна вище нормативної та інших показників якості.

Під час аналізу зернових проб на дроблення та засміченість виділяють відповідно до ГОСТ 10839-64 дві наважки масою згідно з ГОСТ 10939-64.

Аналіз проводили за ГОСТ ІС939-64.

Навішування розбирали на такі фракції:

- основне зерно;
- зерно в колосках і плівках;
- дроблене зерно;
- смітна домішка.

Усі фракції зважували і вираховували їхній процентний уміст із точністю до сотої частки відсотка за формулою:

$$\Delta q = \frac{q_i \cdot 100}{Q}, \quad (3.6)$$

де Δq_i – уміст основного зерна або інших фракцій; q_i – маса фракції у навішуванні, г; Q – маса навішування, г.

Уміст дробленого, обваленного і тріснутого зерна визначають у відсотках до маси зерна в навішуванні.

За кожним показником якості зерна обчислювали середнє значення з трьох повторень на кожному режимі і фіксували в журналі.

Для визначення мікропошкодження після аналізу зразків від цілого зерна відбирали поспіль дві проби по 100 шт. Кожну пробу поміщали в паперовий пакетик, у якому вказували всі вихідні дані (марку комбайна, дату відібрання дослідного зразка, номер досліду й повторності тощо). Отже, від кожного середнього зразка відбирається по чотири проби, що становить 400 зерен.

Зерна переглядають через лупу і виділяють зерна з вибитим зародком, пошкодженим зародком і пошкодженою оболонкою зародка.

Уся отримана інформація щодо визначення якісних показників роботи збиральних машин, як і в попередніх дослідах, заноситься в таблицю 3.3 для подальшої обробки та аналізу.

Таблиця 3.3 Показники якості роботи збиральних агрегатів

Агротехнологічні показник	Пріоритетність вимог,%	Граничні розміри	Показник відповідності, бали	Машинний агрегат							
				Показник відповідності агротехнологічним вимогам,% кількість замірів							
Загальні втрати зерна, %	55	1,4	100								
		1,4-2,2	80								
		2,2-2,9	60								
		Більше 2,9	40								
Оцінка за показником											
Дроблення зерна, %	30	> 2	100								
		< 2	70								
Оцінка за показником											
Засміченість бункерного зерна, %	15	> 3	100								
		< 3	75								
Оцінка за показником											
Загальне значення на операції	100										

Отже, запропонований процес дослідження якісних показників роботи машинних агрегатів, відповідно агротехнічними вимогам, дає змогу оцінювати роботу машинного агрегату як за конкретними показниками, так і в порівнянні значення показника якості за роботи різних машинних агрегатів.

Досягається це завдяки зміні процесу оптимізації вибору машинного агрегату за агротехнічними вимогами, із включенням пріоритетності вимог, стобальної шкали оцінки граничних розмірів агротехнологічних показників та показника відповідності агротехнологічним вимогам.

Дискування

Програма досліджень передбачала оцінку роботи «Дукат-2,5» за різних напрямків руху відносно розташування рядка: вздовж рядка та під кутом 35°. Показники, що характеризують стан поля, представлені в таблиці 3.4 [153].

Таблиця 3.4 Умови роботи борони-луцильника «Дукат-2,5»

Показники	Результати досліджень
1	2
Фон	Після збирання кукурудзи на зерно
Вологість повітря, %	82
Швидкість вітру, м/с	0,6
Вологість ґрунту, % (у шарах)	
0-5 см	21,43
5-10 см	20,91
10-15 см	20,15
Забур'яненість поля до проходу агрегату, шт./м ²	6
Висота стерні, см	30
Вологість матеріалу, %	66,67
Маса рослинних рештків, г/1м ²	2864

Продовження таблиці 3.4

1	2
Твердість ґрунту, МПа, (у шарах) (рядок / між рядками / по ходу рушія)	
0-10 см	1,36 / 1,41 / 1,99
10-15 см	1,99 / 2,07 / 2,31
15-20 см	2,10 / 2,21 / 2,40
20-25 см	2,77 / 2,90 / 3,11
25-30 см	3,26 / 3,51 / 3,77
Щільність ґрунту, г/см ³ , (у шарах)	
0-10 см	1,01
10-15 см	1,19
15-20 см	1,28
20-25 см	1,30
25-30 см	1,31
Плужна підшва, мм	320

Згідно з методикою були досліджені всі показники окремо. Дослідження якості проведення дискування виконувалось згідно з методикою, розробленою К. С. Орманджи [275].

Під час виконання дискування важливо контролювати рівномірність по глибині обробітку ґрунту (рис. 3.7), гребенистість поверхні ґрунту, чи перебуває вона у встановлених межах (рис. 3.8), контролювати підрізування й заробку в ґрунт рослинних рештків (візуально). Під час проведення досліджень також проводилося вимірювання твердості ґрунту за допомогою твердоміру (рис. 3.9).

Глибину ходу робочих органів заміряли, використовуючи спеціально виготовлений металевий щуп із поділами. Щуп занурювали в ґрунт, як це показано на рисунку 3.7 доти, доки він не почне контактувати з підшвою, утвореною диском, після чого оцінювали позначку на шкалі щупа і фіксували її в робочих матеріалах. Отримані дані використовувалися для аналізу утримання глибини ходу робочих органів та відхилення середньої фактичної глибини обробітку ґрунту від заданої.



Рис. 3.7. Визначення рівномірності глибини після дискування

Визначення глибини западин та висоти гребнів після обробітку ґрунту агромашинами з дисковими робочими органами проводилося з використанням двометрової рейки, покладеної на гребні, та лінійки, яку встановлювали на дно борозни (рис. 3.8). Отримані дані фіксувались у робочих матеріалах.



Рис. 3.8. Визначення гребнистості поверхні ґрунту після дискування

Здатність ґрунту протистояти вдавлюванню в нього робочого органу ґрунтообробної машини є твердість ґрунту. Для визначення твердості ґрунту на глибині 250 мм використовувався твердомір Ревякіна та твердомір Wile Soil (рисунок 3.9), який працює за принципом вдавлювання вимірювального

органу в досліджуваний ґрунт. Перед використанням у твердомір був встановлений наконечник конічної форми (конус) з відомою площею вдавлювання діаметром 20 мм. Твердомір оснащений самописцем, за допомогою якого фіксувалася діаграма зміни сил вдавлювання вимірювального конуса в досліджуваний ґрунт. За отриманими даними виконувалась обробка результатів дослідів методами математичної статистики, з визначенням середньої арифметичної величини твердості ґрунту, середнього квадратичного відхилення та коефіцієнта варіації.



а



б

а – визначення твердості ґрунту пенетрометром Wile Soil; б – визначення твердості ґрунту твердоміром Рев'якіна.

Рис. 3.9. Визначення твердості ґрунту

Агрегатний стан ґрунту визначався за такою методикою: в 10 місцях по діагоналі ділянки накладали рамку площею 1 м². У такий спосіб визначалися

границі ділянки, яка досліджувалась. Далі підраховувалася кількість брил і обчислювалося середнє значення.

Для отримання даних щодо кількості бур'янів у 5-6 місцях по діагоналі ділянки накладали рамку площею 1 м². У визначених межах підраховували кількість непідрізаних бур'янів і отримували значення показника.

Для визначення допустимої кількості незаробленої стерні візуально оглядали оброблену ділянку. За необхідності в 3-5 місцях по діагоналі ділянки накладали метрову рамку та підраховували кількість непідрізаних бур'янів. У такий спосіб отримували дані щодо відповідного показника.

Оцінку якості виконання операції машинними агрегатами з дисковими робочими органами проводять за показниками, наведеними у таблиці 3.5 [275].

Таблиця 3.5 Агротехнічні вимоги до машинних агрегатів із дисковими робочими органами

Показники	Вимоги і допуски
Утримання глибини (для кожної культури повинна бути своя глибина),	не більше ± 20 мм від заданої (раніше не було)
Агрегатний стан ґрунту	грудки не більше 35 мм
Відхилення середньої фактичної глибини обробітку ґрунту від заданої, мм	не більше ± 15
Глибина западин або висота гребнів після обробітку, мм	не більше 40
Підрізання бур'янів, %	100
Допустима кількість незаробленої стерні, %	4

Усі механізовані технологічні операції взаємопов'язані між собою. Тільки за умови дотримання потреб агрокультури на всіх операціях можна отримати максимальну реалізацію біопотенціалу рослини і, навпаки, – недотримання потреб агрокультури не забезпечує високу її врожайність. Так, для рослини дуже важливо забезпечити рівномірність обробітку ґрунту по глибині. Технічний прогрес в аграрному машинобудуванні сьогодні дає можливість контролювати та забезпечувати рівномірність ходу робочих органів по глибині. Дотримання даного показника позитивно впливає на подальший передпосівний обробіток ґрунту та посів, чим позитивно впливає

на реалізацію біопотенціалу.

Агрегатний стан ґрунту – це сукупність взаємопов’язаних і «зцементованих» механічних елементів. Агрономічно цінною допосівною є грудкувато-зерниста структура з розміром агрегатів до 35 мм. Така структура зумовлює найбільш сприятливий повітряно-водний режим ґрунту.

Дослідженнями встановлено, що сучасні машини можуть забезпечувати оптимальний агрегатний стан ґрунту, тому під час обробітку ґрунту машинами з дисковими робочими органами необхідно контролювати утримання глибини та агрегатний стан.

Під час оцінки показників роботи дискових машинних агрегатів втрачають свою важливість такі показники, як перекриття суміжних проходів агрегатів та необроблені смуги. Це пов’язано з тим, що сучасні машини обладнані системою автоматичного підрулювання або взагалі автоматичною системою керування, які під час роботи машини не допускають необроблених ділянок.

Енергоспоживання і якісні показники роботи ґрунтообробних машин визначаються конструктивними особливостями їхніх робочих органів загалом. На переміщення та перемішування ґрунту впливають кути установки, діаметр і радіус кривизни дисків, а також швидкість їхнього обертання [78].

Якість роботи ґрунтообробних машин із дисковими робочими органами залежить від правильного вибору їхніх оптимальних параметрів і режимів роботи, які повністю визначаються не тільки їхніми конструктивними особливостями, але й умовами експлуатації. Залежність якості роботи від її умов деколи виявляється настільки відчутною, що виникає необхідність розробки модельного ряду машин для кожної ґрунтово-кліматичної зони. Більш того, у межах однієї й тієї ж ґрунтово-кліматичної зони, в умовах різних попередників і, навіть, одного й того ж поля, широкий діапазон зміни більшості властивостей ґрунту часто буває основною причиною порушення якості роботи [332].

Фізико-механічні та технологічні властивості складають досить складну

систему показників, від яких залежить якість роботи ґрунтообробних машин. Найважливішим із них є твердість ґрунту. Величина твердості ґрунту формується через її вологість, і ці дві властивості тісно пов'язані між собою [332].

На основі польових досліджень ґрунтообробних агрегатів встановлено, що на якість роботи машини істотно впливає тип ґрунту, його вологість, липкість, матеріал робочих органів, стан його поверхні і відносна швидкість робочого органу. На показники якості роботи дискового агрегату також істотно впливають поживні рештки та кореневища, їхня кількість та механіко-технологічні властивості.

Аналізуючи технічні дані агромашини, а саме роботу важких дискових борін, було з'ясовано, що заводськими рекомендаціями для встановлення машини на задану глибину обробітку є кут атаки робочих органів. Так, чим більший кут атаки, тим глибина також буде змінюватись у бік зростання, але це не єдиний метод регулювання глибини обробітку. Також на глибину ходу робочих органів та рівномірність по глибині буде впливати додатковий баласт, який збільшує загальну масу машини та забезпечує глибше проникнення робочих органів у ґрунт та частково згладжує «дрібні перешкоди» (ущільнення ґрунту, тверда фракція ґрунту, дрібні рештки рослинності) на шляху робочих органів.

Але є й перспективні методи зміни глибини обробітку. Так, можна цілеспрямовано регулювати зміною швидкості руху [254], адже сучасні енергетичні засоби можуть забезпечувати широкий швидкісний діапазон роботи агромашини відповідно до агровимог (потреб агрокультури). Однак, даний показник мало досліджений для сучасної техніки і не зовсім коректно використовується за регулювання глибини обробітку ґрунту.

На основі проведеного аналізу встановлено, що на глибину обробітку та рівномірність ходу робочого органу, а саме дискування, впливає, насамперед, твердість ґрунту, обробіток якого проводиться. Чим вища твердість ґрунту, тим важче прорізати його робочими органами і, відповідно, зменшується

глибина обробітку ґрунту, що призводить до порушення агровимог.

Провідне дослідження впливу кута атаки, додаткового баласту, швидкості руху та твердості ґрунту на якісні показники виконання дискування: рівномірність по глибині, агрегатний стан, гребенистість та кришення ґрунту.

Дослідження проводились у різних господарствах Сумської області та на різних агрегатах протягом 3-х років: дослідні поля Сумського НАУ, ПП “Надь”, ТОВ «Ворожба-Латінвест», СТОВ ім. Шевченка, ФГ «Кузін В.С.». досліджувалась робота таких машинних агрегатів: МТЗ 892 + УДА-2,4, New Holland + Quivogne APXTL 36, ХТЗ 17221 + УДА-3,1, Fendt 360 + Fradit 6000, К 701 + СОЛОХА, Т-150 + УДА-3,8, John Deere 8400 + БДТ-10, Т-150К + БДТ-7,0А, Fendt 936 + БГР 6,7, Case 270 + БГР 4,2 [43, 147].

Дискування ґрунту проводили після таких агрокультур, як: соняшник, кукурудза, озима пшениця, гречка.

Характеристика машин, які були досліджені, наведена нижче (табл. 3.6 та 3.7).

Таблиця 3.6 Технічна характеристика Quivogne APXTL 36

Тип	причіпна
Робоча швидкість, км/год., не більше	12
Маса, кг	3820
Число дисків, шт.	36
Відстань між дисками, мм	230
Діаметр дисків, мм	660
Агрегатування з енергетичним засобом	New Holland

Таблиця 3.7 Технічна характеристика дискових агрегатів типу УДА

Показник	УДА-2,4	УДА-3,1	УДА-3,8
1	2	3	4
Тип	причіпна		
Ширина захвату, м	2,4	3,1	3,8
Робоча швидкість, км/год., не більше	8-12	8-12	8-12
Число дискових батарей, шт.	4	4	4
Глибина обробітку, мм	50-180	50-180	50-180

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4
Маса, кг	1750	1950	3100
Габаритні розміри, мм	4600	4600	4850
довжина	2800	3550	4450
ширина	1350	1350	1900
висота			
Агрегатування з енергетичним засобом	МТЗ-892	ХТЗ 17221	Т-150

За вимогами агрокультур та з урахуванням особливостей ґрунтово-кліматичних умов встановлюють необхідну глибину обробітку ґрунту [157].

Регулювання глибини обробітку агромашин із дисковими робочими органами є також технологічними особливостями машин. Так, регулювання глибини обробітку Quivogne APXTL здійснюється за допомогою 2-х гідравлічних циліндрів із гідрокліпсами та посекційного регулювання та установки кута атаки дискових батарей (рисунок 3.10). Таким способом регулюється глибина обробітку від 40 до 180 мм.

Вітчизняні машини УДА-2,4, УДА-3,1, УДА-3,8, виробником яких є БілоцерковМаз, регулюються на глибину обробітку за допомогою зміни кута атаки від 12 до 21 град., як показано на рисунку 3.11. Отже, глибина обробітку змінюється від 50 до 180 мм.



Рис. 3.10. Робочий процес дискування ґрунту бороною Quivogne APXTL



Рис. 3.11. Регулювання глибини дискування за допомогою зміни кута атаки на агрегаті УДА-3,1

Під час проведення досліджень був використаний додатковий спосіб зміни глибини обробітку за допомогою використання додаткового баласту, який закріплювався на раму дискової борони УДА-3,1, як показано на рисунку 3.12.



Рис. 3.12. Регулювання глибини дискування за допомогою додаткового вантажу на агрегаті УДА-3,1

Згідно з методикою були дослідженні всі показники окремо.

Під час виконання дискування важливо контролювати рівномірність по глибині обробітку ґрунту (рис. 3.13), гребенистість поверхні ґрунту, чи знаходиться вона у встановлених межах (рис. 3.14), а також контролювати підрізування й заробку в ґрунт рослинних рештків (візуально). Під час проведення досліджень також проводилося вимірювання твердості ґрунту за допомогою твердоміру (рис. 3.15) [153].

Глибину ходу робочих органів заміряли, використовуючи спеціально виготовлений металевий щуп із поділами. Щуп занурювали в ґрунт, як це показано на рисунку 3.13, до тих пір, доки він не почне контактувати з підпошвою, утвореною диском. Після чого оцінювали позначку на шкалі щупа і фіксували її в робочих матеріалах. Отримані дані використовувалися для аналізу утримання глибини ходу робочих органів та відхилення середньої фактичної глибини обробітку ґрунту від заданої.



Рис. 3.13. Визначення рівномірності глибини після дискування

Визначення глибини западин та висоти гребнів після обробітку ґрунту агромашинами з дисковими робочими органами проводилось із

використанням двометрової рейки, покладеної на гребні, та лінійки, яку встановлювали на дно борозни (рисунк 3.14). Отримані дані фіксувались у робочих матеріалах.



Рис. 3.14. Визначення гребнистості поверхні ґрунту після дискування

Здатність ґрунту протистояти вдавлюванню в нього робочого органу ґрунтообробної машини є твердість ґрунту. Для визначення твердості ґрунту на глибині 250 мм використовувався твердомір Ревякіна (рисунк 3.9 б), який працює за принципом вдавлювання вимірювального органу в досліджуваний ґрунт. Перед використанням у твердомір був встановлений наконечник конічної форми з відомою площею вдавлювання діаметром 20 мм. Твердомір оснащений самописцем, за допомогою якого фіксувалася діаграма зміни сил вдавлювання вимірювального конуса в досліджуваний ґрунт. За отриманими даними виконувалась обробка результатів дослідження методами математичної статистики з визначенням середньої арифметичної величини твердості ґрунту, середнього квадратичного відхилення й коефіцієнта варіації [157].



Рис. 3.15. Визначення твердості ґрунту

Агрегатний стан ґрунту визначався за такою методикою: у 10 місцях по діагоналі ділянки накладали рамку площею 1 м^2 , у такий спосіб визначалися границі ділянки, яка досліджувалась. Подальшим кроком підраховувалася кількість брил і обчислювалося середнє значення.

Для отримання даних щодо кількості бур'янів, у 5-6 місцях по діагоналі ділянки накладали рамку площею 1 м^2 . У визначених межах підраховували кількість непідрізаних бур'янів і отримували значення показника.

Для визначення допустимої кількості незаробленої стерні візуально оглядали оброблену ділянку. За необхідності в 3-5 місцях по діагоналі ділянки накладали метрову рамку і підраховували кількість непідрізаних бур'янів. У такий спосіб отримували дані щодо відповідного показника.

Обприскування

Дослідження ефективності роботи обприскувача під час внесення робочих розчинів проводилось у лабораторії та в польових умовах.

Так, у лабораторних умовах досліджувалась ефективність роботи струйних та інжекторних форсунок. Дослідження проводились у повітряному каналі (рис. 3.16) [12].



Рис. 3.16. Повітряний канал для випробування форсунок [12]

Повітряний канал для випробування форсунок складається з камери, у верхній частині якої монтується імітація штанги. У боковій частині встановлений кожух із нагнітачем, з протилежної сторони з відводом повітря з робочим розчином. Мета дослідження – встановити вплив сили вітру та розташування форсунок на якість внесення робочого розчину.

Полеві дослідження якості роботи обприскувача проводилися на базі Агрохолдингу «Кернел» на базі підприємства «Дружба Нова» Варвинського району Чернігівської області. Метою дослідження було встановити якість внесення робочого розчину залежно від швидкості руху та висоти штанги над поверхнею поля [274, 275, 276]. Для цього використовували «лакмусові папірці», які реагували на потрапляння на них води і фарбували це місце кольором. Для визначення якості розподілення рідини в штанзі обприскувача

та якості розпилення за зміни швидкості спочатку розкладали папірці по поверхні поля, звільняючи місце під них від рослинних рештків попередника. Папірці розкладались через 2 метри (рис. 3.17). Враховуючи те, що ширина обприскувача була 36 м, папірці розкладали на ширині проходу 40 м для аналізу зносу робочого розчину (рис. 3.18). Після проходу машини папірці збирали та аналізували якість розподілення розчину (рис. 3.19) Кольором гумки позначали номер дослідження та напрям руху агрегату. Для встановлення якісних показників роботи, залежно від диференційованих умов (температура, вологість, роса) та часу доби, польові дослідження проводились упродовж 24 год.

Для встановлення якості внесення робочого розчину, залежно від висоти штанги, нами використовувався штифт, на якому через кожні 25 см розташовувалася поличка з «лакмусовим папірцем». Папірець кріпився в такий спосіб, щоби встановити потрапляння рідини та її кількість з усіх боків. Штифт вкопували в землю і виставляли чітко перпендикулярно поверхні поля. Після проходу машини витримували папірці 30 хв. потім маркували їх та забирали для дослідження.



а) розташування паперцю безпосередньо на ґрунті;



б) розташування папірців на стойці

Рис. 3.17. Розкладання папірців для контролю якості внесення робочого розчину



Рис. 3.18 Внесення ЗЗР обприскувачем Horsch Leeb



Рис. 3.19. Результати внесення ЗЗР обприскувачем Horsch Leeb

Збирання

За результатами польових досліджень було встановлено, що залежно від термінів, тривалості проведення збирання та якості забезпечення проходження збирання (налаштування комбайна, режимів роботи, контролю за роботою техніки) втрати можуть сягати до 16-18 % від біологічної врожайності [174]. Одним зі шляхів збільшення валового збору є зниження втрат, забезпечення збереження високих продовольчих, кормових та посівних якостей за збирання, транспортування, післязбиральної доробки та зберігання.

Цього досягають внаслідок скорочення тривалості збирання до мінімуму, з верхньою межею процесу збирання не більше 5 діб тому, що починаючи з п'ятої доби, настає істотне зниження склоподібності та зменшується маса 1000 зерен, а затримка на 10-20 діб суттєво знижує масову частку білка та клейковину [367].

Під час збирання дуже важливим є забезпечення ефективного розподілення рослинних рештків по поверхні поля за мінімальної витрати палива та максимальної продуктивності комбайна [11]. Від висоти стерні, ступеня подрібнення рештків соломи [21] та рівномірності розподілення рослинних рештків на поверхні поля залежить проростання насіння, розповсюдження гризунів та хвороб [19]. Подрібнюючий пристрій комбайна повинен забезпечувати якісне дроблення соломи – 90 % всіх частинок повинно бути менше 80 мм. Якість роботи розподілення характеризується неоднорідністю розподілу рештків у разі підвищених швидкостей роботи, яке є результатом збільшення подачі матеріалу до комбайну. Чим більше матеріалу потрапляє до комбайну за одиницю часу, тим гірше рівномірність розподілу рослинних рештків [21]. Це зумовлено неузгодженістю подачі до комбайна маси та потужності двигуна комбайна, площі підбирання, соломотрясу й решіт очищення [224]. Водночас витрата палива є дуже важливим параметром, оскільки він безпосередньо пов'язаний з економікою використання агромашин.

Отже, прибуткова система землеробства повинна мінімізувати витрату палива машинами в сільському господарстві [224], оскільки за збирання на пальне припадає від 19 до 30 % витрат [15]. Вищевикладене вказує на необхідність проведення досліджень та обґрунтування режимів та параметрів роботи в реальних польових умовах.

Для ефективної роботи господарства доцільно провести дослідження ефективності роботи комбайна та виявити ризики на стадії розробки бізнес-плану [15].

На процес збирання істотно впливають кліматичні зони та рельєф місцевості, де проводиться збирання, тому дослідження показників ефективності роботи збиральних агрегатів доцільно проводити в кожному регіоні. Надійні дані потрібні для планування стратегії врожаю [37].

Мета дослідження полягала у визначенні якісних показників та дослідженні експлуатаційних характеристик зернозбиральних комбайнів за збирання ранніх зернових (пшениця озима), визначенні продуктивності комбайнів та фактичної витрати пального для конкретних ґрунтово-кліматичних умов, перевірки у виробничих умовах методики дослідження техніко-експлуатаційних показників, використовуючи комбайн John Deere S680i із жаткою John Deere 630f.

Збирання аграрних культур є одним із самих відповідальних та енергоємних процесів виробництва продукції рослинництва. У структурі загальних витрат на виробництво аграрних культур в Україні збирання потребує 31-50 % витрат енергії і 45-60 % трудовитрат [225]. З огляду на постійне зростання вартості техніки та витрат на паливо-мастильні матеріали, важливим завданням є забезпечення мінімальної собівартості процесу збирання, а також збереження накопиченої енергії упродовж усього періоду вегетації агрокультури. Необхідно забезпечити мінімальні втрати за обмолоту та мінімальне травмування зерна. Втрати зерна за обмолоту та сепарації, пошкодження зерна, витрата палива й поєднання продуктивності розглядаються як базові критерії оцінки роботи комбайна в польових умовах.

Усі вищевказані критерії дуже важливі й тісно пов'язані з умовами праці [37].

Втрати озимої пшениці ведуть до засмічення поля пророслим зерном та зростання популяції шкідників та хвороб, що невпинно веде до додаткових витрат на боротьбу з відповідними явищами. Необхідно також забезпечити мінімальні строки збирання з обов'язковим урахуванням погодних умов на вибраний час для проведення операції, оскільки волога погода зупинить збирання, а в утвореному середовищі активно поширюються хвороби, які призводять до почорніння зародку, збільшення частки забрудненого зерна та його проростання в колосі [367]. Отже, зменшується закупівельна ціна на продукцію.

Дослідження проводилися в польових умовах на комбайнах Case IH Axil Flow 8230 – 2 одиниці, Massey Ferguson MF T7, John Deere S680i, Claas Lexion 760, New Holland CR9.80, які використовуються в Товаристві з обмеженою відповідальністю «Пальміра», кластер групи компаній «Кернел». Технічна характеристика комбайнів, наприклад: показники двигуна, обмолочуючого та сепаруючого обладнання, об'ємних характеристик бункеру та паливного бака взяті з інструкції по експлуатації і представлені в таблиці 3.8 [45].

Об'єкти досліджень та їхня технічна характеристика представлені на рисунках 3.20-3.24 та в таблиці 3.8:



Рис. 3.20. Case IH Axil Flow 8230 + Case IH 3020 Flex (C IH A F 8230 + C



Рис. 3.21. Massey Ferguson MF T7 + Massey Ferguson 8200 (M F MF T7 + M F 8200)



Рис. 3.22. John Deere S680i + John Deere 630f (J D S680i + J D 630f)



Рис. 3.23. Claas Lexion 760 + Claas Cerio 930 (C L 760 + C C 930)



Рис. 3.24. New Holland CR9.80 + New Holland 740CF-30'DD (NH CR9.80 + N H 740CF-30'DD)

Таблиця 3.8 Технічні характеристики досліджуваних машин

	Параметр	J D S680i	C IH 8230	N H CR9.80	C L 760	M F M F T7
1	2	3	4	5	6	7
Двигун	Кількість циліндрів, шт.	6	6	6	6	7
	Об'єм двигуна, см ³	13500	12900	12900	12500	9800
	Номінальна потужність, к. с.	473	476	489	431	375

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5	6	7
	Максимальна потужність, к. с.	540	516	530	461	451
Ротор	Розташування ротора	Повздовжнє	Повздовжнє	Повздовжнє	Повздовжнє	Поперечне
	Кількість роторів, шт.	1	1	2	2	1
	Діаметр, мм	762	762	559	445	762
	Довжина, мм	3 124	2623	2638	4200	2235
	Частота обертання, об./хв	380-1000	220-1180	200-1050	360-1050	336-900
	Частота обертання з редуктором, об./хв.	210-550			166-483	180-480
Сепарація	Площа основного підбарабання, м ²	1,1			1,06	0,61
	Площа обмолоту та сепарації, м ²	1,54	2,98	3,06	4,45	3,89
	Загальна площа системи очищення, м ²		6,5	6,54	5,1	4,99
	Швидкість обертання вентилятора об./хв.	620...1350	300...1150	200-1050	640-1660	1250
	Система домолоту	Even Max – Активне повернення недомолоту з додатковим бітером	Трьохбарабанний механізм	Roto-Tresh – двойна	Неавтономна, повного циклу	Двоступенева
Бункер	Ємність зернового бункеру, м	14100	12330	12500	11000	13743
	Швидкість вивантаження, л/сек.	135	113	126	130	141
Паливний бак	Місткість, л	1250	1000	1000	1150	870

Під час аналізу ефективності роботи комбайнів використовувалися наступні критерії та методи оцінки якості роботи досліджуваних машин:

1. Культура, що збирається — пшениця озима
2. Діапазон урожайності культури — 6-9 т/га

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 3. Висота зрізу стерні | – max 12 см |
| 4. Витрата пального | – хронометражний замір |
| 5. Продуктивність | – хронометражний замір |
| 6. Кількість битого зерна | – лабораторний аналіз |
| 7. Втрати після проходу комбайну | – мобільна лабораторія |
| 8. Розподіл по ширині захвату жатки | – рівномірний з повним покриттям ширини захвату жатки |

Хронометражний замір

Дослідження основних техніко-економічних показників роботи комбайна проводилися методом хронографії часу і хронометражу, з урахуванням вимог застосування методики хронометражу за ГОСТ 24055-88 [140].

Спостереження проводилося за кожним елементом певної технологічної операції. Час заміряли секундоміром із точністю до 1 секунди, середня довжина гонів поля замірялася з точністю до 10 м, ширина захвату агрегатом – з точністю до 1 см, рівень палива в паливних баках – з точністю до 1 мм.

Використовувалися:

- секундомір механічний за ГОСТ 5072-79Е, клас точності 3,0;
- рулетка вимірювальна завдовжки 50 м, за ГОСТ 7502-80, клас точності 3,0;
- лінійка вимірювальна завдовжки 3,5 м, за ГОСТ 427-75;
- вимірювальний градуйований щуп довжиною 1 м, за ГОСТ 427-75.

Хронографія часу проводилася з послідовним фіксуванням усіх видів витрат часу, відповідно до елементів механізованих технологічних операцій збирання озимої пшениці разом із виміром виконаного обсягу робіт і фактичних витрат палива.

Запис часу проводився послідовно, починаючи з обслуговування та підготовки машинного агрегату до роботи (технічне обслуговування), і поєднував у елементи технологічного процесу, його корисної роботи в загінці (робочий хід), витрати часу на простой агрегату в загінці з різних причин

(технологічних, технічних та організаційних), на холостий хід та повороти.

Отримані під час проведення дослідження дані заносилися до листа спостережень. З початку робочої зміни здійснювався запис часу до листа хронометражу. Початком елемента технологічної операції був момент закінчення попереднього елемента. Під час поєднання кількох елементів операції зазначався найбільш тривалий із них. Решту елементів зазначали в примітці як супутні. У випадках, коли на виконання якогось елемента технологічної операції часу витрачалось більше, ніж за нормою, у примітці листа зазначали причину.

Під час роботи агрегату тривалість елемента операції замірювалася та записувалася.

Якщо впродовж зміни доводилося переїздити з однієї ділянки на іншу, фіксувалися як тривалість, так і відстань переїзду.

Під час обробки листів спостережень визначалися середня ширина захвату агрегатом, середня робоча швидкість руху агрегату під навантаженням, продуктивність агрегату за годину чистої роботи, витрати палива на 1 га.

Середня робоча ширина захвату машинного агрегату, що досліджувався, визначається за формулою:

$$B_p = \frac{C}{n}, \text{ м}, \quad (3.7)$$

де C – ширина смуги площі обробітку за час спостережень, м; n – кількість проходів машинного агрегату.

Середня робоча швидкість машинного агрегату визначається за формулою:

$$V_{cp} = \frac{l_{cp} \cdot n}{1000 \cdot T_p}, \text{ км/год.}, \quad (3.8)$$

де l_{cp} – ширина смуги площі обробітку за час спостережень, м; T_p – чистий робочий час за період спостережень, год.

Годинна продуктивність машинного агрегату на ділянці визначається за

формулою:

$$W_{год} = \frac{W_{зм}}{T_{зм}}, \text{ га/год.} \quad (3.9)$$

Дослідження втрат за комбайнами

Дослідження показників якості зернозбиральних комбайнів проводилось за ОСТ 70.8.1-81.

Визначення врожайності зерна

Урожайність визначалася за результатами зважування зерна за відбору проб на якість роботи машини з урахуванням всіх видів втрат, але без урахування сміттевої домішки.

Устаткування, яке використовувалося під час проведення досліджень:

- пробовідбірник (візок, мішки 4х3, 5х4, 2х1,5 м);
- динамометр пружинний загального призначення по ГОСТ 13837-68, з ціною поділки 1 кг, у діапазоні вимірювань 0-100 та 0-200 кг;
- вологомір зерна;
- секундомір;
- ваги електричні;
- дільник насіння;
- бюкси;
- сушильна шафа;
- дошки розбірні;
- мобільна лабораторія;
- шпателі;
- мішки стандартні і сумочки розміром 20х30 см.

Підготовка до відбору і відбір проб.

Для відбору проб у 60 м від краю поля виділявся прокос ділянки посіву. Довжина ділянки відповідала довжині гону поля – 1020 м, поле прямокутної форми. Ширина ділянки давала змогу проводити відбір усіх проб від порівнюваних комбайнів.

Перед відбором проб комбайн налаштовували на оптимальний режим, відповідно до умов випробування. Встановлені параметри режиму фіксувалися в журналі випробувань.

Під час кожної повторності дослідів від комбайна відбиралися такі продукти обмолоту для аналізу:

- зерно з бункера;
- солома;
- полови.

Під час вивантаження зерно відбиралося в сумочку в 5-6 прийомів, середній зразок масою 2-2,5 кг для аналізу. У буюкси відбиралися проби соломи й полови для аналізу на вологість.

Солому, полови й зерно, зібрані з облікової ділянки, зважували за допомогою ваг із точністю до 1 кг і позначали етикетками.

Аналіз проб

Під час аналізу зерна виділяють відповідно до ГОСТ 10839-64 дві наважки масою згідно з ГОСТ 10939-64. Аналіз проводили за ГОСТ ІС939-64.

Навішування розбирали на наступні фракції:

- основне зерно;
- зерно в колосках і плівках;
- дроблене зерно;
- смітна домішка.

Усі фракції зважували й вираховували їхній процентний уміст із точністю до сотої частки відсотка за формулою:

$$\Delta q = \frac{q_i \cdot 100}{Q}, \quad (3.10)$$

де Δq_i – уміст основного зерна або інших фракцій; q_i – маса фракції у наважках, г; Q – маса наважки, г.

Уміст дробленого, обваленого і тріснутого зерна визначають у відсотках до маси зерна в наважці.

Масу 1000 зерен визначали згідно ГОСТ 10842-76, результати фіксували в журналі.

За кожним показником якості зерна обчислювали середнє значення з трьох повторностей на кожному режимі і фіксували в журналі.

Визначення кількості втрат зерна

Під час проведення збирання визначали втрати, використовуючи лотки (рисунок 3.25), які розміщували під комбайном. Отриману масу після проходу комбайна відсортовували за допомогою мобільної лабораторії (рис. 3.26) та проводили зважування за допомогою вагів (рис. 3.27, 3.28). Отримані результати заносили до журналу спостережень.



Рис. 3.25. Визначення втрат після проходу комбайну на площі 1 м²



Рис. 3.26. Провіювання рослинної маси за допомогою мобільної



Рис. 3.27. Зважування втрат, отриманих дослідним шляхом

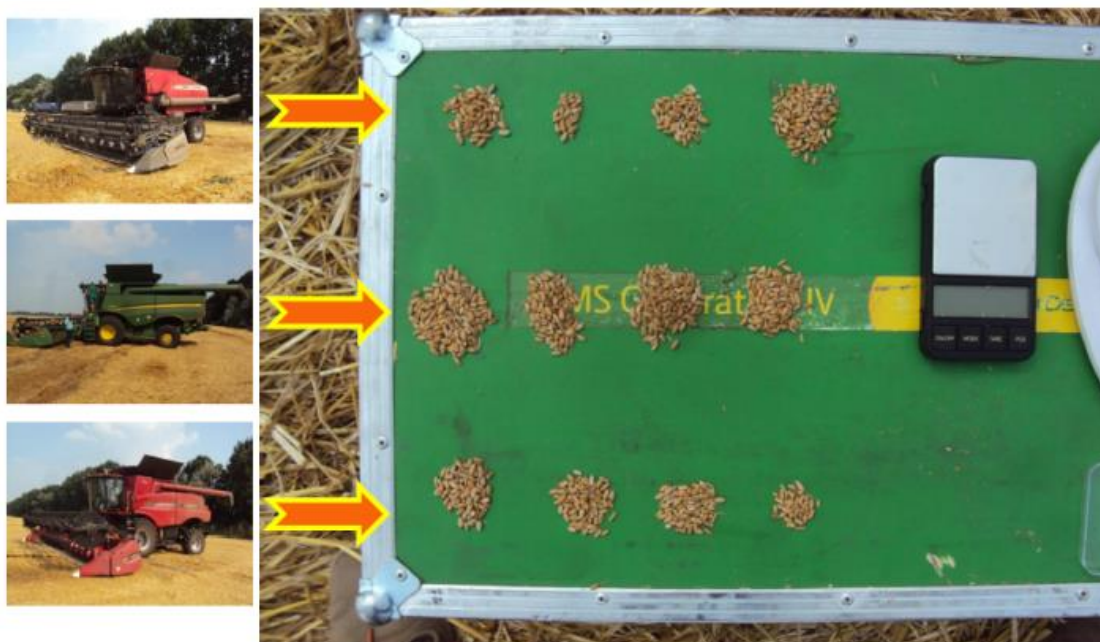


Рис. 3.28. Визначення кількості втрат зерна після проходу комбайна

Визначення битого зерна

Для визначення мікропошкодження, після аналізу навішування від цілого зерна, відбирали поспіль дві проби по 100 шт. Кожну пробу поміщали в паперовий пакетик, у якому вказували всі вихідні дані (марку комбайна, дату взяття дослідного зразка, номер досвіду й повторності тощо). Отже, від

кожного середнього зразка було відібрано по чотири проби, що становить 400 зерен.

Зерна переглядали через лупу і виділяли зерна з вибитим зародком, пошкодженим зародком і пошкодженою оболонкою зародка.

Мікропошкодження обчислювали з точністю до десятої частки відсотка. Втрати в щілини комбайна визначали в трьох повторювань. Наприкінці досліду зерно прокидалося на щит, збиралося і зважувалося з точністю до 1 г.

3.2.2. Методика обчислювальних експериментів

Лабораторні дослідження проводились із використанням розробленої методики визначення техніко-експлуатаційних показників та показників якості *«Машинний агрегат»* [247].

Сучасні методи інформаційних технологій дають змогу значно спростити та здешевити результати оцінки роботи машинних агрегатів. Результат розрахунку, отриманий у лабораторних умовах, відповідає результату хронометражних спостережень у виробничих умовах (різниця становить $> 5 \%$).

Робота з комп'ютерною програмою «Машинний агрегат».

Основною умовою для проведення розрахунків є достовірна база даних.

Вхідними параметрами комп'ютерної програми *«Машинний агрегат»* є конструктивні параметри енергетичних засобів і агромашин, а також агрокліматичні та фізико-механічні умови їхньої роботи за виконання тих чи інших механізованих операцій за умови забезпечення агротехнічних вимог.

Основними вихідними параметрами реалізації програми є результати роботи машинних агрегатів з урахуванням вартості та якості виконання механізованих робіт.

На рисунку 3.29 представлена схема щодо дослідження (розрахунку) енергетичного засобу.

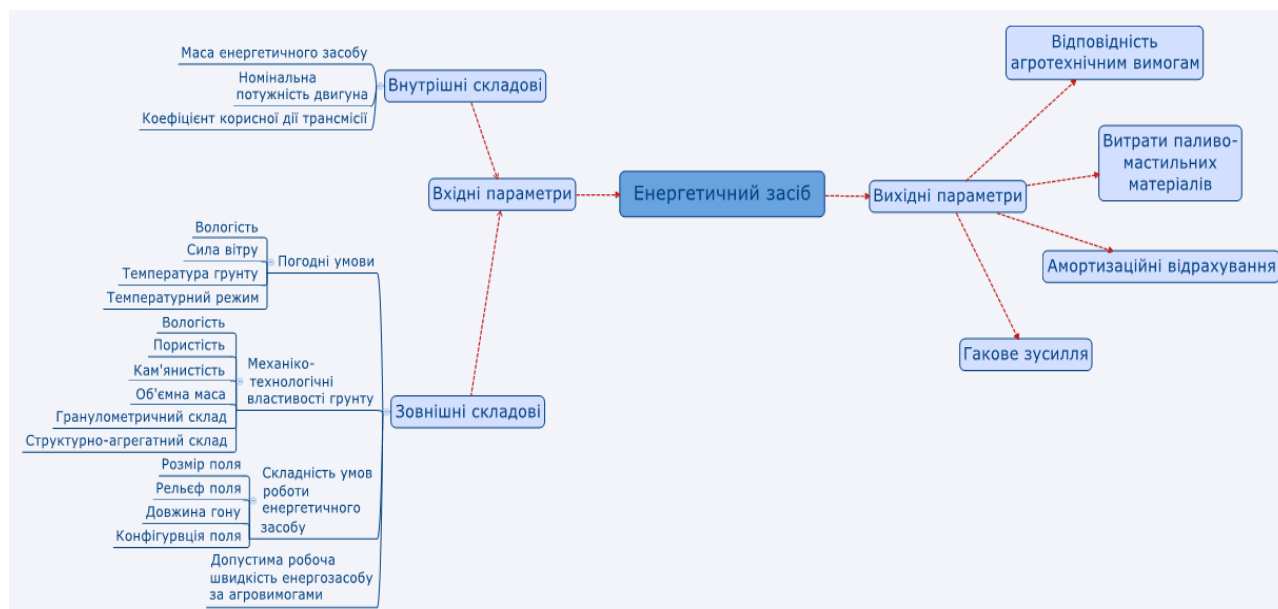


Рис. 3.29. Схема дослідження енергетичного засобу

Результати підготовки бази даних за енергетичними засобами для використання їх у зазначеній програмі «Машинний агрегат» наведено на рисунку 3.30.

Оформление		Главная		Вставка		Разметка страницы		Формулы		Данные		Рецензирование		Вид		Выход											
Вставить		Аrial Cyr		10		A A		Перенести текст		Общий		Условное форматирование		Форматировать как таблицу		Вставить Удалить Формат		Автосумма		Заполнить		Сортировка		Найти и заменить		Выделить	
Буфер обмена		Ж К У Ч		Шрифт		Г		Объединить и поместить в центре		Число		Стили		Ячейки		Редактирование											
Предупреждение системы безопасности																											
Автоматическое обновление ссылок отключено																											
Включить содержимое																											
L10																											
1 A B C D E F G H I J K L M N O P																											
2 Джон Дір 8420 181 2 60.0 198 200 10.00 195000 1600 1 2.20 0.98 0.98 Трактор колісний 4К4 клас 6																											
3 Джор Дір 9430 220 2 60.0 316 200 20.10 442000 1600 3 2.20 0.98 1.00 Трактор колісний 4К4 клас 6																											
4 Джон Дір 9530 221 2 65.0 351 200 20.30 480000 1600 3 2.20 0.98 1.00 Трактор колісний 4К4 клас 6																											
5 K-701 1 2 65.0 220 245 13.00 86435 1500 1 2.70 0.92 1.00 Трактор колісний 4К4 клас 5																											
6 K-700A 2 2 60.0 158 245 12.30 59800 1500 1 2.20 0.80 1.00 Трактор колісний 4К4 клас 5																											
7 Умовні позначення колонок:																											
8 1 - Марка енергетичної машини; 4 - Основний технологічний параметр(максимальне тягове зусилля для тракторів, кН; вантажопідйомність для автомобілів, т, пропускна																											
9 2 - Шифр енергетичного засобу; здатність для комбайнів, кг/с);																											
10 3 - Тип енергетичної машини: 5 - Потужність двигуна, кВт;																											
11 0 - людина; 6 - Питома витрата палива, г/кВт*год (г/км);																											
12 1 - гусеничні трактори; 7 - Експлуатаційна маса, т;																											
13 2 - колісні трактори 4К4; 8 - Світова ціна, \$;																											
14 3 - колісні трактори 4К2; 9 - Нормативне річне завантаження, год;																											
15 4 - самохідні комбайни; 10 - Система ТОР (визначає ресурс енергетичного засобу до 1-го капітального ремонту:																											
16 5 - автомобілі-самоскиди (бензинові); 1- стара система; 2 - нова система; 3 - система для іноземної техніки.																											
17 6 - автомобілі-самоскиди (дизельні); 11 - Виробіток енергомашини в умовних гектарах за годину (для гусеничних - K=0.06G+0.01Ne; решти - K=0.05G+0.01Ne);																											
18 7 - автомобілі бортові (бензинові); 12 - Коефіцієнт надійності енергозасобів;																											
19 8 - автомобілі бортові (дизельні); 13 - Коефіцієнт забезпечення агроумов.																											
20 9 - електродвигун; 14 - Знаком (+) відмічаються енергетичні засоби, які необхідно включити у розрахунок.																											
21																											

Рис. 3.30. Загальний вигляд бази даних за енергетичними засобами

Дослідження агромашини.

Схема дослідження агромашини представлена на рисунку 3.31.

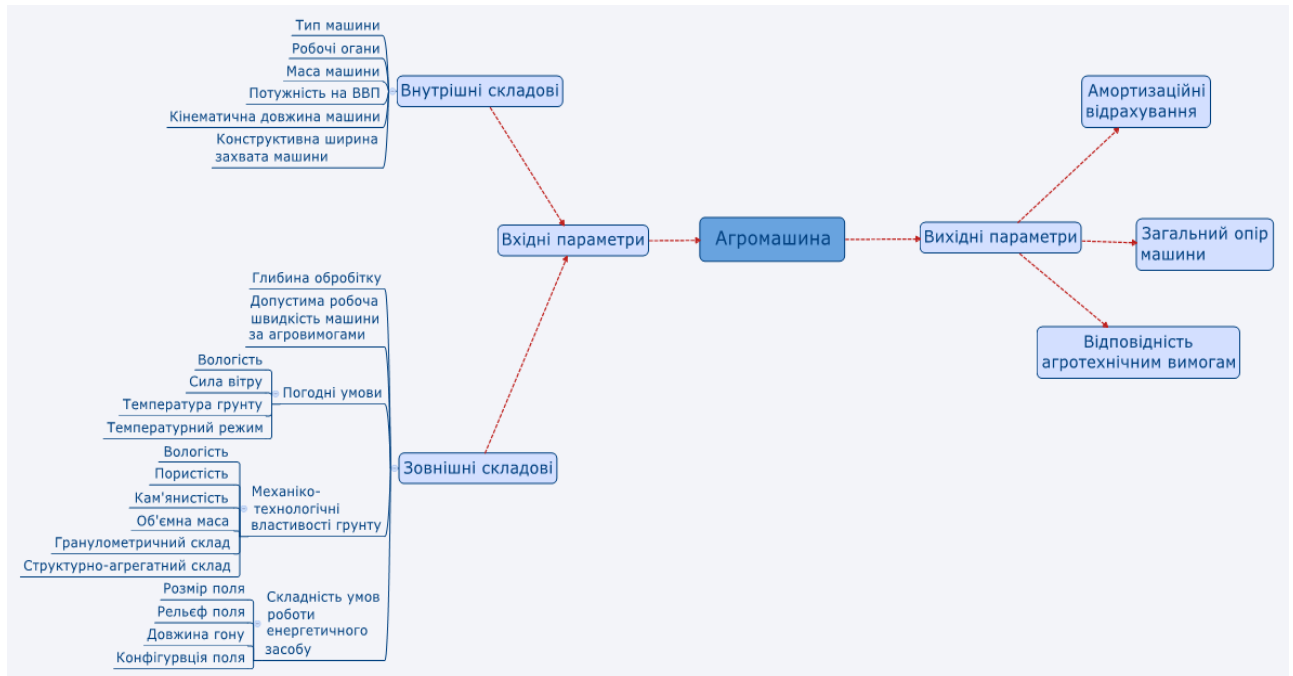


Рис. 3.31. Схема дослідження агромашини

Результати підготовки бази даних за агромашинами для використання їх у зазначеній програмі «Машинний агрегат» наведено на рисунку 3.32.

ФАЙЛ

ГЛАВНАЯ

ВСТАВКА

РАЗМЕТКА СТРАНИЦЫ

ФОРМУЛЫ

ДАННЫЕ

РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ

ВИД

Вставить

Буфер обмена

Анал

Сур

10

А

А

Ж

К

М

Ш

И

Ч

С

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

Рис. 3.32. Загальний вигляд бази даних за агромашинами

Дослідження машинного агрегату.

Схема дослідження машинного агрегату представлена на рисунку 3.33.



Рис. 3.33. Схема формування досліджень машинного агрегату

Для отримання економічних показників необхідно мати додаткову інформацію. Для цього методика доповнена наступними довідковими даними (рис. 3.34).

Вирощування агрокультур супроводжується певними технологічними операціями. Так само робота кожної певної механізованої технологічної операції якісно забезпечується машинним агрегатом.

Файл

Головна

Вставка

Розметка сторінок

Формули

Дані

Рецензування

Вид

Вставити

Аrial Сег

10

А

А

Ж

К

Ц

Ч

Буфер обміну

Шрифт

Вирівнювання

Число

Общий

Условное форматирование

Форматировать как таблицу

Стили ячеек

Вставить Удалить Формат Ячейки

Σ Автосумма

Заполнить

Очистить

Сортировка

Найти и выделить

Редактирование

Вход

В12

Вирівнювання

Число

А

В

С

Д

Е

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

Рис. 3.34. Загальний вигляд бази даних із довідковою інформацією

Кожний машинний агрегат, за умовами роботи, має свої як технологічні, так і технічні показники. Беручи до уваги цей факт, розроблено декілька підходів для визначення показників роботи машинних агрегатів. У методиці ці

групи машин розбиті на категорії: орний агрегат, простий агрегат, багатомашинний агрегат, самохідний та причіпний збиральний агрегат, автомобілі.

За результатами проведених досліджень отримано результат, який поділяється на дві складові: показники якості роботи машинного агрегату та експлуатаційно-економічні показники. Кожен результат включає технічні та технологічні показники, зумовлені конструктивними особливостями машин, технологічними вимогами та умовами роботи машинного агрегату (рисунки 3.35, 3.36). На основі відповідних даних формується результат досліджень за відповідними показниками.

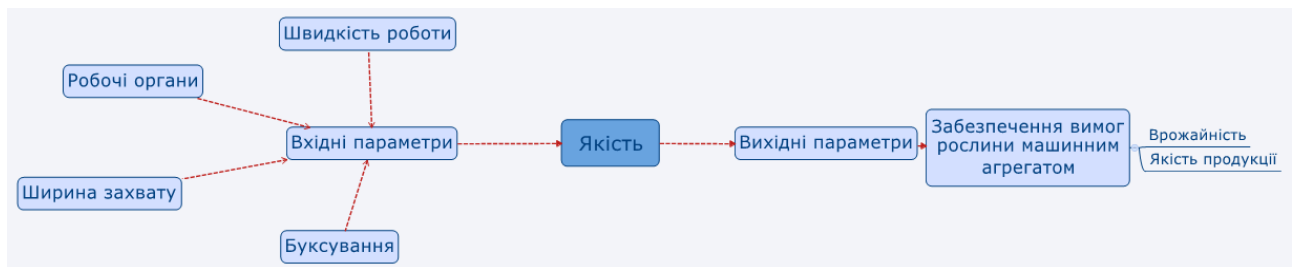


Рис. 3.35. Схема формування досліджень машинного агрегату за показником якості



Рис. 3.36. Схема формування результату досліджень машинного агрегату за експлуатаційно-економічними показниками

Під час розрахунку будь-якого агрегату вікно умовно поділяється на три частини: вхідні дані (рис. 3.37), експлуатаційно-економічні показники розрахунків (рис. 3.38), показники якості (рис. 3.39).

№	А	В	С	Д	Е	Г	Н	І	К	Л	М	О	Р	Q	R
1	Склад орного машинного агрегату														
2	Енергетичний засіб	Тип	Рдоп	N	q	G	C	t	Kп	Kn	Ka				
3	ХТЗ-150-05	206	1	37.0	129	220	8.15	52000	2000	2	1.65	0.80	1.00	Трактор гусеничний клас 3 ХТЗ-150-05-09	
4	Агромашина	Тип	В	V		G	C	t	n	Kд	Kn	Ka			
5	ПЛН-5-35	4	1	1.80	7	0.0	0.90	1700	240	1	0	4.2	0.98	0.93	Плуг лемішний 5-корпусний
6	Вхідні дані														
7	Фон поверхні ґрунту				3	Спосіб руху агрегату				1					
8	Питомий опір ґрунту, кН/м2				7	Віддаль від парку до поля, км				1					
9	Умови роботи машинного агрегату				3										
10	Рельєф, %				3										
11	Глибина обробки ґрунту, см				25										
12	Довжина гонів, м				1200										

Рис. 3.37. Загальний вигляд вікна з відображенням вхідних даних

№	А	В	С	Д	Е	Г	Н	І	К	Л	М	О	Р	Q	R	S	T	U	V
15	Результати розрахунку																		
16	Енергетичний засіб					Агромашина					Машинний агрегат								
17	Коефіцієнт опору руху				0.066	Коефіцієнт опору руху				0.076	Коефіцієнт використання тягового зусилля				0.69				
18	Коефіцієнт зчеплення ведучого апарату				1.019	Сила опору перекошування, кН				0.07	Коефіцієнт КТО				0.42				
19	Дотична сила тяги, кН				56.39	Сила опору підйому, кН				0.27	Буксування, %				2.45				
20	Сила зчеплення, кН				80.55	Сила опору виконання процесу кН				33.18	Фактична швидкість агрегату, км/год				6.83				
21	Сила опору перекошування, кН				5.34	Загальний опір агрегату, кН				33.52	Потужність на перекошування, кВт				10.13				
22	Сила опору підйому, кН				2.45						Потужність на підйом, кВт				4.64				
23	Рухлива сила, кН				48.00						Потужність на буксування, кВт				2.69				
24											Потужність на тягу, кВт				63.58				
25											Ефективна потужність, кВт				102.97				
26											Коефіцієнт використання потужності				0.80				
27																			
28	Кінематика машинного агрегату																		
29	Радіус повороту агрегату, м				2.88	Час зміни, год				7.00	Продуктивність агрегату, га/год				0.90				
30	Довжина вилучу агрегату, м				5.85	Час на переїзд до поля, год				0.11	Затрати праці, люд-год/га				1.11				
31	Шириня поворотної смуги, м				10.17	Час витрачений на ТО енергомашини, год				0.40	Витрата палива, кг/га				25.25				
32	Робоча довжина гону, м				1179.66	Час витрачений на ТО агромашини, год				0.04	Вартість палива, грн/га				478.28				
33	Довжина колісного ходу, м				15.24	Витрати часу на повороти, год				0.19	Вартість опів, грн/га				10.11				
34	Шириня захвату агрегату, м				1.98	Час на фазовий потреби, год				0.90	Сплата праці, грн/га				126.97				
35						Основний час, год				4.65	Амортизація, грн/га				149.32				
36	Коефіцієнт робочих годин				0.84	Коефіцієнт використання часу зміни				0.66	Витрати на ТО, грн/га				160.73				
37											Прямі експлуатаційні затрати, грн/га				925.41				
38																			
39	Зведені показники агрегату																		
40	Склад МА	Продуктивність, га/год	Затрати праці, люд-год/га	Витрата палива, кг/га	Прямі експлуатаційні затрати, грн/га														
41	ХТЗ-150-05	0.90	1.11	25.25	925.41														
42	ПЛН-5-35																		
43																			
44																			
45																			

Рис. 3.38. Загальний вигляд вікна з відображенням результатів розрахунку – експлуатаційно-економічні показники

№	А	В	С	Д	Е	Г	Н	І	К	Л	М	О	Р	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	Склад простого машинного агрегату																				
2	Енергетичний засіб	Тип	Рдоп	N	q	G	C	t	Kп	Kn	Ka										
3	Fendt 936	251	2	58	265	195	10.83	216000	1500	3	3.3	0.91	0.92	Трактор колісний 4K4 клас 5							
4	Агромашина	Тип	В	V		G	C	t	n	Kд	Kn	Ka									
5	БПР-6.7	715	1	6.7	0	0	7.7	14500	200	2	0	5.1	0.96	0.76	Борона дискова важка (трактори класу 240 кН і вище) Солоха						
47	Коефіцієнт якості (відповідність агротехнічним вимогам) машинного агрегату																				
48	0.27																				
49	Енергозасоби																				
50	0.86																				
	Агромашина																				
	0.3116																				

Рис. 3.39. Загальний вигляд вікна з відображенням результатів розрахунку – показник якості виконання механізованої технологічної операції машинним агрегатом

3.3. Висновки до розділу 3

1. Розроблена програма та методика, які були підготовлені відповідно до нормативних документів із дослідження якості роботи машинних агрегатів на

основі й урахуванням Українських стандартів, стандартів Європейського союзу та США. Дослідження виконувалися відповідно до спільних наукових досліджень із ЛКМЗ та Bednar, з використанням техніки Elvorti, Horchs, Claas, AVS Airbar, John Deere, Case IH, Lemken в умовах України та Чеської республіки з використанням навігаційного обладнання та електронних ресурсів apps.sentinel-hub.com; eos.com/crop-monitoring/main-map/fields/all; fieldlook.com; onesoil.ai. Це дало змогу підтвердити адекватність розробленого програмного продукту «Механізовані агротехнології. Якість та ефективність».

Це дало змогу забезпечити високу достовірність отриманих результатів.

2. Досліджено техніко-експлуатаційні характеристики машинних агрегатів для вирощування та збирання аграрних культур лабораторно-польовими, виробничо-хронографічними та аналітичними методами. Встановлені режими роботи агрегатів із найвищими коефіцієнтами якості виконання робіт на основних технологічних операціях. Доведено, що кожний машинний агрегат, за умовами роботи, має свої як технологічні, так і технічні та якісні показники. За результатами проведених досліджень отримано результат, який поділяється на дві складові: експлуатаційно-економічні показники та показники якості роботи машинного агрегату.

РОЗДІЛ 4

ЗМІНА ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ, ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ Й РОСЛИНИ В РІЗНІ ПЕРІОДИ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ (РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ)

У розділі «Теоретичні основи керованої системи «Механізовані агротехнології. Якість та ефективність»» розглянуті умови, які потребує агрокультура для максимальної реалізації коефіцієнта біологічного потенціалу рослини та для забезпечення споживчих якісних властивостей. У відповідному розділі представлена розроблена схема з показниками та значеннями (межами) для кожного з них, які чітко вказують на потреби агрокультури на кожному з етапів.

На рисунку 2.1 розглянуті етапи, за якими проходить розвиток агрокультури з насінини до кінцевої продукції. Дотримання оптимальних умов на кожній стадії етапу росту й розвитку рослини забезпечує максимальне розкриття біологічних особливостей сорту чи гібриду.

Необхідно зауважити, що кожна агрокультура має свої індивідуальні потреби і вимоги до ґрунту і його складових, живлення, обробки від хвороб та шкідників, щільності та глибини залягання «плужної підшви» та ін. Водночас у системі розвитку всіх рослин присутні спільні елементи (ознаки), які характеризують процес росту й розвитку. Доцільним є провести дослідження на прикладі трьох основних культур, таких, як озима пшениця, соя та кукурудза на зерно, які сьогодні вирощуються в Україні.

Сьогодні існує велика кількість аграрних культур та ще більша кількість їх підвидів. Наприклад, сьогодні існує 6 видів пшениці та приблизно 30000 різних її варіацій. Залежно від виду аграрної культури та навіть її сорту, у кожної з них існують свої потреби відносно кліматичних та ґрунтових умов. Забезпечення потреб супроводжує реалізацію біологічного потенціалу агрокультури – її врожайність і забезпечення споживчих властивостей

аграрної продукції.

Дослідження проводились у різних господарствах Сумської області та на різних агрегатах протягом 5-ти років: дослідні поля Сумського НАУ, ПП “Надь”, ТОВ «Ворожба-Латінвест», СТОВ ім. Шевченка, ФГ «Кузін В. С.», на полях Інституту сільського господарства Північного Сходу. Ми отримали результати фактичного стану поля після збирання основних культур. Нами були досліджені умови, у яких вироблялась аграрна продукція, зміна властивостей посівного матеріалу й рослин та інші умови, які вимагає агрокультура для росту й розвитку.

4.1. Етап 1. Стан ґрунту та поліпшення його властивостей у період створення умов для росту й розвитку агрокультури (Етап I – «Підготовка ґрунту»)

Вирощування аграрних культур супроводжується використанням механізованих технологічних операцій, з механічним та хімічним впливом на культуру безпосередньо та середовище, у якому вона розвивається. Відповідний вплив несе на собі певний негатив для наступних культур. Це є недопустимим з огляду реалізації біологічного потенціалу майбутньої культури. Основним завданням після збирання попередника є дослідження стану ґрунту та ґрунтового покриву для визначення заходів, спрямованих на створення необхідних умов для наступної культури.

Дослідження проводилося після збирання озимої пшениці, яку збирали комбайном Claas Lexion 760 з жаткою Claas Cerio 930 26 липня 2016 року в с. Привітне Полтавської області, СТОВ «Пальміра».

Вивчення польових умов показало, що після збирання озимої пшениці (рис. 4.1 та 4.3), кукурудзи (рис. 4.2) залишається велика кількість рослинних рештків культур.



Рис. 4.1 Поверхня поля після збирання озимої пшениці

Рослинні рештки, які під час обмолоту пройшли через збиральний комплекс. Також на поверхні поля присутні: рослинна маса бур'янів, стерня та сліди від проходу по поверхні поля агрегатів під час виконання попередніх операцій і, особливо, збирального комплексу та машин.



Рис. 4.2. Поверхня поля після збирання кукурудзи на зерно



Рис. 4.3. Поверхня поля після збирання пшениці

Дослідженнями встановлено, що рослинні рештки після обмолоту пшениці подрібнюються комбайном, водночас їхнє розподілення на поверхні поля нерівномірне (рис. 4.4) [285].

Навіть регулювання подрібнювача та розсіюючого обладнання не призводить до суттєвих змін у рівномірності розподілення рослинних рештків пшениці. Встановлено, що розсіяна маса потрапляє не лише на змолочене поле, а й на стоячу поруч рослинну масу, що є також негативним явищем, яке погіршує процес обмолоту.

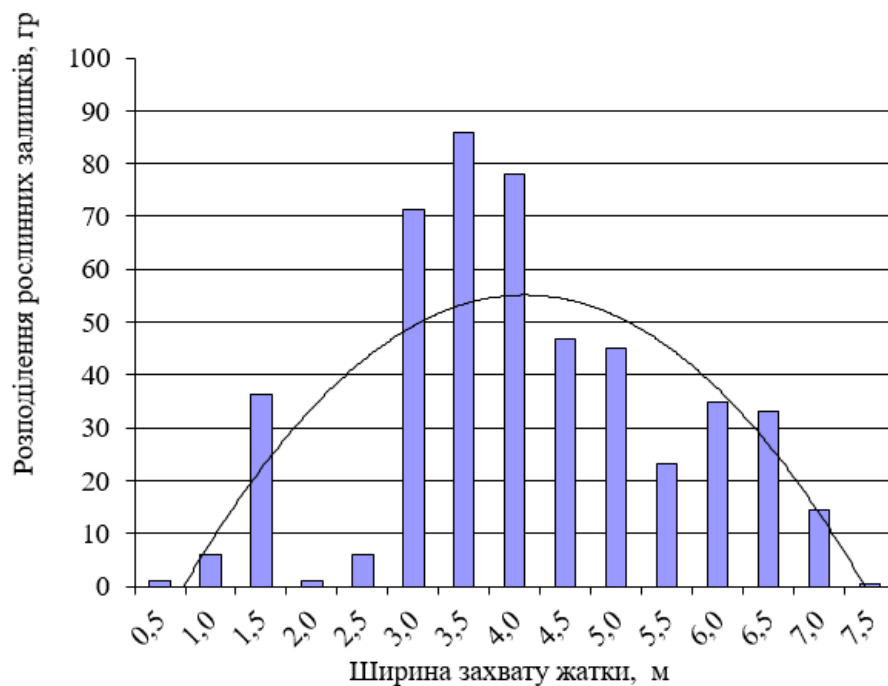


Рис. 4.4. Розподілення рослинних рештків за збирання пшениці

Дослідженнями встановлено, що 60-75 % втрат зерна за молотаркою зосереджується у валку соломи зразу за подрібнювачем (рис. 4.1). У подальшому, відповідну «полосу» оброблюють, але показники якості (подрібнення рештків, рівномірність по глибині обробітку, заробка рослинних рештків у ґрунт) знаходяться на низькому рівні. Суттєва проблема виникає під час обробки відповідних полос гербіцидом, адже на них необхідно витратити більшу його норму (частину гербіциду забирають на себе рослинні рештки та велика кількість рослин на полосах). Для вирішення цієї проблеми необхідно забезпечити коректну роботу подрібнювача та розсіювача рослинних рештків.

Залишені умови після попередника не створюють оптимальних умов для максимальної реалізації біологічного потенціалу агрокультури. Першочергово це переущільнення ґрунту, яке має показники від 1,3 г/см³ та вище (рис. 4.5-4.6, 3.9, а), що не відповідає потребам рослини. Високе значення показника пояснюється осіданням ґрунту під дією доквілля, рухом ходових систем енергетичних засобів, аграрних машин та утворення ущільнюючих шарів від дії робочих органів аграрних машин [285].

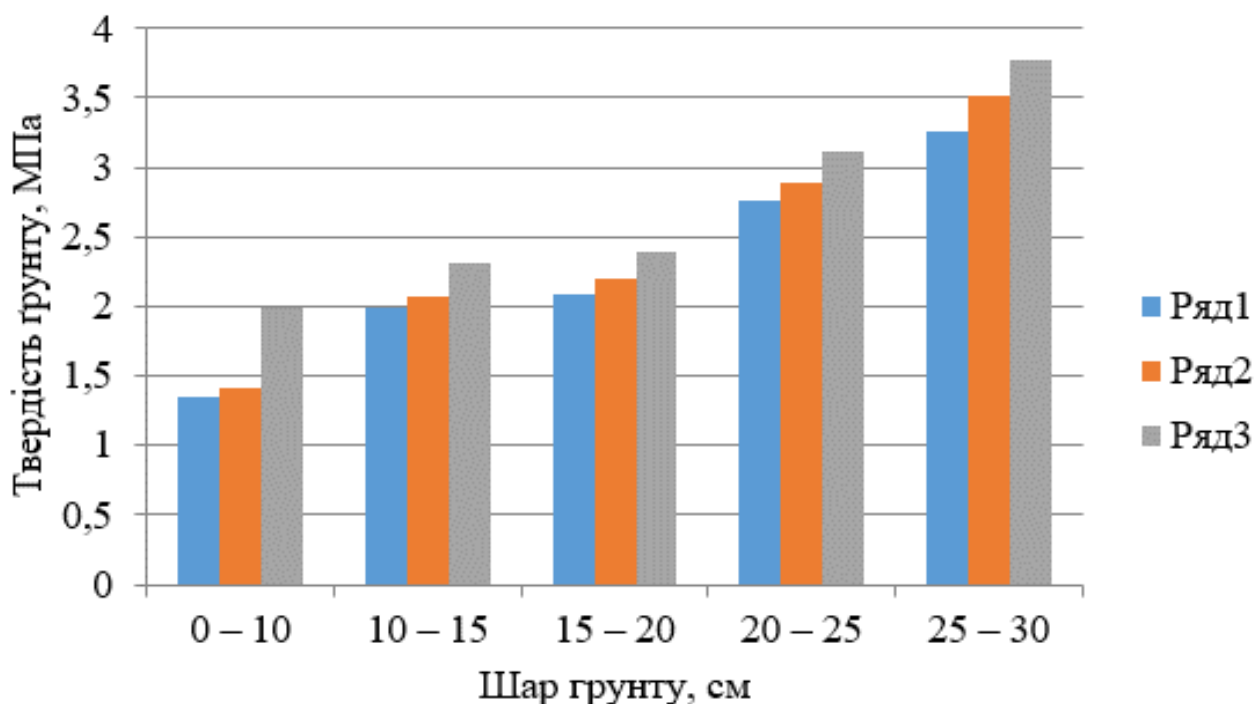


Рис. 4.5 Твердість ґрунту після збирання кукурудзи на зерно (у шарах)

(рядок / між рядками / по ходу рушія)

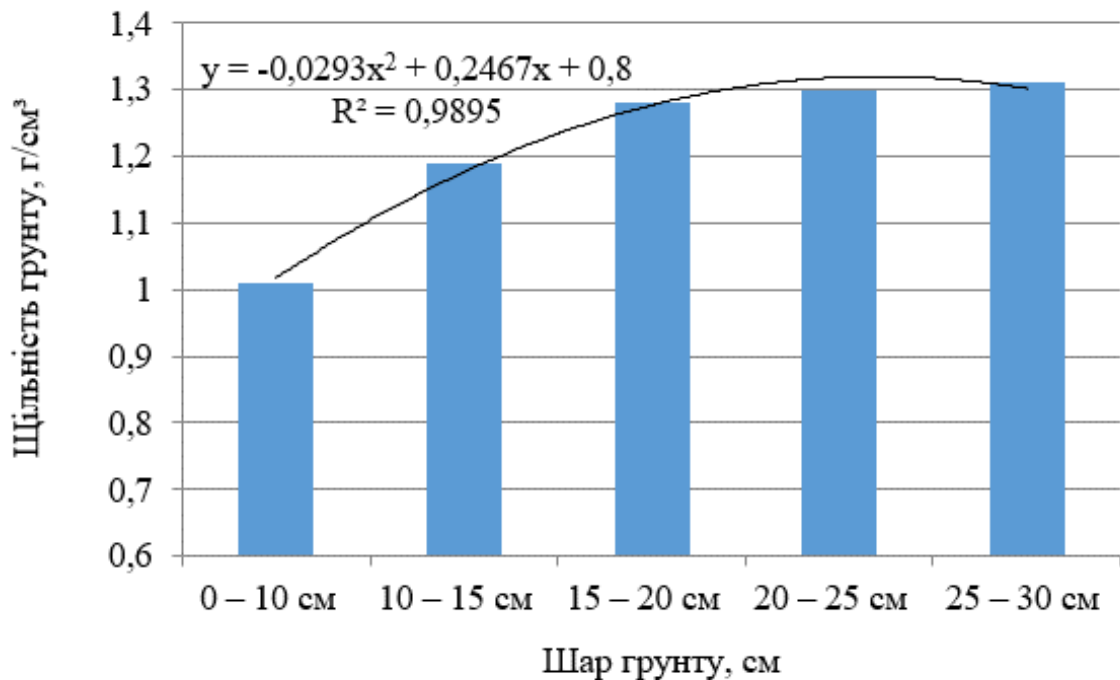


Рис. 4.6 Щільність ґрунту (у шарах) після збирання кукурудзи на зерно

За вирощування культури в таких умовах розвиток кореневої системи знижує інтенсивність розвитку, що напряду впливатиме на врожайність.

Утворені ущільнені шари перешкоджають накопиченню вологи в ґрунті та використанню ґрунтових вод, обмежують розвиток кореневої системи. Для вирішення даної проблеми необхідно забезпечити логістику транспортування зерна без заїзду вантажних машин на поле, обов'язково враховувати тиск повітря в шинах комбайна щодо структури ґрунту та його вологості, вирощувати аграрні культури, які мають стрижневу кореневу систему.

Другою встановленою проблемою під час дослідження була проблема зі стернею від озимої пшениці, яка утворює тонкі трубочки, а їх на 1 га від 3,5 до 5,5 млн шт., через які йде інтенсивне випаровування вологи з ґрунту. Інтенсивність випаровування вологи залежить від фактично наявної вологи в ґрунті, його структури, температур повітря та ґрунту, сили вітру, вологості повітря. Істотно впливає на інтенсивність випаровування вологи з ґрунту вид основного обробітку та наявності рослинних рештків на поверхні ґрунту

(рисунки 4.7-4.12) [285].

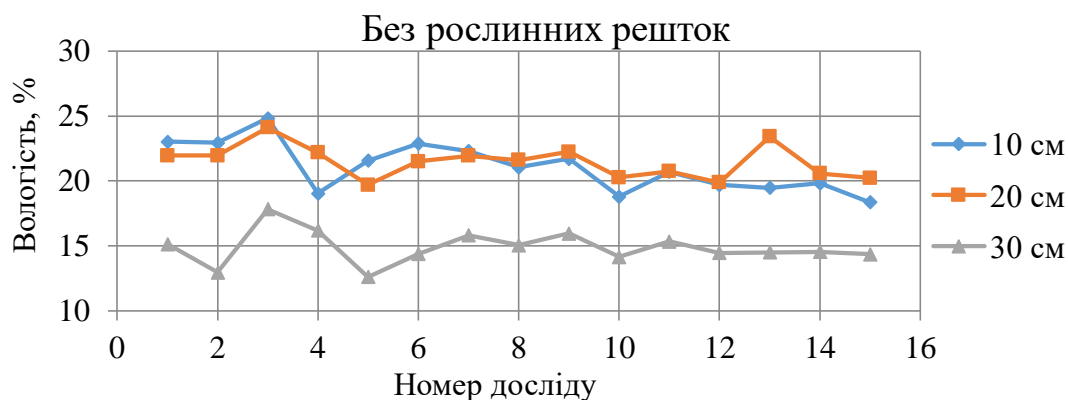


Рис. 4.7. Зміна вологості в різних шарах ґрунту залежно від часу доби та тривалості проведення збирання озимої пшениці на ділянці, яка піддавалась обробітці КЛД на глибину 14-16 см

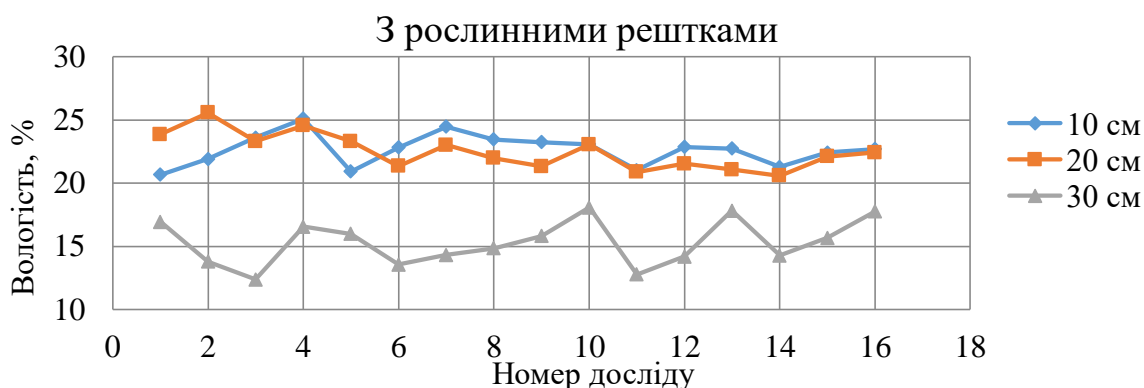


Рис. 4.8. Зміна вологості в різних шарах ґрунту залежно від часу доби та тривалості проведення збирання озимої пшениці на ділянці, яка піддавалось обробітці КЛД на глибину 14-16 см

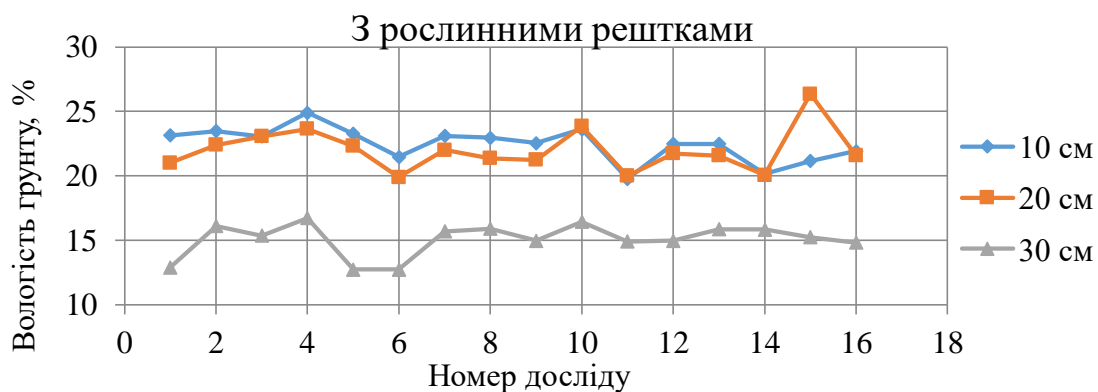


Рис. 4.9. Зміна вологості в різних шарах ґрунту залежно від часу доби та тривалості проведення збирання озимої пшениці на ділянці, яка піддавалось обробітці КЛД на глибину 14-16 см

обробітку АГ на глибину 6-8 см

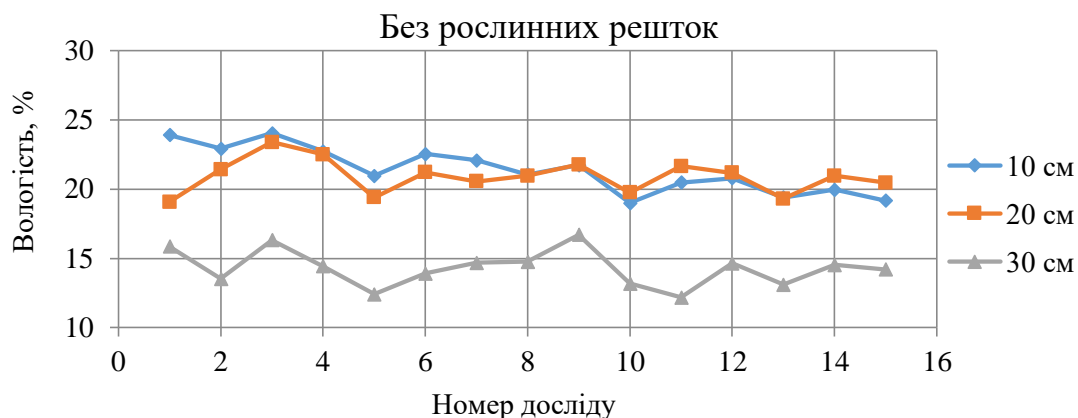


Рис. 4.10. Зміна вологи в різних шарах ґрунту залежно від часу доби та тривалості проведення збирання озимої пшениці на ділянці, яка піддавалось обробітку АГ на глибину 6-8 см

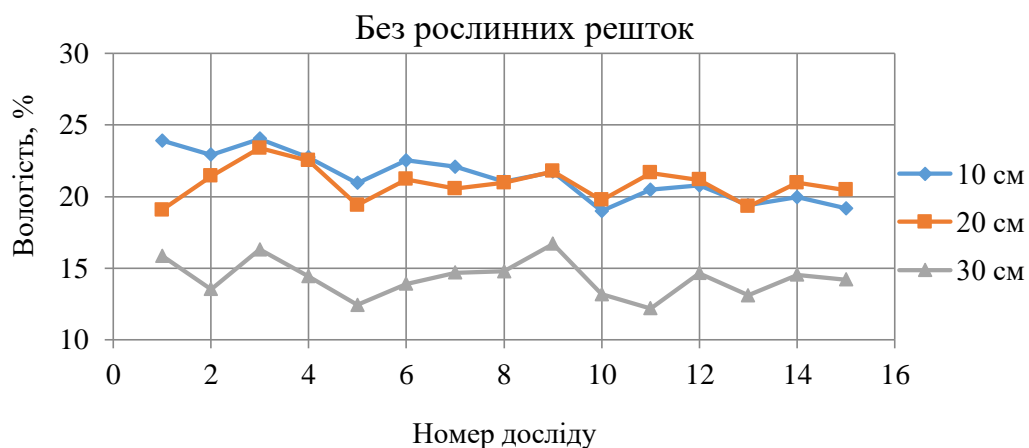


Рис. 4.11. Зміна вологи в різних шарах ґрунту залежно від часу доби та тривалості проведення збирання озимої пшениці на ділянці, яка була під No-Till

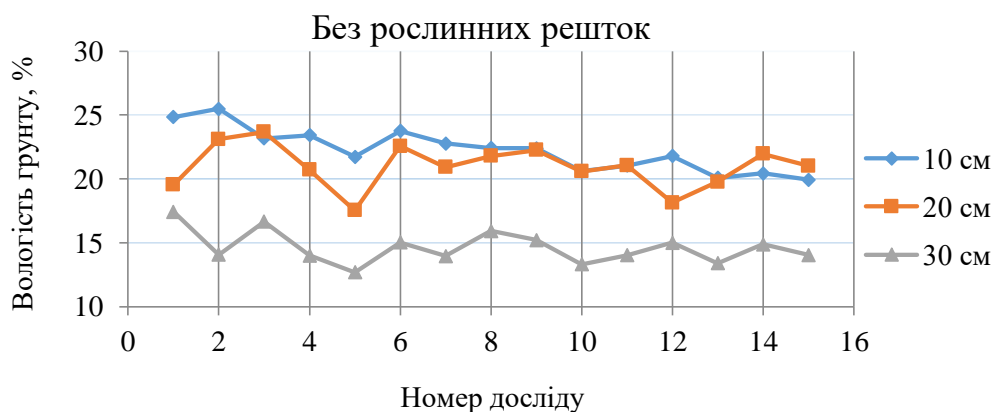


Рис. 4.12. Зміна вологи в різних шарах ґрунту залежно від часу доби та тривалості проведення збирання озимої пшениці на ділянці, яка була під No-Till

тривалості проведення збирання озимої пшениці на ділянці, яка була під No-Till

Досліджені та проаналізовані умови, які були залишені після озимої пшениці, довели, що залишати такі умови під посів наступної культури є неприйнятним. Для зменшення інтенсивності випаровування вологи з ґрунту, подрібнення та більш рівномірного розподілення рослинних рештків по поверхні поля, провокування проростання насіння бур'янів, які вже на той час визріли та були готові до розмноження, було прийнято рішення провести обробіток поверхні поля на 10 см дисковим агрегатом із вирізними (ромашковими) дисками слідом за проходом комбайна.

Дослідження заробки рослинних рештків після збирання кукурудзи на зерно показує, що за один прохід дискових знарядь заробити рослинні рештки не вдається. Кількість зароблених решток на рівні 55-85 %. Нерівномірність розподілення решток значно перешкоджає рівномірності руху агрегату по глибині, у місцях напичення соломи зміна глибини коливається в межах $\pm 30\%$ від заданого показника, що також негативно впливає на рівномірність поверхні поля. Насіння падалиці та бур'янів заробляється на рівні 75-100 % (залежно від рівномірності розподілення рештків – чим більший валок за комбайном, тим кількість зароблених решток нижча). Додатково подрібнюється солома. Дослідження якості проведення дискування після озимої пшениці показує, що характерною особливістю є те, що солома дисками не ріжеться, а розривається. Цей процес супроводжується також і поздовжнім руйнуванням цілісності стебла, що призводить до його швидшого розкладання. Негативним є утворення під робочими органами ущільнюючого шару на глибині 10-14 см (рис. 4.13). Це знижує показник ефективності даного виду обробітку щодо ефективності реалізації біологічного потенціалу агрокультур.



Рис. 4.13. Ущільнюючий шар ґрунту після проходження агрегату в складі Білорус 1025+Дукат 2,5

Для зменшення інтенсивності випаровування вологи з ґрунту та створення умов для накопичення ґрунтом вологи, необхідно зразу після збирання проводити обробіток ґрунту для знищення стерні, поверхня поля повинна бути укрита рослинними рештками з рівномірним їхнім розташуванням на поверхні та забезпечена зміна тиску повітря в шинах агромашин залежно від умов роботи (виду ґрунту, вологості, пористості).

Для знищення рослинних рештків у посівному шарі ґрунту, його структуруванню (створення оптимального гранулометричного складу ґрунту, створення капілярності, оптимальної щільності ґрунту) прискорення перегнивання рослинних рештків, рекомендовано проводити оранку. Проведення оранки виправдано, коли є велика кількість рослинних рештків і не вистачає часу на їхнє перегнивання перед посівом наступної культури.

Через 18 днів після обробітку ґрунту дисковими знаряддями поле обробили плугом. Під час застосування оранки рослинні рештки зароблялися на 84-100 відсотків, залежно від якості подрібнення рослинності комбайном, та подрібненням і розподілом їх дисковим агрегатом. Водночас разом із рештками зароблялись і сходи бур'янів та падалиці (їхній розвиток дав

можливість після оранки зменшити популяцію бур'янів та наситити орний шар зеленими добривами). Після проходження плуга по полю ґрунт мав грудкуватий склад, кришення пласта було достатньо добрим (брил понад 100 см² було до 5 %). Ряди були рівними, кривизни не спостерігалось. Профіль поверхні ґрунту мав місце, глибина борозни була 5-7 см, а висота гребнів 3-5 см, що зумовило використання додаткового обробітку, спрямованого на вирівнювання профілю ґрунту. Відповідне явище є негативним для подальшого формування умов росту та розвитку агрокультури, його необхідно анулювати подальшим обробітком. Під час проведення оранки було встановлено, що відхилення від заданої глибини обробітку складає 1-4 см, що є надто великою різницею відносно регулювання, також негативом було створення підшви (рисунок 4.14). Проведеними дослідженнями поля було встановлено, що на полях, де проводився плужний обробіток, ущільнюючий шар траплявся на глибині 26-31 см (рис. 3.9, а). Ці умови були зафіксовані на час проведення оранки як основного обробітку ґрунту після попередника.



Рис. 4.14. Ущільнюючий шар ґрунту після проходження агрегату в складі CASE 270+Överum ПЛН 5-35

Отже, даний вид обробітку знищує родючий шар ґрунту. Даний шар

після попереднього полицевого обробітку почав формувати гумусний шар із рослинних рештків, а, вивертаючи його на гору, він мінералізується, не встигнувши сформуватись.

Проведеними дослідженнями поля після збирання кукурудзи на зерно (рис. 4.2) встановлено, що зазвичай не витримуються вимоги щодо інтенсивності подрібнення стебел, вони, у кращому випадку, подрібнені на 1-3 частини, а інколи взагалі зрізані лежать на поверхні поля без розділення на частини. Поздовжнє пошкодження цілісності стебла знаходиться в межах 5-43 %. Від 10 до 19 % стебел стоять взагалі на корню не зрізані. Якість обмолоту комбайнами є також на низькому рівні. Необхідно зазначити, що поле також засмічене втратами від збирання та перевантаження зерна на автомобіль. Після проходження комбайнів втрати зерна в початках сягають у середньому 8-10 %. Необхідно зауважити, що після збирання кукурудзи поверхня поля вкрита слідами від ходових систем комбайнів та автомобілів.

Дослідженнями встановлено, що рослинні рештки після кукурудзи мають низький ступінь подрібнення, висота стерні сягає 300 мм, що в подальшому впливає на якість виконання наступних технологічних операцій та знижує функціональні властивості майбутнього врожаю. Необхідно забезпечити високий ступінь подрібнення рештків стебла та качана при рівномірному розподіленні рештків та мінімальній висоті стерні без додаткового використання засобів механізації (щоби не ущільнювали ґрунту).

Отже, для отримання максимального врожаю необхідно створити умови для росту й розвитку агрокультури максимально наближеними до ідеальних (таких, як потребує рослина). Дані вимоги викладені в підрозділі 1.3 та розділі 2.

Будь-який робочий орган енергетичного засобу або аграрної машини утворює ущільнюючий шар, різниця лише в глибині розташування, товщині шару та його щільності. Так, наприклад, на рисунку 4.15 показана схема ущільнюючих шарів залежно від виду обробітку (робота агромашин із культиваторними лапами, сферичним диском та корпусом плуга).



Рис. 4.15. Розташування ущільнюючого шару залежно від робочого органу аграрної машини (робота аграрної машини з культиваторними лапами, сферичним диском та корпусом плуга) [9]

Дослідження якості виконання основного обробітку показала, що істотною перешкодою реалізації біологічного потенціалу є велика кількість рослинних рештків на поверхні поля, яка перешкоджає роботі сошників; мінералізація рештків на поверхні поля не повертає в ґрунт живлення, яке було витрачено на її формування та знеструктурує ґрунт, не утворюючи у ньому гумус; нерівномірне їхнє розподілення спричиняє різну інтенсивність розкладання рештків, відбувається різне накопичення елементів живлення та по різному структурується ґрунт, що створює нерівні умови розвитку агрокультур у межах одного поля; упродовж 2-3 тижнів на поверхні поля сходять падалиця культури та насіння бур'янів.

Основним завданням досліджень, що проводились, було дослідження змін, які відбуваються в ґрунті на першому етапі – підготовці ґрунту під озиму пшеницю та кукурудзу на зерно.

Нами досліджувалися заходи, які були спрямовані покращити умови для проведення посіву, а саме забезпечити оптимальний повітряно-водний режим ґрунту з усуненням перешкод контакту насінини з ґрунтом (створення умов

для усунення рослинних рештків із посівного шару), створення оптимальних умов у нижніх шарах, підготовка насінневого ложа та наднасінневого шару.

Нами були досліджені заходи, які були спрямовані на поліпшення умов під час обробітку ґрунту в період між збиранням попередника та проведенням передпосівних заходів та посіву культури (основного обробітку): досліджений основний обробіток ґрунту – полицевий обробіток та безполицевий обробіток: мілкий та глибокий.

Дослідження показують, що ефективним у підриванні плужної підшви є глибокий безполицевий обробіток. Це забезпечує водопроникність та водовіддачу розушільнюється ґрунт. Водночас плужна підшва переходить у нижні шари ґрунту, рослинні рештки залишаються на поверхні, агрегатний стан ґрунту не змінюється.

Після проведення агрозаходів зразу за попередником ґрунт залишається в спокої.

Формування шарів ґрунту в горизонтальній площині з різною щільністю унеможливляють нормальний і рівномірний розвиток кореневої системи рослини (рис. 4.15), отже, знижується інтенсивність розвитку надґрунтової частини, перешкоджає проходженню вологи в більш глибокі місця та її накопиченню.

Аналіз глибини утворення плужної підшви досліджувався з використанням приладів WileSoil (рис. 3.9, а) та твердоміра Рев'якина (рис. 3.9, б).

Вирощування монокультур, яке сьогодні переважає на полях (кукурудза, соняшник, соя), істотно впливає на структуру ґрунту, оскільки за дотримання та чергування сівозмін є не лише рівномірне споживання макро- та мікроелементів рослинами за періодами, але й чергування стрижневої й мичкуватої кореневої системи впливає на формування структури пор ґрунту. Водночас негативний вплив на структуру ґрунту несе застосування моногамного обробітку, що призводить до формування ущільнень від роботи робочих органів аграрних машин та ходових систем енергетичних засобів.

Доцільним для вирішення даної проблеми є чергування обробітку ґрунту (наприклад, оранка та глибоке розпушення) та агрокультур із мичкуватою та стрижневою кореневою системою (кукурудза – буряк).

Так, співставлені дані з попередніми дослідженнями з обробітку ґрунту показують вплив обробітку ґрунту та створеної водночас щільності на врожайність для озимої пшениці (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 Врожайність пшениці озимої залежно від обробітку та щільності складення ґрунту, (середнє за 2008 – 2011 рр.) [340]

№ з/п	Вид основного обробітку під попередник	Попередник	Глибина обробітку, см	Глибина плужної підшви, см	Щільність складення ґрунту в шарі 0-40 см, г/см ³	Врожайність, т/га	Кількість рослинних рештків, т/га
1	Оранка	Кукурудза на силос	28-30	32	1,25	5,35	5-8
2	Безполицевий глибокий		28-30	34	1,27	5,02	
3	Безполицевий мілкий		10-12	14	1,30	4,90	

№ з/п	Вид основної обробітку	Попередник	Глибина обробітку, см	Глибина плужної підшви, см	Щільність складення ґрунту в шарі 0-40 см, г/см ³	Врожайність, т/га	Кількість рослинних рештків, т/га
1	Дискування	Озимий ячмінь	25-27		1,27	7,8	10-12

У подальшому рослинні рештки суттєво обмежують ефективність роботи ґрунтообробних агрегатів та створює передумови для дестабілізації рівномірності ходу робочих органів агромашин по глибині, що є негативним показником для забезпечення оптимальних умов для росту й розвитку агрокультури.

Зниження кількості внесення органічних добрив у ґрунт останнім часом істотно вплинув на структуру ґрунту, а саме, щільність ґрунту знизилася від природної 1 г/см³ (за Медведєвим) до сучасної 1,27-1,40 г/см³. За дослідженнями Інституту Північного Сходу НААН України, сьогодні існує можливість внесення органіки не більше ніж 0,6 т/га, і це з урахуванням

відходів великих ферм ВРХ, свинокомплексів та органічною речовиною, яка знаходиться в особистих господарствах населення Сумської області. Це занадто низький показник, який не може впливати на формування якісної складової формування ґрунту. Цінним у ґрунті є гумус, утворення якого супроводжується певними фізико-хімічними процесами. Накопичення гумусу в ґрунті призводить до накопичення в ньому корисних елементів для живлення; створює структурований ґрунт, в якому інтенсивно розвивається коренева система; до складу гумусу входять гумінові кислоти, які вступають у реакцію з мінеральними сполуками та переводять їх у доступну форму для агрокультури, що також дає можливість оптимізувати кількість внесення мінеральних добрив; завдяки характерній структурі гумус може накопичувати вологу, яка так необхідна для розвитку агрокультури.

Процес гуміфікації буде протікати за таких умов:

- наявність рослинних рештків, бажано подрібнених, і з порушенням повздовжньої цілісності стебел;
- рослинні рештки повинні «перетравлюватись» за анаеробного процесу;
- за потрапляння до гумусної складової повітря він починає мінералізуватися;
- мінімальний вплив ущільнення ґрунту з боку ходових систем енергетичних засобів та робочих органів агромашин.

4.2. Етап 2. Зміна властивостей ґрунту й посівного матеріалу в процесі розміщення насіння в середовищі росту й розвитку

У місцях проведення посіву (проходу сошника) зроблена щілина, плюс у цих місцях агрокультура утворила пору і волога пройшла до низу. У міжряддях ущільнений ґрунт і волога буде випаровуватись, не проникаючи до нижніх шарів.

Такий стан ґрунту не дає можливості розвиватися кореневій системі.

Агрокультура не може бути «сильною» й реалізувати свій біологічний потенціал у майбутньому без добре розвинутої кореневої системи, така агрокультура буде нестійкою до вилягання. Основна частина кореневої системи розміщується в орному шарі ґрунту на глибині до 30 см. Коренева система озимої пшениці на родючих ґрунтах здатна проникати на глибину до 2 метрів, тому озимій пшениці найбільше відповідають ґрунти з глибоким гумусовим шаром та сприятливими фізичними властивостями, достатніми запасами доступних для неї поживних речовин і вологи [380].

Сучасне ставлення фермерів до рослинних рештків істотно впливає на реалізацію біологічного потенціалу агрокультури. Про це свідчать результати польових досліджень. Робота з рослинними рештками проводиться мінімальна, до 18 % рослинних рештків залишається на поверхні та не перегниває впродовж року. Це створює перепону для нормального передпосівного обробітку ґрунту і проведення посіву. Особливо це стосується рослинних рештків після кукурудзи на зерно (рис. 4.2, 4.16, 4.17).



Рис. 4.16. Кількість рослинних рештків після збирання



Рис. 4.17. Кількість рослинних рештків після збирання пшениці перед посівом сої або кукурудзи

Під час проведення посіву озимих культур особливе занепокоєння, крім рослинних рештків, викликає кількість вологи. Кількість вологи, яка необхідна для проростання насіння, складає 18 мм, а в нашій зоні на час посіву всього 15 мм. Це є результатом утворення плужної підшви (волога не може підніматися нагору) та відсутністю опадів. Відсутність вологи в період із кінця липня до середини жовтня включно впливає й на інтенсивність розкладання рослинних рештків. Також необхідно звернути увагу на агрегатний стан посівного шару (рис. 4.18). Дослідами встановлено, що грудки розміром понад 25 мм розміщуються в посівному ложі, а не на поверхні ґрунту. Це негативно впливає на стартові умови розвитку посівного матеріалу [148].



Рис. 4.18. Розмір рослинних рештків

Ситуація з плужною підшоною залишається незмінною. Сьогодні в Україні вирощують кукурудзу, соняшник, пшеницю, ячмінь, сою – усі ці культури мають мичкувату кореневу систему, що дуже стримує розвиток агрокультур. Такі культури, як ріпак, буряк мають стриневу кореневу систему, яка руйнує плужну підшову, їх доля в сівозміні доволі низька.

За посіву, залежновід часу доби, утворюється конденсат у бункері для насіння, що призводить до злипання насіння та зниження якості посіву.

Після оранки слідом проводилося прикочування, у зв'язку з посівом наступної озимої культури. Це забезпечує вирівнювання поверхні та часткове закриття накопиченої вологи, але призводить до переущільнення ґрунту в місцях проходження рушіїв і робочих органів машин (рис. 4.19).



Рис. 4.19. Вигляд коткованого поля після опадів

На рисунку 4.19 показані результати дослідження коткованого поля спіральними котками після опадів. Це явище є негативним, оскільки на заводнених місцях ущільнюється ґрунт, волога не проникає до нижніх шарів, а видувається та випаровується, аеробні живі організми під шаром води не розмножуються.

У випадку проведення посіву ярової культури додатковим є боронування. Проведення такого агрономічного заходу зруйнувало ґрунтову кірку, що утворилася зі зруйнованих грудочок, які з'явилися після попередніх обробітків: вичісувалися бур'яни в стадії білої ниточки, вирівнювалася поверхня поля (профіль поля), витягувалися з насіннєвого ложа рослини

рештки, які не перегнили та не є гнучкими, розбивали ґрунтову кірку. Негативним є те, що рослинні рештки з верхнього шару, які частково почали розкладатися, були витягнуті на поверхню поля. Вони висихають, становляться жорсткими, створюючи додатковий опір робочим органам, що погіршуватиме передпосівний обробіток та посів. А далі йде передпосівний обробіток.

4.3. Етап 3. Зміна властивостей ґрунту й рослини в період накопичення енергії агрокультурою

Після проведення передпосівного обробітку та посіву ґрунт фактично не обробляють, за виключенням «форс-мажорних» обставин. Навесні ґрунт має достатню кількість вологи, легко обробляється (за умови стиглості), йому можна надати оптимального грудкуватого стану (забезпечити розмір грудок) та вирівняти поверхню. Після цього, через 45-60 днів, ґрунт набуває стабільної природної щільності, яка залишається незмінною до збирання й може змінюватися під дією ходових систем, робочих органів машин та розвитком кореневої системи рослин та бур'янів.

На початковій стадії розвитку агрокультури необхідним є забезпечення посівного матеріалу киснем та вологою. Передпосівний обробіток ґрунту та посів повинні бути проведені у такий спосіб, щоби на поверхні поля розміщувалися великі грудки – це сприяє утворенню конденсату та транспортуванню його в ґрунт. Це пов'язано зі зміною температури повітря вдень і вночі та відповідної зміни температури ґрунту. Отже, температура повітря та ґрунту істотно впливає на інтенсивність росту й розвитку агрокультури. Температура повітря є чинником впливу на інтенсивність росту й розвитку кукурудзи. У таблиці 4.2 наведений температурний режим, необхідний для розвитку кукурудзи.

Таблиця 4.2 Вимоги до температури у різних фазах розвитку кукурудзи

Фаза росту і розвитку	Біологічний мінімум, °C	Оптимальний режим, °C	Критична температура, °C
Проростання	8-10	12-15	від -2 до -3
Сходи	10-12	15-18	від -2 до -3
Утворення і ріст вегетативних органів	10-12	16-20	від -2 до -3
Утворення генеративних органів, інтенсивний ріст та цвітіння	12-15	16-20	від -1 до -2 (генеративні органи) від -2 до -5 (листя)
Дозрівання	10-12	18-24	від -2 до -3 (листя) від -4 до -5 (початки у фазі молочно-воскової стиглості)

Дослідження показують, що за час росту й розвитку агрокультури температура повітря істотно змінюється. На рисунку 4.20 наведені результати дослідження зміни температури повітря впродовж вегетаційного періоду росту кукурудзи.

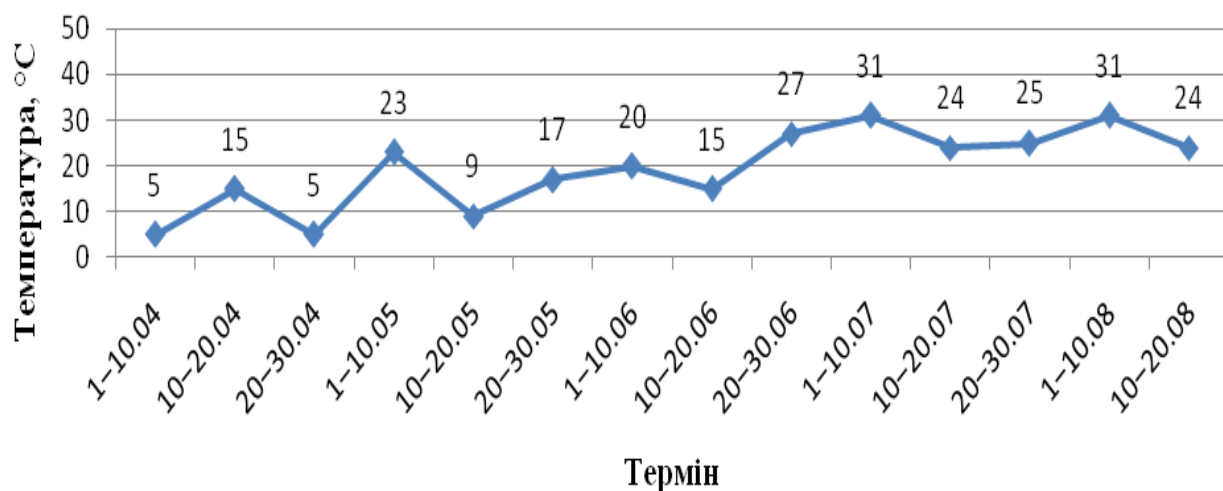


Рис. 4.20. Температура повітря (°C) за теплий період (IV-X) (Північний Степ) [384]

За час активної фази росту й розвитку агрокультури інтенсивно витрачається ґрунтова волога з різних шарів ґрунту. Так, за час між посівом і закінченням активної фази росту й розвитку кукурудзи, волога ґрунту знижується в шарі 0-20 см на 64 %, а в шарі 0-100 см на 56 % (рис. 4.21), що є

негативним чинником і істотно впливає на структуру ґрунту.

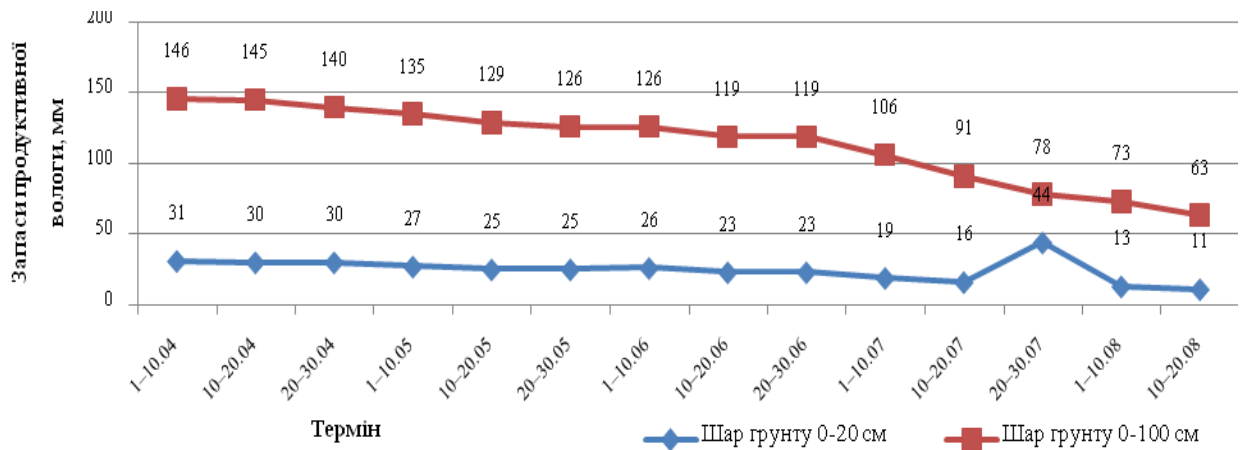


Рис. 4.21. Запаси продуктивної вологи (мм) у 0-20 см і 0-100 см у шарах ґрунту за вирощування кукурудзи на зерно (Північний Степ) [106]

Поруч зі зміною вологи ґрунту змінюється вологість повітря (рис. 4.22), що впливає на ефективність розвитку агрокультури та ефективність проведення обробітку рослин.

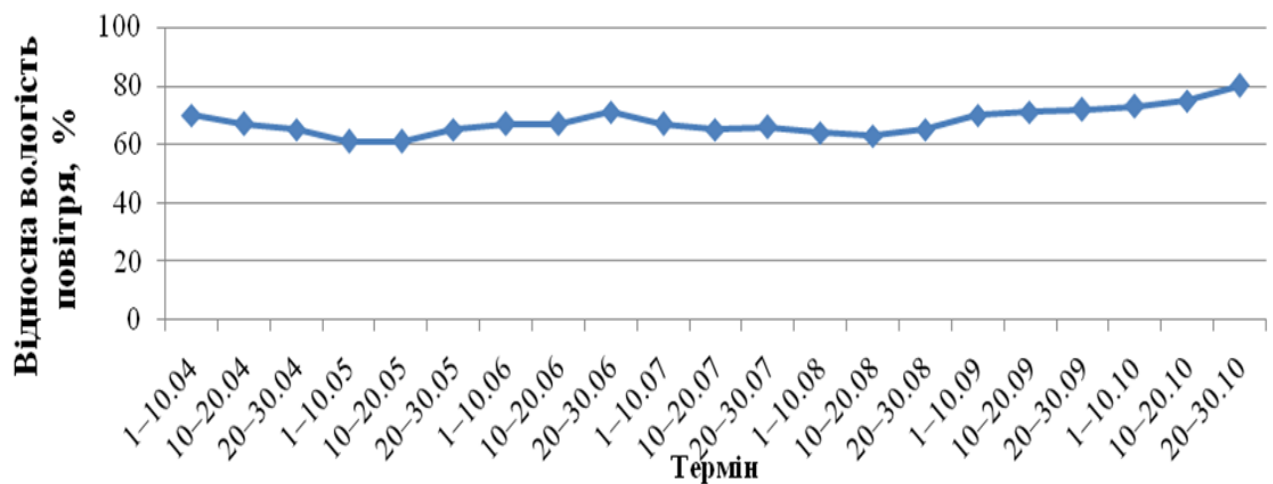


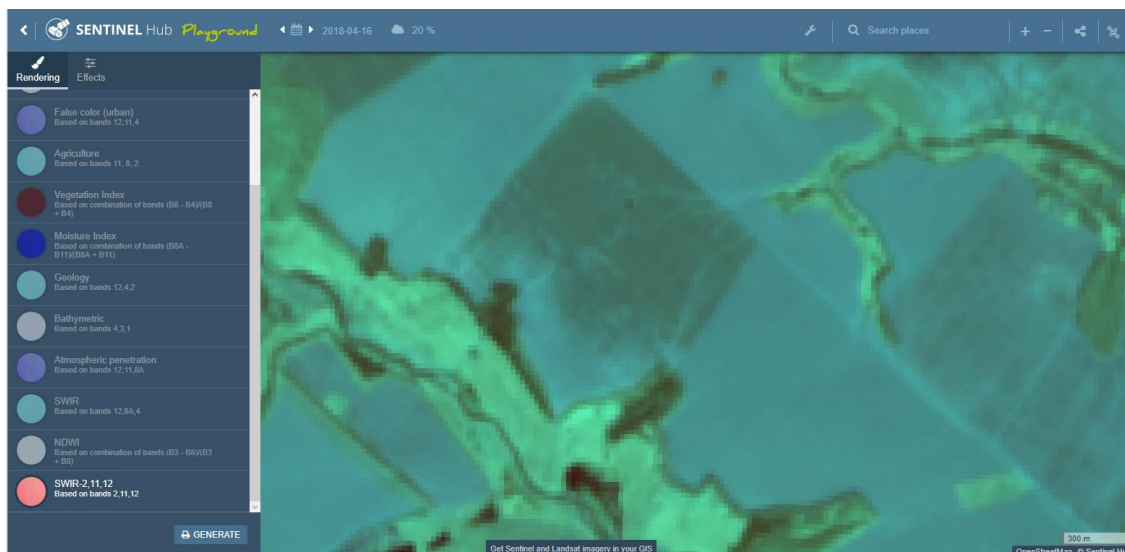
Рис. 4.22. Середньодакдана відносна вологість повітря (%) за теплий період (IV-X) (Північний Степ) [106]

Так, зниження вологості ґрунту та підвищення його температури істотно впливає на його структуру. Він стає твердим, утворені агрегати не розсипаються і з часом стають лише міцнішими. Через утворені пори відбувається випаровування вологи. Після проходження дощів утворюється

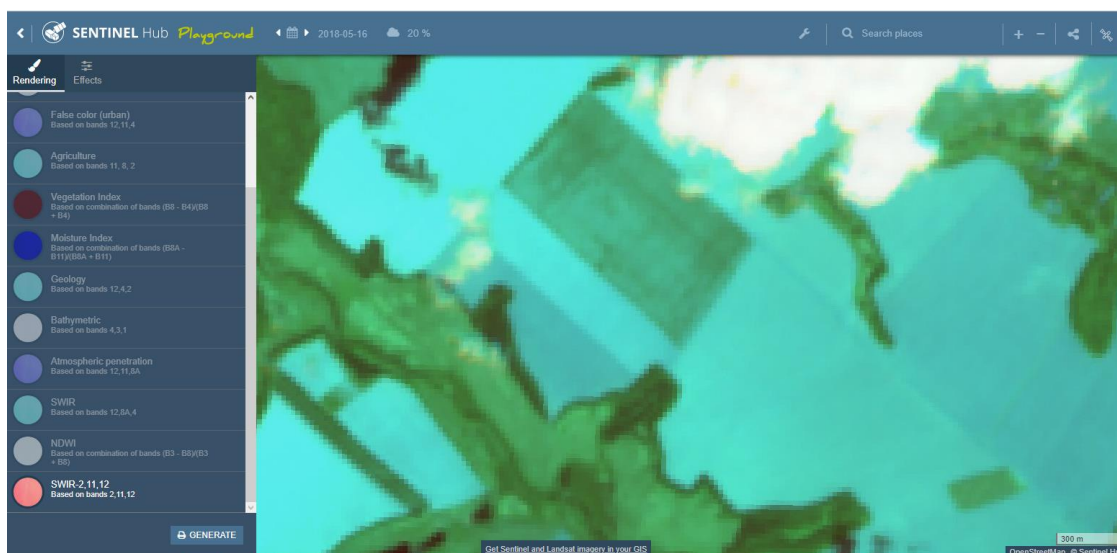
грунтова кірка, яка закриває доступ кисню до кореневої системи агрокультури.

Аналізуючи моніторинг знімків із супутника та безпілотних літальних апаратів (рис. 4.23-4.27) розвитку агрокультур, встановлений диференційований розвиток рослини в межах одного поля. Зроблений аналіз зміни інтенсивності розвитку агрокультур та умов довкілля. Для цього використаний цифровий ресурс: <https://apps.sentinel-hub.com>. Поле досліджувалось у період: посів – догляд за посівами – збирання за такими фільтрами: аналіз індексу SWIR (рисунок 4.23); аналіз індексу NDWI (рис. 4.24); аналіз індексу Moisture Index (рис. 4.25); аналіз індексу Vegetation Index (рис. 4.26); аналіз Color Infrared (Vegetation) (рис. 4.27).

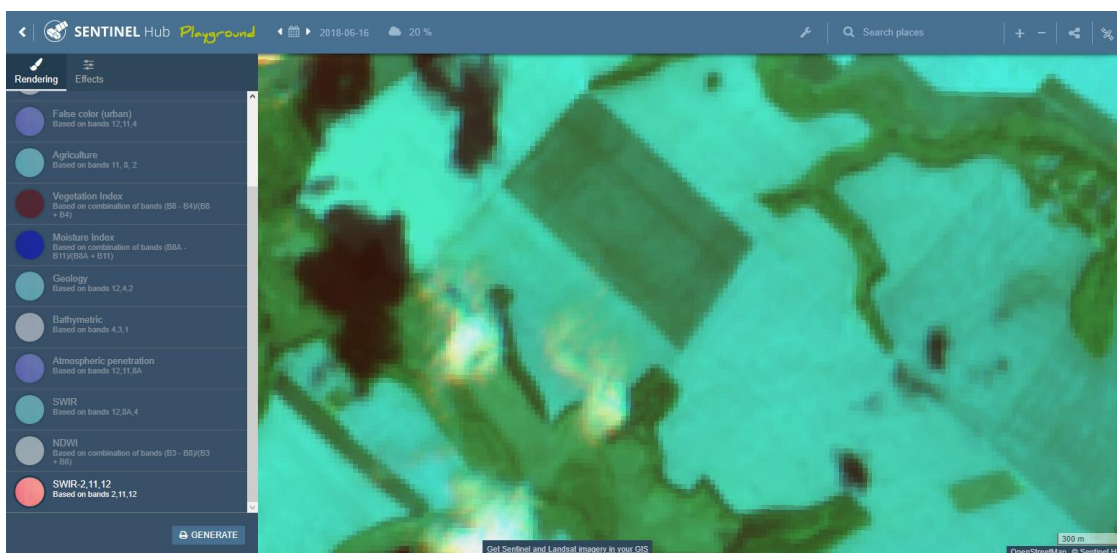
Інфрачервоне випромінювання далекої короткохвильової області спектра може бути виявлено тільки спеціалізованими датчиками. Воно не бачене оком, але взаємодіє з об'єктами точно так, як світло у видимій області спектра. Отже, SWIR камера реєструє відбите від об'єктів випромінювання. За якістю й деталями воно порівнянне з зображенням, видимим оком. Важлива властивість SWIR - можливість відтворювати знімки через задимлення, туман і скло [38, 285].



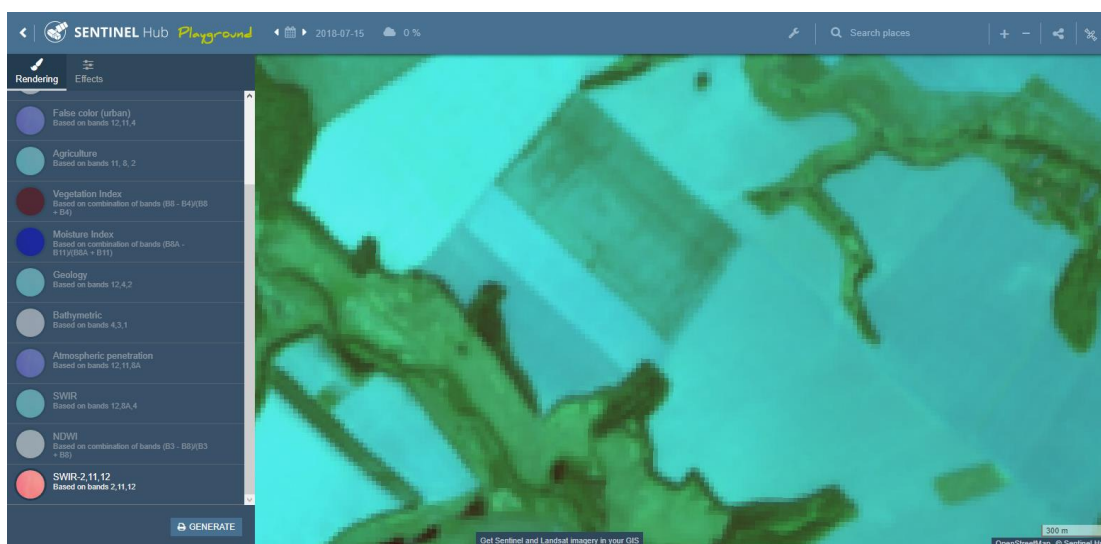
а) знімок поверхні поля 16.04.18;



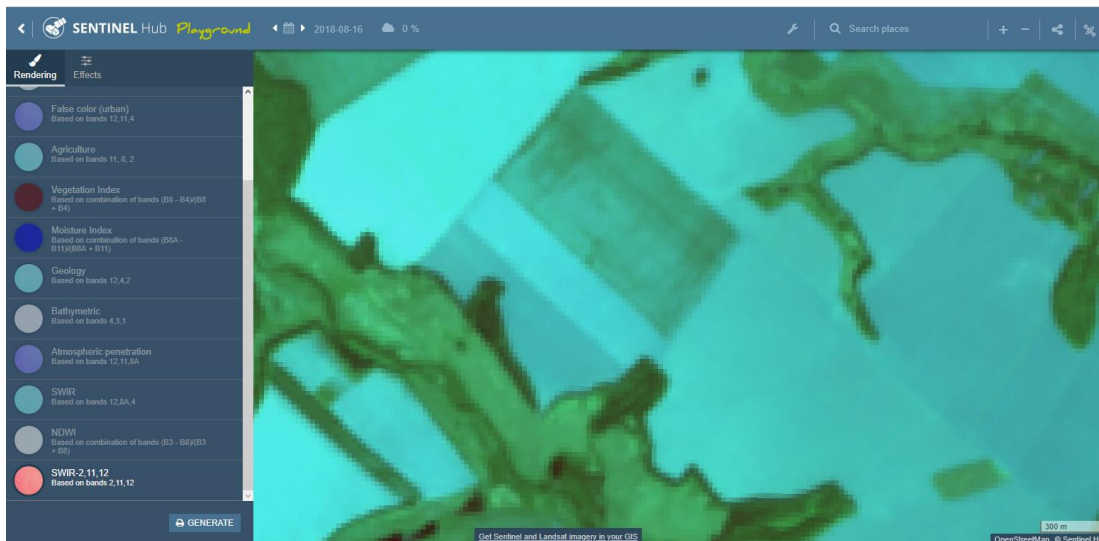
б) знімок поверхні поля 16.05.18;



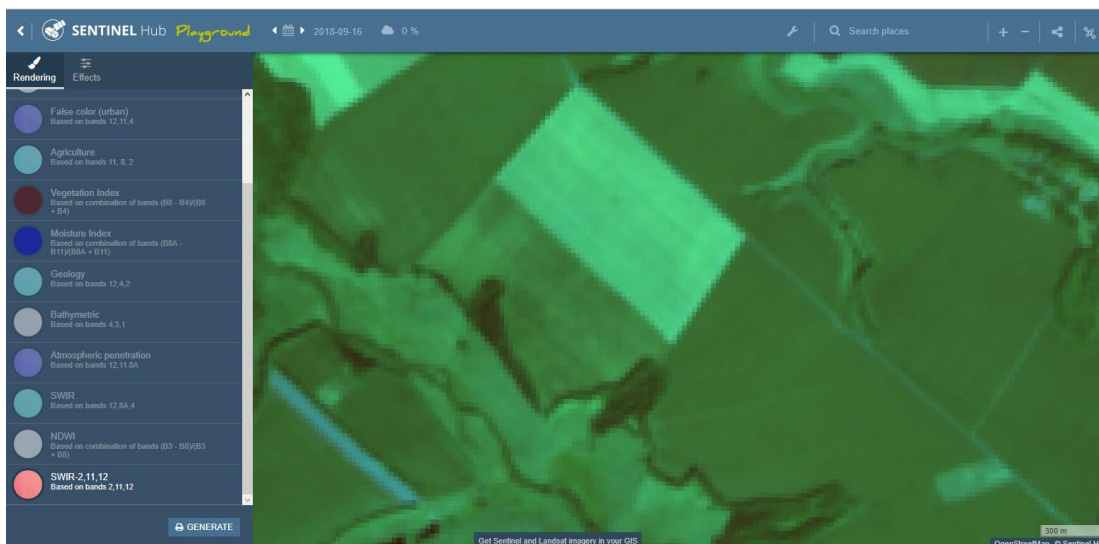
в) знімок поверхні поля 16.06.18;



г) знімок поверхні поля 16.07.18;



д) знімок поверхні поля 16.08.18;



е) знімок поверхні поля 16.09.18.

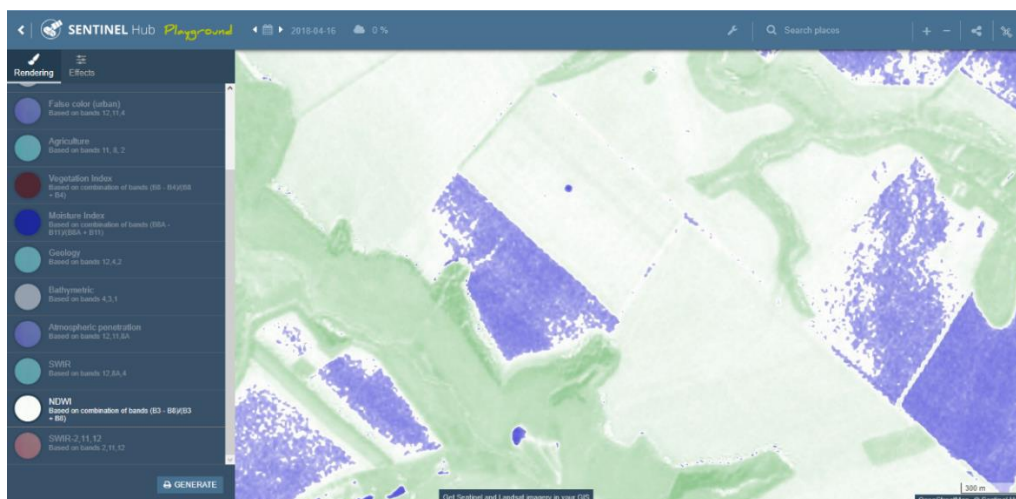
а – 16.04.18; б – 16.05.18; в – 16.06.18; г – 16.07.18; д – 16.08.18; е – 16.09.18

Рис. 4.23. Аналіз індексу SWIR 2, 11, 12 в різний період вегетації пшениці

Нормалізований вегетаційний індекс (NDVI) – це стандартизований індекс, який показує наявність і стан рослинності (відносну біомасу). Даний індекс використовує контраст характеристик двох каналів із набору мультиспектральних растрових даних-поглинання пігментом хлорофілу в червоному каналі і високою відбивною здатністю рослинної сировини в інфрачервоному каналі (NIR) [355].

Екстремально низькі й негативні значення відповідають областям без рослинності, це можуть бути хмари, вода або сніг. Дуже низькі значення

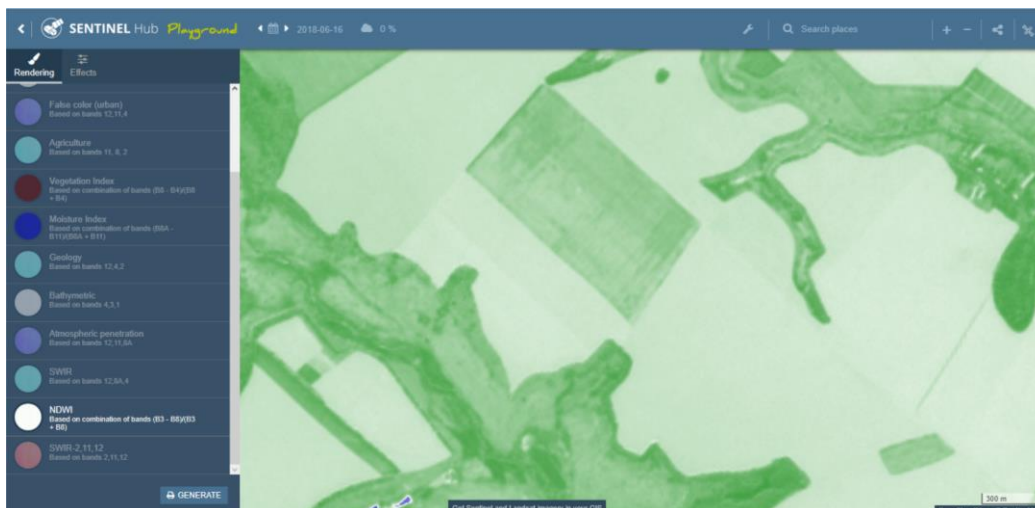
відповідають областям із мінімальною рослинністю або без неї, таким, як бетон, скелі або голий ґрунт. Помірні значення відповідають трав'янистим і чагарниковим областям. Високі значення – пишну рослинність [355].



а) знімок поверхні поля 16.04.18;



б) знімок поверхні поля 16.05.18;



в) знімок поверхні поля 16.06.18;



г) знімок поверхні поля 16.07.18;



д) знімок поверхні поля 16.08.18;

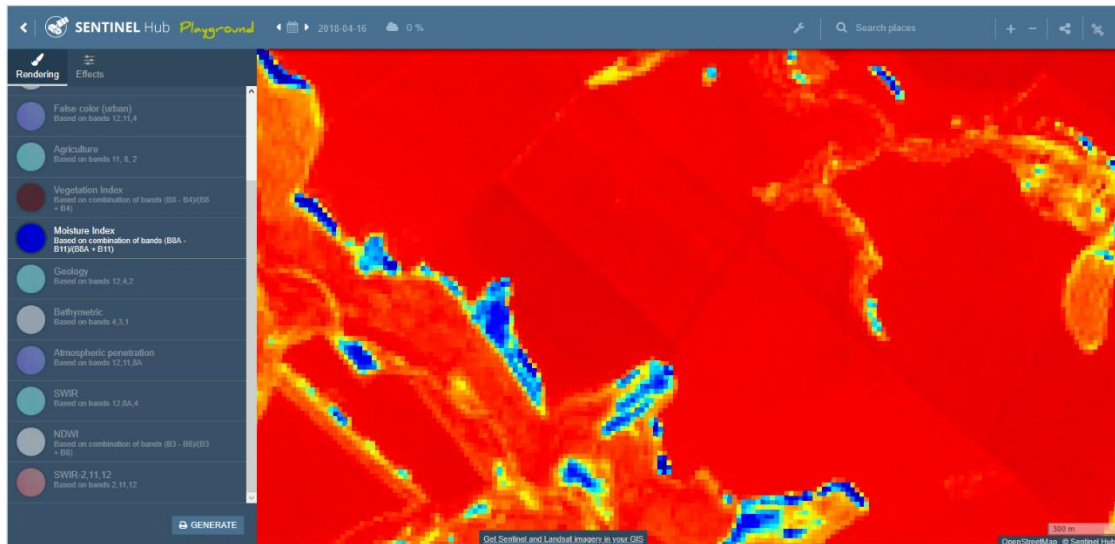


е) знімок поверхні поля 16.09.18.

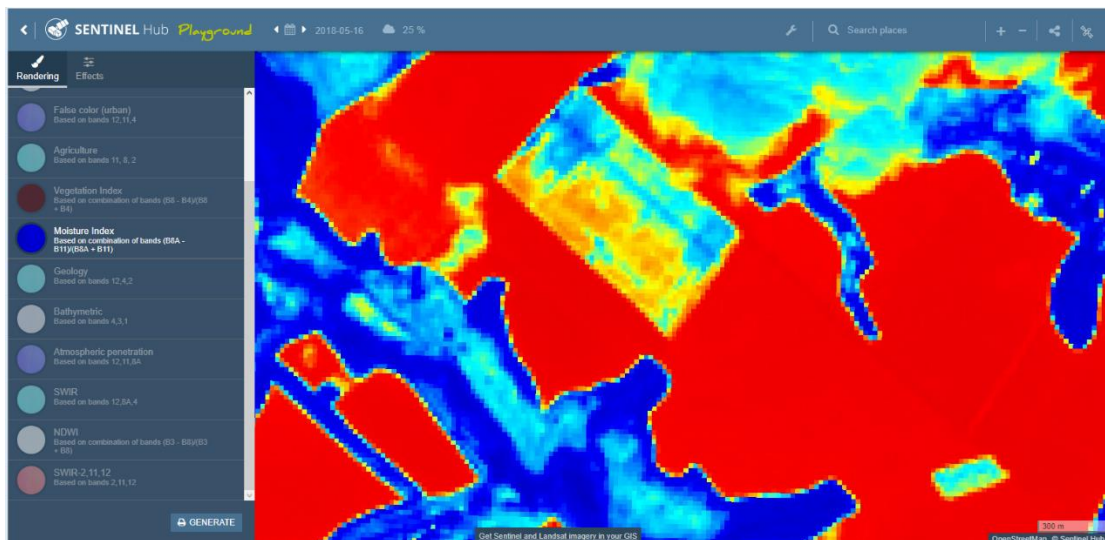
а – 16.04.18; б– 16.05.18; в– 16.06.18; г– 16.07.18; д– 16.08.18; е– 16.09.18

Рис. 4.24. Аналіз індексу NDWI в різний період вегетації озимої пшениці

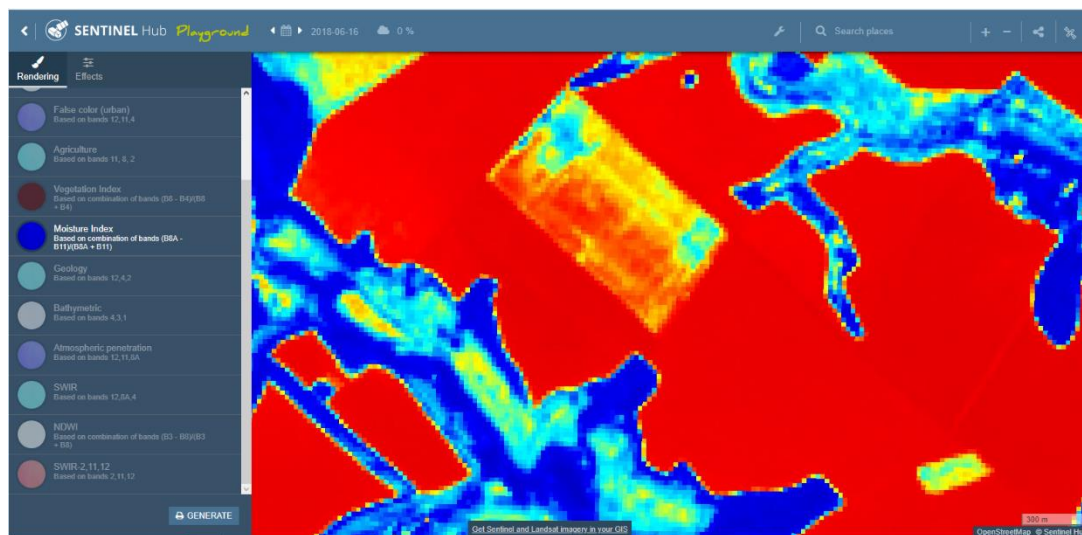
Коли стали очевидними недоліки, пов'язані з PDSI, був розроблений СМІ. Це індекс посухи, який підходить для визнання впливу посухи на аграрне виробництво, оскільки він швидко реагує на швидко мінливі умови. Він розраховується через розрахунок різниці між потенційним сумарним випаровуванням і вологістю, щоби визначити будь-який дефіцит [355].



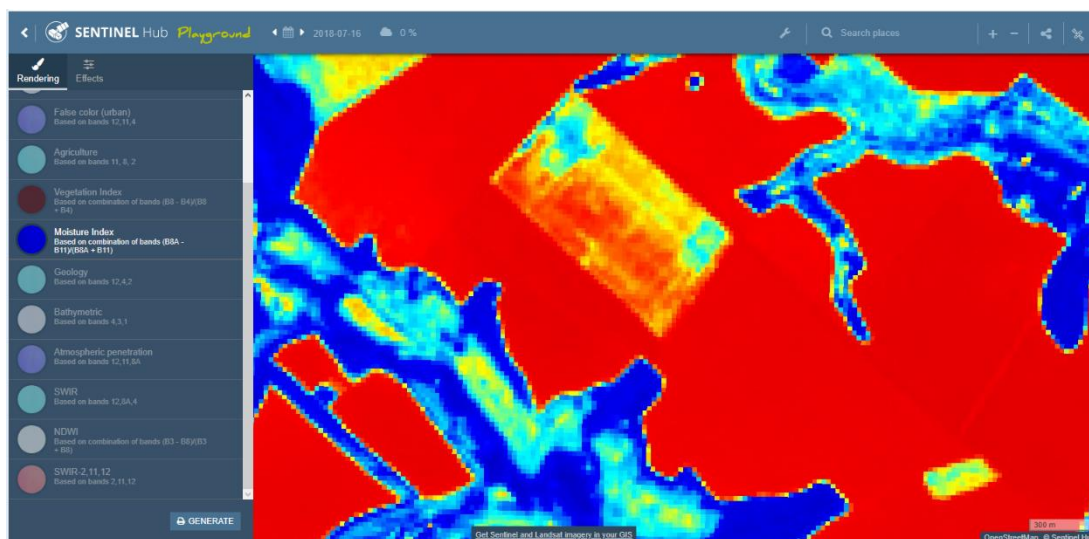
а) знімок поверхні поля 16.04.18;



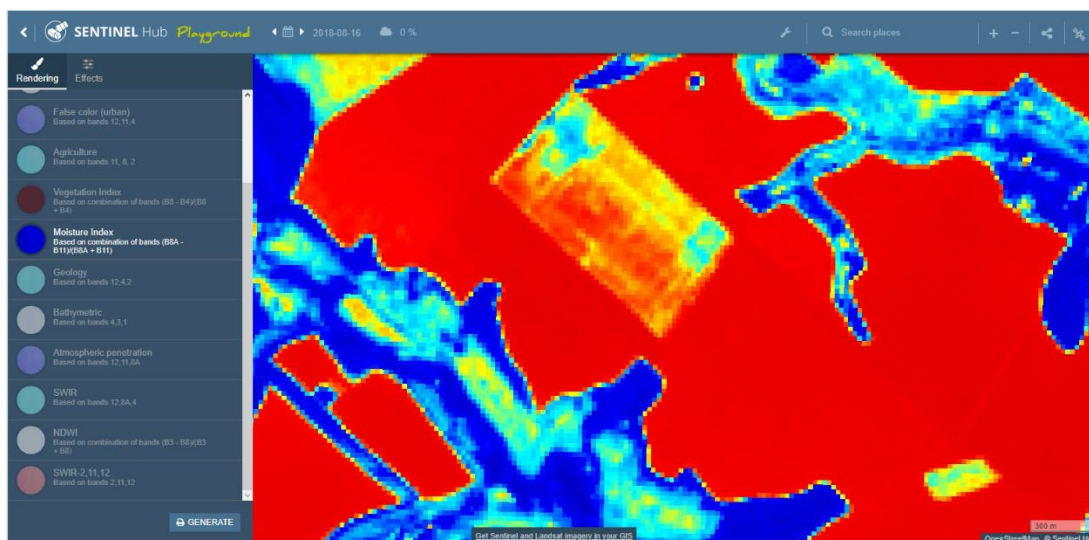
б) знімок поверхні поля 16.05.18;



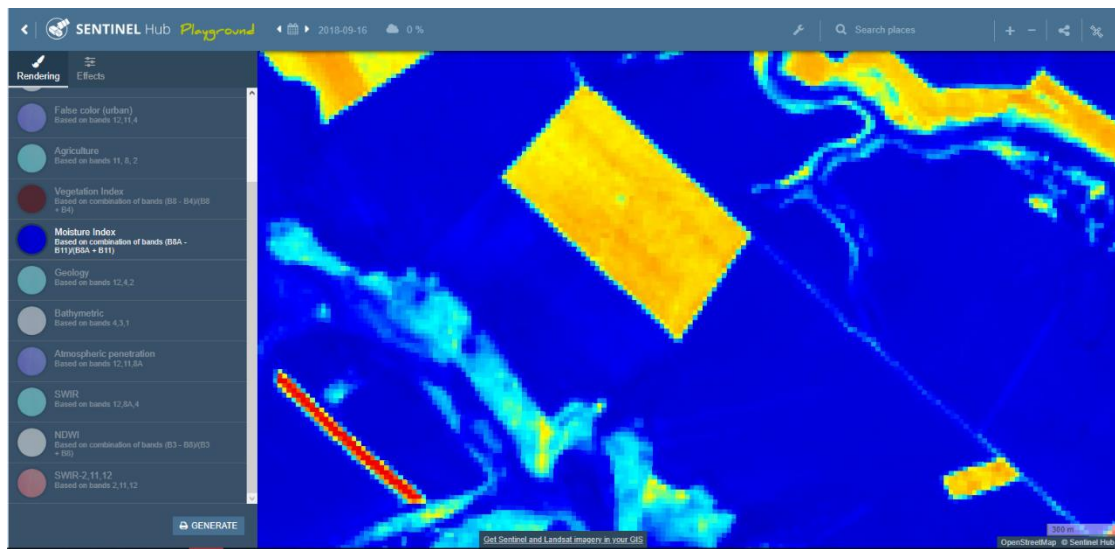
в) знімок поверхні поля 16.06.18;



г) знімок поверхні поля 16.07.18;



д) знімок поверхні поля 16.08.18;



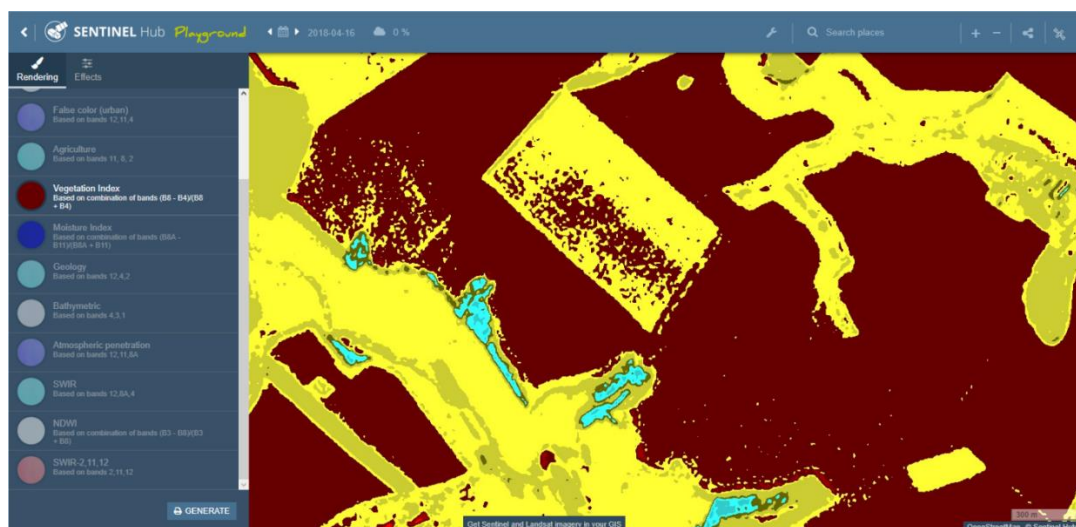
е) знімок поверхні поля 16.09.18.

а – 16.04.18; б– 16.05.18; в– 16.06.18; г – 16.07.18; д – 16.08.18; е – 16.09.18

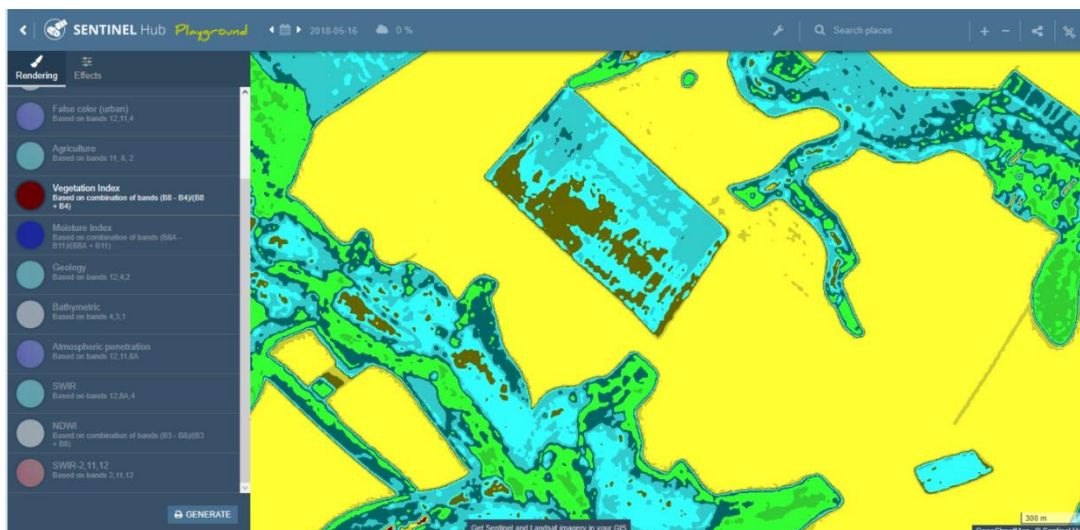
Рис. 4.25. Аналіз індексу Moisture Index в різний період вегетації пшениці

Вегетаційний індекс (VI) є спектральним перетворенням двох або більше смуг, призначених для підвищення вкладу властивостей рослинності, забезпечує надійне просторове й тимчасове інтер-зіставлення наземної фотосинтетичної активності та навісу структурних варіацій [41].

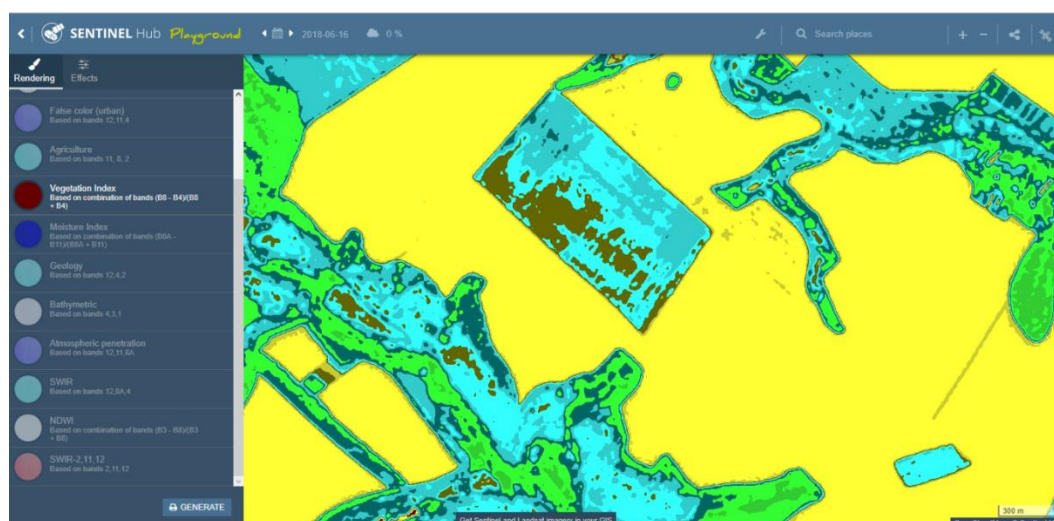
Існує багато індексів рослинності (VI), значна кількість із яких функціонально еквівалентна. У багатьох індексах використовується зворотна залежність між відображенням червоного та ближнього інфрачервоного діапазону, пов'язана зі здоровою зеленою рослинністю [41].



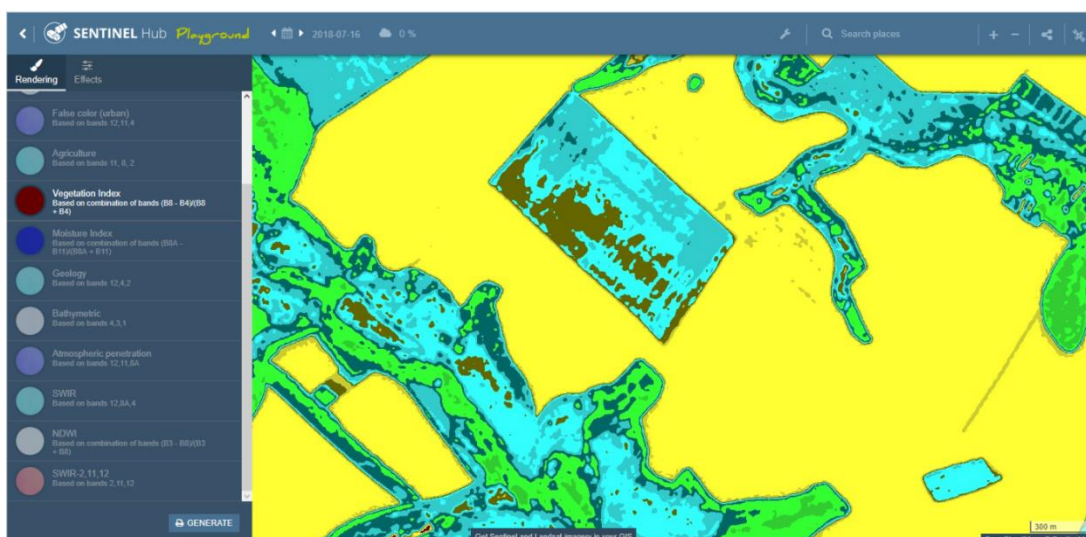
а) знімок поверхні поля 16.04.18;



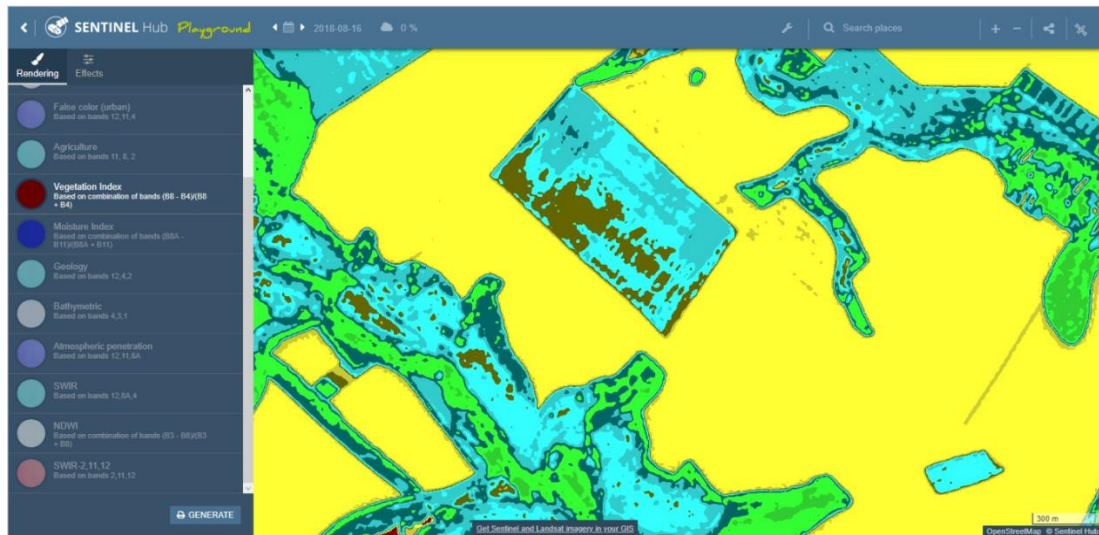
б) знімок поверхні поля 16.05.18;



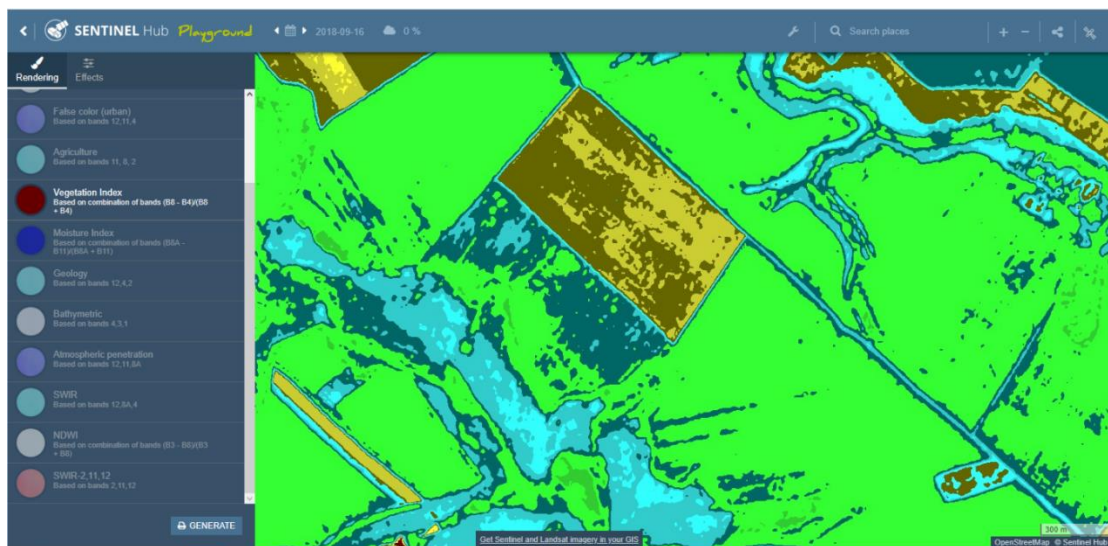
в) знімок поверхні поля 16.06.18;



г) знімок поверхні поля 16.07.18;



д) знімок поверхні поля 16.08.18;



е) знімок поверхні поля 16.09.18.

а – 16.04.18; б– 16.05.18; в – 16.06.18; г – 16.07.18; д – 16.08.18; е – 16.09.18

Рис. 4.26. Аналіз індексу Vegetation Index в різний період вегетації пшениці

Людське око може бачити електромагнітне випромінювання тільки з дуже маленької частини електромагнітного спектра. Щоби «бачити» за межами цього діапазону, використовуються камери, які виявляють і перетворюють невидиме випромінювання в задані кольори. Колір інфрачервоного (CIR) зображення використовує частину електромагнітного спектра в діапазоні від 0,70 мкм до 1,0 мкм (від 0,7 до 1,0 мкм або мільйонної частки метра), тільки поза довжин хвиль для червоного кольору [3].

Яскраві яскраво-червоні тони. Яскраві червоні тони представляють енергійно зростаючу щільність рослин, яка виробляє велику кількість хлорофілу [3].

Більш світлі тони червоного, пурпурного й рожевого кольорів. Ці кольори, зазвичай, представляють рослинність, яка не містить стільки хлорофілу, як зрілі насадження вічнозелених рослин. Поля наближаються до кінця вегетації, а мертві або нездорові рослини часто з'являються в менш інтенсивних червоних, зелених або коричневих кольорах [3].

Білий, синій, зелений або коричневий кольори часто представляють ґрунт. Більш темні відтінки ґрунту зазвичай вказують на більш високий рівень вологості або органічних речовин. Склад ґрунту впливає на зовнішній вигляд ґрунту: глинисті ґрунти з'являються в більш темних засмагах і синьо-зелених кольорах, а піщані ґрунти виглядають білими, сірими або світло-коричневими. Врожаї, близькі до кінця вегетаційного періоду або мертві, або нездорові, рослини будуть з'являтися в різних світлих тонах червоного та рожевого кольору або зелені. Блідий або світло-блакитний також може являти собою насичену опадами воду. Будинки і штучні матеріали, такі як бетон і сухий гравій, на фотографіях CIR зазвичай виглядають білими або блакитними [3].

Темно-синій до чорного – вода варіюється від відтінків синього до чорного залежно від чистоти і глибини. Зазвичай, чим чистіше вода, тим темніший колір. Проте дрібні потоки будуть часто відображати кольори, пов'язані з матеріалами в їхніх шарах. Якщо русло струмка зроблено з піску, колір здаватися білим або дуже легким загаром через високу відбивну здатності піску. Асфальтові дороги здаються темно-синіми або чорними [3].

CIR-зображення гарні для проникнення через атмосферний серпанок (димку) і для визначення здоров'я рослинності [3].

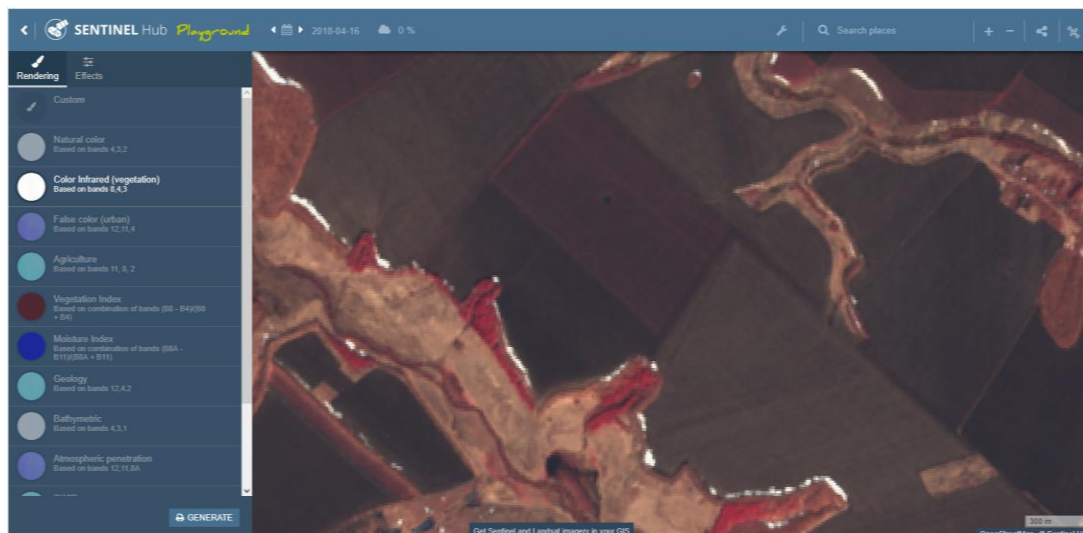
CIR-зображення також гарні для [3]:

виявлення видів рослин;

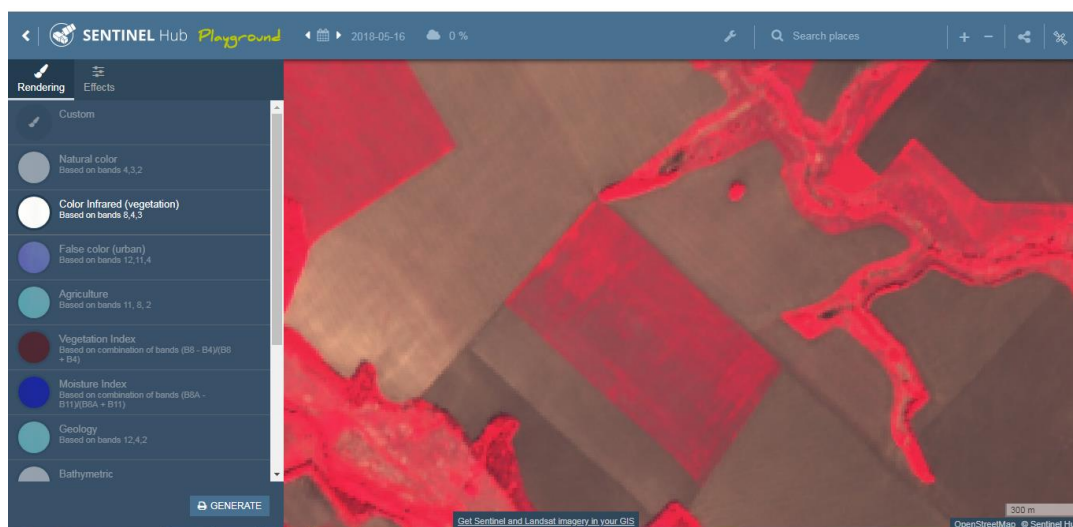
оцінки біомаси рослинності;

оцінки вологості ґрунту;

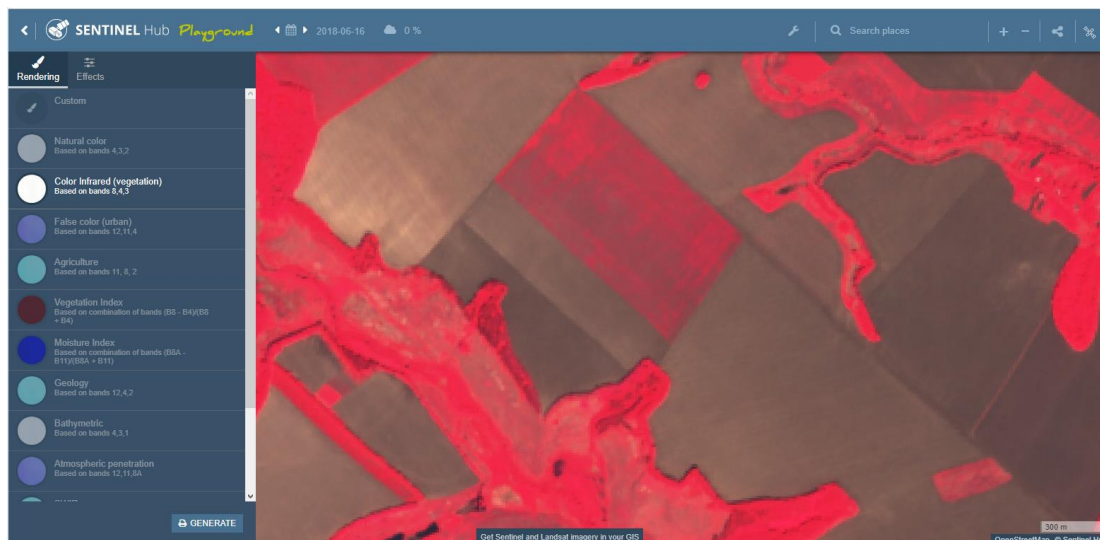
оцінки прозорості води (тобто каламутність).



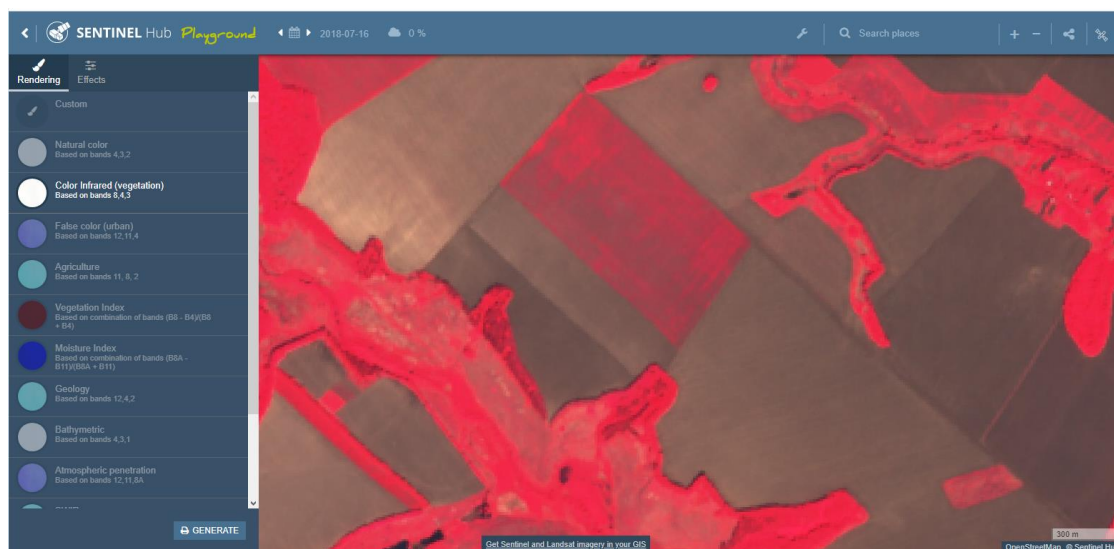
а) знімок поверхні поля 16.04.18;



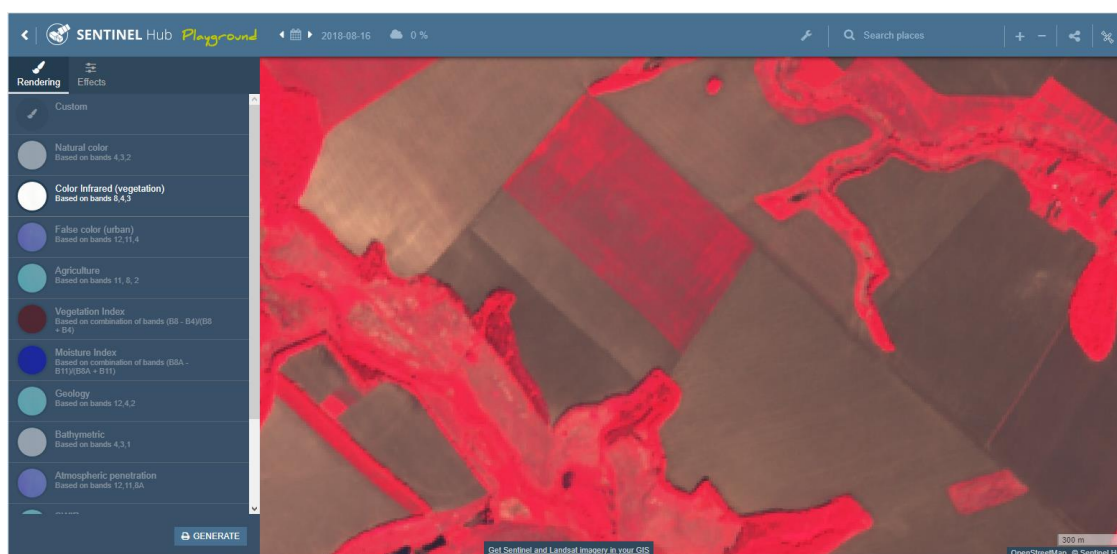
б) знімок поверхні поля 16.05.18;



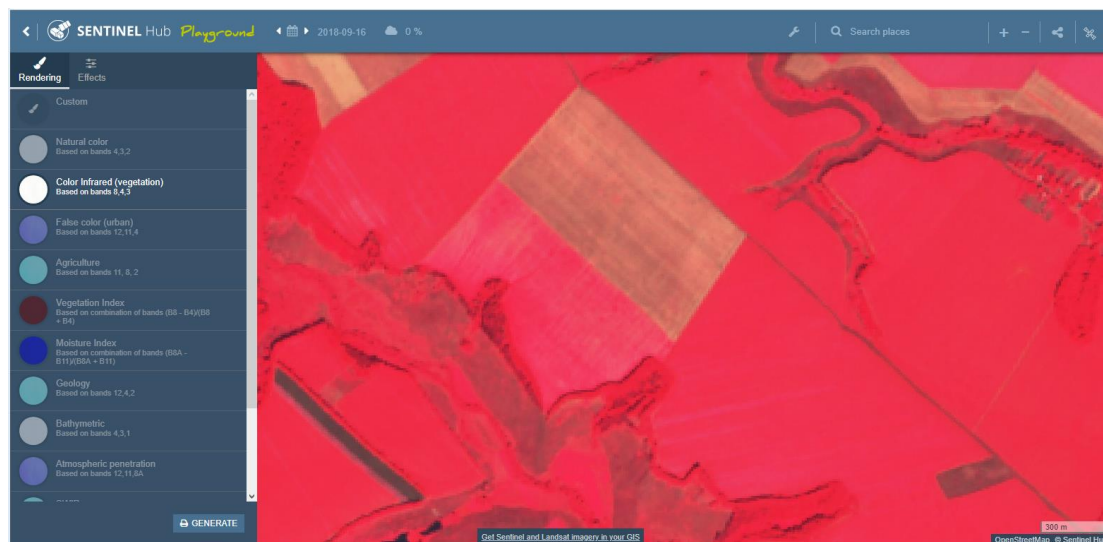
в) знімок поверхні поля 16.06.18;



г) знімок поверхні поля 16.07.18;



д) знімок поверхні поля 16.08.18;



е) знімок поверхні поля 16.09.18.

а – 16.04.18; б – 16.05.18; в – 16.06.18; г – 16.07.18; д – 16.08.18; е – 16.09.18

Рис. 4.27. Аналіз Color Infrared (Vegetation) в різний період вегетації озимої пшениці

Слабкими місцями є пагорби, височини, також спостерігається зниження врожайності біля лісосмуг. Це зазвичай пов'язано із вмістом вологи. Височини мають меншу кількість вологи в порівнянні із впадинами.

За посіву більшість великих агрегатів знаходиться в посівному ложі, на поверхні лишається дрібний ґрунт. Під час настання затяжних дощів ґрунт розмокає й утворює ґрунтову кірку, що обмежує доступ кисню до кореневої системи рослини.

Необхідно приділяти більше уваги процесу внесення ЗЗР. Великі втрати ЗЗР відбуваються за рахунок роботи обприскувачів за швидкості вітру понад 5 км/год; під час «закритого листа» (температура на рівні листа нижче 10 °С або вище 25 °С); значній вологості; атмосферному тиску повітря. Базуючись на аналізі знімків із супутника та обстеженні полів за допомогою безпілотних літальних апаратів, встановлюються потенційно проблемні ділянки. На даних ділянках присутній високий ризик поширення хвороб та розмноження шкідників. Ці чинники негативно впливають на коефіцієнт реалізації біологічного потенціалу культури. Визначення стану захворюваності рослин на основі отриманих даних дає можливість запустити процес внесення ЗЗР із випередженням на 2–3 доби. Використання в якості машини для локальної обробки безпілотними літальними апаратами, значно зменшує витрати на обробку, знижує кількість рідини, менш агресивно впливає на довкілля, знижує інтенсивність розповсюдження шкідників та поширення хвороб.

Також дослідженнями встановлено, що значна частина хвороб та шкідників на рослині живуть знизу листка. Для потрапляння робочої рідини на листок знизу, для підвищення ефективності використання обприскувачів, ЗЗР необхідно вносити на нижню частину листа або створювати потік завихрення.

4.4. Етап 4. Стан ґрунту і властивості рослини в передзбиральний і збиральний періоди

На час настання терміну збирання аграрних культур (пшениця, соя, кукурудза) вологість насіння повинна становити 14-16 %, вологість ґрунту в шарі 0-10 см повинна бути на рівні 16-18 %, вологість стеблової маси до 50 %. У реальних умовах під час збирання кукурудзи маємо умови, наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 Умови збирання кукурудзи на зерно

Показники	Результати досліджень
Фон	Після збирання кукурудзи на зерно
Вологість повітря, %	82
Швидкість вітру, м/с	0,6
Вологість ґрунту, % (у шарах)	
0-5 см	21,43
5-10 см	20,91
10-15 см	20,15
Забур'яненість поля до проходу агрегату, шт./м ²	6
Висота стерні, см	30
Вологість матеріалу, %	66,67
Маса рослинних рештків, г/1м ²	2864
Твердість ґрунту, МПа, (у шарах) (рядок / між рядками / по ходу рушія)	
0-10 см	1,36 / 1,41 / 1,99
10-15 см	1,99 / 2,07 / 2,31
15-20 см	2,10 / 2,21 / 2,40
20-25 см	2,77 / 2,90 / 3,11
25-30 см	3,26 / 3,51 / 3,77
Щільність ґрунту, г/см ³ , (у шарах)	
0-10 см	1,01
10-15 см	1,19
15-20 см	1,28
20-25 см	1,30
25-30 см	1,31
Плужна підшва, см	32

Умови під час збирання сої

Комбайн Claas Lexion – 670 з жаткою Cerio.

Сорт сої – Валас (Канада).

Біологічна врожайність сої – 31,22 ц/га.

Вологість зерна з бункера – 13,9%.

У реальних умовах під час збирання сої умови, наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 Умови збирання сої

Показники	Результат дослідження
Фон	Соя
Відстань між рослинами, см	1, 9, 1, 28, 2, 19, 1, 6, 12, 3, 5, 2, 4, 12, 7, 12, 0, 2, 3, 7, 22, 2, 14, 3, 7, 1, 8, 5, 5, 8, 12
Густота сої на 1 м.п.	14, 19, 13, 16, 19, 15, 10, 11, 15, 21, 16, 18, 16, 14, 10, 19, 27, 10,
Ширина міжрядь, см	30, 25, 35, 17, 34, 23, 35, 34, 25, 20, 17, 31, 27, 31, 36, 32, 35, 32, 28, 35, 30, 32, 29, 30, 32
Висота стерні, см	22, 17, 16, 16, 17, 16, 17, 17, 15, 15, 15, 14, 15, 12, 12, 12, 10, 9, 8, 9
Втрати зерна на стерні бобами, кг/га	2, 5, 3, 6, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,12, 4, 16, 1, 4, 0, 9
Температура повітря, °C	12,2; 12; 11,8; 11,6
Сила вітру, м/с	Min 0,3 – Max 5,1
Вологість повітря, %	58,9-58,3
Вологість ґрунту, % (у шарах)	
0-5 см	21,43
5-10 см	20,91
10-15 см	20,15
Забур'яненість поля до проходу агрегату, шт./м ²	6
Вологість матеріалу, %.	66,67
Маса рослинних рештків, г/1м ²	2864
«Плужна підшва», мм	I – 13-15 см II – 3 2 см

Умови під час збирання озимої пшениці

Сорт пшениці – Подолянка.

Біологічна врожайність пшениці – 62 ц/га.

Вологість зерна з бункера – 15,7 %.

У реальних умовах під час проведення збирання озимої пшениці маємо умови, наведені в таблиці 4.6 та рисунках 4.28-4.30.

Таблиця 4.6 Умови збирання озимої пшениці

Показники	Результат дослідження
Фон	Пшениця озима
Кількість рослин на 1 м ²	380
Вологість повітря, %	63,6
Швидкість вітру, м/с	5,1
Вологість ґрунту, % (у шарах)	
0-5 см	23,5
5-10 см	22,4
10-15 см	16,3
Забур'яненість поля до проходу агрегату, шт./м ²	8
Температура повітря, °С	25,8
Температура ґрунту, °С	22,2
Висота стерні (зрізу), см	14
Маса рослинних рештків, г/1м ²	450
«Плужна підошва», мм	20



Рис. 4.28. Зріз ґрунту в шарі 0-10 см



Рис. 4.29. Зріз ґрунту в шарі 10-20 см



Рис. 4.30. Зріз ґрунту в шарі 20-30 см

Аналізуючи дані, отримані дослідним шляхом, встановлено, що умови проведення збирання істотно відрізняються від оптимальних. Підвищення вологості повітря і ґрунту, які пов'язані з проходженням опадів, обмежують якість проведення збирання. Підвищена вологість зерна сої та пшениці змінює час проведення збирання, що невпинно веде до зниження кількісних і якісних показників зерна. Додатковий негативний ефект є від підвищеної вологості стеблової маси, що під час збирання підвищує вологість зерна на 2-5 %.

Зволожений ґрунт піддається підвищеному ущільненню, у зв'язку з чим

збирання сої проводять упоперек посіву. Це підвищує вібрацію жатки і втрати зерна.

4.5. Висновки до розділу 4

1. Дослідженнями встановлено, що рослинні рештки після обмолоту агрокультур подрібнюються комбайном, водночас їхнє розподілення на поверхні поля нерівномірне й описуються рівнянням: $y = -4,89x^2 + 40,05x - 26,82$.

2. Дослідженнями встановлено, що під час збирання кукурудзи на зерно щільність ґрунту в рядку, міжрядді та під дією ходових систем різна, що істотно впливає на якість виконання обробітку в межах 18 см.

3 Дослідженнями встановлено, що на кількість вологи в посівному шарі істотно впливає тип основного обробітку ґрунту, наявність рослинних рештків на його поверхні та період між збиранням та обробітком ґрунту.

4. Досліджено середовище, у якому проводиться посів, зроблений аналіз зміни якості залежно від режимів роботи.

5. Встановлений стан середовища, у якому робочі органи максимально забезпечують якість. Відповідні дані порівняно з потребами агрокультур.

6. Отримані дані свідчать про різницю потреб агрокультури, енергетичного засобу та агромашини і про необхідність глибоко всебічного аналізу умов роботи машин та потреб рослини під час обґрунтування агротехнічних вимог до технологічної операції. Тому необхідно визначитись зі спільним показником у разі розрахунку коефіцієнта.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ТА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ МАШИННИХ АГРЕГАТІВ У СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

Нами був проведений обчислювальний експеримент згідно з теоретичною частиною, яка викладена в другому розділі роботи. На основі теоретичних викладок та отриманих емпіричних залежностей, відповідно до сучасної аграрної техніки та умов її роботи, розроблена математична модель та комп'ютерна програма розрахунку якісних та техніко-економічних показників роботи машинних агрегатів, яка передбачає дослідження різних параметрів на різних режимах, за різних умов роботи машинних агрегатів під час виробництва аграрної продукції.

Проведення досліджень передбачалося на двох основних культурах, які мають найбільші площі посіву в регіоні. До таких культур належать кукурудза та озима пшениця. Для визначення теоретичних розробок (визначення продуктивності, затрат праці, витрати палива, прямих експлуатаційних затрат, коефіцієнта якості) у технологіях вирощування культур, які забезпечуються 50-70 різними механізованими технологічними операціями для кожної, нами визначені чотири основні технологічні лінії:

- створення умов для росту й розвитку агрокультури;
- розміщення насіння в середовищі росту й розвитку;
- накопичення енергії агрокультурою (маси);
- збереження накопиченої маси.

У кожній технологічній лінії обрана одна технологічна операція. Для обраних операцій нами були проведені теоретичні дослідження.

Склад машинних агрегатів для виконання запланованих технологічних операцій:

Дискування

№ з\п	Склад машинного агрегату	Ширина захвату, м	Максимальна швидкість, км/год.	Ціна, у.о.
1	John Deere 6110 B + Дукат 2,5	2,5	10-17	49747
2	Case IH Maxxum 125 + Дукат 3	3		81966
3	John Deere 6135 B + Дукат 4	4		60813
4	Case IH Puma 155 + Дукат 5	5		111529
5	Case IH Puma 155 + Дукат 6	6		117163
6	John Deere 8285R + Дукат 8	8		245692
7	John Deere 8335R + Дукат 12	12		320321
8	Case IH Steiger 500 + Дукат 16	16		480156

Оранка

№ з\п	Склад машинного агрегату	Ширина захвату, м	Максимальна швидкість, км/год.	Ціна, у.о.
1	John Deere 6095 B + ErOpal_5	1,05	8-12	59853
2	CASE 110 + ErOpal_6	1,4		63679
3	CASE 125 + ErOpal_7	1,4		97369
4	CASE 155 + ErOpal_8	1,75		112292
5	John Deere 7830 + ErOpal_9	2,1		178193
6	CASE 155 + VarDiam_10	1,75		129956
7	John Deere 7830 + VarDiam_10	2,1		196184
8	CASE 210 + VarDiam_10	2,45		157974
9	John Deere 8260R + VarDiam_10	2,8		242299
10	John Deere 7830 + EuroTitan 10 6+3 L 100	3,42		279300
11	John Deere 7930 + EuroTitan 10 7+3 L 100	3,8		291800
12	John Deere 8260R + EuroTitan 10 8+3 L 100	4,18		318050
13	CASE 300 + EuroTitan 10 8+3+1 L 100	4,56		367151

Посів

№ з\п	Склад машинного агрегату	Ширина захвату, м	Максимальна швидкість, км/год.	Ціна, у.о.
1	John Deere 6095 B + VEGA 6	4,2	7-9	54814
2	John Deere 6095 B + VEGA 8	5,6		60370
3	CASE 155 + VEGA 12	8,4		118058
4	CASE 155 + VEGA 16	11,2		127540
5	John Deere 8285R + Maestro SW	16,8	12-16	479939
6	John Deere 7930 + Maestro SW	11,2		375854
7	CASE 155 + Maestro SW	8,4		269550
8	CASE 500 + Pronto SW	12	12-16	722750
9	CASE 340 + Pronto SW	9		472630
10	John Deere 7930 + Pronto SW	8		386814
11	John Deere 7730 + Pronto DC	6		294406
12	CASE 155 + Pronto DC	4		193755
13	John Deere 6135 B + Pronto DC	3		129763

Догляд за посівами

№ з\п	Склад машинного агрегату	Ширина захвату, м	Максимальна швидкість, км/год.	Ціна, у.о.
1	John Deere 6135 B + HORSCH LEEB 4 LT	36	16-20	198800
2	John Deere 6135 B + HORSCH LEEB 6 LT	36		226080

Збирання

№ з\п	Склад машинного агрегату	Ширина захвату, м	Максимальна швидкість, км/год.	Ціна, у.о.
1	CLAAS Lexion 770	8,63	4-6	400694
2	CLAAS Tucano 430	5,37		228778

Обрання відповідних машинних агрегатів для теоретичних досліджень зумовлено розповсюдженням таких та подібних агрегатів для забезпечення технології виробництва культур у регіоні. Водночас із представленими машинними агрегатами нами проводилися багаторічні дослідження. Ми досліджували різні машинні агрегати, водночас представлені вище агрегати мають найвищий показник якості виконання механізованої технологічної операції.

Для проведення розрахунку показників ефективності використання машинного агрегату готується база даних відповідного агрегату, яка складається з параметрів енергетичного засобу (табл. 5.1, рис. 5.1) та параметрів агромашини (табл. 5.2, рис. 5.1); для достовірної інформації розрахунку (відповідності теоретичних розрахунків і параметрів реальної роботи машинного агрегату при виконанні механізованої технологічної операції) задаються умови роботи агрегату (табл. 5.3, 5.4, 5.5 та рис. 1).

За даною формою готується інформація про енергетичні засоби (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 Енергетичні засоби

Марка енергетичного засобу, визначена виробником	Порядковий номер	Тип енергетичного засобу	Основний технологічний параметр енергозасобу	Потужність двигуна, кВт	Питома витрата палива, г/кВт·год	Експлуатаційна маса, т	Балансова вартість енергетичного засобу, у.о.	Нормативне річне завантаження, год	Система ТОР	Виробіток енергомашини в умовних гектарах за годину	Коефіцієнт надійності енергетичного засобу	Коефіцієнт забезпечення агровиимог	Загальна місткість робочого бункера
John Deere 6095 B	256	2	21	70	200	4,6	40000	1600	3	0,83	0,95	1	-
Case IH Magnum 340	271	2	81	301	210	12,88	213000	1600	3	3,2	0,93	1	-
CLAAS Lexion 770	273	3	17,0	385	250	18,53	400694	370	3	4,90	0,99	0,99	11,50

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Склад простого машинного агрегату																		
Енергетичний засіб	Тип	Рдоп	N	q	G	C	t		Кп	Кн	Кя							
John Deere 83	264	X	75	251.0	200	13.00	246000	1600	3	2.80	0.95	1					Трактор колісний John Deere 8310R	
Агромашина	Тип	B	V	Невп	G	C	t		n	Кд	Кн	Кя	Інше					
Дукат 8	721	1	8.25	12	0	6.61	44692	200	2	0	10	0.85	0.9				Дискова борона-лушпильник Дукат 8	
Вхідні дані																		
Фон поверхні ґрунту				3	Спосіб руху агрегату				1									
Твердість ґрунту, кПа (кН/м2)				55	Віддаль від парку до поля, км				1									
Умови роботи машинного агрегату				3	Кут руху агрегату до рядка попередника				90									
Рельєф, %				3														
Глибина обробітку ґрунту, см				10														
Довжина гонів, м				800														

Рис. 5.1. Вхідна база даних для дослідження роботи машинного агрегату за виконання механізованої технологічної операції

Вхідними даними з агромашин стали техніко-експлуатаційні показники за формою "Агромашини" (табл. 5.2) відповідно до колонок.

Таблиця 5.2 Агромашини

Марка агромашини, визначена виробником	Порядковий номер агромашини	Тип агромашини	Основний технологічний параметр	Максимальна швидкість агромашини, км/год	Потужність на ВВП, кВт	Експлуатаційна маса агромашини, т	Балансова вартість агромашини, у.о.	Нормативне річне завантаження, год	Система ТОР	Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	Кінематична довжина	Коефіцієнт надійності	Коефіцієнт забезпечення агровиимог	Загальна місткість робочого бункера чи ємності
Дукат 2,5	716	1	2,5	12	0	1,05	5747	200	2	0	2,7	0,85	0,9	-
EurOpal 5	723	1	1,05	12	0	0,71	19853	240	3	0	3	0,9	0,98	-
Pronto SW	743	1	12	16	0	19,1	33587	230	3	0	7,7	0,98	0,98	17
HORSCH LEEB 4 LT	750	4	36,00	20	22,0	4,85	148800	320	3	0	4,8	0,99	0,98	2,00

Таблиця 5.3 Вхідні данні для дискування

Назва показника	Розмірність
Фон поверхні ґрунту	стерня
Твердість ґрунту, МПа	25-95
Умови роботи машинного агрегату	3
Рельєф, %	3
Глибина обробітку ґрунту, см	5-12
Довжина гонів, м	400-1200
Спосіб руху агрегату	взгін
Віддаль від парку до поля, км	1
Кут руху агрегату до рядка попередника	90

Таблиця 5.4 Вхідні данні для оранки, посіву та внесення ЗЗР

Назва показника	Розмірність
Фон поверхні ґрунту	3
Твердість ґрунту, МПа	25-95
Умови роботи машинного агрегату	3
Рельєф, %	3
Глибина обробітку ґрунту, см	25
Довжина гонів, м	400-1200
Спосіб руху агрегату	взгін
Віддаль від парку до поля, км	1

Таблиця 5.5 Вхідні данні для збирання

Назва показника	Розмірність
Фон поверхні ґрунту	3
Твердість ґрунту, МПа	25-95
Умови роботи машинного агрегату	3
Рельєф, %	3
Довжина гонів, м	400-1200
Спосіб руху агрегату	взгін
Віддаль від парку до поля, км	1
Урожайність основної продукції, ц/га	50
Урожайність побічної продукції, ц/га	60
Щільність основної продукції, т/м ³	0,7
Ємкість бункера, м ³	0,0
Час на вивантаження зерна, год	0,03

Після вибору машинного агрегату та внесення його параметрів до розрахункової бази; визначення і фіксування умов та режимів його роботи, переходимо до дослідження зміни його основних техніко-економічних показників (Продуктивності, Затрат праці, Витрати палива, Собівартості) та якісних показників виконання технологічної операції машинним агрегатом. Змінюючи режими роботи та умови виконання операції, проводимо

дослідження, отримуємо результати та аналізуємо їх.

Необхідно чітко розуміти, що параметри (технічні характеристики) машинного агрегату, умови роботи, показники якості та режими тісно пов'язані між собою й залежать один від одного.

5.1. Залежність техніко-експлуатаційних показників від твердості ґрунту, глибини обробітку, довжини гону, робочої швидкості за дискування

Було проведене теоретичне дослідження зміни техніко-економічних показників роботи машинних агрегатів із дисковими робочими органами. Були використані середні умови зони Лісостепу України. Для дослідження використовувались агромашини з різними характеристиками: потужністю, шириною захвату, масою, способом агрегування, вартістю. У результатах розрахунку нами представлені лише ті машинні агрегати, які мають відповідний показник якості та забезпечують максимально наближені умови та потреби для росту та розвитку агрокультур. Інші машинні агрегати не були представлені, у зв'язку з низьким показником якості дискування вони перебувають за межею.

Дослідженнями встановлено, що найвищий показник якості мають машинні агрегати John Deere 6110 B + Дукат 2,5 та John Deere 8335R+Дукат 8.

Таблиця 5.5 Зміна техніко-економічних показників роботи машинного агрегату в складі John Deere 6110 B + Дукат 2,5

Варіанти	Твердість ґрунту, МПА	Глибина обробітку, см	Довжина гонів, м	V, км/год.	W, га/год.	Затрати праці, люд-год./га	Витрата палива, кг /га	ПЕЗ, грн./га	Коефіцієнт якості
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Різна твердість	35	10	800	10	1,56	0,64	5,61	591,86	0,82
	55	10	800	10	1,55	0,65	6,41	614,53	0,80
	75	10	800	10	1,54	0,65	7,19	636,59	0,78
Різна глибина	55	8	800	10	1,55	0,64	5,91	600,02	0,79
	55	10	800	10	1,55	0,65	6,41	614,53	0,80
	55	12	800	10	1,54	0,65	6,91	629,20	0,82
Різна довжина	55	10	600	10	1,53	0,65	6,46	620,34	0,79
	55	10	800	10	1,55	0,65	6,41	614,53	0,80
	55	10	1000	10	1,55	0,64	6,38	611,29	0,81

Продовження таблиці 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Різна швидкість	55	10	800	8	1,24	0,81	6,80	778,05	0,76
	55	10	800	10	1,55	0,65	6,41	614,53	0,80
	55	10	800	12	1,85	0,54	6,20	508,94	0,73

Таблиця 5.6 Зміна техніко-економічних показників роботи машинного агрегату у складі John Deere 8335R + Дукат 8

Варіанти	Твердість ґрунту, МПА	Глибина обробітку, см	Довжина гонів, м	V, км/год.	W, га/год.	Затрати праці, люд-год./га	Витрата палива, кг /га	ПЕЗ, грн./га	Коефіцієнт якості
Різна твердість	35	10	800	10	4,86	0,21	5,55	645,72	0,82
	55	10	800	10	4,82	0,21	6,42	658,22	0,80
	75	10	800	10	4,78	0,21	7,28	670,02	0,77
Різна глибина	55	8	800	10	4,85	0,21	5,88	650,12	0,78
	55	10	800	10	4,82	0,21	6,42	658,22	0,80
	55	12	800	10	4,78	0,21	6,96	666,49	0,81
Різна довжина	55	10	600	10	4,68	0,21	6,61	678,73	0,79
	55	10	800	10	4,82	0,21	6,42	658,22	0,80
	55	10	1000	10	4,89	0,20	6,32	647,29	0,80
Різна швидкість	55	10	800	8	3,86	0,26	6,81	824,63	0,75
	55	10	800	10	4,82	0,21	6,42	658,22	0,80
	55	10	800	12	5,77	0,17	6,21	548,41	0,72

Поверхні відгуку вивчали за допомогою графіків поверхонь із використанням програми Statistika Version 10.

Поверхні відгуку, що характеризують залежність швидкості руху, витрати палива та якості виконання технологічної операції представлено на рисунку 5.2.

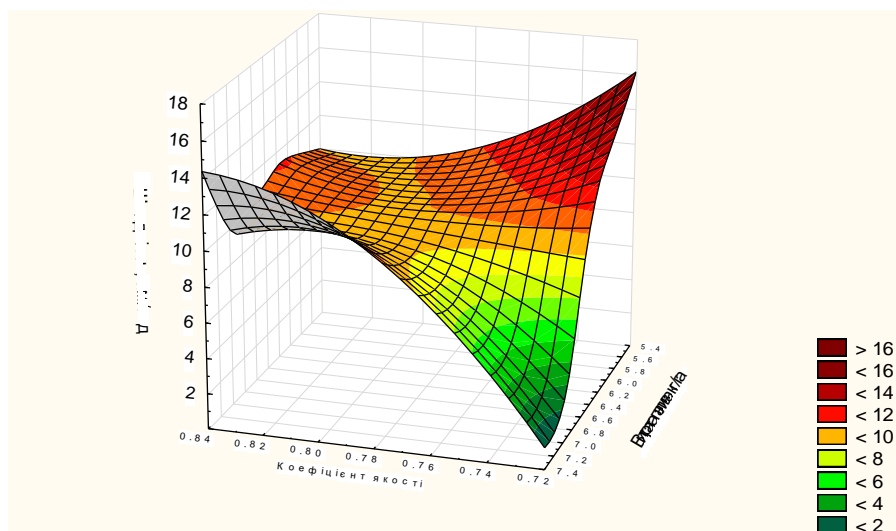


Рис. 5.2 .Графік залежності швидкості руху, витрати палива та якості виконання технологічної операції

Залежність техніко-економічних показників від умов роботи:

- продуктивність

Досліджуючи зміну продуктивності машинного агрегату з дисковою бороною-луцильником John Deere 6110 B + Дукат 2,5, залежно від умов виконання дискування встановлено, що за підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа продуктивність знижується в межах 1,7 %, за збільшення глибини обробітку від 8 до 12 см продуктивність падає на 1,5 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність зростає на 4,3 %. Отже, найбільший вплив на продуктивність під час дискування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 8 до 12 км/год. продуктивність зросла на 33 %.

Досліджуючи зміну продуктивності агрегату з дисковою бороною-луцильником John Deere 8335R + Дукат 8, залежно від умов виконання дискування встановлено, що за підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа продуктивність знижується в межах 1,7 %, за збільшення глибини обробітку від 8 до 12 см продуктивність падає на 1,5 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність зростає на 4,3 %. Водночас найбільший вплив на продуктивність під час дискування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 8 до 12 км/год. продуктивність зросла на 33 %.

- затрати праці

Досліджуючи зміну затрат праці машинного агрегату з короткою дисковою бороною-луцильником John Deere 6110 B + Дукат 2,5, залежно від умов виконання дискування встановлено, що за підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа затрати праці збільшуються в межах 1,6 %, за збільшення глибини обробітку від 8 до 12 см затрати праці зростають на 1,6 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м затрати праці зменшуються на 1,6 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час дискування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 8 до 12 км/год. затрати праці

зменшуються на 50 %.

Досліджуючи зміну затрат праці машинного агрегату із середньою дисковою бороною-луцильником John Deere 8335R + Дукат 8, залежно від умов виконання дискування встановлено, що у разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа затрати праці не змінюються, за збільшення глибини обробітку від 8 до 12 см затрати праці не змінюються, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м затрати праці зменшуються на 5 %. Отже, найбільший вплив на затрати праці під час дискування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 8 до 12 км/год. затрати праці зменшуються на 52 %.

- витрати палива

Досліджуючи зміну витрати палива машинного агрегату з короткою дисковою бороною-луцильником John Deere 6110 B + Дукат 2,5, залежно від умов виконання дискування встановлено, що у разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа витрати палива зростають на 22 %, за збільшення глибини обробітку від 8 до 12 см витрати палива підвищуються на 14,5 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м витрати палива зменшується на 1,3 %. Водночас найбільший вплив на витрати палива під час дискування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 8 до 12 км/год. витрати палива зменшилася на 9,7 %.

Досліджуючи зміну витрати палива машинного агрегату із середньою дисковою бороною-луцильником John Deere 8335R + Дукат 8, залежно від умов виконання дискування встановлено, що у разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа витрати палива зростають на 24 %, за збільшення глибини обробітку від 8 до 12 см витрати палива підвищуються на 15,5 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м витрати палива зменшується на 4,6 %. Водночас найбільший вплив на витрати палива під час дискування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 8 до 12 км/год. витрати палива зменшилася на 9,7 %.

- вартість роботи машинного агрегату

Досліджуючи зміну собівартості машинного агрегату з короткою дисковою бороною-луцильником John Deere 6110 B + Дукат 2,5, залежн від умов виконання дискування встановлено, що у разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість збільшується в межах 7 %, за збільшення глибини обробітку від 8 до 12 см собівартість зростає на 4,6 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість зменшується на 1,5 %. Отже, найбільший вплив на затрати праці під час дискування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 8 до 12 км/год. затрати праці зменшуються на 52,9 %.

Досліджуючи зміну собівартості машинного агрегату з дисковою бороною-луцильником John Deere 8335R + Дукат 8, залежно від умов виконання дискування встановлено, що у разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість збільшується в межах 3,6 %, за збільшення глибини обробітку від 8 до 12 см собівартість зростає на 2,5 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість зменшується на 4,9 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час дискування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 8 до 12 км/год. затрати праці зменшуються на 50,4 %.

- коефіцієнт якості

Досліджуючи зміну коефіцієнта якості машинного агрегату з короткою дисковою бороною-луцильником John Deere 6110 B + Дукат 2,5, залежно від умов виконання дискування встановлено, що у разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа коефіцієнт якості знижується в межах 5,1 %, за збільшення глибини обробітку від 8 до 12 см коефіцієнт якості підвищується на 3,7 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м коефіцієнт якості зростає на 2,5 %. Водночас найбільший вплив на коефіцієнт якості під час дискування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 8 до 12 км/год. коефіцієнт якості знижується на 4,1 %.

Досліджуючи зміну коефіцієнта машинного агрегату із середньою

дисковою бороною-луцильником John Deere 8335R + Дукат 8, залежно від умов виконання дискування встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа коефіцієнт якості знижується в межах 6,5 %, за збільшення глибини обробітку від 8 до 12 см коефіцієнт якості підвищується на 3,7 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м коефіцієнт якості зростає на 1,3 %. Отже, найбільший вплив на коефіцієнт якості під час дискування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 8 до 12 км/год. коефіцієнт якості знижується на 4,2 %.

5.2. Залежність техніко-експлуатаційних показників від твердості ґрунту, глибини обробітку, довжини гону, робочої швидкості за оранки

Було проведене теоретичне дослідження зміни техніко-економічних показників роботи орних машинних агрегатів. Були використані середні умови зони Лісостепу України. Для дослідження використовувались аграрні машини з різними характеристиками: потужністю, шириною захвату, масою, способом агрегування, вартістю. У результатах розрахунку нами представлені лише ті машинні агрегати, які мають відповідний показник якості та забезпечують максимально наближені умови та потреби для росту та розвитку агрокультур. Інші машинні агрегати не були представлені, у зв'язку з низьким показником якості оранки вони перебувають за межею.

Дослідженнями встановлено, що найвищий показник якості мають машинні агрегати John Deere 6095B + EurOpal 5 LEMKEN (3 корпус), CASE 340 + VarDiam 10 LEMKEN (7 корпусів) та CASE 500 + EuroTitan 10 8+3+1 L 100 LEMKEN (12 корпусів).

Таблиця 5.7 Зміна техніко-економічних показників роботи машинного агрегату в складі John Deere 6095B + EurOpal 5 LEMKEN

Варіанти	Твердість ґрунту, МПа	Глибина обробітку, см	Довжина гонів, м	V, км/год.	W, га/год.	Затрати праці, люд-год./га	Витрата палива, кг/га	ПЕЗ, грн./га	Коефіцієнт якості
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Різна твердість	35	25	800	8	0,73	4,12	15,75	2181,70	0,84
	55	25	800	8	0,71	4,24	20,37	2473,72	0,81
	75	25	800	8	0,68	4,44	25,41	2856,97	0,76

Продовження таблиці 5.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Різна глибина	55	22	800	8	0,72	4,19	18,71	2361,45	0,80
	55	25	800	8	0,71	4,24	20,37	2473,72	0,81
	55	28	800	8	0,70	4,31	22,12	2604,37	0,80
Різна довжина	55	25	600	8	0,70	4,26	20,49	2494,69	0,80
	55	25	800	8	0,71	4,24	20,37	2473,72	0,81
	55	25	1000	8	0,71	4,22	20,30	2461,72	0,82
Різна швидкість	55	25	800	6	0,43	6,98	21,82	4189,40	0,78
	55	25	800	8	0,57	5,25	20,42	3067,84	0,81
	55	25	800	10	0,71	4,24	20,37	2473,72	0,81

Таблиця 5.8 Зміна техніко-економічних показників роботи машинного агрегату в складі CASE 340 + VarDiam 10 LEMKEN

Варіанти	Твердість ґрунту, МПА	Глибина обробітку, см	Довжина гонів, м	V, км/год.	W, га/год.	Затрати праці, люд-год./га	Витрата палива, кг /га	ПЕЗ, грн./га	Коефіцієнт якості
Різна твердість	35	25	800	8	1,66	1,81	21,85	1992,07	0,85
	55	25	800	8	1,62	1,85	26,98	2142,85	0,82
	75	25	800	8	1,59	1,89	32,29	2312,04	0,79
Різна глибина	55	22	800	8	1,64	1,83	25,13	2085,67	0,81
	55	25	800	8	1,62	1,85	26,98	2142,85	0,82
	55	28	800	8	1,61	1,86	28,88	2204,85	0,81
Різна довжина	55	25	600	8	1,60	1,88	27,40	2185,99	0,81
	55	25	800	8	1,62	1,85	26,98	2142,85	0,82
	55	25	1000	8	1,64	1,83	26,74	2118,76	0,83
Різна швидкість	55	25	800	6	0,98	3,05	31,10	3689,85	0,79
	55	25	800	8	1,31	2,29	27,98	2690,51	0,82
	55	25	800	10	1,62	1,85	26,98	2142,85	0,82

Таблиця 5.9 Зміна техніко-економічних показників роботи машинного агрегату в складі CASE 500 + Euro Titan 10 8+3+1 L 100 LEMKE

Варіанти	Твердість ґрунту, МПА	Глибина обробітку, см	Довжина гонів, м	V, км/год.	W, га/год.	Затрати праці, люд-год./га	Витрата палива, кг /га	ПЕЗ, грн./га	Коефіцієнт якості
Різна твердість	35	25	800	8	2,37	1,27	20,46	2611,70	0,84
	55	25	800	8	2,31	1,30	25,51	2750,26	0,81
	75	25	800	8	2,24	1,34	30,98	2931,11	0,77
Різна глибина	55	22	800	8	2,34	1,28	23,68	2694,93	0,80
	55	25	800	8	2,31	1,30	25,51	2750,26	0,81
	55	28	800	8	2,29	1,31	27,45	2815,36	0,80
Різна довжина	55	25	600	8	2,24	1,34	26,31	2849,66	0,80
	55	25	800	8	2,31	1,30	25,51	2750,26	0,81
	55	25	1000	8	2,35	1,27	25,07	2696,75	0,82
Різна швидкість	55	25	800	6	1,74	1,72	27,83	3699,31	0,78
	55	25	800	8	2,31	1,30	25,51	2750,26	0,81
	55	25	800	10	2,87	1,05	25,05	2215,08	0,81

Поверхні відгуку вивчали за допомогою графіків поверхонь із використанням програми Statistika Version 10.

Поверхні відгуку, що характеризують залежність глибини обробітку ґрунту, собівартості та якості виконання технологічної операції представлені на рисунку 5.3.

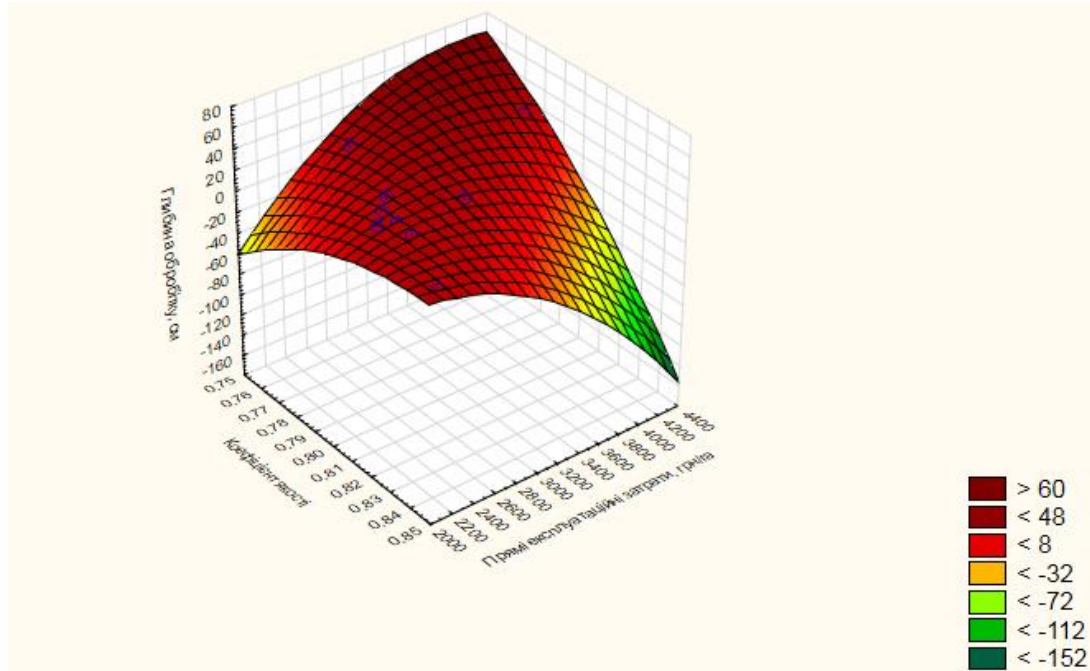


Рис. 5.3. Графік залежності глибини обробітку ґрунту, собівартості та якості виконання технологічної операції

Залежність техніко-економічних показників від умов роботи:

- *продуктивність*

Досліджуючи зміну продуктивності орного агрегату John Deere 6095B + EurOpal 5 LEMKEN, залежно від умов виконання оранки встановлено, що у разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа продуктивність знижується в межах 6,9 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см продуктивність падає на 2,8 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність зростає на 1,4 %. Водночас найбільший вплив на продуктивність під час оранки має робоча швидкість: за зміни швидкості від 6 до 10 км/год. продуктивність зросла на 65,1 %.

Досліджуючи зміну продуктивності машинного агрегату з плугом CASE 340 + VarDiam 10 LEMKEN, залежно від умов виконання оранки встановлено, що у разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа продуктивність знижується в межах 4,2 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см продуктивність падає на 1,8 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність зростає на 2,5 %. Водночас найбільший вплив на продуктивність під час оранки має робоча швидкість: за зміни швидкості від 6 до 10 км/год. продуктивність зросла на 65,3 %.

Досліджуючи зміну продуктивності машинного агрегату із середньою плугом CASE 500 + Euro Titan 10 8+3+1 L 100 LEMKE N, залежно від умов виконання оранки встановлено, що у разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа продуктивність знижується в межах 5,5 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см продуктивність падає на 2,1 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність зростає на 4,9 %. Отже, найбільший вплив на продуктивність під час оранки має робоча швидкість: за зміни швидкості від 6 до 10 км/год. продуктивність зросла на 64,9 %.

- затрати праці

Досліджуючи зміну затрат праці машинного агрегату з плугом John Deere 6095B + EurOpal 5 LEMKEN, залежно від умов виконання оранки встановлено, що в разі підвищенні твердості ґрунту від 35 до 75 МПа затрати праці збільшуються в межах 7,8 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см затрати праці зростають на 2,8 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м затрати праці зменшуються на 0,9 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час оранки має робоча швидкість: за зміни швидкості від 6 до 10 км/год. затрати праці зменшуються на 39,2 %.

Досліджуючи зміну затрат праці машинного агрегату з плугом CASE 340 + VarDiam 10 LEMKEN, залежно від умов виконання оранки встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа затрати праці збільшились на 4,4 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см затрати

праці зросли на 1,6 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м затрати праці зменшуються на 2,7 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час оранки має робоча швидкість: за зміни швидкості від 6 до 10 км/год. затрати праці зменшуються на 39,4 %.

Досліджуючи зміну затрат праці машинного агрегату з плугом CASE 500 + Euro Titan 10 8+3+1 L 100 LEMKE, залежно від умов виконання оранки встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа затрати праці збільшуються в межах 5,5 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см затрати праці зростають на 2,3 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м затрати праці зменшуються на 5,2 %. Отже, найбільший вплив на затрати праці за оранки має робоча швидкість: за зміни швидкості від 6 до 10 км/год. затрати праці зменшуються на 38,9 %.

- витрати палива

Досліджуючи зміну витрати палива машинного агрегату з плугом John Deere 6095B + EurOpal 5 LEMKEN, залежно від умов виконання оранки встановлено, що в разі зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м витрати палива зменшується на 0,95 %, за зміни швидкості від 6 до 10 км/год. витрати палива зменшилась на 6,7 %. Водночас найбільший вплив на витрати палива під час оранки має зміна твердості та глибина обробітку. Так, у разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа витрати палива зростають на 61,3 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см витрати палива підвищуються на 18,2 %.

Досліджуючи зміну витрати палива машинного агрегату з плугом CASE 340 + VarDiam 10 LEMKEN, залежно від умов виконання оранки встановлено, що в разі зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м витрати палива зменшується на 2,4 %, за зміни швидкості від 6 до 10 км/год. витрати палива зменшилась на 13,3 %. Водночас найбільший вплив на витрати палива під час оранки має зміна твердості та глибина обробітку. Так, у разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа витрати палива зростають на 47,7 %, за

збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см витрати палива підвищуються на 14,9 %.

Досліджуючи зміну витрати палива машинного агрегату з плугом CASE 500 + Euro Titan 10 8+3+1 L 100 LEMKE, залежно від умов виконання оранки встановлено, що в разі зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м витрати палива зменшується на 0,9 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см витрати палива підвищуються на 4,7 %. Отже, найбільший вплив на витрати палива під час оранки має зміна твердості та швидкість. Так, у разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа витрати палива зростають на 51,4 %, за зміни швидкості від 6 до 10 км/год. витрати палива зменшилась на 10 %.

- вартість роботи машинного агрегату

Досліджуючи зміну собівартості орного агрегату John Deere 6095B + EurOpal 5 LEMKEN, залежно від умов виконання оранки встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість збільшується в межах 31 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см собівартість зростає на 10,2 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість зменшується на 1,3 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час оранки має робоча швидкість: за зміни швидкості від 6 до 10 км/год. затрати праці зменшуються на 40,9 %.

Досліджуючи зміну собівартості машинного агрегату з середнім плугом CASE 340 + VarDiam 10 LEMKEN, залежно від умов виконання оранки встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість збільшується в межах 16 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см собівартість зростає на 5,7 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість зменшується на 3,1 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час оранки має робоча швидкість: за зміни швидкості від 6 до 10 км/год. затрати праці зменшуються на 41,9 %.

Досліджуючи зміну собівартості машинного агрегату з плугом CASE 500 + Euro Titan 10 8+3+1 L 100 LEMKE, залежно від умов виконання оранки

встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість збільшується в межах 12,2 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см собівартість зростає на 4,5 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість зменшується на 5,4 %. Отже, найбільший вплив на затрати праці під час оранки має робоча швидкість: за зміни швидкості від 6 до 10 км/год. затрати праці зменшуються на 40,1 %.

- коефіцієнт якості

Досліджуючи зміну коефіцієнта якості машинного агрегату John Deere 6095B + EurOpal 5 LEMKEN, залежно від умов виконання оранки встановлено, що в разі зміни швидкості від 6 до 10 км/год. коефіцієнт якості знижується на 3,9 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см коефіцієнт якості не змінюється, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м коефіцієнт якості зростає на 2,5 %. Водночас найбільший вплив на коефіцієнт якості твердість ґрунту: за підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа коефіцієнт якості знижується в межах 9,5 %.

Досліджуючи зміну коефіцієнта машинного агрегату із середнім плугом CASE 340 + VarDiam 10 LEMKEN, залежно від умов виконання оранки встановлено, що в разі зміни швидкості від 6 до 10 км/год. коефіцієнт якості знижується на 3,8 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см коефіцієнт якості не змінюється, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м коефіцієнт якості зростає на 2,5 %. Водночас найбільший вплив на коефіцієнт якості має твердість ґрунту: за підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа коефіцієнт якості знижується в межах 7 %.

Досліджуючи зміну коефіцієнта машинного агрегату із середнім плугом CASE 500 + Euro Titan 10 8+3+1 L 100 LEMKE, залежно від умов виконання оранки встановлено, що в разі зміни швидкості від 6 до 10 км/год. коефіцієнт якості знижується на 3,9 %, за збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см коефіцієнт якості не змінюється, при зростанні довжини гону поля від 600 до 1000 м коефіцієнт якості зростає на 2,5 %. Отже, найбільший вплив на

коефіцієнт якості під час оранки має твердість ґрунту: за підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа коефіцієнт якості знижується в межах 8,3 %.

5.3. Залежність техніко-експлуатаційних показників від твердості ґрунту, глибини обробітку, довжини гону, робочої швидкості за посіву

Було проведене теоретичне дослідження зміни техніко-економічних показників роботи посівних машинних агрегатів. Були використані середні умови зони Лісостепу України. Для дослідження використовувались аграрні машини з різними характеристиками: потужністю, шириною захвату, масою, способом агрегування, вартістю. У результатах розрахунку нами представлені лише ті машинні агрегати, які мають відповідний показник якості та забезпечують максимально наближені умови та потреби для росту та розвитку агрокультур. Інші машинні агрегати не були представлені, у зв'язку з низьким показником якості оранки і вони перебувають за межею.

Дослідженнями встановлено, що найвищий показник якості має машинні John Deere 6095 B + VEGA 6, CASE 225 + VEGA 8, John Deere 7830 + VEGA 16, John Deere 7830 + HORSCH Maestro 12.70-75 SW, John Deere 8260R +HORSCH Maestro 16, John Deere 8310R + HORSCH Maestro 24.70 - 75 SW.

Таблиця 5.10 Зміна техніко-економічних показників роботи машинного агрегату в складі John Deere 6095 B + VEGA 6

Варіанти	Твердість ґрунту, МПа	Глибина обробітку, см	Довжина гонів, м	V, км/год.	W, га/год.	Затрати праці, люд-год./га	Витрата палива, кг /га	ПЕЗ, грн./га	Коефіцієнт якості
Різна твердість	35	5	800	13	3,50	0,285	3,39	443,79	0,86
	55	5	800	13	3,48	0,287	3,80	451,17	0,87
	75	5	800	13	3,46	0,289	4,20	458,14	0,84
Різна глибина	55	3	800	13	3,51	0,285	3,27	441,42	0,85
	55	5	800	13	3,48	0,287	3,80	451,17	0,87
	55	7	800	13	3,44	0,290	4,32	461,16	0,83
Різна довжина	55	5	600	13	3,44	0,291	3,84	457,36	0,85
	55	5	800	13	3,48	0,287	3,80	451,17	0,87
	55	5	1000	13	3,50	0,285	3,77	447,78	0,89
Різна швидкість	55	5	800	10	2,68	0,373	4,10	589,20	0,83
	55	5	800	13	3,48	0,287	3,80	451,17	0,87
	55	5	800	16	4,27	0,234	3,65	366,18	0,85

Таблиця 5.11 Зміна техніко-економічних показників роботи машинного агрегату в складі CASE 225 + VEGA 8

Варіанти	Твердість ґрунту, МПА	Глибина обробітку, см	Довжина гонів, м	V, км/год.	W, га/год.	Затрати праці, люд-год./га	Витрата палива, кг /га	ПЕЗ, грн./га	Коефіцієнт якості
Різна твердість	35	5	800	13	4,57	0,219	3,10	491,27	0,86
	55	5	800	13	4,53	0,221	3,54	499,23	0,86
	75	5	800	13	4,49	0,223	3,97	506,67	0,84
Різна глибина	55	3	800	13	4,59	0,218	3,00	488,81	0,84
	55	5	800	13	4,53	0,221	3,54	499,23	0,86
	55	7	800	13	4,47	0,224	4,09	510,11	0,82
Різна довжина	55	5	600	13	4,45	0,225	3,60	508,34	0,84
	55	5	800	13	4,53	0,221	3,54	499,23	0,86
	55	5	1000	13	4,57	0,219	3,51	494,26	0,88
Різна швидкість	55	5	800	10	3,49	0,286	3,82	649,98	0,83
	55	5	800	13	4,53	0,221	3,54	499,23	0,86
	55	5	800	16	5,56	0,180	3,41	405,95	0,84

Таблиця 5.12 Зміна техніко-економічних показників роботи машинного агрегату в складі John Deere 7830 + VEGA 16

Варіанти	Твердість ґрунту, МПА	Глибина обробітку, см	Довжина гонів, м	V, км/год.	W, га/год.	Затрати праці, люд-год./га	Витрата палива, кг /га	ПЕЗ, грн./га	Коефіцієнт якості
Різна твердість	35	5	800	13	8,79	0,114	3,05	407,54	0,85
	55	5	800	13	8,69	0,115	3,54	414,38	0,86
	75	5	800	13	8,59	0,116	4,03	420,91	0,83
Різна глибина	55	3	800	13	8,83	0,113	2,94	405,42	0,84
	55	5	800	13	8,69	0,115	3,54	414,38	0,86
	55	7	800	13	8,53	0,117	4,15	424,47	0,81
Різна довжина	55	5	600	13	8,38	0,119	3,67	429,94	0,84
	55	5	800	13	8,69	0,115	3,54	414,38	0,86
	55	5	1000	13	8,85	0,113	3,47	406,22	0,87
Різна швидкість	55	5	800	10	6,71	0,149	3,80	538,10	0,82
	55	5	800	13	8,69	0,115	3,54	414,38	0,86
	55	5	800	16	10,65	0,094	3,42	337,56	0,83

Таблиця 5.13 Зміна техніко-економічних показників роботи машинного агрегату в складі John Deere 7830+HORSCH Maestro 12.70-75 SW

Варіанти	Твердість ґрунту, МПА	Глибина обробітку, см	Довжина гонів, м	V, км/год.	W, га/год.	Затрати праці, люд-год./га	Витрата палива, кг /га	ПЕЗ, грн./га	Коефіцієнт якості
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Різна твердість	35	5	800	13	6,75	0,148	3,16	673,27	0,85
	55	5	800	13	6,69	0,149	3,62	681,40	0,86
	75	5	800	13	6,64	0,151	4,08	688,85	0,84
Різна глибина	55	3	800	13	6,77	0,148	3,04	670,41	0,84
	55	5	800	13	6,69	0,149	3,62	681,40	0,86
	55	7	800	13	6,61	0,151	4,20	692,87	0,82
Різна довжина	55	5	600	13	6,52	0,153	3,72	700,55	0,84
	55	5	800	13	6,69	0,149	3,62	681,40	0,86
	55	5	1000	13	6,79	0,147	3,57	671,16	0,88

Продовження таблиці 5.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Різна швидкість	55	5	800	10	5,16	0,194	3,83	884,87	0,83
	55	5	800	13	6,69	0,149	3,62	681,40	0,86
	55	5	800	16	8,22	0,122	3,53	554,77	0,84

Таблиця 5.14 Зміна техніко-економічних показників роботи машинного агрегату в складі John Deere 8260R +HORSCH Maestro 16

Варіанти	Твердість ґрунту, МПА	Глибина обробітку, см	Довжина гонів, м	V, км/год.	W, га/год.	Затрати праці, люд-год./га	Витрата палива, кг /га	ПЕЗ, грн./га	Коефіцієнт якості
Різна твердість	35	5	800	13	8,89	0,112	3,15	592,69	0,86
	55	5	800	13	8,83	0,113	3,58	598,44	0,87
	75	5	800	13	8,78	0,114	4,00	603,66	0,84
Різна глибина	55	3	800	13	8,91	0,112	3,03	590,68	0,85
	55	5	800	13	8,83	0,113	3,58	598,44	0,87
	55	7	800	13	8,75	0,114	4,13	606,38	0,83
Різна довжина	55	5	600	13	8,52	0,117	3,71	620,79	0,85
	55	5	800	13	8,83	0,113	3,58	598,44	0,87
	55	5	1000	13	9,00	0,111	3,51	586,72	0,89
Різна швидкість	55	5	800	10	6,81	0,147	3,76	777,25	0,83
	55	5	800	13	8,83	0,113	3,58	598,44	0,87
	55	5	800	16	10,85	0,092	3,51	487,05	0,85

Таблиця 5.15 Зміна техніко-економічних показників роботи машинного агрегату в складі John Deere 8310R+Horsch Maestro 24.70-75SW

Варіанти	Твердість ґрунту, МПА	Глибина обробітку, см	Довжина гонів, м	V, км/год.	W, га/год.	Затрати праці, люд-год./га	Витрата палива, кг /га	ПЕЗ, грн./га	Коефіцієнт якості
Різна твердість	35	5	800	13	12,67	0,079	2,73	531,01	0,85
	55	5	800	13	12,54	0,080	3,20	537,92	0,86
	75	5	800	13	12,43	0,080	3,67	544,32	0,83
Різна глибина	55	3	800	13	12,72	0,079	2,62	528,64	0,84
	55	5	800	13	12,54	0,080	3,20	537,92	0,86
	55	7	800	13	12,35	0,081	3,79	548,07	0,82
Різна довжина	55	5	600	13	11,86	0,084	3,39	569,68	0,84
	55	5	800	13	12,54	0,080	3,20	537,92	0,86
	55	5	1000	13	12,92	0,077	3,11	521,90	0,88
Різна швидкість	55	5	800	10	9,68	0,103	3,34	697,48	0,82
	55	5	800	13	12,54	0,080	3,20	537,92	0,86
	55	5	800	16	15,39	0,065	3,16	438,44	0,84

Поверхні відгуку вивчали за допомогою графіків поверхонь із використанням програми Statistika Version 10.

Поверхні відгуку, що характеризують залежність якості виконання посіву, продуктивності та витрати палива, представлені на рисунку 5.4.

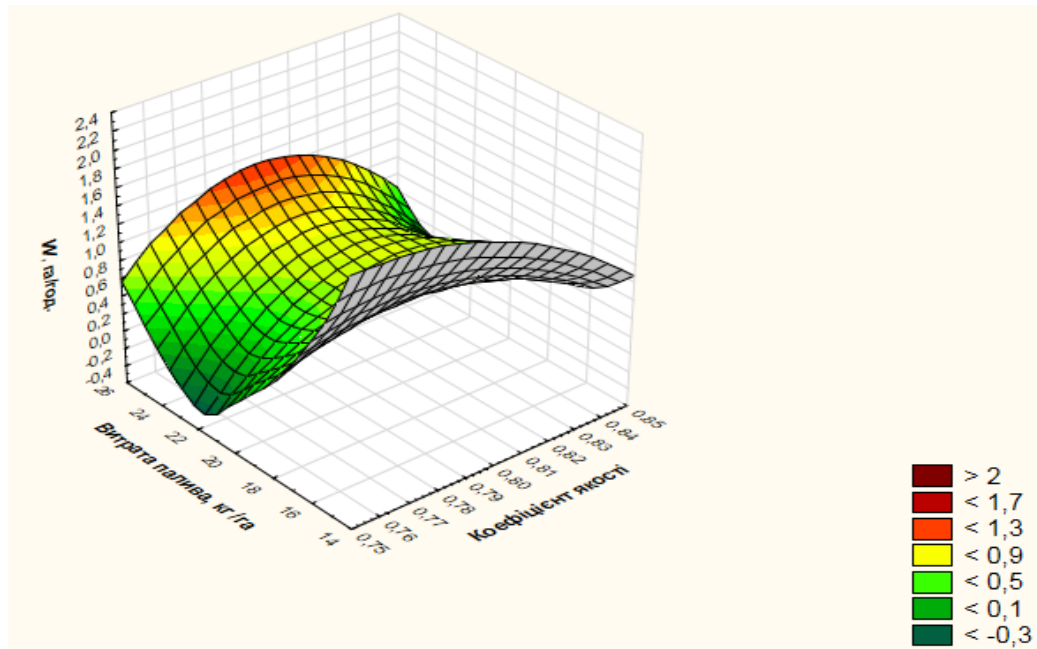


Рис. 5.4. Графік залежності якості виконання технологічної операції продуктивності та витрати палива машинного агрегату

Залежність техніко-економічних показників від умов роботи:

- *продуктивність*

Досліджуючи зміну продуктивності посівного агрегату John Deere 6095 B + VEGA 6, залежно від умов виконання посіву встановлено, що за підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа продуктивність знижується в межах 1,2 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см продуктивність падає на 2 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність зростає на 1,8 %. Водночас найбільший вплив на продуктивність під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. продуктивність зростає на 59,3 %.

Досліджуючи зміну продуктивності посівного агрегату CASE 225 + VEGA 8, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа продуктивність знижується в межах 1,8 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см продуктивність падає на 2,7 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність

зростає на 2,7 %. Водночас найбільший вплив на продуктивність під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. продуктивність зросла на 59,3 %.

Досліджуючи зміну продуктивності посівного агрегату John Deere 7830 + VEGA 16, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа продуктивність знижується в межах 2,2 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см продуктивність падає на 3,3 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність зростає на 5,6 %. Отже, найбільший вплив на продуктивність під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. продуктивність зросла на 58,8 %.

Досліджуючи зміну продуктивності посівного агрегату John Deere 7830 + HORSCH Maestro 12.70 - 75 SW, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа продуктивність знижується в межах 1,6 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см продуктивність падає на 2,4 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність зростає на 4,3 %. Водночас найбільший вплив на продуктивність під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. продуктивність зросла на 59,1 %.

Досліджуючи зміну продуктивності посівного агрегату John Deere 8260R + HORSCH Maestro 16, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа продуктивність знижується в межах 1,3 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см продуктивність падає на 1,9 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність зростає на 5,7 %. Водночас найбільший вплив на продуктивність під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. продуктивність зросла на 59,3 %.

Досліджуючи зміну продуктивності посівного агрегату John Deere 8310R + HORSCH Maestro 24.70 - 75 SW, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа

продуктивність знижується в межах 1,9 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см продуктивність падає на 2,9 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність зростає на 8,9 %. Отже, найбільший вплив на продуктивність під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. продуктивність зросла на 58,9 %.

- затрати праці

Досліджуючи зміну затрат праці посівного машинного агрегату John Deere 6095 B + VEGA 6, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа затрати праці збільшуються в межах 3,2 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см затрати праці зростають на 2 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м затрати праці зменшуються на 2 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,2 %.

Досліджуючи зміну затрат праці посівного машинного агрегату CASE 225 + VEGA 8, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа затрати праці збільшуються в межах 1,8 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см затрати праці зростають на 2,6 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м затрати праці зменшуються на 2,6 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,2 %.

Досліджуючи зміну затрат праці посівного машинного агрегату John Deere 7830 + VEGA 16, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа затрати праці збільшуються в межах 2,3 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см затрати праці зростають на 3,5 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м затрати праці зменшуються на 5,4 %. Отже, найбільший вплив на затрати праці під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати

праці зменшуються на 37 %.

Досліджуючи зміну затрат праці посівного машинного агрегату з John Deere 7830 + HORSCH Maestro 12.70 - 75 SW, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа затрати праці збільшуються в межах 1,6 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см затрати праці зростають на 2,4 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м затрати праці зменшуються на 4,1 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,2 %.

Досліджуючи зміну затрат праці посівного машинного агрегату John Deere 8260R + HORSCH Maestro 16, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа затрати праці збільшуються в межах 1,3 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см затрати праці зростають на 1,9 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м затрати праці зменшуються на 5,4 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,2 %.

Досліджуючи зміну затрат праці посівного машинного агрегату John Deere 8310R + HORSCH Maestro 24.70 - 75 SW, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа затрати праці збільшуються в межах 2 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см затрати праці зростають на 3 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м затрати праці зменшуються на 8,3 %. Отже, найбільший вплив на затрати праці під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,1 %.

- витрати палива

Досліджуючи зміну витрати палива посівного машинного агрегату John Deere 6095 B + VEGA 6, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м витрати палива

зменшується на 1,9 %, за зміни робочої швидкості від 10 до 16 км/год. витрати палива зменшується на 11,1 %. Водночас найбільший вплив на витрати палива під час посіву мають зміна твердості ґрунту від 35 до 75 МПа, за якої витрати палива зростають на 24,1 % та за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см витрати палива підвищуються на 32,7 %.

Досліджуючи зміну витрати палива посівного машинного агрегату CASE 225 + VEGA 8, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м витрати палива зменшується на 2,6 %, за зміни робочої швидкості від 10 до 16 км/год. витрати палива зменшується на 10,8 %. Водночас найбільший вплив на витрати палива під час посіву мають зміна твердості ґрунту від 35 до 75 МПа, за якої витрати палива зростають на 28 % та за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см витрати палива підвищуються на 36,3 %.

Досліджуючи зміну витрати палива посівного машинного агрегату John Deere 7830 + VEGA 16, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м витрати палива зменшується на 5,4 %, за зміни робочої швидкості від 10 до 16 км/год. витрати палива зменшується на 10,1 %. Отже, найбільший вплив на витрати палива під час посіву мають зміна твердості ґрунту від 35 до 75 МПа, за якої витрати палива зростають на 32,1 % та за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см витрати палива підвищуються на 41,2 %.

Досліджуючи зміну витрати палива посівного машинного агрегату John Deere 7830 + HORSCH Maestro 12.70 - 75 SW, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м витрати палива зменшується на 4,1 %, за зміни робочої швидкості від 10 до 16 км/год. витрати палива зменшується на 7,7 %. Водночас найбільший вплив на витрати палива під час посіву мають зміна твердості ґрунту від 35 до 75 МПа, за якої витрати палива зростають на 29 % та за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см витрати палива підвищуються на 38,3 %.

Досліджуючи зміну витрати палива посівного машинного агрегату John

Deere 8260R +HORSCH Maestro 16, залежності від умов виконання посіву встановлено, що в разі зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м витрати палива зменшується на 5,4 %, за зміни робочої швидкості від 10 до 16 км/год. витрати палива зменшується на 6,7 %. Водночас найбільший вплив на витрати палива під час посіву мають зміна твердості ґрунту від 35 до 75 МПа, за якої витрати палива зростають на 27 % та за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см витрати палива підвищуються на 36,3 %.

Досліджуючи зміну витрати палива посівного машинного агрегату John Deere 8310R + HORSCH Maestro 24.70 - 75 SW, залежності від умов виконання посіву встановлено, що в разі зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м витрати палива зменшується на 8,3 %, за зміни робочої швидкості від 10 до 16 км/год. витрати палива зменшується на 5,3 %. Отже, найбільший вплив на витрати палива під час посіву мають зміна твердості ґрунту від 35 до 75 МПа, за якої витрати палива зростають на 34,5 % та за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см витрати палива підвищуються на 44,7 %.

- вартість роботи машинного агрегату

Досліджуючи зміну собівартості посівного агрегату John Deere 6095 B + VEGA 6, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість збільшується в межах 3,3 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см собівартість зростає на 4,5 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість зменшується на 2,1 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,9 %.

Досліджуючи зміну собівартості посівного агрегату John Deere 6095 B + VEGA 6, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість збільшується в межах 3,3 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см собівартість зростає на 4,5 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість

зменшується на 2,1 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,9 %.

Досліджуючи зміну собівартості посівного агрегату CASE 225 + VEGA 8, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість збільшується в межах 3 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см собівартість зростає на 4,4 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість зменшується на 2,8 %. Отже, найбільший вплив на затрати праці під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,6 %.

Досліджуючи зміну собівартості посівного агрегату John Deere 7830 + VEGA 16, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість збільшується в межах 3,3 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см собівартість зростає на 4,7 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість зменшується на 5,5 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,3 %.

Досліджуючи зміну собівартості посівного агрегату John Deere 7830 + HORSCH Maestro 12.70 - 75 SW, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість збільшується в межах 2,3 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см собівартість зростає на 3,4 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість зменшується на 4,2 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,3 %.

Досліджуючи зміну собівартості посівного агрегату John Deere 8260R + HORSCH Maestro 16, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість збільшується в

межах 1,9 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см собівартість зростає на 2,7 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість зменшується на 5,5 %. Отже, найбільший вплив на затрати праці під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,4 %.

Досліджуючи зміну собівартості посівного агрегату John Deere 8310R + HORSCH Maestro 24.70 - 75 SW, залежності від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість збільшується в межах 2,5 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см собівартість зростає на 3,7 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість зменшується на 8,4 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час посіву має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,2 %.

- коефіцієнт якості

Досліджуючи зміну коефіцієнта якості машинного агрегату John Deere 6095 B + VEGA 6, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа коефіцієнт якості знижується в межах 2 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см коефіцієнт якості знижується в межах 1,9 %, за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. коефіцієнт якості зростає на 1,8 %. Водночас найбільший вплив на коефіцієнт якості має зміна довжини гону поля: за збільшення довжини гону поля від 600 до 1000 м коефіцієнт якості зростає на 4,3 %.

Досліджуючи зміну коефіцієнта якості машинного агрегату CASE 225 + VEGA 8, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа коефіцієнт якості знижується в межах 2,3 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см коефіцієнт якості знижується в межах 2,4 %, за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. коефіцієнт якості зростає на 1,7 %. Отже, найбільший вплив на коефіцієнт якості має зміна довжини гону поля: за збільшення довжини гону поля від 600 до 1000 м

коефіцієнт якості зростає на 4,3 %.

Досліджуючи зміну коефіцієнта якості машинного агрегату John Deere 7830 + VEGA 16, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа коефіцієнт якості знижується в межах 2,8 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см коефіцієнт якості знижується в межах 3 %, за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. коефіцієнт якості зростає на 1,6 %. Водночас найбільший вплив на коефіцієнт якості має зміна довжини гону поля: за збільшення довжини гону поля від 600 до 1000 м коефіцієнт якості зростає на 4,3 %.

Досліджуючи зміну коефіцієнта якості машинного агрегату John Deere 7830 + HORSCH Maestro 12.70 - 75 SW, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа коефіцієнт якості знижується в межах 2,2 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см коефіцієнт якості знижується в межах 2,2 %, за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. коефіцієнт якості зростає на 1,8 %. Водночас найбільший вплив на коефіцієнт якості має зміна довжини гону поля: за збільшення довжини гону поля від 600 до 1000 м коефіцієнт якості зростає на 4,3 %.

Досліджуючи зміну коефіцієнта якості машинного агрегату John Deere 8260R + HORSCH Maestro 16, залежно від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа коефіцієнт якості знижується в межах 2 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см коефіцієнт якості знижується в межах 1,8 %, за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. коефіцієнт якості зростає на 1,9 %. Отже, найбільший вплив на коефіцієнт якості має зміна довжини гону поля: за збільшення довжини гону поля від 600 до 1000 м коефіцієнт якості зростає на 4,3 %.

Досліджуючи зміну коефіцієнта якості машинного агрегату John Deere 8310R + HORSCH Maestro 24.70 - 75 SW, залежності від умов виконання посіву встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа коефіцієнт якості знижується в межах 2,5 %, за збільшення глибини посіву від 3 до 7 см коефіцієнт якості знижується в межах 2,7 %, за зміни швидкості від

10 до 16 км/год. коефіцієнт якості зростає на 1,7 %. Водночас найбільший вплив на коефіцієнт має якість зміни довжини гону поля: за збільшення довжини гону поля від 600 до 1000 м коефіцієнт якості зростає на 4,3 %.

5.4. Залежність техніко-експлуатаційних показників від твердості ґрунту, глибини обробітку, довжини гону, робочої швидкості за внесення засобів захисту рослин

Було проведене теоретичне дослідження зміни техніко-економічних показників роботи машинних агрегатів для внесення засобів захисту рослин та елементів живлення. Були використані середні умови зони Лісостепу України. Для дослідження використовувались аграрні машини з різними характеристиками: потужністю, масою, робочим об'ємом, вартістю. У результатах розрахунку нами представлені лише ті машинні агрегати, які мають відповідний показник якості та забезпечують максимально наближені умови та потреби для росту та розвитку агрокультур. Інші машинні агрегати не були представлені. У зв'язку з низьким показником якості обприскування і вони перебувають за межею.

Дослідженнями встановлено, що найвищі показники якості мають машини John Deere 6135 B + Horsch LEEB 4 LT та CASE 155 + Horsch LEEB 6 LT.

Таблиця 5.16 Зміна техніко-економічних показників роботи машинного агрегату в складі John Deere 6135 B + Horsch LEEB 4 LT

Варіанти	Твердість ґрунту, МПА	Довжина гонів, м	V, км/год.	W, га/год.	Затрати праці, люд-год/га	Витрата палива, кг/га	ПЕЗ, грн./га	Коефіцієнт якості
Різна твердість	35	800	13	24,35	0,04	0,59	103,04	0,89
	55	800	13	24,37	0,04	0,58	102,93	0,89
	75	800	13	24,39	0,04	0,57	102,84	0,89
Різна довжина	55	600	13	21,17	0,05	0,67	118,65	0,87
	55	800	13	24,37	0,04	0,58	102,93	0,89
	55	1000	13	26,10	0,04	0,54	96,07	0,91
Різна швидкість	55	800	10	18,75	0,05	0,69	134,01	0,85
	55	800	13	24,37	0,04	0,58	102,93	0,89
	55	800	16	29,99	0,03	0,52	83,56	0,87

Таблиця 5.17 Зміна техніко-економічних показників роботи машинного агрегату в складі CASE 155 + Horsch LEEB 6 LT

Варіанти	Твердість ґрунту, МПА	Довжина гонів, м	V, км/год.	W, га/год.	Затрати праці, люд-год/га	Витрата палива, кг/га	ПЕЗ, грн./га	Коефіцієнт якості
Різна твердість	35	800	13	24,14	0,04	0,76	125,42	0,89
	55	800	13	24,16	0,04	0,74	125,27	0,89
	75	800	13	24,18	0,04	0,73	125,15	0,89
Різна довжина	55	600	13	20,97	0,05	0,86	144,50	0,87
	55	800	13	24,16	0,04	0,74	125,27	0,89
	55	1000	13	25,88	0,04	0,69	116,88	0,91
Різна швидкість	55	800	10	18,59	0,05	0,88	163,12	0,85
	55	800	13	24,16	0,04	0,74	125,27	0,89
	55	800	16	29,74	0,03	0,66	101,68	0,87

Поверхні відгуку вивчали за допомогою графіків поверхонь із використанням програми Statistika Version 10.

Поверхні відгуку, що характеризують залежність коефіцієнта якості, собівартості технологічної операції та продуктивності машинного агрегату представлено на рисунку 5.5.

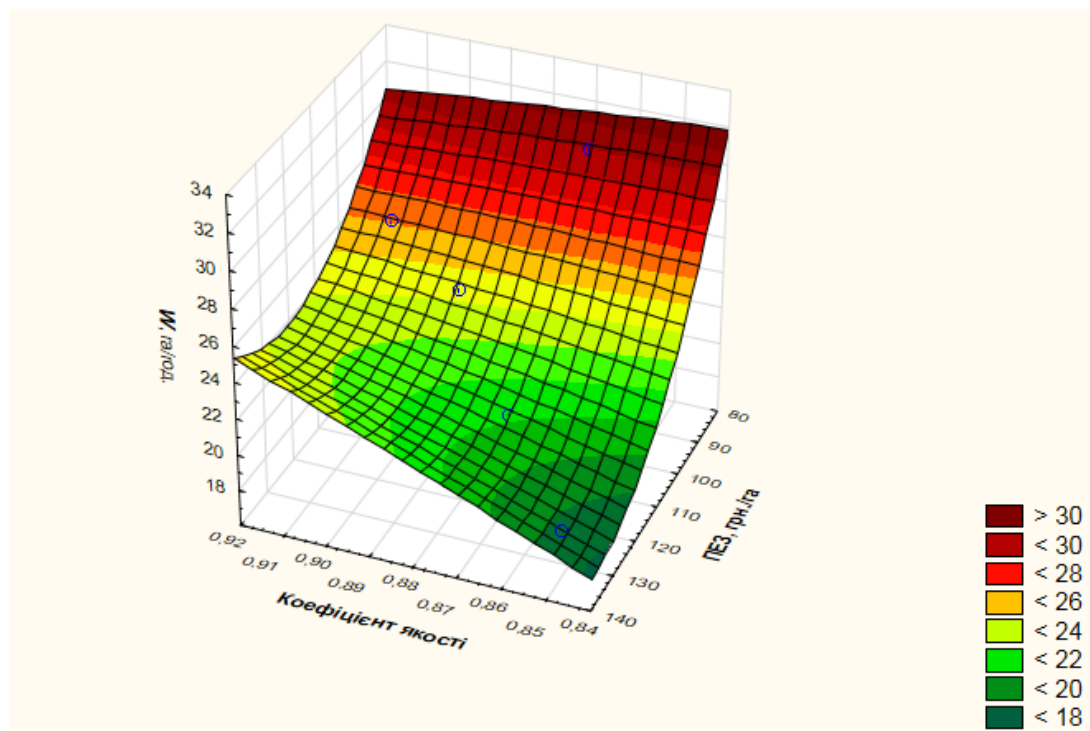


Рис. 5.5. Графік залежності коефіцієнта якості, собівартості технологічної операції та продуктивності машинного агрегату

Залежність техніко-економічних показників від умов роботи:

- продуктивність

Досліджуючи зміну продуктивності машинного агрегата з малооб'ємним обприскувачем John Deere 6135 B + Horsch LEEB 4 LT, залежно від умов виконання обприскування встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа продуктивність підвищується в межах 0,2 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність зростає на 23,3 %. Водночас найбільший вплив на продуктивність під час обприскування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. продуктивність зросла на 60 %.

Досліджуючи зміну продуктивності машинного агрегата з обприскувачем CASE 155 + HORSCH LEEB 6 LT, залежно від умов виконання обприскування встановлено, що в разі підвищенні твердості ґрунту від 35 до 75 МПа продуктивність підвищується в межах 0,2 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність зростає на 23,4 %. Водночас найбільший вплив на продуктивність під час обприскування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. продуктивність зросла на 60 %.

- затрати праці

Досліджуючи зміну затрат праці машинного агрегата з малооб'ємним обприскувачем John Deere 6135 B + Horsch LEEB 4 LT, залежно від умов виконання обприскування встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа затрати праці зменшуються в межах 0,2 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м затрати праці зменшуються на 19 %. Отже, найбільший вплив на затрати праці під час обприскування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,5 %.

Досліджуючи зміну затрат праці машинного агрегата з обприскувачем

CASE 155 + Horsch LEEB 6 LT, залежно від умов виконання обприскування встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа затрати праці зменшуються в межах 0,2 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м затрати праці зменшуються на 19 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час обприскування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,5 %.

- витрати палива

Досліджуючи зміну витрати палива машинного агрегата з малооб'ємним обприскувачем John Deere 6135 B + Horsch LEEB 4 LT, залежно від умов виконання обприскування встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа витрати палива зменшуються на 3,9 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м витрати палива зменшується на 19 %. Водночас найбільший вплив на витрати палива під час обприскування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. витрати палива зменшилися на 24,4 %.

Досліджуючи зміну витрати палива машинного агрегата з обприскувачем CASE 155 + Horsch LEEB 6 LT, залежно від умов виконання обприскування встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа витрати палива зменшуються на 3,5 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м витрати палива зменшується на 19 %. Отже, найбільший вплив на витрати палива під час обприскування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. витрати палива зменшилась на 25,7 %.

- вартість роботи машинного агрегату

Досліджуючи зміну собівартості машинного агрегата з малооб'ємним обприскувачем John Deere 6135 B + Horsch LEEB 4 LT, залежно від умов виконання обприскування встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість зменшується в межах 0,2 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість зменшується на 19 %.

Водночас найбільший вплив на затрати праці під час обприскування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,7 %.

Досліджуючи зміну собівартості машинного агрегата з обприскувачем CASE 155 + Horsch LEEB 6 LT, залежно від умов виконання обприскування встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа собівартість зменшується в межах 0,2 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м собівартість зменшується на 19,1 %. Водночас найбільший вплив на затрати праці під час обприскування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. затрати праці зменшуються на 37,7 %.

- коефіцієнт якості

Досліджуючи зміну коефіцієнта якості машинного агрегата з малооб'ємним обприскувачем John Deere 6135 B + Horsch LEEB 4 LT, залежно від умов виконання обприскування встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа коефіцієнт якості знижується в межах 0,2 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м коефіцієнт якості зростає на 4,3 %. Отже, найбільший вплив на коефіцієнт якості під час обприскування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. коефіцієнт якості знижується на 2,2 %.

Досліджуючи зміну коефіцієнта якості машинного агрегата з обприскувачем CASE 155 + Horsch LEEB 6 LT, залежно від умов виконання обприскування встановлено, що в разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа коефіцієнт якості знижується в межах 0,2 %, за зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м коефіцієнт якості зростає на 4,3 %. Водночас найбільший вплив на коефіцієнт якості за обприскування має робоча швидкість: за зміни швидкості від 10 до 16 км/год. коефіцієнт якості знижується на 2,2 %.

5.5 Порівняльна оцінка результатів, отриманих теоретичним шляхом, з результатами за виконання технологічних операцій у реальних умовах

Достовірність отриманих даних за допомогою розробленої математичної моделі були підтверджені польовими дослідженнями реальних машинних агрегатів. Так, на рисунках 5.6-5.10 приведені результати польових досліджень та результати розрахунків, отриманих за допомогою математичної моделі. На рисунках 5.6-5.10 приведені результати досліджень основних машинних агрегатів.

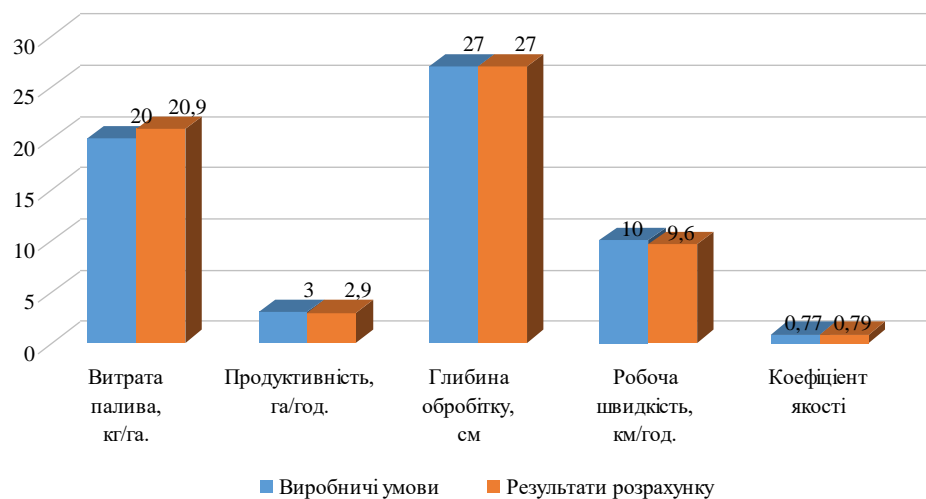


Рис. 5.6. Графік дослідження технічних показників роботи машинного агрегата Case – 315+Case ІН Ecolo Tiger 870 за дискування в польових умовах та з використанням математичної моделі «Машинний агрегат»

З аналізу рисунка 5.6 встановлено, що різниця теорії і практики під час дослідження машинного агрегата Case – 315+Case ІН Ecolo Tiger 870 за дискування на витраті палива знаходиться в межах 4,5 %; під час дослідження продуктивності різниця знаходиться в межах 3,3 %; під час дослідження робочої швидкості складає 4 %, дослідження якості показує, що різниця знаходиться в межах 2,5 %.

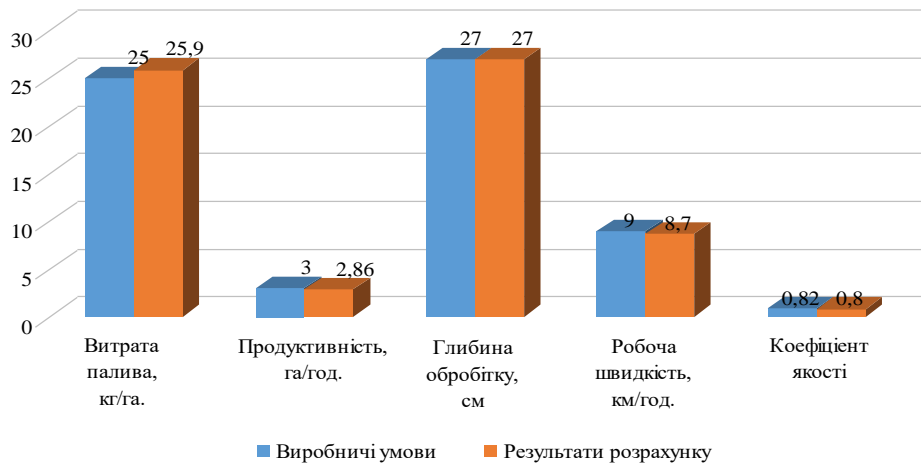


Рис. 5.7. Графік дослідження технічних показників роботи орного агрегата Case-340 + Плуг ПО-8 за оранки в польових умовах та з використанням математичної моделі «Машинний агрегат»

З аналізу рисунка 5.7 встановлено, що різниця теорії і практики під час дослідження машинного агрегата Case-340 + Плуг ПО-8 за оранки на витраті палива знаходиться в межах 3,6 %; під час дослідження продуктивності різниця знаходиться в межах 4,6 %; під час дослідження робочої швидкості – різниця складає 3,3 %, дослідження якості знаходиться у межах 2,5 %.

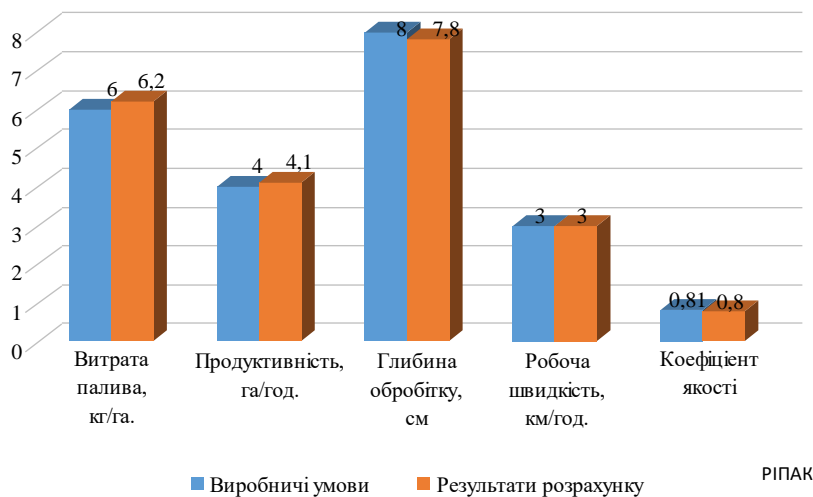


Рис. 5.8. Графік дослідження технічних показників роботи посівного агрегата Case-315 + Great Plains Centurion 600 за посіву ріпаку в польових умовах та з використанням математичної моделі «Машинний агрегат»

З аналізу рисунка 5.8 встановлено, що різниця теорії і практики під час дослідження посівного агрегата Case-315 + Great Plains Centurion 600 за посіву на витраті палива знаходиться в межах 3,3 %; під час дослідження

продуктивності різниця знаходиться в межах 2,5 %; під час дослідження робочої швидкості складає 2,5 %, дослідження якості показує, що різниця знаходиться у межах 1,3 %.

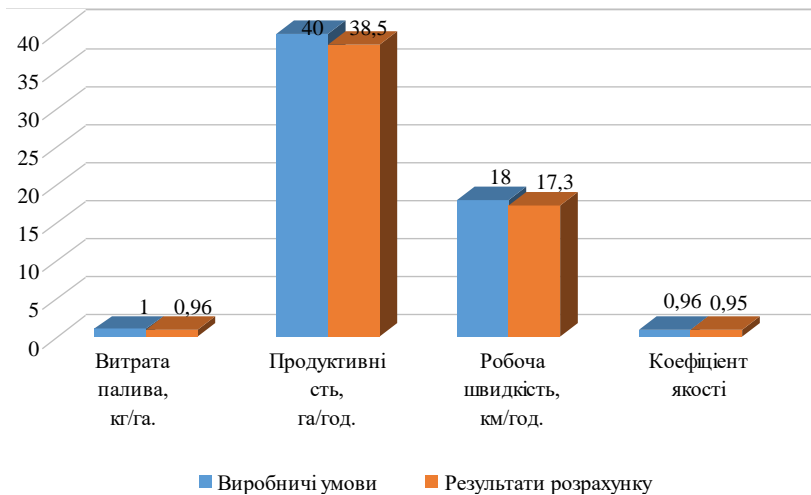


Рис. 5.9. Графік дослідження технічних показників роботи самохідного обприскувача Case IH Patriot 3230 за обприскування ріпака в польових умовах та з використанням математичної моделі «Машинний агрегат»

З аналізу рисунка 5.9 встановлено, що різниця теорії і практики під час дослідження обприскувача Case IH Patriot 3230 за обробки ріпака на витраті палива знаходиться в межах 4 %; під час дослідження продуктивності різниця знаходиться в межах 3,8 %; під час дослідження робочої швидкості складає 3,9 %, дослідження якості знаходиться у межах 1 %.

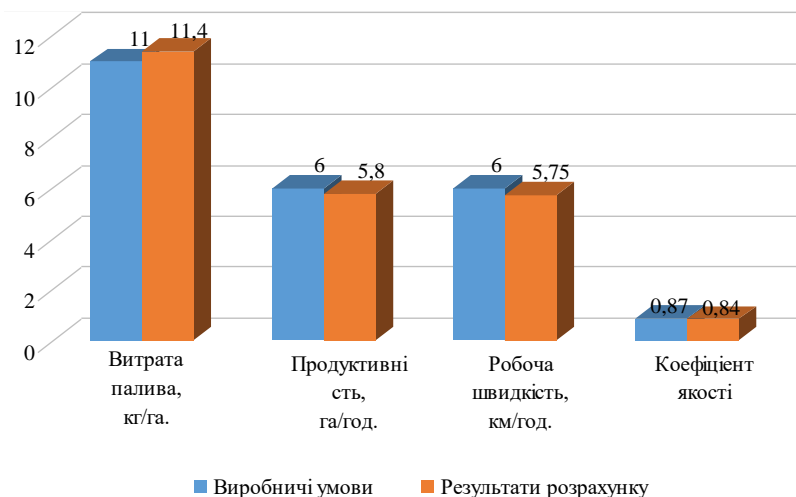


Рис. 5.10. Графік дослідження технічних показників роботи комбайна New Holland + Franco Fabril за збирання соняшника в польових умовах та з використанням математичної моделі «Машинний агрегат»

З аналізу рисунка 5.10 встановлено, що різниця теорії і практики під час дослідження комбайна New Holland + Franco Fabril, за збирання соняшника на витраті палива знаходиться в межах 3,6 %; під час дослідження продуктивності різниця знаходиться в межах 3,3 %; під час дослідження робочої швидкості складає 4,2 %, дослідження якості показує, що різниця знаходиться у межах 3,6 %.

5.6. Висновки до розділу 5

1. Результати проведених досліджень вказують на слабкі місця аграрної техніки й на ті параметри, які необхідно змінити для покращення їхнього функціонування під час виконання механізованих технологічних операцій.

2. Дослідженнями було доведено, що збільшення ширини захвату з 2,5 до 9 м дискового машинного агрегату істотно покращує показники якості виконання дискового обробітку ґрунту. Збільшення ваги агрегату, а саме зростання тиску на ґрунт диску із 60 до 90 кг, також позитивно впливає на забезпечення якості дискування. Водночас дослідження швидкості вказують, що за сьогоденішніх умов оптимальною швидкість є в межах 10-12 км/год, водночас маса машини повинна бути такою, щоби мінімально утворювати плужну підшову

3. Доведена залежність умов роботи машинних агрегатів (твердість ґрунту, глибина обробітку, довжина гонів, швидкість, врожайність) на якісні й техніко-економічні показники (продуктивність, затрати праці, витрати палива та собівартість проведення технологічної операції).

Досліджуючи зміну техніко-економічних показників та показників якості, залежно від умов виконання оранки встановлено, що продуктивність орного агрегата John Deere 6095B + EurOpal 5 LEMKEN, у разі підвищення твердості ґрунту від 35 до 75 МПа, знижується в межах 6,9 %, затрати праці збільшуються в межах 7,8 %, витрати палива зростають на 61,3 %, собівартість збільшується в межах 31 %, коефіцієнт якості знижується в межах 9,5 %. Під час збільшення глибини обробітку від 22 до 28 см продуктивність падає на

2,8 %, затрати праці зростають на 2,8 %, витрати палива підвищуються на 18,2 %, собівартість зростає на 10,2 %, коефіцієнт якості не змінюється. Під час зростання довжини гону поля від 600 до 1000 м продуктивність зростає на 1,4 %, затрати праці зменшуються на 0,9 %, витрати палива зменшується на 0,95 %, собівартість зменшується на 1,3 %, коефіцієнт якості зростає на 2,5 %. Під час зміни робочої швидкості від 6 до 10 продуктивність зростає на 65,1 %, затрати праці зменшуються на 39,2 %, витрати палива зменшуються на 6,7 %, коефіцієнт якості знижується на 3,9 %.

РОЗДІЛ 6

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОТРЕБ РОСЛИН СУЧАСНИМИ МАШИННИМИ АГРЕГАТАМИ ЗА РАХУНОК РЕАЛІЗАЦІЇ АГРОТЕХНІЧНИХ ВИМОГ

Реалізація повного біологічного потенціалу агрокультури відбувається за умови росту й розвитку рослини в ідеальних умовах. Рослина повинна рости в середовищі, у якому реалізовані всі її потреби. На кожному певному етапі розвитку рослини в неї існують конкретні потреби. Так, за системою ВВСН, вегетація культури поділяється на 10 фаз і 10 підфаз, а на виході маємо 100 фаз розвитку, де 0 – це насіння, а 99 – готова культура. І на кожному етапі рослина потребує підтримки.

При виробництві продукції рослинництва існують чотири основних етапи: створення умов для росту й розвитку рослини, розміщення насіння в середовищі росту й розвитку, накопичення енергії агрокультурою, збереження накопиченої маси. Розглянемо основні етапи розвитку і вимоги до них.

6.1. Чинники впливу на ріст й розвиток рослин та вимоги до середовища росту й розвитку рослин

На першому етапі створення оптимальних умов для рослини починається відразу після збирання попередника. Було знищено рослинні рештки на поверхні ґрунту, збережена продуктивна волога в ґрунті, забезпечено прогрівання ґрунту до оптимальних температур, проведені заходи з боротьби зі шкідниками, бур'янами та падалицею. Водночас є конкретні потреби в рослини, які наведені в таблиці 6.1.

Вплив попередника на основу культуру включає:

- накопичення та збереження вологи;
- створення оптимальної щільності ґрунту, капілярності, грудкуватого стану та його фізичного складу (перегнівання решток, структурування ґрунту);

- створення умов для прогрівання ґрунту та його перегріванню.

Таблиця 6.1 Агрокліматичні показники ґрунту на етапі мінімізації впливу попередника

Необхідна умова	Межа
Вологість, %	< 60-70
Температура ґрунту, °С	< 8
Температура повітря, °С	< 12-23
Засміченість бур'янами	відсутнє
Засміченість рослинними рештками	відсутнє
Напрямок та сила вітру, м/с	> 3
рН ґрунту	6,0-7,5
Щільність ґрунту, г/см ³	> 1,3
Плужна підшва	відсутня
Вологість ґрунту за фізичної стиглості для обробітки за швидкості 3-4 км/год, % НВ	60-70
НВ в орному шарі ґрунту, %:	
суглинкового	40-50
піщаного	20-25
Уміст повітря в ґрунті за НВ, %	15
Структура ґрунту – розмір агрегатів, мм	0,5-10
у т. ч. у поверхневому шарі ґрунту	0,5-3
Кількість агрегатів оптимального розміру (0,25 мм) в суглинковому ґрунті, %:	
водостійких	55
Співвідношення структурних фракцій (мм) ґрунтів під час сівби, %:	
каштанові ґрунти 0,25-10	50-60
< 0,25	10-20
> 10	23-35
чорнозем типовий важкосуглинковий 20-5	10
5-2	20
2-0,25	45
< 0,25	25
Ступінь кришення під час оранки (кількість агрегатів), %:	
< 50 мм	90-100
< 0,25 мм	< 5
> 50 мм	< 15
Кількість агрегатів розміром > 2 мм у поверхневому шарі, що піддаються впливу вітрової ерозії, %	22-40
Оптимальний розмір водостійких агрегатів у поверхневому шарі, мм	0,25-7
Кількість післязбиральних решток стерні, шт./м ² ;	250

Створення умов до середовища росту та розвитку рослин проводиться з аналізом показників, які необхідно забезпечити на конкретній стадії, їхній вплив на інтенсивність росту агрокультури та провести їхнє ранжування.

Результати досліджень формуються в базу, яка складається з показника забезпечення життєдіяльності рослини та його значення (розмірності).

На другому етапі технології інтенсивність проростання посівного матеріалу та накопичення енергії залежить від умов, створених перед посівом та безпосередньо під час посіву. На цьому етапі було знищено пророслі бур'яни, створене насіннєве ложе, забезпечена оптимальна пористість ґрунту, створений контакт ґрунту з посівним матеріалом, забезпечене прогрівання ґрунту до оптимальних температур, проведені заходи боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками. Водночас є конкретні потреби в рослинні, які наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 Необхідні умови на етапі розміщення насіння в середовищі росту й розвитку

Необхідна умова	Межа
Температура ґрунту в 10 см шарі, °C	+ 19 (сходи через 6-7 днів)
Відносна вологість ґрунту, %	50
pH	6,5-7,5
Щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,3
Оптимальна область опромінювання, Вт/м ²	700-1200
Мінімальний та максимальний температурний режим для асиміляції, °C	12-38
Шар ґрунту в ростковій зоні над насінням має бути оптимально розробленим, із розміром ґрунтових часток, мм	1-5
Фракція посівного матеріалу, гр	фракція насіння більше 200
Пористість ґрунту, %	10-22
Міцність, кгс	1,6-2,2
Наявність грудок більше 10 мм	не допускається
Запаси продуктивної вологи за фазами розвитку зернових культур, мм у шарі:	
сівба – сходи, 0-10 см	10

Вплив розміщення насіння в середовищі росту й розвитку включає:

- заходи щодо збереження вологості;
- створення оптимальної щільності ґрунту, капілярності, грудкуватого стану та його фізичного складу;
- створення умов для прогрівання ґрунту та перешкоджання його перегріванню;
- розробка заходів щодо знищення бур'янів, хвороб та шкідників.

Розробка вимог до середовища росту та розвитку рослин проводиться з аналізу показників, які необхідно забезпечити на конкретній стадії, їхній вплив на інтенсивність росту агрокультури та проведення ранжування.

Результати досліджень формуються в базу, яка складається з показника забезпечення життєдіяльності рослини та його значення (розмірності).

Третій етап реалізації біологічного потенціалу рослини пов'язаний із накопиченням енергії агрокультурою (маси). Було забезпечено агрокультуру елементами живлення відповідно до потреб (чи то через лист, чи то через корені), знищені бур'яни та хвороби, забезпечений оптимальний повітряно-водний баланс та структура ґрунту, яка не травмує кореневу систему. Водночас є конкретні потреби в рослині, які наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 Необхідні умови на етапі накопичення енергії рослиною (маси)

Необхідна умова	Межа
1	2
Доступ кисню для розвитку насіння	добова потреба коріння кукурудзи в кисні для утворення 1 г сухої речовини становить 0,35 мг, обробіток тільки в 2 половині дня
Окучування в стадії 7-8 листа (для розвитку додаткових коренів та доопилення)	вологість ґрунту – не вище 40 % (налипання на робочі органи) та висота рослини (до 700 мм)
Обробіток посівів ЗЗР та елементами живлення по листку	температура повітря +15 - +25 °C на рівні листа вологість повітря 60-80 %

Продовження таблиці 6.3

1	2
Запаси продуктивної вологи на фазах розвитку зернових культур, мм у шарі:	
до появи сходів, 0-100 см	160–180
від сходів до кущіння, 0-20 см	25-30
від виходу в трубку до цвітіння, 0-100 см	120

Вплив накопичення енергії (маси) рослиною включає:

- створення оптимального живлення (чи то через лист, чи через корені);
- створення оптимальної щільності ґрунту, капілярності, грудкуватого стану та його фізичного складу;
- створення умов для розвитку рослини без впливу бур'янів та хвороб.

Створення умов до середовища росту та розвитку агрокультур проводиться з аналізу показників, які необхідно забезпечити на конкретній стадії, їхній вплив на інтенсивність росту рослини та проведення їхнього ранжування.

Аналізуючи процес внесення засобів захисту рослин та мінеральних елементів живлення, встановлено, що актуальною проблемою є зменшення дози внесення хімічних препаратів. Отже, забезпечення якості технологічного процесу дає змогу зменшити кількість розчину, який вноситься. Результати експериментів з ґрунтовим гербіцидом Челлендж показують, що використання у виробництві оприскувачів з удосконаленою штангою зменшує дозу внесення препарату на 20 % [12].

Для виробництва актуальним є підвищення ефективності в межах наявної технології та конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Актуальні задачі аграрного виробництва майбутнього, покращення показників врожаю, зменшення впливу людського чинника – це задачі для науково-навчальних, виробничих та конструкторських установ.

У виробничих умовах ефективність роботи обприскувача полягає у зменшенні витрати робочої рідини завдяки зменшенню втрат під час розпилення. Один із варіантів, який дає змогу зменшити втрати рідини, – використання штанги з розташуванням форсунок через 25 см (на всіх

використовується 50 см). Це дасть змогу зменшити втрати рідини на 15–20 %. Відповідні дані підтверджено польовими дослідженнями, тому дане направлення є актуальним і відповідні результати необхідно використовувати під час розроблення подальших поколінь оприскувачів [12].

Результати досліджень формуються в базу, яка складається з показника забезпечення життєдіяльності рослини та його значення (розмірності).

Четвертий етап розвитку рослини – процес збереження накопиченої енергії рослини, пов'язаний з умовами збирання. Для умов нашого регіону на цьому етапі необхідно забезпечити оптимальну вологість зерна, вологість ґрунту, мінімізувати травмування зародка та дроблення зерна, забезпечити агрокультуру елементами живлення відповідно до потреб (чи то через лист, чи то через корені), знищити бур'яни та хвороби, забезпечити оптимальний повітряно-водний баланс та структуру ґрунту, яка не травмує кореневу систему. Отже, є конкретні потреби в рослини, які наведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 Необхідні умови на етапі збереження накопиченої маси

Необхідна умова	Межа
Вологість зерна під час збирання, %	18
Вологість повітря, %	30-40
Оптимальна вологість стебел під час збирання, %	20-25

Вплив збереження накопиченої маси включає:

- створення оптимальної вологості зерна;
- створення оптимальної вологості ґрунту;
- створення умов для мінімального травмування зародка та дроблення зерна загалом.

Створення умов для збереження накопиченої маси формується з аналізу показників, які необхідно забезпечити на конкретній стадії, їхній вплив на інтенсивність росту рослини, та провести їхнє ранжування.

Результати досліджень формуються в базу, яка складається з показника забезпечення життєдіяльності рослини та його значення (розмірності).

6.2. Чинники впливу на роботу машин та машинних агрегатів

Існує безліч чинників, які негативно впливають на умови росту рослини, тим самим погіршуючи реалізацію біологічного потенціалу культури. До них належить постійне підвищення щільності ґрунту (ущільнення ходовими системами машин та відсутність умов розуцільнення ґрунту завдяки рослинним решткам та активній біологічній діяльності мікроорганізмів), утворення плужної підшви (до попередніх причин додатково відсутність рослин у сівозміні зі стрижневою кореневою системою), зниження капілярності ґрунту та ін. Для забезпечення потреб росту й розвитку агрокультур використовують засоби механізації. Використання машинних агрегатів під час виконання механізованої технологічної операції обмежується умовами, наведеними в таблиці 6.5, які зумовлені ґрунтово-кліматичними умовами та діяльністю людини.

Таблиця 6.5 Чинники впливу на роботу машинних агрегатів

Агрокліматичні показники	Допустимі значення
Вологість ґрунту, %	до 40
Вологість повітря, %	40-60
Температура повітря, °C	5-15
Сила вітру, м/с	< 3
Твердість ґрунту, МПа	до 3,5
Швидкість руху, км/год	до 8-12
Рослинні рештки кількість рівномірність розподілення подрібнення	до 1 кг/м ² рівномірно до 40 мм
Плужна підшва	відсутність
Тип ґрунту	легкий
Рельєф, °	до 3

Зміна умов росту й розвитку агрокультури веде до втрати якісних показників. Агровимоги до робочих органів машин та машинних агрегатів базуються на потребах агрокультури для максимальної реалізації біологічного потенціалу. Робочі органи машин повинні максимально забезпечувати потребу агрокультур попри умови роботи. Водночас

використання машинних агрегатів обмежується конструктивними особливостями, регульовальними параметрами й технічним станом машини, а також умовами роботи: фізико-механічними властивостями ґрунту, рельєфом місцевості та ін.

6.3. Відповідність вимог до середовища росту й розвитку рослин агровимогам до робочих органів машин і машинних агрегатів

Дослідженнями встановлено, що на практиці реалізувати біологічний потенціал агрокультури повною мірою неможливо. У тому числі це пов'язано з ефективністю використання машинних агрегатів під час виконання механізованої технологічної операції. Аналізом доведено, що потреби агрокультури та можливість забезпечити даний показник машинним агрегатом не збігаються (таблиця 6.6).

Таблиця 6.6 Відповідність вимог до середовища росту й розвитку агрокультур агровимогам до робочих органів машин і машинних агрегатів

Необхідна умова	Агрокультура		Машинний агрегат
1	2		3
Кількість рослинних рештків, кг/м ²	до 6		до 3
Рівномірність розподілення рослинних рештків	рівномірно		у середині проходу комбайна більше, по краях менше
подрібнення, мм	до 40		100-250
Засміченість бур'янами	необхідна присутність кореневої системи; відсутність надґрунтової частини		відсутнє
Вологість, %	< 60-70		до 30
Наявність стерні	недопустима		відсутня
Тип ґрунту	чорнозем (насичення поживними елементами ґрунту)		піщаний (зменшення сили опору ґрунту)
Агрегатний стан ґрунту	< 50 мм	90-100	грудки 25-100 мм
	< 0,25 мм	< 5	
	> 50 мм	< 15	
Твердість ґрунту, МПа	0,7-1,1		до 3,5

Продовження таблиці 6.6

1	2	3
Плужна підшва та ущільнення від робочих органів машин	негативно впливає на розвиток рослини	негативно впливає в разі потрапляння робочого органу машини на ущільнення
Внесення азотних добрив	необхідне для розкладання соломи	непотрібне (додаткове ущільнення ґрунту)
Внесення інсектицидів, гербіцидів	непотрібне (вбиває мікроорганізми)	непотрібне (додаткове ущільнення ґрунту)
Температура, °C	+12 - +28	+5 - +12
Схили, °	0	3-8
Макро- пори, число/м ²	1000	264-775
Водостабільні агрегати, %	30 і <	20-25
Покриття мульчою поверхні поля, %	100	1-77
Сліди від коліс у глибину, см	відсутні	більше 10 проходів за сезон
Поверхня поля	вкрита найбільшими агрегатами	рослинні рештки з нерозробленими грудками

Дані таблиці 6.6 свідчать про необхідність визначити надання пріоритету економічної ефективності, наприклад: чи застосовувати додаткову технологічну операцію для збільшення врожайності, чи покриє збільшення врожайності затрати. На рисунку 6.1 показана залежність забезпечення оптимальної щільності для кукурудзи та оптимальна твердість та опір для машинного агрегату.

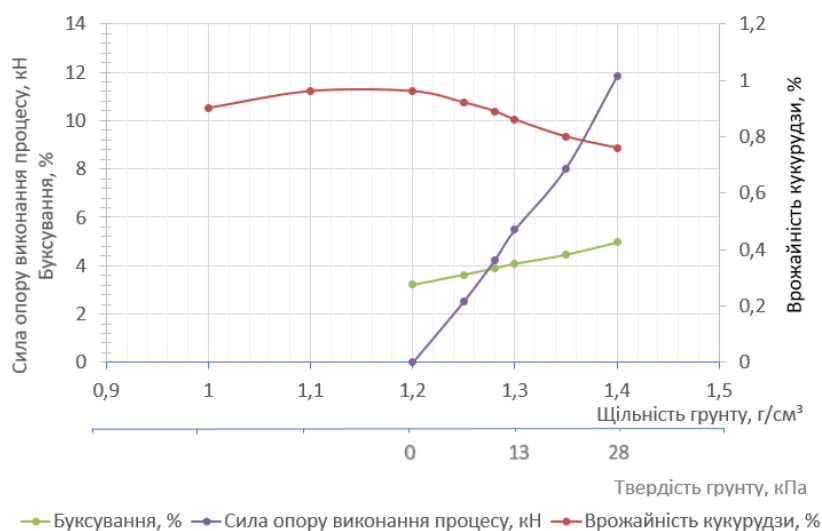


Рис. 6.1. Залежність щільності й твердості ґрунту, потреб агрокультури

й оптимальних умов роботи енергетичного засобу та агромашини за дискування

Для ефективної роботи з базою даних (базою показників) щодо оптимальних умов росту й розвитку агрокультур, можливістю засобів механізації забезпечити ці умови необхідно провести класифікацію вимог до середовища й агровимог до машин та агрегатів (табл. 6.7).

Таблиця 6.7 Класифікація вимог до середовища й агровимог до машин й агрегатів

Найменування показника	Агрокультура	Машини
<i>Природно-кліматичні (АГРОВИМОГИ)</i>		
Температура повітря, °С	+12 - +28	+5 - +12
Напрям та сила вітру, м/с	> 3	Без вітру
Потреба у воді під час основного періоду вегетації у кукурудзи на зерно	складає близько 22 л/м ² (https://agronom.com.ua/kukurudza-osnovni-vymogy-do-vyroshhuva/)	проведення зрошування
Потреба у воді під час формування качана	складає близько 40-70 л/м ² (https://agronom.com.ua/kukurudza-osnovni-vymogy-do-vyroshhuva/)	
Схили, °	0	3-8
<i>Ґрунтові ВИМОГИ</i>		
Вологість, %	< 60-70 % (для підведення елементів живлення)	до 40 % (для збільшення коефіцієнту зчеплення)
Твердість, МПа	0,7-1,1	до 3,5 МПа
Плужна підшва	відсутня	відсутня
Пористість ґрунту, %	10-22	5-10
Щільність ґрунту, г/см ³	1,1-1,3	1,25
Наявність грудок більше Ø10 см	не допускається	не допускається
Агрегатний стан ґрунту	грудки розміром 25-100 мм	грудки розміром 25-100 мм
Водостабільні агрегати, %	30 і <	20-25
Покриття мульчою поверхні поля, %	100	1-77

6.4. Конкретні агровимоги до основних технологічних операцій

На основі отриманих результатів польових досліджень та аналізу літературних джерел, розроблені, з урахуванням сучасного стану розвитку агротехніки, технологічних процесів, зміни кліматичних умов, вимоги до основних механізованих технологічних операцій, яким повинні відповідати робочі органи машинних агрегатів для якісного виконання технологічних операцій, що досліджували. З першого етапу це дискування та оранка.

Показники агровимог для дискування наведені в таблиці 6.8, а для оранки – в таблиці 6.9.

Таблиця 6.8 Показники агровимог для дискування

Контрольовані показники якості	Градація нормативів
Термін проведення дискування в межах одного поля, год.	48
Своєчасність виконання технологічної операції	у термін фази
Глибина обробки і її рівномірність	задана
Кришіння ґрунту	до 4 см
Гребнистість поверхні	3
Ступінь підрізання бур'янів	повне
Вирівняність поверхні злуценого поля	до 2
Вирівняність поверхні злуценого поля	до 2
Відсутність огріхів і необроблених ділянок	відсутні
Забивання та залипання робочих органів	не допускається
Ступінь подрібнення стебла, %	60-80
Порушення цілісності стебла (вздовж), %	80
Закладення рослинних рештків у ґрунт, %	100
Щільність верхнього шару	0,8-0,95 г/см ³
Щільність нижнього шару	1-1,2 г/см ³
Кількість ерозійно-небезпечних фракцій ґрунту розміром до 1 мм у верхньому шарі 0-5 см	не повинна зростати порівняно з їхнім умістом до проходу
Профіль дна борозни	рівний

Таблиця 6.9 Показники агровимог для оранки

Контрольовані показники якості	Градація нормативів
Термін проведення оранки в межах одного поля, год.	48
Своєчасність виконання технологічної операції	в термін фази
Глибина оранки та рівномірність	± 1
Якість звального гребня, %	± 7
Якість розвальної борозни, %	
Глибистість ріллі (агрегати більше 5 см), площа під відповідними агрегатами у %	10
Злитість і гребенистість ріллі	поверхня рівна
Ступінь обертання пласта, %	< 80
Ступінь закладення рослинних рештків, %	100
Забивання і залипання робочих органів	не допускається

З другого етапу це посів. Показники агровимог для посіву наведені в таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 Показники агровимог для посіву

Контрольовані показники якості	Градація нормативів
Термін проведення посіву в межах одного поля, год	24
Своєчасність виконання технологічної операції	у термін фази
Норми посіву, %	± 3
Глибина посіву та рівномірність	рівномірно
Травмованість насіння висівальними апаратами сівалки	не допускається
Ширина стикових міжрядь, см	± 5
Прямолінійність посіву, см	$\pm 2,5$
Наявність огріхів і просівів	не допускаються
Нерівномірність по глибині посіву	не допускаються
Нерівномірність розташування насіння по довжині рядка	не допускаються
Орієнтація посівного матеріалу, %	95
Галопування насіння	не допускаються
Наявність агрегатів розміром більше 10 мм у посівному ложі	не допускаються
Забивання й залипання робочих органів	не допускаються
Відхилення від центру рядка по довжині	не допускаються

З третього етапу – це внесення добрив. Показники агровимог для внесення добрив наведені в таблиці 6.11.

Таблиця 6.11 Показники агровимог для внесення добрив

Контрольовані показники якості	Градація нормативів
Термін проведення обприскування в межах одного поля, год.	12
Своєчасність виконання технологічної операції	у термін фази
Відхилення від заданої норми внесення, %	до 10
Відхилення відстані між суміжними проходами від заданого	до 50
Нерівномірність розподілу добрив по ширині захвату	не допускаються
Наявність огріхів і посипаних добрив	не допускаються
Рівномірність розподілення на поверхні (гранули)	рівномірно
Знесення ЗЗР за внесення, %	не більше 5
Нерівномірність розподілення ЗЗР на листку, %	5
Пошкодження рослин за обприскування (дослід із Зеленським), %	2
Помилки обприскування через горизонтальне розкачування штанги, %	5

З четвертого етапу – це збирання. Показники агровимог для збирання наведені в таблиці 6.12.

Таблиця 6.12 Показники агровимог для збирання

Контрольовані показники якості	Градація нормативів
Термін проведення збирання в межах одного поля, год	24
Своєчасність виконання технологічної операції	у термін фази
Висота зрізу рослин, см	до 15
Дроблення і обрушення зерна, %	до 4
Чистота зерна в бункері, %	98
Якість укладання копиць	прямолінійні
Сумарні втрати зерна за комбайном, жаткою, %	1,5
Дробленість зерна в бункері, %	8
Пошкодження зерна (верхньої оболонки), %	3
Рівномірність розподілення рослинних рештків за комбайном, %	< 95
Втрати зерна перед жаткою, %	5

Отже, дотримання сучасних вимог дає можливість якісніше виконувати механізовані технологічні операції та збирати агрокультури.

6.5. Результат оцінки роботи машинних агрегатів.

На основі дослідження роботи машинних агрегатів на запланованих (які передбачені програмою експериментальних досліджень) машинних агрегатах встановлені показники їхньої роботи. У таблицях 6.13 – 6.16 наведені результати дослідження якості виконання основних механізованих технологічних операцій та визначені загальні значення показника якості за операціями та машинними агрегатами [139]. Результати досліджень підтверджують ефективність використання розробленої методики дослідження машинних агрегатів за показником відповідності виконання технологічної операції потребам агрокультури. На операції дискування застосовувалися машинні агрегати в складі: John Deere 8400 + БДТ-10, Т-150К + БДТ-7,0А, Fendt 936 + БГР 6,7, Case 270 + БГР 4,2. Результати їхньої роботи наведені в таблиці 6.13.

Аналіз таблиці 6.13 показує, що агрегат у складі John Deere 8400 + БДТ-10 має найбільше загальне значення показника якості на дискуванні, яке дорівнює 80,7. Водночас машинний агрегат у складі Case 270 + БГР 4,2 має найнижче загальне значення показника якості на дискуванні, і дорівнює 71,9.

Таблиця 6.13 Результат оцінки роботи машинних агрегатів для дискування

Показник	Пріоритетність вимог, %	Граничні розміри	Показник відповідності, балів	Машинний агрегат							
				John Deere 8400		T-150K		Fendt 936		Case 270	
				БДТ-10		БДТ-7,0А		БГР 6,7		БГР 4,2	
				Відповідність вимогам, % к-сть замірів							
Відхилення від заданої глибини обробітку, см	50	± 1	100	10,0	4	10,0	4	10,0	4	12,5	5
		± (1-1,5)	80	17,5	7	70,0	28	12,5	5	72,5	29
		± (1,5-2)	60	67,5	27	17,5	7	75,0	30	15,0	6
		> ±2	40	5,0	2	2,5	1	2,5	1	0,0	0
Оцінка за показником				66,5	40	77,5	40	66,0	40	79,5	40
Кількість непідрізаних рослин, шт. на 0,5 кв. м (0,5 це тому, що виготовлялись мірні рамки розміром 0,7х0,7 для зручності)	30	< 4	100	77,5	31	12,5	5	12,5	5	2,5	1
		5-15	80	17,5	7	62,5	25	77,5	31	15,0	6
		16-25	50	5,0	2	20,0	8	7,5	3	75,0	30
		> 25	20	0,0	0	5,0	2	2,5	1	7,5	3
Оцінка за показником				94,0	40	73,5	40	78,8	40	53,5	40
Гребенистість, см	20	< 4	100	85,0	34	62,5	25	87,5	35	22,5	9
		> 4	75	15,0	6	37,5	15	12,5	5	77,5	31
Оцінка за показником				96,3	40	90,6	40	96,9	40	80,6	40
Загальні значення показника якості на операції		100		80,7	120	78,9	120	76,0	120	71,9	120

На операції оранки застосовувались машинні агрегати у складі: Fendt 936 + Gregoria Besson 9-35, John Deere 8400 + ППО-8-40, Case 270+Överum ПЛН 5-35, МТЗ-100+ПЛН-3-35. Результати їхньої роботи наведені в таблиці 6.14.

Таблиця 6.14 Результат оцінки роботи машинних агрегатів для оранки

Показник	Пріоритетність вимог, %	Граничні розміри	Показник відповідності, балів	Машинний агрегат							
				Fendt 936		J D 8400		Case 270		MT3-100	
				Gregoria Besson ПЛН 9-35		ППО-8-40		Överum ПЛН 5-35		ПЛН-3-35	
				Відповідність вимогам, % к-сть замірів							
Відхилення від заданої глибини оранки, см	50	± 1	100	5,0	2	2,5	1	7,5	3	12,5	5
		± 1,5	80	25,0	10	62,5	25	22,5	9	65,0	26
		± 2	60	65,0	26	20,0	8	67,5	27	17,5	7
		> ± 2	40	5,0	2	15,0	6	2,5	1	5,0	2
Оцінка за показником				66,0	40,0	70,5	40,0	67,0	40	77,0	40
Гребенистість, см	25	До 4-5	100	17,5	7	72,5	29	87,5	35	67,5	27
		Більше 5	80	82,5	33	27,5	11	12,5	5	32,5	13
Оцінка за показником				83,5	40,0	94,5	40,0	97,5	40	93,5	40
Висота звальних гребнів і глибина розвальних борозен, см	25	Менше 6	100	12,5	5,0	32,5	13	85,0	34	77,5	31
		Більше 6	80	87,5	35,0	67,5	27	15,0	6	22,5	9
Оцінка за показником				78,1	40,0	83,1	40,0	96,3	40	94,4	40
Загальні значення показника якості на операції	100			73,4	120	79,7	120	81,9	120	85,5	120

Аналіз таблиці 6.14 показує, що агрегат у складі МТЗ-100 + ПЛН-3-35 має найбільше загальне значення показника якості на оранці, яке дорівнює 85,5. Водночас машинний агрегат у складі Fendt 936 + Gregoria Besson 9-35 має найнижче загальне значення показника якості на оранці, яке дорівнює 73,4.

На операції посів застосовувались машинні агрегати в складі: МТЗ 2022 + СЗС-6, МТЗ 892 + СЗТ-5,4, МТЗ 80 Д + СЗ-3,6А, МТЗ 82 М + СЗ-3,6А [152]. Результати їхньої роботи наведені в таблиці 6.15.

Таблиця 6.15 Результат оцінки роботи машинних агрегатів для посіву

Показник	Пріоритетність вимог, %	Граничні розміри	Показник відповідності, балів	Машинний агрегат							
				МТЗ 2022		МТЗ 892		МТЗ 80 Д		МТЗ 82 М	
				СЗС-6		СЗТ-5,4		СЗ-3,6А		СЗ-3,6А	
				Відповідність вимогам, % к-сть замірів							
Відхилення глибини загортання насіння, см	50	± 1 %	100	60,0	24	38,0	15,2	27,5	11	25,0	10
		до ± 1,5 %	70	35,0	14	55,0	22,0	60,0	24	67,5	27
		> ± 1,5 %	40	5,0	2	7,0	2,8	12,5	5	7,5	3
Оцінка за показником				86,5	40,0	79,3	40,0	74,5	40	75,3	40
Відхилення норми висіву насіння, %	30	± 1,5 %	100	63,0	25	65,0	26,0	10,0	4	30,0	12
		до ± 2 %	65	21,0	8	28,0	11,2	75,0	30	61,0	24
		> ± 2 %	30	16,0	6	7,0	2,8	15,0	6	9,0	4
Оцінка за показником				81,5	40,0	85,3	40,0	63,3	40	72,4	40
Відхилення величини стикових міжрядь, см	20	< 4	100	55,0	22	16,0	6,4	60,0	24	12,0	5
		5-15	75	28,0	11	65,0	26,0	25,0	10	20,0	8
		16-25	50	17,0	7	19,0	7,6	15,0	6	68,0	27
Оцінка за показником				84,5	40,0	74,3	40,0	86,3	40	61,0	40
Загальні значення показника якості на операції	100			84,6	120	80,1	120	73,5	120	71,5	120

Аналіз таблиці 6.15 показує, що агрегат у складі МТЗ-2022 + СЗС-6 має найбільше загальне значення показника якості на посіві, яке дорівнює 84,6. Водночас машинний агрегат у складі МТЗ 82 М + СЗ-3,6А має найнижче загальне значення показника якості на посіві, яке дорівнює 71,5.

На операції збирання застосовувались комбайни: Lexion 510, MF 7274, Fendt 6300, Case 2166, Case 5088, John Deere 5820, Дон-1500Б. Результати їхньої роботи наведені в таблиці 6.16.

Таблиця 6.16 Результат оцінки роботи машинних агрегатів для збирання

Показник	Пріоритетність вимог, %	Граничні розміри	Показник відповідності, балів	Збиральний агрегат													
				Дон-1500Б клавiшний		Fendt 6300 клавiшний		Case 2166 роторний		MF 7274 клавiшний		Lexion 510 клавiшний		Case 5088 роторний		John Deere 5820 роторний	
				Відповідність вимогам, % к-сть замірів													
Загальні втрати зерна, %	55	1,4	100	7,5	3	10,0	4	15	6	15,0	6	82,5	22	80	32	82,5	33
		1,4-2,2	80	62,5	25	77,5	31	75	30	80,0	32	10,0	8	12,5	5	12,5	5
		2,2-2,9	60	22,5	9	10,0	4	10	4	5,0	2	5,0	6	7,5	3	5	2
		Бiльше 2,9	40	7,5	3	2,5	1	0	0	0,0	0	2,5	4	0	0	0	0
Оцiнка за показником				74,0	40,0	79,0	40	81,0	40	82,0	40	94,5	40,0	94,5	40,0	95,5	40
Дроблення зерна, %	30	> 2	100	77,5	31	87,5	35	85,0	34	85,0	34	85,0	34	90,0	36	92,5	37
		< 2	70	22,5	9	12,5	5	15,0	6	15,0	6	15,0	6	10,0	4	7,5	3
Оцiнка за показником				69,3	40,0	76,3	40	74,5	40	74,5	40	74,5	40,0	78,0	40,0	79,8	40
Засмiченнiсть бункерного зерна, %	15	> 3	100	82,5	33	85,0	34	100,0		87,5	35	87,5	35	87,5	35	90,0	36
		< 3	75	17,5	7	15,0	6	0,0		12,5	5	12,5	5	12,5	5	10,0	4
Оцiнка за показником				95,6	40,0	96,3	40	100,0	40	96,9	40	96,9	40,0	96,9	40,0	97,5	40
Загальнi значення показника якостi на операцiї	100			75,8	120	80,8	120	81,9	120	82,0	120	88,9	120	89,9	120	91,1	120

Аналіз таблиці 6.16 показує, що комбайн John Deere 5820 має найбільше загальне значення показника якості на збиранні, яке дорівнює 91,1. Водночас комбайн Дон-1500Б має найнижче загальне значення показника якості на збиранні, яке дорівнює 75,8.

6.6. Висновки по розділу 6

1. Сучасні зразки техніки, за інших сприятливих умов, можуть забезпечувати до 70-80 % реалізації біологічного потенціалу агрокультур. Водночас розроблені рекомендації виробництву, які дають змогу підвищити вражай за використання наявних машин у господарстві завдяки більш якісному забезпеченню потреб агрокультур.

2. Проведення експериментальних досліджень показало, що забезпечення потреб агрокультур за допомогою агромашин, у більшості випадків, є на низькому рівні. На прикладі основних трьох операцій були проведені дослідження, які дали можливість встановити залежність якості виконання операцій від способу й режимів роботи агромашин.

Так, значення величин ступеню загортання рослинних решток дисковою бороною-луцильником Дукат-2,5 збільшувалися зі збільшенням швидкості руху агрегату з 8 до 14 км/год. У діапазоні швидкостей 14-16 км/год спостерігалось зменшення частки загорнених решток. Для всіх робочих глибин обробітку (7 см, 10 см, 14 см) найбільший ступінь загортання рослинних решток (46,4 %, 61,4 %, 66,3 %) був зафіксований за швидкості руху агрегата в діапазоні 12-14 км/год, а найменші значення спостерігались при швидкості руху в межах 8-10 км/год. Аналіз показників ступеню загортання рослинних решток при способах руху вздовж рядка та під кутом 35° для встановлених глибин у 7, 10 та 14 см відповідно показує, що під час руху агрегата вздовж рядка для всіх встановлених глибин обробітку забезпечується значно краще загортання рослинних решток, ніж під час руху агрегата під кутом до рядка.

3. Дослідженнями встановлено вплив швидкості посіву на забезпечення

оптимальних умов для насіння озимої пшениці машинним агрегатом у складі: Беларус 892 + Astra Nova 5,4А. Аналіз показує, що зі зростання швидкості посіву з 9 до 18 км/год глибина зменшилася на 27 % за встановленої на сівалці глибини 30 мм. Характерною особливістю є те, що інтенсивність зміни глибини обробітку вища в діапазоні зміни швидкостей від 9 до 14 км/год і складає 19 %, водночас інтенсивність у діапазоні від 14 до 18 км/год складає 8 %.

З аналізу досліджень зміни величини віддалі між зернами встановлено, що в разі зміни швидкості від 9 до 13 км/год віддаль між зернами зростає на 50 %, за зростання швидкості від 13 до 14 км/год настає стабільність, а за зростання швидкості від 14 до 18 км/год віддаль між зернами знижується на 28 %.

З аналізу встановлено, зі збільшенням швидкості збільшується і відхилення насінини від рядка посіву. Але характерним є те, що за збільшення швидкості від 9 до 11 км/год величина галопування не тільки уповільнює зростання, а й, навпаки, зменшується. Отже, у разі збільшення швидкості від 11 до 18 км/год значення галопування різко зростає. Так, за збільшення швидкості від 9 до 11 км/год галопування знижується на 16 %, але в разі подальшого зростання швидкості галопування збільшується на 58 %.

4. На основі проведених досліджень оприскувача Horsch Leeb LT була встановлена залежність швидкості вітру та зносу препарату за висоти штанги 500 мм: $y = 0,3485x^2 - 7,1545x + 107,35$, з достовірністю апроксимації $R^2 = 0,9904$. Під час використання додаткової форсунки й опускання штанги на 250 мм: $y = 0,0239x^2 - 0,8367x + 101,15$, з достовірністю апроксимації $R^2 = 0,9878$.

5. Встановлено, що реалізація біологічного потенціалу агрокультур зумовлена якістю виконання технологічної операції (забезпечення умов під час росту та розвитку рослини). Під час формування агровимог до технологічної операції в сучасних умовах для забезпечення високих кількісних та якісних показників врожаю необхідним є дослідження потреб

агрокультури, аналізу реальної ситуації на полі, встановлення оптимальних умов роботи енергетичного засобу та агромашини. У сучасних умовах враховується лише 50 % чинників впливу на якість технологічної операції, що істотно знижує врожайність культури. Доведена необхідність покращення умов росту агрокультури для максимальної реалізації біологічного потенціалу.

На основі отриманих результатів польових досліджень та аналізу літературних джерел, розроблені, з урахуванням сучасного стану розвитку агротехніки, технологічних процесів, зміною кліматичних умов, вимоги до основних механізованих технологічних операцій, яким повинні відповідати робочі органи машинних агрегатів для якісного виконання технологічних операцій. Так, до показників агровимог під час проведення посіву, необхідно враховувати: нерівномірність по глибині посіву, нерівномірність розташування насіння по довжині рядка, орієнтацію посівного матеріалу, галопування насіння, відхилення від центру рядка по довжині, наявність агрегатів розміром понад 10 мм у посівному ложі.

РОЗДІЛ 7

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТА ПРОПОЗИЦІЇ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИМ ТА КОНСТРУКТОРСЬКИМ ОРГАНІЗАЦІЯМ

7.1. Економічна ефективність проведених досліджень

Показники економічної ефективності використання засобів механізації для якісного забезпечення агротехнологій визначаються від конкретного агрегату до загального комплексу машин для вирощування агрокультур.

Забезпечення якості виконання механізованих технологічних операцій створює умови для максимальної реалізації її біологічного потенціалу.

Основним показником економічної ефективності забезпечення якості механізованих технологій є отримання додаткового прибутку, який належить до агротехніки.

Розрахунок економічної ефективності проведених досліджень виконувалася за одним із критеріїв оптимізації (собівартість, затрати праці, якісні показники та інші), використовуючи програмний продукт «Механізовані агротехнології. Якість та ефективність».

Водночас були використані можливі ресурси агропідприємств для здійснення виробничого плану.

Для реалізації підготовки бази для економічної оцінки матеріали розглядалися поопераційно (у розрізі механізованих технологічних операцій). Як приклад, нижче наведена поопераційна підготовка матеріалів для проведення розрахунку на кожному з етапів росту й розвитку рослин.

Оранка. Дослідженнями під час проведення оранки встановлено, що глибина розташування плужної подошви в ґрунті коливається в межах 10-18 %. Відповідно і глибина обробітку під час проведення основного обробітку глибокорозпушувачем буде коливатись у середньому в межах 12-15 %.

Характерною залежністю між глибиною обробітку та коливаннями глибини розташування плужної підшви є те, що чим менша глибина обробітку, тим відсоток відхилення від визначеної глибини більший. Завдяки диференційованому обробітку ґрунту, виключно до потреб агрокультури, у разі глибокого розпушування ґрунту, відбувається економія палива, тим самим зменшуються витрати на закупівлю паливно-мастильних матеріалів. Результати розрахунку ефективності впровадження диференційованого обробітку ґрунту відображені в таблиці 7.1.

Сівба. Дослідження сівби показало, що врожайність зростає за рівномірного розподілення рослинних решток. Дослідженнями встановлено, що нерівномірність розподілення рослинних решток істотно впливає на проростання та подальший розвиток озимих культур. Отже, для озимої пшениці це +3 % в урожаї. За умови збільшення врожайності отримуємо зменшення поточних витрат на одиницю продукції.

Обприскування. Аналіз показує, що внесення засобів захисту рослин (ЗЗР) є однією з найвитратніших операцій. У середньому, витрати на внесення ЗЗР складають від 20 до 40 %. Дослідженнями доведено, що використання штанги обприскувача з кроком форсунок 250 мм (використовують обприскувачі з кроком 500 мм) забезпечує пониження штанги над рослинами на рівні 250 мм, що значно зменшує знос робочого розчину. Проведеними дослідженнями встановлено, щоу такий спосіб витрати робочого розчину знижуються на 20 %, завдяки чому зменшуються витрати на придбання ЗЗР. Результати розрахунку ефективності використання оприскувачів зі штангою, на якій форсунки розташовані через 250 мм, відображені в таблиці 7.1.

Збирання. Аналізом встановлено, що економія при збиранні може бути реалізована кількома способами. По-перше, робота під час збирання з перекриттям у 45 см на загальній ширині жатки 7,60 м веде до зниження продуктивності на 6 %. Отже, за умови автоматичного керування жатки по краю загонки, продуктивність зростає на 6 %. По-друге, система контролю стану посівів, рельєфу місцевості та прогнозованої врожайності може

змінювати робочу швидкість та зазори молотильного обладнання. У такий спосіб отримуємо збільшення продуктивності на 1,1 % та зерно вищої якості.

Отже, впровадження систем контролю ширини захвату комбайна забезпечує збільшення ширини захвату. Впровадження моніторингу аграрних площ дає змогу змінювати швидкості роботи зернозбирального комбайна. Впровадження вище перерахованих елементів забезпечує підвищення продуктивності зернозбирального комбайна. Результати розрахунку ефективності використання систем під час збирання відображені в таблиці 7.1.

Показники порівняльної економічної ефективності поопераційних результатів представлені в таблиці 7.1.

Розрахунки економічної ефективності впровадження нових систем і механізмів для технології вирощування та збирання аграрних культур показує зниження експлуатаційних витрат завдяки більш ефективному використанню ресурсів. У зв'язку з цим створюються умови скорочення витрат на експлуатацію: зниження витрат палива, зниження норми внесення засобів захисту рослин, збільшення продуктивності, підвищення врожайності.

Таблиця 7.1 Резерви економічної ефективності сучасних технологій

Показники	Технологічна операція			
	Глибоке рихлення	Посів	Догляд за посівами	Збирання
Зменшення витрат палива, кг/га	2,7	—	—	
Зменшення норми внесення ЗЗР, л/га	—	—	20 %	
Збільшення продуктивності, га/год	—	—	—	0,3
Підвищення врожайності, т/га	—	1,05	—	0,2
Всього, грн./га	81	6160	268,8	1000
Загальна сума, грн./га	7509,8			

Отже, впровадження диференційованого обробітку ґрунту глибокорозпушувачем залежно від глибини залягання плужної підшви; диференційованої норми висіву залежно від температури, вологості та складу

грунту; переобладнання обприскувача, а саме зміни віддалі форсунок та впровадження інтелектуального систем на збиральних комбайнах дасть можливість знизити собівартість вирощування кукурудзи на зерно на 7509,80 грн/га.

Для оцінки впливу різного складу машинних агрегатів на якість виконання технологічного процесу та собівартості його роботи було встановлено відповідні коефіцієнти якості. Водночас результати виконання дискування та посіву подані в таблиці 7.2 .

Таблиця 7.2 Залежність коефіцієнта якості та собівартість виконання операції від машинного агрегату за дискування

Машинний агрегат	Коефіцієнт якості	Прямі експлуатаційні затрати, грн/га
John Deere 6110 B + Дукат 2,5	0,82	629,20
John Deere 8335R + Дукат 8	0,81	666,49
CASE 500 + Дукат 16	0,80	643,34

Аналіз результатів досліджень показує, що в разі збільшення ширини захвату від 2,5 м до 16 м коефіцієнт якості зменшується на з 0,82 до 0,8. Водночас собівартість виконання дискування найвища в машинного агрегата із шириною захвату 8 м.

Таблиця 7.3 Залежність коефіцієнта якості та собівартість виконання операції від машинного агрегата за сівби

Машинний агрегат	Коефіцієнт якості	Прямі експлуатаційні затрати, грн/га
John Deere 6095 B + VEGA 6	0,87	451,17
CASE 225 + VEGA 8	0,86	499,23
John Deere 7830 + VEGA 16	0,86	414,38
John Deere 7830 + HORSCH Maestro 12.70 - 75 SW	0,86	681,40
John Deere 8260R + HORSCH Maestro 16	0,87	598,44
John Deere 8310R + HORSCH Maestro 24.70 - 75 SW	0,86	537,92

Аналізуючи отримані результати досліджень, було встановлено, що для машинних агрегатів, до складу яких входять вітчизняні агромашини, тенденція зберігається як і агрегатів для дискування. Натомість показник якості посіву сівалками іноземного виробництва із шириною захвату від 8,4 до 16,8 м найвищий у сівалки із шириною захвату 11,2 м, водночас і собівартість сівби цим агрегатом має середній показник, який дорівнює 598,44 грн./га.

Отримані дані дають змогу визначитись із машинним агрегатом у відповідності до критерію, який було взято за основу.

Економічна ефективність роботи комплексу машин оцінювалась шляхом порівняння кривої біологічної врожайності та накопичення енергії при використанні реального комплексу машин (рис. 2.32).

Аналіз ефективності використання комплексу машин для вирощування кукурудзи на зерно проводиться, використовуючи графіки реалізації біологічного потенціалу за накопичення біомаси за умови виконання всіх агрономог і за накопичення біомаси за умови використання технологічних можливостей агромашин (рис. 2.32) та на основі використання рівнянь сплайнових функцій, загальний вигляд яких наведений у рівнянні 2.132. Втрати на кожній операції становлять певну величину. У результаті маємо загальні втрати врожаю залежно від того, які агрегати застосовували.

Кількість врожаю кукурудзи на зерно представляє собою накопичення біомаси за умови забезпечення агротехнічних вимог – $y_1(t)$, $y_2(t)$, а накопичення біомаси за технологічними можливостями агротехніки – $y_3(t)$, $y_4(t)$, і розраховується інтегральною формулою:

$$P = \int_{t_1}^{t_2} (y_1(t) - y_3(t)) dt + \int_{t_2}^{t_3} (y_2(t) - y_4(t)) dt. \quad (7.1)$$

Використовуючи формулу (7.1), визначаємо чисельне значення втрат:

$$\begin{aligned}
 P = & \int_{125}^{240} (0,0020455 \, 52t^2 - 0,557336536 \, t + 37,89412816) dt + \\
 & + \int_{240}^{300} (0,007677 \, t^2 - 4,21091 \, t + 590,4182) dt = \\
 & (0,0020455 \, 52 \frac{t^3}{3} - 0,557336536 \frac{t^2}{2} + 37,89412816 \, t) \Big|_{125}^{240} + \\
 & + (0,007677 \frac{t^3}{3} - 4,21091 \frac{t^2}{2} + 590,4182 \, t) \Big|_{240}^{300} = 16,15
 \end{aligned}$$

, т/га.

Розроблений метод оцінки впливу комплексу машин на технологічний процес виробництва кукурудзи на зерно дав змогу визначити долю втрат залежно від недовикористання можливостей агротехніки. Це дало можливість визначити недоотримання врожаю в разі застосування конкретного комплексу машин, за якого маємо зниження 18-20 %, або фінансового прибутку у зв'язку з недовиконанням агротехнічних вимог.

У таблиці 7.3 приведений результат розрахунку технологічного процесу вирощування кукурудзи на зерно в реальних умовах. Вхідні дані формуються відповідно до баз даних (рис. 2.2 – 2.4; 2.10 – 2.12), алгоритму розробки схеми вирощування аграрної культури (рис. 2.6 – 2.9) і реалізована в «Механізовані агротехнологія. Якість та ефективність».

Таблиця 7.3 Результат розрахунку технологічного процесу вирощування кукурудзи на зерно

Операція	Коефіцієнт впливу операції на U	Машинний агрегат	Коефіцієнт якості роботи МА	Зниження U , т/га	ПЕЗ МА, грн/т	Вартість роботи МА, грн/т
1	2	3	4	5	6	7
Лущення стерні	0,0200	John Deere 6110 B + ДукаТ-2,5	0,80	0,36	614,53	8,27
Навантаження міндобрив	0,0015	Belarus 892 + ПС-0,5/0,8Д	0,88	0,02	4,92	0,07
Транспортування міндобрив	0,0015	ГАЗ3302-41	0,89	0,01	51,2	0,69

Продовження таблиці 7.3

1	2	3	4	5	6	7
Внесення міндобрив	0,0750	John Deere 6110 B + МБД-0,5	0,75	1,69	52,40	0,71
Оранка	0,0650	John Deere 6095B + EurOpal 5	0,81	1,11	2473,72	33,29
Передпосівна обробіток	0,0500	John Deere 6110 B + POLARIS 4	0,75	1,13	296,06	3,98
Навантаження насіння та міндобрив	0,0015	Belarus 892 + ПС-0,5/0,8Д	0,88	0,02	4,92	0,07
Транспортування насіння та міндобрив	0,0015	ГА33302-41	0,89	0,01	51,2	0,69
Сівба	0,2141	John Deere 6095 B + VEGA 6	0,85	2,89	366,18	4,93
Транспортування та приготування розчину засобів захисту рослин	0,0002	Belarus 892 + Бочка	0,89	0,01	56,54	0,76
Внесення засобів захисту рослин	0,1130	John Deere 6135 B + Horsch LEEB 4 LT	0,87	1,32	83,56	1,12
Навантаження міндобрив	0,0015	Belarus 892 + ПС-0,5/0,8Д	0,88	0,02	4,92	0,07
Транспортування міндобрив	0,0015	ГА33302-41	0,89	0,01	51,2	0,69
Міжрядний обробіток+підживлення	0,1350	John Deere 6110 B+ALTAIR 5,6-04	0,77	2,79	193,93	2,61
Транспортування та приготування розчину інсектицидів	0,0010	Belarus 892 + Бочка	0,89	0,01	56,54	0,76
Внесення інсектицидів	0,1600	John Deere 6135 B + Horsch LEEB 4 LT	0,87	1,87	83,56	1,12
Збирання	0,1550	CLAAS Tucano 430	0,83	2,37	2040,02	27,45
Транспортування зерна	0,0029	IVECO 440	0,79	0,05	6,91	0,09
Всього	1,000			15,69	6492,31	87,28
Реальна урожайність, т/га				74,31		
Вартість механізованих робіт, грн./т					87,37	

Встановлений загальний коефіцієнт якості для цього комплексу, який дорівнює 0,84. Встановлено, що кожна технологічна операція має вплив на формування загальної врожайності. Зниження врожайності залежить від коефіцієнта впливу операції на урожайність та коефіцієнта якості роботи машинного агрегату. Так, на етапі обробітку ґрунту після попередника, зниження врожайності на підставі технологічних можливостей машин складає 3,19 ц/га; на етапі передпосівного обробітку ґрунту та посіву – 4,05 ц/га; на

етапі догляду за посівами – 6,03 ц/га та на етапі збирання – 2,42 ц/га. Для підвищення врожаю за рахунок техніки необхідно забезпечити повне виконання агротехнічних вимог.

Для забезпечення сталого послідовного накопичення енергії рослиною показник якості на всіх технологічних операціях повинен бути доведений до оптимального.

7.2. Пропозиції та рекомендації виробництву, навчально-науковим та конструкторським організаціям

Рекомендації розглянуто за основними етапами росту й розвитку рослин: обробіток ґрунту після попередника, підготовка ґрунту під посів та сівба, догляд за посівами та збирання.

7.2.1. Перший етап – обробіток ґрунту після попередника

– Пропозиції виробництву

Проведеними дослідженнями напрямку обробітку ґрунту дисковими машинами встановлено, що обробіток необхідно проводити вздовж рядка. Саме такий обробіток забезпечує такі показники якості, як рівномірність ходу робочого органу по глибині та забезпечує високий ступінь заробки рослинних решток до 60 % за перший прохід.

Встановлена оптимальна робоча швидкість дискового агрегату. Швидкість машинного агрегату з дисковими робочими органами повинна бути в межах 10-14 км/год. Саме за такої швидкості робочий орган оптимально подрібнює рослинні рештки та ґрунт, має оптимальну проникну здатність та найефективніше заробляє рослинні рештки. Також за такої швидкості вібраційні навантаження та рівень шуму знаходяться в межах допуску.

– Рекомендації науково-навчальним та конструкторським закладам

Аналізуючи ефективність проведення основного обробітку ґрунту встановлено, що актуальним є питання наявності плужної підшви на полі. На сьогоднішній момент є поля, на яких існує до 3 плужних підшв одразу. Це

результат застосування різних технологій основного обробітку – на різну глибину та різні робочі органи. Актуальним є пошук плужних підшв засобами сканування ґрунту та їхній диференційований обробіток, з використанням глибокорозпушувача із системою диференціації глибини обробітку. Це дасть можливість зменшити опір роботи машин і, як результат, зменшить витрати палива та знизить зношення робочих органів.

Нині під час проведення основного обробітку актуальним є використання сканера для аналізу ступеня перемішування ґрунту та рослинних решток, а також глибина їхньої заробки.

7.2.2. Другий етап – підготовка ґрунту під посів та сівба.

– Пропозиції виробництву

Проведення низки лабораторних та польових досліджень підтверджує ефективну робочу швидкість на рівні 9-11 км/год. Збільшення швидкості призводить до значного підвищення показника галопування та нерівномірності розподілення насіння на погонному метрі. Зменшити ці негативні явища можливо завдяки використанню насіннепроводу елеваторного типу.

– Рекомендації науково-навчальним та конструкторським закладам

Аналізом встановлено, що актуальним у підвищенні ефективності під час посіву є питання орієнтації насіння зародком вгору. Дослідженнями доведено, що запровадження висіваючих апаратів під час посіву озимої пшениці з орієнтатором зерна дає змогу забезпечити підвищення врожаю озимої пшениці на 10-14 %. На сьогодні сівалки з орієнтуючим висіваючим апаратом у виробництві відсутні.

Актуальним питанням під час проведення посіву є вимір вологості посівного шару ґрунту та його температура. Для цього необхідно розробити сенсор, за допомогою якого контролювати вологість та температуру ґрунту. На основі отриманих даних проводити коригування глибини посіву, норми висіву та взагалі його доцільність.

Для забезпечення проведення ефективного посіву необхідно розробити висіваючий апарат з орієнтуючою функцією для проведення посіву на підвищених швидкостях. Кожна певна насінина посівного матеріалу має індивідуальну вагу й не може транспортуватися повітрям до сошника. Це істотно впливає на розміщення насіння вздовж рядка. Актуальною задачею для конструкторів сьогодні є розроблення висіваючого апарату з транспортером посівного матеріалу.

7.2.3. Третій етап – догляд за посівами

– Пропозиції виробництву

Ефективність роботи обприскувача полягає в зменшенні витрат робочої рідини, завдяки зменшенню втрат під час розпилення. Один із варіантів, який дає змогу зменшити втрати рідини – використання штанги з розташуванням форсунок через 25 см (на всіх використовується 50 см). Це дасть можливість зменшити втрати рідини на 15-20 %. Відповідні дані підтверджені польовими дослідженнями на полях Сумського регіону. Тому це направлення є актуальним і відповідні результати необхідно використовувати в разі розробки подальших поколінь обприскувачів.

Великі втрати ЗЗР під час внесення відбуваються завдяки внесенню за швидкості вітру понад 5 км/год.; під час «закритого листа» (температура на рівні листа нижче 10 °C або вище 25 °C); значна вологість; атмосферний тиск повітря (попереджає про дощ). Сучасні обприскувачі повинні бути обладнані такими засобами контролю і в разі виникнення ситуації з переходом за граничне значення показника операція повинна зупинятись, за можливості рухатися швидше повинна бути автоматична команда. Це дасть можливість ефективно використовувати робочі розчини та зменшувати навантаження на екологію завдяки змиванню рідини та необхідності повторного внесення.

– Рекомендації науково-навчальним та конструкторським закладам

Вивчаючи технологічну лінію з догляду за посівами виявлено резерви для підвищення ефективності внесення ЗЗР та елементів живлення. На основі

аналізу знімків зі супутника та обстеженні полів за допомогою дронів (БПЛА), встановлюються потенційно небезпечні ділянки. На таких ділянках присутній високий ризик виникнення хвороб та розмноження шкідників. Спираючись на дослідження науковців [216] останні роки показали різке зростання захворюваності культур на високу інтенсивність виснаження ґрунту макро- та мікроелементами. Усі чинники негативно впливають на коефіцієнт реалізації біологічного потенціалу агрокультур. Тому, актуальним є розробка програмного продукту для збору та аналізу інформації з поля, визначення ділянок із високим ступенем ризику та контроль цих ділянок із використанням датчиків контролю вмісту хлорофілу. Визначення стану захворюваності рослини, на основі отриманих даних, дає можливість запустити процес внесення ЗЗР із випередженням на 2-3 доби. Водночас використання в якості машини для локальної обробки БПЛА, значно зменшує витрати на обробку, знижує кількість рідини (економія на ЗЗР), менш агресивно впливає на довкілля, знижує інтенсивність розповсюдження шкідників та збудників хвороб.

Також дослідженнями встановлено, що хвороби та шкідники на рослині живуть знизу листка. Отже, для підвищення ефективності використання обприскувачів, ЗЗР необхідно вносити на нижню частину листа рослини або створювати потік завихрення, для потрапляння робочої рідини на листок знизу.

7.2.4. Четвертий етап – збирання

– Пропозиції виробництву

Контроль рівномірності розподілення рослинних решток (дослідження показали, що нерівномірність розподілення рослинних решток по поверхні поля призводить до коливань розташування плужної підшви. Як результат, це й інтенсивність накопичення вологи, різна структура ґрунту в посівному шарі, інтенсивність сходів та врожайність. Тому сьогодні, під час проведення збирання, необхідним є контроль рівномірності розподілення рослинних

решток).

– Рекомендації науково-навчальним та конструкторським закладам

Аналізуючи збирання встановлено, що підвищити ефективність цього процесу можна завдяки використанню попередньо накопиченої інформації. Маючи дані формування врожаю можна в автоматичному режимі коригувати робочу швидкість комбайна та зазори на молотильному механізмі. Де присутня ймовірність підвищеної врожайності швидкість необхідно зменшувати та навпаки. Це дасть можливість збільшити продуктивність і знизити засміченість та травмування зерна.

7.2.5. Задачі перспективних досліджень.

Перспективою подальших досліджень є скасування «зайвих ланок» при проведенні механізованих технологічних операцій. Так, наприклад, під час проведення посіву сучасним комплексом машинний агрегат складається з: енергетичного засобу + бункер із насінням та добривами + ґрунтообробна частина із сошниками. Перспективою є скасування з даної ланки енергетичного засобу й перенести функції приводного агрегату на бункер, колеса змінити на мотор-колеса.

У випадку, коли конструктивно неможливо вирішити скасування енергетичного засобу, використовувати його меншою потужністю, а на агромашині використовувати мотор-колесо для зменшення пробуксовки та розподілення тягового зусилля між енергозасобом та агромашиною.

7.2.6. Рекомендації закладам вищої освіти.

Для підготовки фахівців зі спеціальності 208 «Агроінженерія», адаптованих до умов сучасного аграрного виробництва та зі знаннями, доцільно розробити та впровадити в навчальний процес дисципліну "Smart інжиніринг агротехнологій", яка вивчає потреби рослин, умови їхнього росту й розвитку, бази даних, алгоритм розв'язання задач і економічну оцінку та розробити навчальний посібник. Дисципліна має завершитися проектом

відповідного виробництва.

Розробити навчальну програму та запровадити курси підвищення кваліфікації для фахівців аграрних підприємств, які забезпечують роботу галузі рослинництва. Залучити до співпраці представників аграрного бізнесу для забезпечення матеріальної бази сучасними зразками техніки, програмним забезпеченням для аналізу якості виконання технологічних операцій у механізованих агротехнологіях.

7.3. Висновки до розділу 7

1. Розробка та впровадження у виробництво сучасних систем моніторингу й автоматичного коригування роботи агромашин дає змогу забезпечити додатковий прибуток у розмірі 7508,8 грн./га.

2. Аналізом встановлено, що використання сучасного комплексу машин забезпечує реалізацію біологічного потенціалу на 82,1 %.

3. У результаті розрахунку встановлено на скільки в кількісному відношенні зміниться якість та собівартість у разі зміни агрегату й дає можливість зробити вибір агрегату відповідно до потреб господарства.

4. Рекомендовано закладам вищої освіти в навчальних планах підготовки фахівців для аграрного сектору з напрямку рослинництва враховувати розділ забезпечення потреб агрокультур машинними агрегатами. Доцільно розробити та впровадити в навчальний процес дисципліну "Механізовані агротехнології", яка вивчає агротехнічні вимоги і якість виконання технологічних операцій та розробити навчальний посібник із відповідного напрямку.

5. Розробити навчальну програму та запровадити курси підвищення кваліфікації для фахівців аграрних підприємств, які забезпечують роботу галузі рослинництва. Залучити до співпраці представників аграрного бізнесу для забезпечення матеріальної бази сучасними зразками техніки, програмним забезпеченням для аналізу якості виконання технологічних операцій у механізованих агротехнологіях.

ВИСНОВКИ

1. Уперше досліджено потреби рослин на етапах їхнього росту й розвитку, описано систему функціонування технологічних процесів вирощування агрокультур з урахуванням накопичення біомаси залежно від ступеня забезпечення якості механізованих технологічних процесів, що дало можливість визначити агровимоги до кожної технологічної операції у відповідності з технологією вирощування агрокультури.

2. Розроблено методику визначення агротехнічних вимог до кожної механізованої операції відповідно до агровимог, з урахуванням додаткових показників, які виникають у результаті застосування засобів механізації з можливими допусками та впливом на ступінь забезпечення потреб рослин. Показники агротехнічних вимог мають бути структуровані за ренкінгом щодо впливу на накопичення врожайності. Експериментально встановлено, що сучасні сівалки, наприклад, Vega 8 Profi, можуть забезпечувати сівбу за вологи 35-39 %, на відміну від застарілих моделей, що збільшує приріст врожаю на 2,7 %. Отже, це дає підстави для коригування агротехнічних вимог – встановлення показника мінімальної вологості ґрунту за сівби на рівні 35 %.

3. Розроблена структура керованої системи механізованих агротехнологій, яка включає бази агрокультур; полів відповідного господарства та стан довкілля; технологічних операцій; агромашин; енергетичних засобів; систем контролю та визначення оцінки якості виконання механізованих технологічних операцій, що дало змогу розробити алгоритм та комп'ютерну програму для визначення раціональних параметрів машинних агрегатів та комплексів машин з урахуванням загальної якості виконання технологічного процесу.

4. Досліджені та уточнені значення коефіцієнтів опору перекочування, зчеплення ведучого апарату з ґрунтом та буксування для ґрунтів різної твердості для сучасних енергетичних засобів та агромашин із різними ходовими системами. Так, наприклад, для енергетичних засобів із гумовою гусеницею функції цих величин будуть такі: $f = -0,015T^2 + 0,169T + 0,472$,

$$\mu = -0,001T^3 + 0,015T^2 - 0,078T + 0,204, \quad \delta = 0,033\exp(7,154p) + 0,792.$$

Встановлено, що для пасивних ходових систем коефіцієнт опору перекочування більший на 0,02-0,03 ніж для активних. Встановлена залежність між питомим опором та твердістю ґрунту в межах орного шару, визначення експлуатаційних і якісних показників їхньої роботи і співвідноситься з оцінкою ґрунту в галузі агрономії.

5. Удосконалена структурно-логічна схема машинних агрегатів, з урахуванням різних енергетичних засобів, з різними ходовими системами, агромашин, способів їх агрегатування та передачі енергії до робочих органів, що дало змогу значно удосконалити алгоритм та програму обґрунтування параметрів та режимів роботи машинних агрегатів, з урахуванням якості виконання технологічних операцій.

6. Встановлено, що сучасні широкозахватні, зі збільшеною кінематичною довжиною машинні агрегати, які працюють на підвищених швидкостях потребують більшого радіусу їх повороту. Мінімальний радіус повороту для сучасних машинних агрегатів залежно від його ширини захвату, яка описується такою формулою: $R_n = 2,1\ln B + 3,7$. Крім того, уточнена оптимальна ширина загінок та їх кількість залежно від площі поля та довжини гонів для підвищення значення коефіцієнтів робочих ходів.

7. Для забезпечення агровимог, створення максимально однакових умов для агрокультури в межах одного поля та мінімізації строків виконання технологічної операції, розроблені складові часу доби щодо використання або простою машинних агрегатів. Це дає змогу підвищити показник забезпечення потреби рослин внаслідок удосконалення організації технологічного процесу.

8. Розроблено алгоритм обґрунтування та математичну модель визначення коефіцієнта якості виконання механізованих технологічних операцій k_a , які враховують виконання відповідних агровимог робочими органами агромашини з урахуванням їх ренкінгу, якості агрегатів і систем агромашини, які безпосередньо не працюють із продуктами обробітку.

9. Розроблена методологія економічної оцінювання механізованих агротехнологій, яка відрізняється від наявних тим, що дає змогу розрахувати фактичну врожайність культури з урахуванням її коливань упродовж росту й розвитку, залежно від технології вирощування агрокультури та застосованого комплексу машин, у порівнянні з накопиченням врожайності за умови повного забезпечення потреб рослини. Це дає можливість провести оптимізацію технологічного процесу вирощування культури внаслідок забезпечення якості виконання механізованих технологічних операцій. Розроблена математична модель, яка ґрунтується на різниці накопичення біомаси за забезпечення агротехнічних вимог та накопиченні біомаси за технологічними можливостями агротехніки.

10. Розроблений алгоритм та комп'ютерна програма «Машинний агрегат» для визначення техніко-експлуатаційних показників та показників якості механізованих операцій. На відміну від аналогів, програма дає змогу розраховувати машинні агрегати різних сучасних структурно-логічних схем з урахуванням забезпечення якості виконання технологічних операцій та оцінки впливу конкретного машинного агрегату на формування загальної врожайності агрокультури. Результати розрахунку, отримані за допомогою програми, відповідають результатам хронометражних спостережень у виробничих умовах (різниця складає менше 5 %).

11. Удосконалено алгоритм, математичну модель та комп'ютерну програму системи «Механізовані агротехнології. Якість та ефективність», яка відрізняється від наявних визначенням якісного виконання технологічних операцій відповідно до агротехнічних вимог та їх впливу на формування врожайності агрокультури. Крім того, система дає змогу обґрунтовувати машинний парк господарства з визначенням комплексів машин для кожної агрокультури та оптимальну площу вирощування. Оцінювання раціонального вибору комплексу машин для забезпечення виконання механізованого технологічного процесу проводиться на підставі аналізу прямих витрат під час роботи машинних агрегатів на кожній операції та розрахункової урожайності

з урахуванням коефіцієнта якості виконання механізованих операцій. Так, за результатами математичного моделювання технологічного процесу вирощування кукурудзи на зерно, зміна складу машинного агрегату з John Deere 6110 В та дисковою бороною Дукат-2,5 на John Deere 8335R з дисковою бороною Дукат-8 призвела до підвищення врожайності культури від 15,31 до 15,36 ц/га, (за планової врожайності 90 ц/га) та вартість роботи комплексу машин змінюється в діапазоні від 91,43 до 92,38 грн/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Blake G. R. and Hartge K. H. (1986). Bulk density. In *Methods of Soil Analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, A. Klute, ed. Madison, Wisc.: ASA and SSSA. P. 363-375.
2. Chamen W. C. T., Moxey A. P., Towers W., Balana B., Hallett P. D. (2015). Mitigating arable soil coimpaction: A review and analysis of available cost and benefit data. *Soil & Tillage Research*, 146 (Part A.), 10-25.
3. Color-Infrared (CIR) Imagery. Available at: <https://www.mngeo.state.mn.us/chouse/airphoto/cir.html> (reference date 05.11.2020).
4. Сысуюев В. А., Мухамадьяров Ф. Ф., Гжибек А. (1999). Повышение ресурсоэнергоэкономичности получения сельскохозяйственной продукции путем рационального использования природных и техногенных факторов. *Wykorzystanie energii odnawialnej w Polnjectiwie. Miedzynarodowa konferencja. Warszawa*. С. 184-187.
5. Damanauskas V., Velykis A., Satkus A. (2019). Efficiency of disc harrow adjustment for stubble tillage quality and fuel consumption. *Soil and Tillage Research Vol. 194*, 104311.
6. Dierauer H. (1990). Agronomisch und ökologisch vertretbare Unkrautregulierung in Getreide und Mais. *FiBl*. P. 88.
7. Eremenko O., Kalenska S., Pokoptseva L., Todorova L. (2019) The influence of AKM Growth Regulator on Photosynthetic Activity of Oilseed Flax Plants in the Conditions of Insufficient Humidification of the Southern Stepp of Ukraine / in *Modern Development Paths of agricultural production*. Editor V. Nadykto. Springer. 703-807.
8. Gholamhoseini M., Ghalavand A., Dolatabadian A., Jamshidi E., Khodaei-Joghan A. (2013). Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. *Agricultural Water Management*, № 117. P. 106-114.

9. Great Plains. Available at: <https://www.greatplainsmfg.ru/> (reference date 05.11.2020).
10. Guidelines on nitrogen management in agricultural systems. (2008). IAEA, Vienna. 237 p.
11. Gürsoy S., Kolay B., Avşar Ö., Sessiz A. (2015). Evaluation of wheat stubble management practices in terms of the fuel consumption and field capacity. *Res. Agr. Eng.*, 61. P. 116-121.
12. Horsch Leeb Le pilotage de la rampe. Available at: <https://www.terre-net.fr/partenaire/pulverisation-de-precision/article/le-pilotage-de-la-rampe-2959-167797.html> (reference date 20.04.2020).
13. Janulevičius A., Damanauskas V. (2015). How to select air pressures in the tires of MFWD (mechanical front-wheel drive) tractor to minimize fuel consumption for the case of reasonable wheel slip. *Energy*. 90, P. 691-700.
14. Janulevičius A., Šarauskis E., Čiplienė A., Juostas A. (2019). Estimation of farm tractor performance as a function of time efficiency during ploughing in fields of different sizes. *Biosyst. Eng.* 179, P. 80-93.
15. Kavka M., Mimra M., Kumhála F. (2016). Sensitivity analysis of key operating parameters of combine harvesters. *Res. Agr. Eng.*, 62: 113-121.
16. Kline D. E., Bender D. A., McCarl B. A. (1990). Postoptimal linear programming analysis of farm machinery. *ASAE. St. Joseph, Mich.* P. 15-20.
17. Kozyrskyi V., Zablodskiy M., Savchenko V., Sinyavsky O., Yuldashev R., Kalenska S., Podlaski S. (2019). The Magnetic Treatment of Water Solutions and Seeds of Agricultural Crops. *Advanced Agro-Engineering Technologies for Rural Business Development*. 37p.
18. Kumhála F., Kroulík M., Vašák J., Kvíz Z. (2002): The influence of CASE IH combine harvesters' straw and husk distribution design changes on distribution quality. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 33. P. 36-40.
19. Kumhála F., Kvíz Z., Mašek J., Procházka P. (2005). The measurement of plant residues distribution quality after harvest by conventional and axial combine harvesters. *PLANT SOIL ENVIRON*. Vol. 51, 2005 (6). P. 249-254.

20. Kuzina T., Sirenko V., Zubko V., Chuba V. (2018). Increasing yields of winter wheat by means of sowing orientation of grain. 17th International Scientific Conference Engineering for rural development. Proceedings. May 23-25. Jelgava, Latvia. Volume 17. p. 688-696.
21. Kviz Z., Kumhala F. and Masek J. (2015) Plant remains distribution quality of different combine harvesters in connection with conservation tillage technologies. *Agronomy Research* 13(1). P. 115-123.
22. KWS. Available at: <https://www.kws.ua/aw/KWS/ukraine/Articles-Ukraine/~gpmc/preplanting-corn-harvesting/> (reference date 05.12.2020).
23. Lam M., Hossain M. M., Awal M. M. (2001). Selektion of farm power by using a computer programe. *Arg. Machan. in Asia, Africa, Latin America*. Vol.32, N1. P. 65-68.
24. Lamande M., Greve M. H., Schjonning P. (2018). Riskassess mentofsoil compaction in Europe - Rubber tracks or wheels on machinery. *CATENA*, 167. P. 353-362.
25. Loomis R. S., Connor D. J. (1996). *Crop ecology: productivity and management in agricultural systems*. 2nd Edition. Cambridge University Press. P. 561.
26. Lovarelli D., Bacenetti J., Fiala M. (2017). Effect of local conditions and machinery characteristics on the environmental impacts of primary soil tillage. *J. of Clean. Production*. 140, P. 479-491.
27. Lütke Entrup, N. (2003). Maisanbau – kein besonderes Risiko für die Umwelt. In: BASF (Hrsg.) *Mais – Kultur mit Zukunft*. Limburgerhof. P. 20-37.
28. Medvedev V. V., Laktionova T. N. (2012). Analysis of the experience of European countries in soil monitoring. *Eurasian Soil Sc.* 45, 90-97.
29. Medvedev V. V., Plisko I. V., Bigun, O. N. (2014). Comparative characterization of the optimum and actual parameters of Ukrainian chernozems. *Eurasian Soil Sc.* 47. P. 1044-1057.
30. Nadykto V., Bulgakov V., Adamchuk V., Kistechok O. (2017). Theoretical research into the stability of motion of the ploughing tractor-implement

unit operating on the 'push-pull' principle. *Agronomy Research*. Volume 15(4).P. 1517-1529.

31. Nadykto V., Ivanovs S., Kistechok O. (2017). Investigation of the draft-and-power, and agro technical indicators of the work of a ploughing aggregate, created according to the scheme "push-pull". *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 62(1). P. 136-140.

32. Nazar R., Iqbal N., Masood A., Iqbal M., Khan R. Syeed S., Khan N.A. (2012). Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation . *American Journal of Plant Sciences*. №3. P. 1476-1489.

33. Nugis E. (2010). Seedbed quality preparation in Estonia. *Agronomy Research*. (Special Issue II). № 8 P. 421-426. OWL-SWIR-kamery-s-InGaAs-matritcei (reference date 01.12.2020).

34. Poettinger. Структура ґрунту. Available at: https://www.poettinger.at/uk_UA/Newsroom/Artikel/12344?fbclid=IwAR17r3BaxbL2NiypXrsXtgPR0zTK7vWtbqt6tpfUH1lM5-m0Cr4UVL9-COc (reference date 01.09.2020).

35. Pöttinger. Луцнення стерні для закриття вологи слідом за комбайном. Від чого ж залежить швидкість втрати вологи? Які елементи технології акумуляції вологи? URL: https://www.poettinger.at/uk_ua/Newsroom/Artikel/12188/ (reference date 01.09.2020).

36. Simple Technology to Maximize Your Farm. Available at: <https://www.precisionplanting.com/> (reference date 08.12.2020).

37. Špokas L., Adamčuk V., Bulgakov V., Nozdrovický L. (2016): The experimental research of combine harvesters. *Res. Agr. Eng.*, 62: 106-112.

38. SWIR. Available at: <https://www.cameraiq.ru/catalog/series/> (reference date 20.04.2020).

39. Van Linden V., Herman L. (2014). A fuel consumption model for off-road use of mobile machinery in agriculture. *Energy* 77, P. 880-889.

40. Varga J, Frisvad JC, Samson RA (2009) A reappraisal of fungi

producing aflatoxin. *World Mycotoxin* 2. P. 263-277.

41. Vegetation Index. Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/vegetation-index> (reference date 05.12.2019).

42. Wagner S., Cattle S., Scholten T. (2007). Soil-aggregate formation as influenced by clay content and organic-matter amendment. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 170, P. 173-180.

43. Zubko V., Khvorost T., Zamora O., Onychko V. (2020). Methods of Maintaining Soil Depth Evenness during Disk Tillage. *Scientia Agriculturae Bohemica*. Vol. 51. P. 22-30.

44. Zubko V., Kuzina T. (2015). Investigation of the influence of winter wheat's location on plant's germination energy. *Teka. Commission of motorization and energetics in agriculture. Lviv*. Vol. 15. No. 4. C. 103-106.

45. Zubko V., Roubík H., Zamora O., Khvorost T. (2018). Analysis and Forecast of Performance Characteristics of Combine Harvesters. *Agronomy Research*. Vol. 16(5). P. 2282-2302.

46. Австрійське ноу-хау на «солодких» ланах України. URL: <http://www.ukrsugar.com/uk/post/avstrijske-nou-hau-na-solodkih-lanah-ukraini> (reference date 26.05.2019).

47. Аграрна економіка. Фермер. Базовий рівень. (2007). Том 1. За ред. перекладу Ладика В.І. BLV Buchverlag GmbH and Co. KG, Muenchen, Deutschland. 628 с.

48. Аграрна економіка. Фермер. Професійний рівень. (2007). Том 2. За ред. перекладу Ладика В.І. BLV Buchverlag GmbH and Co. KG, Muenchen, Deutschland. 606 с.

49. Адамчук В. В., Грицишин М. І (2012). Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва. К.: Аграрна наука. 416 с.

50. Азаренкова А. С. (1992). В зависимости от гибридов. Кукуруза и сорго. № 1. С. 23-24.

51. Аніскевич Л. В. (2005). Системи керування нормами внесення матеріалів в технологіях точного землеробства: Автореферат дисертації доктора технічних наук: 05.05.11 машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Національний аграрний університет. Київ. 36 с.
52. Аніскевич Л. В., Броварець О. О. (2011). Обґрунтування параметрів польової інформаційної машини для моніторингу стану сільськогосподарських угідь: монографія. Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. Київ. 230 с.
53. Аніскевич Л. В., Войтюк Д. Г., Захарін Ф. М. (2012). Навігація і управління рухом безпілотних польових машин: монографія. Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. Київ. Вид. ПП Лисенко М.М. 95 с.
54. Анішин Л. Цьогорічний урожай кукурудзи залежатиме від особливостей догляду за посівами. URL: <http://a7d.com.ua/plants/876-cogorchnijj-urozhajj-kukurudzi.html#sel=23:1,23:14> (reference date 14.04.2015).
55. Артьомов М. П., Лебедєв А. Т., Шуляк М. Л., Кулаков Ю. М. (2015). Оцінка тягово-динамічних властивостей на основі прискорення трактора. Інженерія природо користування. № 1 (3). Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка. С. 84-89.
56. Артьомов М. П., Шуляк М. Л., Кот О. В. (2016). Дослідження динамічних параметрів та тягового опору МТА. Техніка енергетика транспорт АПК: збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Т. 1. Вип. 2(94). С. 22-28.
57. Асанішвілі Н. М. (2014). Реакція гібридів кукурудзи різних екотипів на технологічні заходи вирощування у північній частині Лісостепу: Зб. наук. праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». Вип. 3. С. 41-48.
58. Асыка Н. Р. (1990) Совершенствовать основную обработку почвы в Центральном Черноземье. Земледелие. № 3. С. 44–48.
59. Ачкевич В. І., Чуба С. В. (2018). Ходові системи сучасної

сільськогосподарської техніки. Наукові горизонти. № 12. С. 74-80.

60. Бабій А. В. (2019). Аналіз параметрів штангового обприскувача з метою збільшення його продуктивності. *Machinery & Energetics*. Vol. 10, No 4. P. 51-55.

61. Барабаш Г. І. Зубко В. М., Барабаш О. Г. (2016). Вплив термінів сівби гречки та вибір комплексу машин для її збирання. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Вип. 3(28). С. 88-93.

62. Барабаш Г. І., Зубко В. М., Строколіс О. Г., Щур Т. Г. (2011). Обґрунтування оптимальних параметрів використання зернозбиральних комбайнів у різних умовах роботи. *Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження*. № 15. С. 118-128.

63. Барабаш Г. І., Страхоліс І. М., Зубко В.М., Барабаш О. Г. (2015). Вплив строків сівби на продуктивність та структуру гречки в зв'язку з обґрунтуванням використання комплексу машин. *Інженерія природокористування*. № 1(3). С. 111-117.

64. Барабаш О. Г. (2013). Аналіз хронометричних спостережень за роботою машин по забезпеченню сівби гречки. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. № 10(25). С. 56-60.

65. Барило К. (2018). Тренди на ринку сільгосптехніки: підсумки 2018 року. Електронний доступ: <https://kurkul.com/spetsproekty/440-trendi-na-rinku-silgosptehniki-pidsumki-2018-roku>.

66. Барило К. Ринок сільгосптехніки-2018: головні тренди й новинки. URL: <https://traktorist.ua/articles/845-rinok-silgosptehniki-2018-golovni-trendi-y-novinki> (reference date 25.02.2019).

67. Биодеструктор Стерни для Кукурузы. Био-Минералис разложения растительных остатков на поле в гумус. URL: <https://avsstandart.com/p574836778-biodestruktor-sterni-dlya.html> (reference date 05.10.2020).

68. Бігуляк С. П. (2013). Формування посівів ярого ячменю за параметрами кількості рослин залежно від впливу технологічних факторів.

Новітні агротехнології. Вип. 1. 18-26.

69. Бідило М. І., Пашенко В. Ф., Ульянченко О. В. (2010). Економіко-екологічні засади раціонального формування та використання машинно-тракторно парку: Монографія. Харків: Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва. 209 с.

70. Білецький Є. М., Бобро М. А., Булигін С. Ю. (2010). Супутник агронома: [довідник]. Харків: ХНАУ. 256 с.

71. Бойко А. І., Пастухов В. І. (2006). Вибір оптимального складу МТА для виробництва сільськогосподарських культур. Техніка АПК. № 3. С. 6-9.

72. Бойко І. Для чого потрібен подрібнювач пожнивних залишків і чи буде його придбання і застосування рентабельним. URL: <https://www.agroone.info/publication/tonka-robota/> (reference date 02.09.2020).

73. Бондар С. М. (2002). Обґрунтування раціонального складу та ефективного використання комплексів машин для основного обробітку ґрунту в умовах зони Полісся України: Автореферат дисертації кандидата технічних наук: 05.05.11 машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Київ. 19 с.

74. Бондар С. М., Мельник І. І. (2000). Основні проблеми машиновикористання в сучасних технологіях обробітку ґрунту Полісся України. Науковий вісник НАУ. Вип. 33. С.101-107.

75. Бондаренко М. П., Собко М. Г., Собко Н. А. (2011). Особливості вирощування сумішок однорічних кормових культур. Сад: ІСГПС НААН, 16 с.

76. Бородін А. Л., Криlach С. І. (2015). Вплив параметрів структури ґрунту, створених передпосівним обробітком, та їх динаміки на вологозабезпеченість кукурудзи. Агрохімія і ґрунтознавство. 2015. Вип. 84. С. 128-133.

77. Босой Е. С. (1978). Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. Москва: Машиностроение. 568 с.

78. Брагинец Н. В. (2011). Анализ конструкций дисковых рабочих

органов и теоретическое обоснование повышения эффективности процесса обработки почвы за счет использования более совершенных рабочих органов. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Вип. 111. С. 86-97.

79. Булгаков В. М., Дубровін В. О., Черновол М. І. (2011). Стан та перспективи розвитку механізації сільського господарства. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 41. Ч. І. С. 30-46.

80. Буряк столовий свіжий технічні умови: ДСТУ 7033:2009. [Чинний від 2009.06.22]. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 14 с. (Національний стандарт України).

81. В Запорожской области создадут бригады для борьбы со сжиганием стерни. URL: <https://ztv.zp.ua/v-zaporozhskoy-oblasti-sozdadut-brigadyi-dlya-borbyi-so-szhiganiem-sternei/> (reference date 05.11.2016).

82. В'ялий С. О. (2001). Вплив багаторічного застосування систем основного обробітку ґрунту та гербіцидів на продуктивність кукурудзи в умовах правобережного лісостепу України: Автореферат дисертації кандидата сільськогосподарських наук: 06.01.01 – загальне землеробство. Київ. 36 с.

83. Валге А. М. (2000). Повышение эффективности работы сельскохозяйственной техники путем моделирования процессов на стадии исследования и разработки технологий и машин: Автореферат диссертации. доктора технических наук: 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства. Санкт-Петербург – Пушкин. 44 с.

84. Валге А. М., Киреев М. В. (1976). К обоснованию оптимального состава уборочно – транспортного комплекса. Научные труды. НИПТИМЭСХ. Вып. 18. С. 55-60.

85. Валге Ф. Ф. (1997). Региональные проблемы ресурсоэнергосбережения. Wykorzystanie energii odnawialnej w Polnjectiwie. Miedzynarodowa konferencja naukowo-techniczna. Warszawa. С. 102-104.

86. Васильковська К. В. (2018). Системний аналіз конструкцій

пневмомеханічних висівних апаратів для точного висіву насіння просапних культур. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 48. С. 22-35.

87. Васильченко В., Гузь М. Якщо дискувати – то агрегатами LEMKEN. URL: <https://www.agronom.com.ua/yakshho-dyskuvaty-to-agregatamy-lemken/> (reference date 21.12.2018).

88. Веселовський І. В., Гудзь В. П., Каліберда В. М. (1991). Основи агрономії. Київ: Урожай. 232 с.

89. Ветохин В. И. (2010). Системные и физико-механические основы проектирования рыхлителей почвы. Диссертация доктора техн наук : 05.05.11 машины и срезства механизации аграрного производства. Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ОАО «Научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В. П. Горячкина» ОАО «ВИСХОМ». Киев, Москва. 284

90. Вимоги елеваторів при здачі зерна. URL: <https://posivna.com.ua/ua/zamitky-ahronoma/vimogi-elevatoriv-pri-zdachi-zerna> 17.03.2020 (reference date 05.12.2020).

91. Вишнівський П. С., Шаповал А. В., Цюк Ю. В., Лутак І. А. (2014). Вплив фракційного складу посівного матеріалу на формування продуктивності насіннєвих посівів пшениці ярої. Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства НААН”. Вип. 4. С. 162-167.

92. Вікович І. А. (2004). Моделі і методи розрахунку коливальних процесів у мобільних машинах з начіпними функціональними елементами: Дисертація доктора технічних наук: 05.02.09 – динаміка та міцність машин. Національний університет "Львівська політехніка". Львів. 383 с.

93. Вінюков О. О., Чугрій Г. А., Бондарева О. Б. (2020). Науково-практичні рекомендації по проведенню комплексу весняно-польових робіт в донецькій області. Донецьк: Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН. 61 с.

94. Вожегова А., Дробіт О., Шебанін В., Дробітько А. Догляд за

посівами кукурудзи в весняно-літній період в умовах південного степу України. URL: <http://agroone.info/publication/dogljad-za-posivami-kukurudzi-v-vesnjano-litnij-period-v-umovah-pivdenного-stepu-ukraini/> (reference date 30.07.2019).

95. Вожегова Р. А., Коковіхін С. В., Заєць С. О., Коваленко А. М., Сергєєв Л. А. (2020). Особливості проведення весняно-польових робіт у 2020 році в господарствах Херсонської області: Науково-практичні рекомендації. Херсон: ІЗЗ НААН. 52 с.

96. Войтюк В. Д., Опалко В. Г. (2018). Підвищення технічного рівня зернових сівалок шляхом обґрунтування експлуатаційних властивостей різьбових з'єднань. Київ: ФОП Кожуховський І.І. 321 с.

97. Войтюк В. Д., Рубльов В. І., Опалко В. Г. (2015). Розробка методики забезпечення якості різьбових з'єднань зернових сівалок. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. Вип. 226. С. 168-177.

98. Войтюк В. Д., Смолінський С. В., Ямков О. В. (2011). Порівняльний аналіз показників ефективності роботи зернозбиральних комбайнів. Збірник наукових праць Українського науково-дослідного інституту прогнозування та випробовування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Л. Погорілого. Вип. 15 (29). С. 100-107.

99. Волоха М. П. (2020). Моделювання механізованих технологічних процесів вирощування і збирання буряків цукрових. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук по спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Київ. 343 с.

100. Волоха М. П. Вплив експлуатаційно-технологічних факторів на точність сівби буряків цукрових. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. № 3 (60). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/6847> (reference date 27.05.2017).

101. Волоха М. П. Дослідження технологічного процесу підготовки ґрунту до сівби буряків цукрових сучасними агрегатами. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип. 226. С. 349-355.

102. Волоха М. Тенденції розвитку і можливості застосування сучасних гичкорізів і копачів для збирання буряків цукрових при звужених міжряддях. Техніка і технології АПК. 2016. № 7 (82). С. 20-23.

103. Вредные объекты. Вредители. Вредители кукурузы. URL: <https://agrohimprogress.kz/vrednye-obekty.html> (reference date 05.10.2019).

104. Гаврилов С. Обробіток ґрунту в осінній період після різних попередників. URL: <https://propozitsiya.com/ua/obrobitok-gruntu-v-osinniyy-period-pislya-riznih-poperednikiv> (reference date 27.05.2014).

105. Гайденко О. Правильний обробіток ґрунту — запорука високих урожаїв. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/9224-pravylnyi-obrobitok-gruntu-zaporuka-vysokykh-urozhaiv.html> (reference date 18.02.2018).

106. Герасименко, І. Географія врожаїв. Північний Степ – що треба знати агроному. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/geografia-vrozaiv-pivnicnij-step-so-treba-znati-agronomu> (reference date 09.04.2015).

107. Гецович Є. М., Подригало М. А., Тарасов Ю. В., Холодов М. П. (2019). Прогнозирование требований к эффективности торможения автомобилей. Вісник Сумського національного аграрного університету, Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». Вип. 3 (37). с. 9-12.

108. Говоров О. Що робити з соломою? URL: <https://propozitsiya.com/ua/shcho-robiti-z-solomoyu> (reference date 12.11.2015).

109. Горячкин В. П. (1914). Основы построения сельскохозяйственных машин и орудий: силы инерции и их уравнивание. Москва: Типография П. П. Рябушинского. 163 с.

110. Горячкин В. П. (1923). Земледельческие машины и орудия. Москва: Кн-во студентов Петров. с.-х. акад. 181 с.

111. Граца Д. (2019). Precision Planting – точний висів «під ключ». Київ: ТОВ "Аграрне видавництво", Агробізнес Сьогодні. Вип. № 2 (14). С. 68-73.
112. Гречкосій В. Д., Дмитришак М. Я., Шатров Р. В., Мокрієнко В. А. (2013). Комплексна механізація буряківництва. Вінниця: Нілан. 357 с.
113. Гриненко О. А., Лебедєв С. А., Артёмов М. П. (2015). Дослідження відповідності вимогам технічного регламенту безпеки машин агрегатів ґрунтообробних виробництва ТОВ "ЛКМЗ". Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Вип. 156. С. 335-340.
114. Губко В. Р., Диденко Н. К., Финн Э. А. (1995). Использование системы машин в растениеводстве. Киев: Урожай. 280 с.
115. Гузь М., Сінько В., Марченко В. Обприскування: на що слід звернути особливу увагу. URL: www.agroexpert.ua/ru/obpriskuvanna-na-so-slid-zvernuti-osoblivu-uvagu (reference date 05.05.2017).
116. Гуревич А. М., Мухамадьяров Ф. Ф., Халтурин В. С. (1995). Математические модели деформирования почвы. Сельскохозяйственная наука Северо-Востока европейской части России. Механизация. Сборник научных трудов. Т. 4. С. 12-17.
117. Гусаренко М. П. (2019). Підвищення ефективності та екологічності роботи обприскувача. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Вип. 199 «Механізація сільськогосподарського виробництва». С. 187-191.
118. Гусарова А. Підготовка поля до сівби озимих зернових: фактори впливу. URL: <https://superagronom.com/articles/412-pidgotovka-do-sivbi-ozimih-zernovih-faktori-vplivu> (reference date 05.10.2020).
119. Демко А. А., Надточій О. В., Демко О. А. (2012). Визначення пропускну здатності молотильно-сепаруючого пристрою зернозбирального комбайна. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Вип. 121. С. 74-79.
120. Демко А., Демко О. Техніка та обладнання. Невикористані

можливості. URL: <https://propozitsiya.com/ua/nevikoristani-mozhливosti> (reference date 23.10.2014).

121. Демко О. А., Демко А. А., Руденський А. А., Лукін В. Є., Решетюк В. М. (2012). Визначення числових показників механічних втрат зерна за молотаркою зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного аграрного університету. Вип. № 170(2). С. 169-178.

122. Демко О., Демко А., Надточній О., Якимів Р. (2014). Дослідження залежності продуктивності зк від механічних втрат зерна за молотильно-сепарувальним пристроєм (МПС) комбайнів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Вип. 18(1). С. 177-185.

123. Денисенко М. І., Войтюк В. Д. (2016). Зміцнення лез ґрунтообробних робочих органів сільськогосподарських машин з утворенням ефекту самозагострювання. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Вип. № 6. С. 175-182.

124. Державна фіскальна служба України. URL: <http://sfs.gov.ua/ms/f3> (reference date 23.10.2018).

125. Деркач С. Заходи захисту рослин – це завжди компроміс, на який ми погоджуємось. URL: <https://www.syngenta.ua/news/novini-kompaniyi/zahodi-zahistu-roslin-ce-zavzhdi-kompromis-na-yakiy-mi-pogodzhuiemos> (reference date 12.08.2018).

126. Догляд за посівами кукурудзи. URL: <https://619.com.ua/node/6925> (reference date 12.10.2018).

127. Долгов С. И. (1966). Агрофизические методы исследования почв. Москва: Наука. 260 с.

128. Доценко О. Норми мінеральних добрив: агроматематика. URL: <https://propozitsiya.com/ua/normy-mineralnyh-dobryv-agromatematyka/> (reference date 15.09.2016).

129. Дрью Ф. (1976). Экология. Пер. с франц. Москва: Атомиздат. 168 с.

130. Дубровін В. О. (1997). Механіко- технологічне обґрунтування диференціації засобів механізації оранки. Дисертація доктора технічних наук: 05.20.01 – технології і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Глеваха. 420 с.

131. Еременко О. А. (2018). Агробіологічні основи формування продуктивності олійних культур (*Helianthus annuus* L., *Carthamus tinctorius* L., *Linum usitatissimum* L.) в південному степу України. Дисертації на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських науки по спеціальності: 06.01.09 – рослинництво. Мелітополь. 483 с.

132. Жалнин Э. В. (2004). Развитие учения В.П. Горячкина в области зерноуборочной техники «Техника в сельском хозяйстве». № 6. С. 23-30.

133. Жалнин Э. В., Жикинбаев М. Ш., Пьянов В. С. (2009). О переводе физических зерноуборочных комбайнов в эталонные. «Тракторы и сельхозмашины». № 6. С. 37-40.

134. Жолобов А. И., Орманджи К. С. (1983). Индустриальная технология производства кукурузы. Москва: Россельхозиздат. 316 с.

135. Заїка П. М. (2001) Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1. Ч. 1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: Око. 444 с.

136. Занько М. Особливості збирання сої. URL: <https://propozitsiya.com/ua/osoblivosti-zbirannya-soyi> (reference date 05.11.2014).

137. Зубець М. В. (2004). Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України. Київ: Аграрна наука. 884 с.

138. Зубець М. В., Ситник В. П., Круть В. О. та інші (2004). Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України. Київ: Логос. 776 с.

139. Зубко В. (2015) Оценка качества механизированных технологических операций в растениеводстве. MOTROL Commission of Motorization and energetics in Agriculture, Vol. 17. No 3. С. 259-263.

140. Зубко В. М. (2008). Аналіз хронометражних спостережень за роботою машинних агрегатів при вирощуванні та збиранні озимого ріпаку

Вісник Сумського національного аграрного університету. Вип. 1(17). С. 60-63.

141. Зубко В. М. (2009). Підвищення ефективності механізованого технологічного процесу вирощування та збирання озимого ріпаку: Автореферат дисертації кандидата технічних наук: 05.05.11 машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Харків. 22 с.

142. Зубко В. М. (2011). Обґрунтування вибору ефективного машинного агрегату для виконання механізованої технологічної операції. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Вип. 107. С. 45-54.

143. Зубко В. М. (2013). Особливості формування біологічної врожайності озимої пшениці. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Вип. 185, ч. 3. С. 328-334.

144. Зубко В. М. (2013). Технологічна та техніко-економічна оцінка машинних агрегатів при виконанні основного обробітку ґрунту. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Вип. 135. С. 32-39.

145. Зубко В. М. (2014). Аналіз етапів росту і розвитку рослини як основа для проектування комплексів машин та їх робочих органів. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Вип. 148. С. 204-208.

146. Зубко В. М. (2014). Аналіз особливостей техніко-технологічного забезпечення вирощування озимої пшениці. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Вип. 196. Ч. 2. С. 82-89.

147. Зубко В. М. (2016). Дослідження факторів впливу на рівномірність обробітку ґрунту при дискуванні. Інженерія природокористування. Вип. 1(5). С. 122-130.

148. Зубко В. М. (2017). Дослідження якості виконання посіву. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Вип. 180. С. 263-273.

149. Зубко В. М. (2019). Теоретичні основи обґрунтування показників якості виконання механізованих технологічних процесів у рослинництві. Науковий журнал «Біоресурси і природокористування». Том 12, № 1-2. С. 97-106.

150. Зубко В. М. (2020). Обґрунтування розміщення культур у структурі полів та обсягів виробництва для механізованих технологічних операцій. *Machinery&Energetics. Journal of Rural Production Research*. Vol. 11. No 2. P. 107-113.

151. Зубко В. М., Дубровіна О. В. (2013). Технологічна і техніко-економічна оцінка машинних агрегатів при проведенні догляду за посівами при вирощуванні сільськогосподарських культур. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Вип. 185. Ч. 1. С. 352-363.

152. Зубко В. М., Мельник В. І., Проценко А. М., Комісар Е. О. (2018). Техніко-технологічна ефективність начіпної сівалки для посів кукурудзи. Біоресурси і природокористування. Том 10. № 5-6. С. 229-235.

153. Зубко В. М., Мельник В. І., Соколів С. П., Шпатак Р. І. (2018). Дослідження якісних показників роботи дискової борони. Наукові доповіді НУБіП України. № 6(76). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.06.029>. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.06.029>

154. Зубко В. М., Саєнко А. В. (2018). Вдосконалення методики визначення техніко-економічних показників агрегатів. Вісник Сумського національного аграрного університету. Вип. 6(33). С. 59-60.

155. Зубко В. М., Сіренко В. Ф., Кузіна Т. В. (2016). Аналіз конструкції сошників посівних машин. Інженерія природокористування. Вип. 1(5). С. 98-102.

156. Зубко В. М., Соколів С. П. (2017). Дослідження показників точності посіву кукурудзи на зерно пневмотичними сівалками. Вісник Сумського національного аграрного університету. Вип. 10(32). С. 50-54.

157. Зубко В. М., Соколік С. П. (2019). Фактори, що впливають на глибину обробітку ґрунту дисковими боронами. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». Вип. 1-2 (35-36). С. 48-52.

158. Зубко В., Онычко В., Хворост Т., Чуба В. (2013). Методика технологической и технико-экономической оценки машинных агрегатов при проведении предпосевной обработки почвы и посева озимой пшеницы. MOTROL Commission of Motorization and energetics in Agriculture, Vol. 15. No. 3. Lublin-Rzeszow. С. 150-156.

159. Зубко В., Онычко В., Чуба В. (2013). Методика технологической и технико-экономической оценки машинных агрегатов при проведении предпосевной обработки почвы и посева озимой пшеницы. Motrol. Commission of Motorization and energetic in Agriculture. Lublin-Rzeszow. Vol. 15. No. 3. С. 150-156.

160. Иодко Л. Н. (1990). Преимущество безотвальной обработки пара неоспоримо. Земледелие. № 1. С. 63-64.

161. Ільченко В. Ю., Калініна Л. Ф., Піддубник В. Я. (1986). Управління якістю механізованих робіт в рослинництві. Київ: Урожай. 65 с.

162. Ільченко В. Ю., Карасьов П. І., Лімонт А. С. (1993). Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. За редакцією Ільченка В.Ю. Київ: Урожай. 288 с.

163. Кабанець В. М., Собко М. Г., Музика Л. П., Мурач О. М., Медвідь С. І. (2020). Кукурудза: технології, нюанси, рекомендації фахівців: Науково-практичні рекомендації. Сад: Інститут сільського господарства Північного Сходу. 48 с.

164. Кабанець В. М., Собко М. Г., Музика Л. П., Мурач О.М., Іванісова О. Д. (2019). Кукурудза: технологічні аспекти вирощування в умовах північносхідного Лісостепу України. Сад: Інститут сільського господарства Північного Сходу. 40 с.

165. Каліні Є. І., Шуляк М. Л., Мальцев В. П. (2016). Вплив

нестационарності гакового навантаження на буксування рушіїв колісного трактора. Системи обробки інформації. Вип. 5. С. 27-30.

166. Камінський В. Ф., Сайко В. Ф., Шевченко І. П. (2012). Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур. Київ: Едельвейс. 196 с.

167. Канарёв Ф. М. (1983). Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. Москва: Машиностроение. 142 с.

168. Картопля продовольча. Технологія вирощування. Основні положення: ДСТУ 4506:2005. [Чинний від 2006.10.01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 19 с. (Національний стандарт України).

169. Качинский Н. А. (1965). Физика почвы. Москва: Высшая школа. 323 с.

170. Каюмов М. К. (1986). Программирование урожаев. Москва: Моск. рабочий. 182 с.

171. Каюмов М. К. (1989). Программирование урожаев с.-х. культур. Москва: Агропромиздат. 320 с.

172. Каюмов М. К. (1997). Справочник по программированию урожаев. Москва: Россельхозиздат. 188 с.

173. Кириченко В. А., Никитин С. П., Бакум Н. В., Морозов И. В., Трофимченко Ю. И. А.с. 1806513 СССР, МКИ А 01 С 7/20 / (СССР). Сошник. № 4907694/15; заявл. 04.02.91; опубл. 07.04.93, Бюл. № 13.

174. Кирпа М. Особливості збирання та обробки зернових колосових. URL: <http://propozitsiya.com/ua/osoblivosti-zbirannya-ta-obrobki-zernovih-kolosovih>_(reference date 13.10.2014).

175. Кирпа М. Я. (2014). Особливості збирання та зберігання зерна пізньостиглих культур у 2014 році. Хранение и переработка зерна. № 8(185). С. 30-34.

176. Кістечок О. Д. (2016). Показники роботи орного машино-тракторного агрегату, утвореного за схемою «push-pull». Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 46. С. 146-

154.

177. Кленин Н. И. (1977). Исследование вымолота и сепарации зерна: Автореферат диссертации доктора технических наук: 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства. Москва. 32 с.

178. Климишена Р. І. (2013). Параметри посівів озимого ячменю за кількістю рослин залежно від впливу факторів технології. Новітні агротехнології. Вип. 1. С. 37-43.

179. Коваль Г. В. (2019). Рівень інтенсивності зяблевого обробітку ґрунту та фітосанітарний стан посівів короткоротаційної сівозміни правобережного лісостепу України: дисертація кандидата сільськогосподарських наук: 06.01.01 – загальне землеробство. Умань. 224 с.

180. Ковда В. А. (1985). Биогеохимия почвенного покрова. Москва: Наука. 264 с.

181. Ковтун Ю. И. (1988). Инженерная агрономия. Киев: Урожай. 152 с.

182. Ковтун Ю. І. (2007). Система якості "поле-машина" з основами агрокваліметрії. Харків: ПНВП "Промпроект". 140 с.

183. Ковтун Ю. І., Мазоренко, Д. І., Пастухов, В. І. (2000). Агрокваліметрія. Харків: РВП Оригінал. 312 с.

184. Козаченко О. В. (2006). Ресурсозбереження в сільськогосподарських агрегатах при виконанні технологічних операцій у рослинництві: Автореферат дисертації доктора технічних наук: 05.05.11 машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Харків. 40 с.

185. Коренев Г. В., Тарасенко А. П. (1983). Прогрессивные способы уборки и борьба с потерями урожая. Москва: Колос. 175 с.

186. Корниенко А. В., Парфенов А. М. (2001). Максимально использовать почвенный и биоклиматический потенциал. Сахарная свекла. № 9. С. 5-7.

187. Корнійчук О. В., Венедіктов О. М., Земляний О. І. (2013).

Агроекологічні аспекти адаптивного землеробства правобережного Лісостепу України. Посібник українського хлібороба. Адаптивне землеробство. Київ: ТОВ «АКАДЕМПРЕС». Т.1. С. 100-103.

188. Кочев В. І., Кушнарьов А. С., Роговий В. Д. (1985). Довідник по регулюванню сільськогосподарських машин. Київ: Урожай. 312 с.

189. Кравчук В. І. (2004). Адаптація сільськогосподарських машин в системах керованих технологій землеробства: Дисертація доктора технічних наук: 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Київ. 539 с.

190. Кравчук В. І., Войтюк Д. Г. (2010). Машини для хімічного захисту рослин; за ред. В. І. Кравчука, Д.Г. Войтюка. Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. С. 184.

191. Кравчук В. І., Погорілий В. В., Шустік Л. П. (2008). Науково-технічна експертиза техніко-технологічних рішень систем обробітку ґрунту. Київ: Фенікс. 50 с.

192. Кравчук В., Погорілий В., Шустік Л. (2008). Результати експертизи техніко-технологічних рішень систем основного обробітку ґрунту в технологіях вирощування основних сільськогосподарських культур. Техніка АПК. №2. С. 15-21.

193. Кравчук В., Хайліс Г., Шевчук В. (2011). О качении дисков игольчатой бороны при перемещении по поверхности почвы. Техніка і технологія АПК. № 10. С. 23-25.

194. Криков А. М. (1982). Типичная имитационная модель производственных линий. Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 3. С. 43-46.

195. Криков А. М. (1989). Проектирование транспортно-технологических систем для механизированных процессов в растениеводстве с использованием имитационного моделирования: Автореферат диссертации доктора технических наук: 05.20.03 – технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве. Новосибирск. 37 с.

196. Криков А. М., Курчеева Г. И. (1983). Статистическое моделирование хода работ по уборке зерновых. Научно–технический бюллетень ВАСХНИЛ. С. 16-18.
197. Кудриницький Р. Б., Грицишин М. І., Панюра Я. Й. Технікообоснование параметров технического обеспечения производства продукции растениеводства. Інженерія машинних систем та управління проектами. №4(24). URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/mesg_2016_4_24.pdf (reference date 05.12.2020).
198. Кукурудза на Поліссі та Лісостепу УРСР: наукові праці. Т. XII. Видавництво Української академії с.-г. наук. Київ, 1962. 153 с.
199. Кутьков Г. М. (1980). Тяговая динамика трактора. Москва: Машиностроение. 216 с.
200. Кутьков Г. М. (1999). Технологические основы мобильных энергетических средств. Москва: Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина. 152 с.
201. Кутьков Г. М. (2004). Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. Москва: Колос. 504 с.
202. Кутьков Г. М. (2014). Тракторы и автомобили. Москва: ИНФРА-М. 504 с.
203. Кутьков, Г. М. (1980) Тяговая динамика тракторов. Москва: Машиностроение. 216 с.
204. Кушнарєв А. С. (1998). Обоснование энергосберегающего технологического процесса обработки почвы и параметров упругих рабочих органов для условий южной степной зоны Украины : дисертація кандидата технических наук: 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. Глеваха. 194 с.
205. Кушнарєв А. С. (1981). Механико-технологические основы процесса воздействия рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий на почву: Автореферат диссертации доктора технических наук: 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Челябинск. 50 с.

206. Ламан Н. А. (1985). Формирование высокопродуктивных посевов зерновых культур. Минск: Наука и техника. 55 с.

207. Ламан Н. А. (1996). Экологическая обоснованность управления продуктивными процессами в агрофитоценозах. Экология № 1. С. 10-16.

208. Ламан Н. А., Стасенко Н. Н., Каллер С. А. (1984). Биологический потенциал ячменя: Устойчивость к полеганию и продуктивность. Минск: Наука и техника. 216 с.

209. Ларіонова Н. (2018). Дискові борони: «кроманьйонці» польових робіт. URL: <https://www.traktorist.ua/articles/409-diskovi-boroni-kromanyontsi-polovih-robit> (reference date 21.07.2018).

210. Лебедев А. Т., Шуляк М. Л., Шевченко І. О. (2017). Основні тенденції розвитку трансмісій колісних тракторів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів № 8. С. 107-113.

211. Лебедев А. Т., Калінін Є. І., Шуляк М. Л. (2015). Опір перекочування колеса, що працює з буксуванням. Сільськогосподарські машини. Вип. 32. С. 109-115.

212. Лебедев А. Т., Шуляк М. Л. (2017). Оцінка функціональної точності тракторів на транспортних роботах. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Вип. 180. С. 206-212.

213. Леженкин А. Н. (2008). Методология формирования энерго- и ресурсосберегающей технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств (на примере Украины): автореферат диссертации доктора технических наук: 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства. Москва. 34 с.

214. Леженкін О. М., Булгаков В. М., Калетник Г. М., Гриник І. В. (2010). Динаміка зернозбиральних агрегатів: монографія. Київ: Аграрна наука. 265 с.

215. Летошнев М. Н. (1955). Сельскохозяйственные машины. [3-е

изд.перераб. и доп.]. Москва-Ленинград: Сельхозгиз. 764 с.

216. Литвиненко М. Фактори впливу на виробництво озимої пшениці в Україні. URL: <https://propozitsiya.com/ua/factory-vliyaniya-na-proizvodstvo-ozimoy-pshenicy-v-ukraine> (reference date 05.08.2018).

217. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. (2006). Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ "Українські технології". 730 с.

218. Лінник М. К., Вольський В. А., Коцюбанський Р. В. (2019) Системний підхід до обґрунтування технологічної схеми та структури комбінованої машини для обробітку кукурудзяної стерні. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Вип. 4. С. 99-105.

219. Лісовий І. О., Бойко А. І., Свірень М. О., Пушка О. С. (2015). Прямі сівба та обґрунтування параметрів сошника. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Вип. 3. С. 177-190.

220. Лурье А. Б. (1981). Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. Москва: Колос. 380 с.

221. Любимцев А. Г. (1988). Совершенствование комплектования и разработка рекомендаций по использованию машино-тракторного парка на базе информационно-вычислительной системы: Автореферат диссертации кандидата техн. наук: 05.20.03 – технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве. Новосибирск. 21 с.

222. Любимцев А. Г., Захаров О. Н. (1977). Автоматизация проектирования комплексной механизации сельскохозяйственных предприятий и планирования использования машино-тракторного парка. Научные труды ВАСХНИЛ. Сибирское отделение. Механизация сельскохозяйственного производства в условиях Сибири Вип. 13. С. 91-94.

223. Макаренко М. Корисний кругообіг соломи. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1065-korysnyi-kruhoobih-solomy.html> (reference date 21.02.2016).

224. Макаренко М. Корисний кругообіг соломи. URL: <http://agro->

business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1065-korysnyi-kruhoobih-solomy.html (reference date 21.02.2016).

225. Макаренко М. Яким комбайном збирати зерно? URL: <http://www.agro-business.com.ua/mekhanizatsiia-apk/2309-iakym-kombainom-zbyraty-zerno.html> (reference date 21.12.2018).

226. Маковецкий О. А. (1998). Проблема переоснащення сільського господарства України новітньою технікою. Техніка АПК. Науково-технічний журнал. № 3. с. 9-11.

227. Маренич М. М., Веревська О. В., Шкурко В. С. (2011). Прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Полтава: «СІМОН». 115 с.

228. Марковська О.Є. (2018). Наукове обґрунтування агроекологічних та технологічних заходів у сівоzmінах на зрошуваних землях південного степу України. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук по спеціальності 06.01.02 – сільськогосподарські меліорації. Херсон. 422 с.

229. Мартов П. С. (1972). Дисковые почвообрабатывающие орудия. Воронеж: Издательство ВГУ. 182 с.

230. Марченко В. В. (2005). Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник. За редакцією Марченка В. В. К.: Кондор. 334 с.

231. Марчук І. (2002). Залежність продуктивності сільгоспкультур від різних факторів. Пропозиція. № 3. С. 62-63.

232. Маслов Г. Г. (2009). Методика комплексной оценки эффективности сравниваемых машин. Тракторы и сельхозмашины. № 10. с. 31-33.

233. Маслов Г. Г., Плешаков В. Н. (2000). К вопросу определения рационального распределения объемов механизированных работ между агрегатами с помощью метода геометрического программирования. Энерго- и ресурсосбережение производственных процессов АПК. Юбилейный сборник научных трудов КубГАУ. Вып. 382/410. С. 14-16.

234. Маслов Г. Г., Плешаков В. Н. (2001). Определение экономической эффективности новой техники динамическим программированием. Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 1. С. 14-16.

235. Махмудов И. И. (1991). Оптимизация комплексов машин для интенсивных технологий возделывания пропашных культур на орошаемых землях: Автореферат диссертации кандидата технических наук: 05.20.03 – технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве. Киев. 17 с.

236. Медведев В. В. (1988). Оптимизация агрофизических свойств черноземов. Москва: Агропромиздат. 217 с.

237. Медведев В. В., Лактионова Т. Н. (2011). Гранулометрический состав почв Украины (генетический, экологический и агрономический аспекты). Харьков: Апостроф. 292 с.

238. Медведев В. В. (2008). Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). Харьков: Городская типография. 406 с.

239. Медведев В. В. (2010). Нульовий обробіток ґрунту а Європейських країнах. Харків. 200 с.

240. Медведев В. В. (2004). Плотность сложения почв. Харьков. 243 с.

241. Медведев В. В., Лактионова Т. Н. (2007). Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины. Харьков: Изд. "13 типография". 395 с.

242. Медведєв В. В., Линдіна Т. Є., Птащенко А. В., Шейко С. М., Гордієнко В. П., Грабак Н. Х., Стрельченко В. П., Ворона Л. І., Глущенко Л. Д., Черячукін М. І., Письменний А. Г., Лаврик О. М. (2004). Мінімалізація обробітку ґрунтів України: Рекомендації. Харків : «Друкарня № 13». 47 с.

243. Мельник А. В., Степаненко Д. М. (2000). Вплив азотного живлення на кондитерські властивості соняшнику. Вісник Сумського державного аграрного університету. Вип. 4. С. 116-121.

244. Мельник И. И. (1986). Обоснование комплексов машин для

растениеводства в рациональной структуре машино-тракторного парка (на примере Лесостепи УССР): Автореферат диссертации кандидата технических наук: 05.20.03 – технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве. Киев. 18 с.

245. Мельник І. І., Гречкосій В. Д., Марченко В. В. (2004). Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу : навчальний посібник. Київ: ВВЦ НАУ. 151с.

246. Мельник І. І., Зубко В. М., Довжик М. Я. (2012). Вирощування озимого ріпаку: шляхи підвищення ефективності використання комплексів машин. Суми: ТОВ «Друкарський дім «Папірус»». 156 с.

247. Мельник І. І., Зубко В. М., Хворост Т. В. (2015). Інформаційна технологія оцінки роботи машинних агрегатів. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. Вип. 156. С. 222-230.

248. Мельник І. І., Марченко В. В., Михайлович Я. М. (2001). Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу. Київ: НАУ. 120 с.

249. Мельник І. І., Сапсай В. І., Барабаш Г. І., Зубко В. М. (2010). Математична модель обґрунтування кількості агрегатів для виконання механізованих робіт. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Т. 9. Вип. 10. С. 125-129.

250. Мельник І. І., Сапсай В. І., Барабаш Г. І., Зубко В. М. (2011). Математична модель визначення оптимального складу агрегатів у рослинництві. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 41. Ч. 1. С. 272-278.

251. Мельник І. І., Сапсай В. І., Зубко В. М. (2010). Оптимізація параметрів роботи машинних агрегатів при виконанні польових робіт. Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa motorizatiom and power industry in agriculture. Т. 12. Р. 109-114.

252. Мельник І. І., Тивоненко І. Г., Фришев С. Г. (2007). Інженерний менеджмент. Навчальний посібник. Вінниця: Нова книга. 536 с.

253. Мироненко В. Г. (2006). Науково-технічні основи розробки засобів механізації з керованою якістю виконання технологічних процесів у рослинництві: Автореферат дисертації доктора технічних наук: 05.05.11 машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Київ. 40 с.

254. Модельный ряд техники Лемкен. URL: http://lemken.com.ua/tpl/icons/proizv_prog.pdf (reference date 05.12.2020).

255. Мойсеєнко В. К., Адамчук В. В. Патент на винахід № 54049 Україна, МПК А01С 21/00, А01С 17/00. Спосіб внесення мінеральних добрив в системі точного землеробства і машина для його здійснення; заявник та власник Національний науковий центр «Інститут механізації та електрофікації сільськогосподарства УААН; № 2002043505; заявлено 26.04.2002; опубліковано 17.02.2003; Бюл. № 2.

256. Морква свіжа. Технічні умови: ДСТУ 7035:2009. [Чинний від 2010.01.01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 15 с. (Національний стандарт України).

257. Морозов І. В. (2003). Технологічні і технічні основи удосконалення конструкцій сошників зернових сівалок: Автореферат дисертації доктора технічних наук: 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Тернопіль. 40 с.

258. Морозов І. В., Макаренко М., Макаренко О. (2018). Тенденції розвитку сівалок. Агробізнес сьогодні. № 10. С. 100-102.

259. Муха В. Д., Пелипец В. А. (1988). Программирование урожаев основных с.-х. культур. Киев: Вища школа. Главное издательство. 222 с.

260. Мухамадьяров Ф. Ф. (1997). Экологические аспекты взаимодействия двигателя с почвой. Wykorzystanie energii odnawialnej w Polnjectiwie. Miedzynarodowa konferencja naukowo-techniczna. Warszawa. С. 94-100.

261. Мухамадьяров Ф. Ф. (2000). Совершенствование методов

оптимизации производства растениеводства по основным критериям эффективности технологических процессов: Автореферат диссертации доктора технических наук: 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства. Санкт-Петербург-Пушкин. 39 с.

262. Надикто В. (2009). Ще раз про till та no-till. Пропозиція. № 5. С. 96-98.

263. Надикто В. Т., Чорна Т. С. (2009). Частотно-дисперсійний показник оцінки непрямолінійності рядів просапних культур. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Т. 2. Вип. 9. С. 49-55.

264. Налаштування та калібрування обприскувачів. URL: <https://www.syngenta.ua/nalashtuvannya-ta-kalibruvannya-obpriskuvachiv> (reference date 21.12.2020).

265. Несмиян А. Ю., Щиров В В, Олдырев С. М. (2019) Оценка влияния неконструктивных факторов на удельное сопротивление легкоглинистых черноземов при чизелевании. Вестник аграрной науки Дона. Вып. №2(46) С. 11-15.

266. Ніколаєнко С. М., Булгаков В. М., Войтюк Д. Г., Адамчук В. В., Тіщенко Л. М. (2015). Академік Василенко Петро Мефодійович – корифей землеробської механіки в Україні: монографія. Київ: Аграрна наука. 264 с.

267. Нінуа О. (2017). Монокультура кукурудзи vs екологія. Agroexpert. № 6. С.22-25.

268. Новиков В. С. (2019). Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин: монография. Москва: ИНФРА-М. 155 с.

269. Новиков Ю. В. (1998). Экология, окружающей среды и человек. Москва: ГРАНД: Агентство "ФАИР". 320 с.

270. Оверченко Б. (2000). Озимому ріпаку стабільні та високі врожаї. Пропозиція. №7. С. 42-44.

271. Олексійченко Н. О., Китаєв О. І., Совакова М. О., Соваков О. В., Борщевський М. О. (2012). Особливості індукції флуоресценції хлорофілу в

листяках деревних рослин в умовах урбанізованого середовища. Біоресурси і природокористування. № 5-6. С. 107-112.

272. Орловский Н. И. (1961). Основы биологии сахарной свеклы. Киев: Госиздат с-х л-ры Украинской ССР. 323 с.

273. Орлюк А. П., Жужа О. Д., Усик Л. О. (2003). Теоретичні і практичні аспекти насінництва зернових культур. Херсон. 170 с.

274. Орманджи К. С. (1976). Оценка качества механизированных работ в полеводстве. Москва: Россельхозиздат. 110 с.

275. Орманджи К. С. (1991). Контроль качества полевых работ. Справочник. Москва: Росагропромиздат. 191 с.

276. Орманджи К. С., Барабаш Г. И. (1983). Операционная технология уборки колосовых культур. Москва: Россельхозиздат. 270 с.

277. Орманджи К. С., Соловей Ф. М. (1986). Правила производства механизированных работ под пропашные культуры. Москва: Россельхозиздат. 303 с.

278. Панов И. М., Ветохин В. И. (2008). Физические основы механики почв. Киев: Феникс. 266 с.

279. Парахин Н. В., Амелин А. В., Потаракин С. В., Петрова С. Н. (2007). Оптимизация структуры посевных площадей как фактор повышения устойчивости и эффективности растениеводства. Вестник Орловского государственного аграрного университета. № 3. С. 2-8.

280. Парієв А. О., Воронін Л. С., Коротченко Т. М. (2012). Технологічне обґрунтування використання кормороздавача-змішувача для подрібнення соломи на підстилку для великої рогатої худоби. Збірник наукових праць ІМТ НААН «Механізація, екологізація та консервація біосировини у тваринництві». Вип. 2(10). С. 160-164.

281. Пастухов В. І. (2001). Якість роботи сільгоспмашин і біопотенціал сільгоспкультур. Науково-технічний журнал "Техніка АПК". № 5–6. С. 545-546.

282. Пастухов В. І. (2002). Якість механізованих технологічних операцій

і біопотенціал польових культур: Наукові рекомендації для працівників механізованого рослинництва. Харків: Ранок. 124 с.

283. Пастухов В. І. (2004). Результати імітаційного моделювання функціонування сільськогосподарських агрегатів: Збірник наукових праць Вінницького ДАУ. № 19.С. 224-234.

284. Пастухов В. І. (2006). Обґрунтування оптимальних комплексів машинних агрегатів для механізації польових робіт. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук по спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Харків. 419 с.

285. Пастухов В. І., Зубко В. М. (2020). Дослідження зміни властивостей ґрунту і рослин у різні періоди виробничого процесу. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Вип. 1(105). С. 94-101.

286. Пащенко В. Ф. (2005). Механіко-технологічні засоби еколого-економічного удосконалення процесів обробітку ґрунту: Автореферат дисертації доктора технічних наук: 05.05.11 машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Харків. 37 с.

287. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. (2009). Адаптивні і ресурсозберігаючі технології вирощування гібридів кукурудзи: монографія. Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС. 224 с.

288. Пермигин М. Ф., Кириченко В. Е., Белов Б. М., Тарабановская И.А. (2005). Компьютерная проработка вариантов агрегатирования сельскохозяйственной техники. Методическое пособие. Луганск: ЛНАУ. 172 с.

289. Петриченко В. Ф. (2013). Стратегічні напрями розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року: (доповідь). Стратегія розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 р.: збірник матеріалів Чотирнадцятих річних зборів Всеукраїнського конгресу вчених економістів-аграрників, Київ, 16-17 жовт. 2012 р. ННЦ «Ін-т аграр. економіки». Київ. С. 19-29.

290. Петриченко Є. А. (2017). Обґрунтування схеми та параметрів комбінованогоудобрювально-посівного машинно-тракторного агрегату.

Дисертація кандидата технічних наук: 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Вінниця. 176 с.

291. Плешаков В. Н. (2001). Обоснование технического уровня и направлений развития сельскохозяйственной техники: Автореферат диссертации доктора технических наук: 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства. Краснодар. 47 с.

292. Плотномер ґрунтів Spoton фірми Innoquest, США. URL: http://www.pribor-ug.ru/goods/127715520-plotnomer_gruntov_spton_firmy_innoquest_iz_ssha (reference date 05.09.2020).

293. Погорілий В., Шустік Л., Маринін С., Громадська В. (2016). Результати випробувань плуга ПСКУ-5. Техніка і технології АПК. Дослідницьке. № 5(80). С. 21-25.

294. Подригало М. А., Гецович Є. М., Артьомов М. П., Холодов М. П. (2019). Дослідження буксування ведучих коліс трактора при русі по деформовуваній опорній поверхні. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». Вип. 3 (37). с. 9-12.

295. Пожидаєв С. П. (1980). До питання про вибір показника для оцінки на прямолінійності рядків просапних культур. Вісник сільськогосподарської науки. № 11. С. 61-64.

296. Пономаренко С. (1997). Біостимулятори росту. Як зменшити пестицидний стрес на поля. Захист рослин. № 1. С. 4-5.

297. Правила производства механизированных работ под пропашные культуры. (Пособие для бригадиров и звеньевых). Из. 2-е перераб. и доп. Москва: Россельхозиздат, 1986. 303 с.

298. Пронин А. Ф. (1968). Удельное сопротивление плугов и научные основы, определяющие структуру парка почвообрабатывающих машин. Автореферат диссертации доктора технических наук. Москва. 36 с.

299. Протопіш І. Г. (2016). Формування врожаю та якості зерна пшениці озимої залежно від строків сівби, попередників та сорту в умовах

лісостепу правобережного. Дисертація кандидата с.-г. наук: 06.01.09 – рослинництво. Вінниця. 226 с.

300. Пшениця. технічні умови: ДСТУ 3768:2004. [Чинний від 2004.05.28]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 15 с. (Національний стандарт України).

301. Ребров О.Ю., Кальченко Б.І., Шевцов В.М., Якунін М.Є., Чепкий К.С. (2020). Аналіз основних параметрів сучасних сільськогосподарських тракторів провідних світових виробників. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. № 1 (2020). С. 10-15.

302. Ревенко І. І., Погорілець О. М., Гречкосій В. Д. (1991). Довідник сільського інженера. Київ: Урожай. 400 с.

303. Рибак Т. І. (1986). Підвищення надійності машин для хімічного захисту у рослинництві. Київ: Урожай. 103 с.

304. Ріпка І. І., Семен Я. В., Крупич О. М., Бендера І. М., Рудь А. В. (2013). Основи механізації сільськогосподарського виробництва. Навчальний посібник. Львів: ЛНАУ. 224 с.

305. Рожков А. О., Дьяконов С. О., Пахучий А. М. (2015). Зниження травмування зерна при збиранні обчісувальною жаткою. Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання». Харків. Вип. 2. С. 165-170.

306. Рослинництво України 2016. (2016). Статистичний збірник. Київ. 166 с.

307. Рудік О. Л. (2018). Динаміка розвитку та продуктивність льону олійного залежно від умов зволоження, удобрення, ширини міжрядь та норм висіву на півдні України. Київ. аукові доповіді НУБіП України. № 5 (75). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.05.015> DOI <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.05.015>. (reference date 02.01.2019).

308. Рыбак Т. И. (1986). Методы оценки несущей способности и долговечности машин для химзащиты в растениеводстве: Автореферат

диссертации доктора технических наук: 05.20.04. Ростов-на-Дону. 43 с.

309. Саакян Д. Н. (1973). Контроль качества механизированных работ в полеводстве. Москва: Колос. 276 с.

310. Саакян Д. Н. (1988). Система показателей комплексной оценки мобильных машин. Москва: ВО Агропромиздат. 267 с.

311. Саблука П. Т. (1999). Реформування та розвиток підприємств агропромислового виробництва. Посібник у запитаннях і відповідях. Київ: ІАЕ. 349 с.

312. Садова І., Плішко С. Заборона гліфосату у Європі: чого чекати Україні. [електронний ресурс] <https://agroportal.ua/ua/news/ukraina/v-evrope-predlagayut-zapretit-glifosat-ukraine-eto-poka-ne-grozit/> (reference date 29.11.2017).

313. Сайко В. Ф., Малієнко А. М., Коломієць М. В. (1987). Довідник по визначенню якості польових робіт. Київ: Урожай. 120 с.

314. Сало В. М. (2008). Науково-технологічні основи обґрунтування складу та параметрів комбінованих ґрунтообробних знарядь: Автореферат дисертації доктора технічних наук: 05.05.11 машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Тернополь. 38 с.

315. Свірень М. О. (2012). Науково-технологічні основи підвищення ефективності роботи висівних апаратів посівних машин: Автореферат дисертації доктора технічних наук: 05.05.11 машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Кіровоград. 36 с.

316. Семенов А. Н. (1959). Зерновые сеялки. Москва, Киев: Южное отделение Машгиз. 318 с.

317. Семькин В. А. (2003). Совершенствование технологии и средств механизации производства сахарной свеклы в ЦЧР на агроэкологической основе. диссертация доктора сельскохозяйственных наук. 05.20.01. Курск. 42 с.

318. Сербій В. К. (2011). Підвищення ефективності функціонування машинно-тракторних агрегатів з розробкою геоінформаційних моделей полів: Автореферат дисертації кандидата технічних наук: 05.05.11 машини і засоби

механізації сільськогосподарського виробництва. Харків. 20 с.

319. Сидорчук О. В., Тригуб А. М., Шолудько П. В. (2011). Взаємозв'язки між подіями та роботами у проектах механізованого захисту рослин обприскуванням. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. № 1/5 (49). С. 26-29.

320. Сидорчук О., Панюра Я., Ціп Є. (1997). Чинники аграрного виробництва. Оптимізація та енергоресурсозабезпечення сільського господарства: Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції Інститут механізації та електрифікації сільського господарства. Глеваха: ІМЕСГ. С.25.

321. Сидорчук О., Тимочко В., Ціп Є. (2001). Імітаційна модель роботи зернозбирального комбайна продовж сезону. Вісник Львівського державного аграрного університету. Агроінженерні дослідження. Львівський ДАУ. С. 17-26.

322. Синеоков Г. Н. (1987). Теория и расчет почвообрабатывающих машин. Москва: Машиностроение. 328 с.

323. Сисоліна І. П. (2013). Напрями удосконалення молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів. Аграрний вісник Причорномор'я. Одеса. Вип. 67. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/avpt_2013_67_22.pdf (reference date 15.15.2016).

324. Скидан Ю. Ф. (1982). Математическая модель выбора технологических средств возделывания сельскохозяйственных культур. Труды БСХА. С. 72-76.

325. Скидан Ю. Ф. (1989). Моделирование технологических систем возделывания сельскохозяйственных культур: Автореферат диссертации доктора технических наук: 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства. Новосибирск. 39 с.

326. Скільки води потрібно, щоб зерно проросло. URL:

<https://growex.ua/ua/blog/skilki-vodi-potribno-shhob-zerno-proroslo> (reference date 05.12.2020).

327. Скороходов А. Н. (1979). К методике оптимизации организационных форм использования техники. Сборник научных трудов Т. 16. Вып. 3. Москва: МИИСП. С.72-76.

328. Скороходов А. Н. (1981). К методике оптимизации структуры механизированного отряда. Сборник научных трудов Т. 19. Москва: МИИСП. С. 76-79.

329. Скороходов А. Н. (1986). Оптимальная организация использования техники в отрядах и комплексах. Москва: МИИСП. 88 с.

330. Скороходов А. Н. (1997). Обоснование методов повышения эффективности использования технологических комплексов в растениеводстве: Автореферат диссертации доктора технических наук: 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства. Москва. 37 с.

331. Собко М. Г., Полежай О. Г., Мельник А. В. (2009). Роль агроприйомів вирощування ярого ріпаку. Науково-технічний бюлетень ІОК УААН. Запоріжжя. Вип. 14. С. 218-225.

332. Сохт К. А., Трубилин Е. И., Коновалов В. И. (2014). Дисковые бороны и луцильники Проектирование технологических параметров. Краснодар: Типография Кубанского государственного аграрного университета, 164 с.

333. Сторчак Н. (2002). Позакореневе підживлення рослин вуглемонійними солями. Пропозиція. № 4. С. 78-79.

334. Строна И. Г. (1966). Общее семеноведение полевых культур. Москва: Колос. С.

335. Сучасні технології. Карданні передачі. URL: <http://st-agro.com/%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B8/> (reference date 05.12.2020).

336. Сучасні технології. Карданне передачі. URL: <http://st-agro.com/%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B8/> (reference date 05.12.2019).

337. Тараріко Ю. О. (2008). Вплив агротехнологічних і агрометеорологічних факторів на продуктивність агроєкосистем. Вісник аграрної науки. 2008. № 5. С. 64-67.

338. Тарасенко А. П., Солнцев, О. Н., Гребнев, В. П. (2004). Механизация и электрификация с/х производства. Москва: Колос. 552 с.

339. Татарчук В. Пора змінювати підходи до сівби ярих зернових. URL: <https://propozitsiya.com/ua/pora-menyat-tehnologiyu-poseva-zernovyh-kultur> (reference date 17.05.2018).

340. Тимошенко Г. З., Коваленко А. М., Новохижній М. В., Шепель А. В. (2015). Вплив щільності складення ґрунту на урожайність сільськогосподарських культур за різних систем обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах. Зрошуване землеробство: між від. тем. наук. зб. Херсон: Вип. 66. С. 82-85.

341. Ткаченко Д. (2013). Експлуатація техніки з колісними рушіями. Пропозиція. № 8. С. 130-133.

342. Токмань Ю. (2020). Продажі тракторів в Україні та ЄС. Аналітика за 2018/2019 pp. URL: <https://traktorist.ua/articles/prodazhi-traktoriv-v-ukrayini-ta-ies-analitika-za-2018-2019-rr> (reference date 05.04.2020).

343. Томашук О. В. (2019). Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від агротехнічних прийомів вирощування в умовах лісостепу правобережного. Дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських науки по спеціальності 06.01.09 – рослинництво. Вінниця. 184 с.

344. Тополя П. А., Поляшенко С. О. (2019). Проект модернізації вивантажувального транспортера коренезбиральної машини з метою поліпшення якості цукрових буряків. Матеріали Міжнародної науково-

практичної конференції «Інноваційні розробки в аграрній сфері» Том 1. Харків: ХНТУСГ. С. 67.

345. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого (2016). Продуктивність та витрати палива. Агрегат ґрунтообробний комбінований ЗЕВС-6HD. URL: <http://www.ndipvt.com.ua/oldsite/doc/Zevs%206%20Fuel.pdf> (reference date 06.10.2017).

346. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Функціональні випробування борони дискової причіпної Паллада-3200-01:показники якості виконання технологічного процесу, енергетичні показники. URL: <http://www.ndipvt.com.ua/oldsite/doc/Pallada.pdf> (reference date 06.02.2016).

347. Финн Э. А. (1985). Обоснование состава машино-тракторного парка в хозяйстве. Москва: Агропромиздат. 160 с.

348. Финн Э. А. (1989). Оптимизация эксплуатационных систем сельскохозяйственной техники: Автореферат диссертации доктора технических наук: 05.20.03, 05.13.06. Новосибирск. 40 с.

349. Финн Э. А., Варшавский М. Л., Черватюк И. Е. (1989). Комплектование машино-тракторного парка колхозов и совхозов. Киев: Урожай. 176 с.

350. Финн Э. А., Радчик И. А., Махмудов И. И. (1991). Методы обоснования оптимального типажа машин и прогнозирования потребности в технике для индивидуальных крестьянских хозяйств. Цели и мотивации социально-экономического и научно-технического развития: Тезы докладов Всесоюзного научного семинара. Загорск. С. 102-103.

351. Фізичні властивості ґрунту. URL: https://collectedpapers.com.ua/soil_science/fizichni-vlastivosti-gruntu (reference date 05.12.2020).

352. Флегантов Л. О., Овсієнко Ю. І. (2019). Оптимізація кількісного складу збирально-транспортного комплексу сільськогосподарських машин засобами Excel. Харківський Національний технічний університет сільського господарства. Вип. № 199. С. 366-379.

353. Фолькман Е. Н. (1983). Кукуруза на корм. Производство и использование. Москва: Колос. 343 с.

354. Франс Дж., Торнли Дж. Х. М. (1987). Математические модели в сельском хозяйстве. Москва: Агропромиздат. 400 с.

355. Функция NDVI. ArcGIS Pro 2.7. URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/help/data/imagery/ndvi-function.html> (reference date 01.12.2020).

356. Хайлис Г., Ковалев Н., Талах Л., Шевчук В. (2014). О прокалывании почвы иглами игольчатой бороны. Достижения науки и техники АПК. № 1. С. 60-62.

357. Хайлис Г., Ковалев Н., Толстушко Н., Шевчук В. (2014). Анализ работы игл игольчатой бороны при их качении по почве. Тракторы и сельхозмашины. № 5. С. 25-29.

358. Хайлис Г., Шевчук В., Толстушко Н. (2012). К расчету сил, действующих на иглы игольчатой бороны. Сільськогосподарські машини: зб. наук. статей. Вип. 23. С. 136-140.

359. Харченко О. В. (1999). Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур. Суми: Університетська книга. 244 с.

360. Харченко С. О., Качанов В. В., Тіщенко І. С., Сировицький К. Г., Гриненко О. А., Фесенко Г. В. (2015). Підвищення якісних показників виконання ґрунтообробних робіт начіпними агрегатами. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Вип. 156. С. 190-195.

361. Хмелюк О. Особливості обробітку ґрунту під кукурудзу. URL: <https://lnzweb.com/blog/osoblivost-obrob-tyky-grynty-p-d-kykyrydzy> (reference date 12.05.2020).

362. Центи́ло Л. В. (2019). Вплив різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення на вологозабезпеченість посівів пшениці озимої. Наукові доповіді НУБіП України. № 1(77). URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2019_1_23 (reference date 12.01.2020).

363. Цехмейструк М. Г., Музафаров Н. М., Манько К. М. (2014).

Аспекти вирощування кукурудзи. Агробізнес. № 8(279). URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/436-aspekty-vyroshchuvannia-kukurudzy.html> (reference date 15.01.2016)..

364. Циліорик О. Як впливає основний обробіток ґрунту на щільність та пористість чорноземів Степу. Агробізнес сьогодні. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/10321-yak-vplyvaie-osnovnyi-obrobitok-gruntu-na-shchilnist-ta-porystist-chornozemiv-stepu.html> (reference date 15.07.2018).

365. Циліорик О., Румбах М. (2019). Розрахунок норми добрив під запланований урожай. Агрономія Сьогодні. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/15290-rozrakhunok-normy-dobryv-pid-zaplanovanyi-urozhai.html> (reference date 08.01.2020).

366. Цьова Ю. А. (2017). Агроекологічне значення способів механічного обробітку ґрунту в умовах полтавської області. Дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук по спеціальності 03.00.16 – екологія. Полтава. 211 с.

367. Черенков А. В., Шевченко М. С., Черчель В. Ю., Боденко Н. А., Лебідь Є.М. (2011). Оптимізація технологічних процесів збирання та збереження врожаю зерна в Дніпропетровській області в 2011 р.: практичні рекомендації від інституту сільського господарства Степової зони НААН України. Дніпропетровськ: Вид-во Інституту сільського господарства степової зони Національної академії аграрних наук України. 38 с.

368. Чехова А. В. (2007). Олійні культури України: [монографія]. Київ: Основа. 416 с.

369. Чорна Т. С., Надикто В. Т., Панченко А. І. (2007). Частотно-дисперсійний показник оцінки непрямолінійності рядків просапних культур. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Т. 1. Вип. 7. С. 240-243.

370. Шевченко І. А. (2001). Обґрунтування геометричних параметрів дискових робочих органів. Праці ТДАТА. Т.16. Вип. 2. С. 13-20.

371. Шевченко І. А. (2016). Керування агрофізичним станом

грунтового середовища. НААН України, Інститут олійн. культур. Київ. 319 с.

372. Шевченко С. А. (2019). Концепція підвищення ефективності машиновикористання в рослинництві технічним обслуговуванням за станом: Автореферат дисертації доктора технічних наук: 05.05.11 машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Харків. 40 с.

373. Шевченко І. А. (2002). Обґрунтування технологій та технічних засобів для обробітку ґрунтів на базі їх агрофізичних показників. Дисертація доктора технічних наук: 05.05.11 – машини та засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Мелітополь. 429 с.

374. Шейченко В. А., Дудников И. А., Кузьмич А. Я., Шевчук М. В., Шевчук В. В. (2017). Обоснование коэффициента отделения зерна устройством предварительного обмолота жатки. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. научно-технической конференции, посвященной 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 18-20 октября 2017 года). Минск : Беларуская навука. С. 172-176.

375. Шейченко В. О., Дудніков І. А., Шевчук В. В., Кузьмич А. Я. (2019). Аналітичне оцінювання взаємодії голки голчастої борони із ґрунтом. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Вип. 3. С. 107-114.

376. Шейченко В. О., Кузьмич А. Я., Дудніков І. А., Шевчук М. В. (2019). Дослідження впливу пропускної здатності комбайна на якість зерна, відокремленого пристроєм попереднього обмолоту. Механізація та електрифікація сільського господарства : міжвідомчий тематичний науковий збірник. Вип. 9 (108). С. 72-80.

377. Шейченко В.А., Хайлис Г.А., Шевчук В.В., Дудников И.А., Пушка А.С. (2017). Экспериментальные исследования игольчатой бороны. Монография. LAP Lambert Academic Publishing. Germany. 172 с.

378. Шейченко В.О., Хайліс Г.А., Шевчук В.В. , Шевчук М.В. (2016). Дослідження тягового опору голчастої борони. Механізація та електрифікація сільськогосподарства: загальнодержавний науковий збірник. Вип. №3 (102).

С. 44-53.

379. Шкурпела В. П., Белецкий И. П.(1985). Операционная технология защиты посевов зерновых культур. Москва: Россельхозиздат. 40 с.

380. Шпаар Д. (2012). Зерновые культуры: выращивание, уборка, хранение и использование. Киев : Зерно. 704 с. 3-е изд., испр.

381. Шпаар Д. (2012). Кукуруза: выращивание, уборка, хранение и использование. Киев: Издательский дом «Зерно». 464 с.

382. Шуляк М. Л. (2015). Вплив коливання швидкості руху МТА на надійність технологічної операції. Системи обробки інформації. Вип. 7(132). С. 77-79.

383. Шустік Л., Мариніна Л., Степченко С., Нілова Н. (2018). Посівні можливості. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/12275-posivni-mozhlyvosti.html> (reference date 06.01.2019).

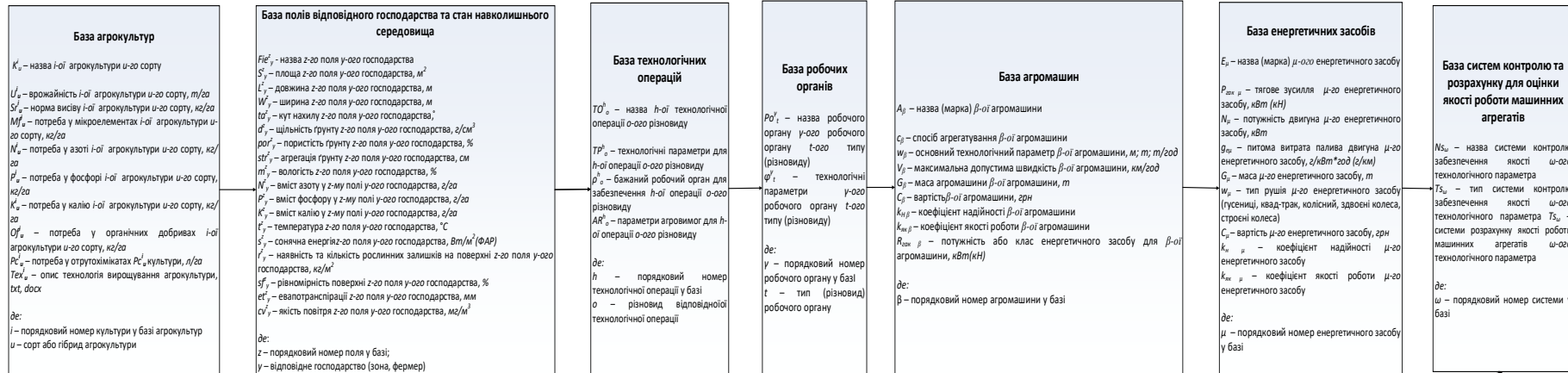
384. Щоденник погоди у Штепівці за липень 2017 рік. URL: <https://www.gismeteo.ru/diary/94703/2017/7/> (reference date 05.10.2018).

385. Як раціонально розкласти рослинні рештки. URL: <https://propozitsiya.com/ua/yak-racionalno-rozkladaty-roslynni-reshtky> (reference date 05.09.2020).

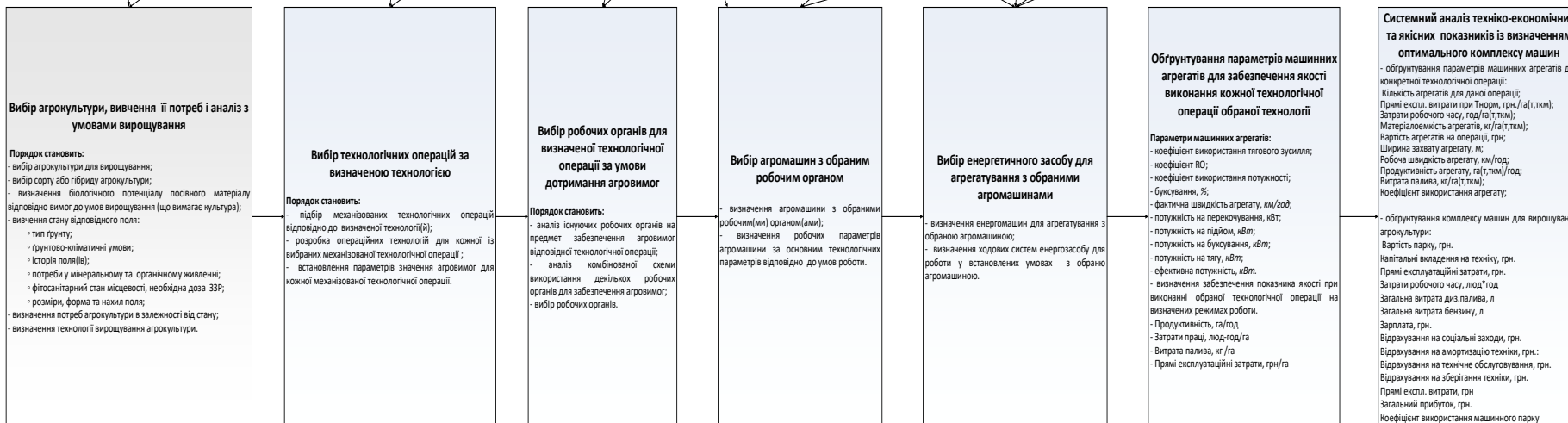
386. Ярошко М. (2016). Кукурудза – основні вимоги до вирощування (за матеріалами семінару Йозефа Штангела «Вирощування кукурудзи», N.U. Agrar GmbH). URL: <https://www.agronom.com.ua/kukurudza-osnovni-vymogy-do-vyroshhuva/> (reference date 27.04.2017).

Додатки

Бази засобів для визначення та обґрунтування механізованих технологічних процесів



Послідовність розробки механізованого технологічного процесу та обґрунтування визначення якості систем машин, машинних агрегатів вирощування агрокультури





Сільськогосподарське Товариство з Обмеженою Відповідальністю «Дружба-Нова»
17600, Чернітвська обл., Варвинський р-н, смт Варва, вул. Комарова, 59
Ел. пошта: dn-office@kernel.ua

Agricultural LLC "Druzhba-Nova"
Komarova str., 59, Varva, Varvynsky District, Chernihiv region, 17600
Email: dn-office@kernel.ua

№ 18-D

« 11 » 09 2020 р.

ДОВІДКА про впровадження результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських та технологічних робіт

У зв'язку зі зміною технологій вирощування агрокультур, впровадження у виробництво нових гібридів та сортів рослин, розробкою і впровадженням сучасних засобів механізації, використання систем управління і моніторингу технікою, режимів її роботи та дистанційного контролю показників якості виконання механізованих технологічних операцій доцільним є розробка структури складових режимів часу доби їх роботи з урахуванням сучасних умов вирощування культур, можливостями агротехніки з урахуванням використання у технологічному процесі precision систем.

Відповідні матеріали розглянуті у дисертаційній роботі Зубка В.М. на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за темою: «Науково-методологічні основи забезпечення якості механізованих агротехнологій», і взяті ТОВ «КЕРНЕЛ-ТРЕЙД» для впровадження при проведенні планування використання посівної техніки в умовах кластера СТОВ «Дружба Нова».

Довідка видана для представлення у спеціалізовану вчену раду.

Інженер СТЗ

кластера СТОВ «Дружба Нова»



О.Ю. Решетіло



Сільськогосподарське Товариство з Обмеженою Відповідальністю «Дружба-Нова»
17600, Черніпівська обл., Варвинський р-н., смт Варва, вул. Комарова, 59
Ел. пошта: dn-office@kernel.ua

Agricultural LLC "Druzhba-Nova"
Komarova str., 59, Varva, Varvynkyi District, Chernihiv region, 17600
Email: dn-office@kernel.ua

№ 128

« 17 » 07 2020 р.

ДОВІДКА

**про впровадження результатів науково-дослідних,
дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

Результати науково-дослідної роботи Зубка В.М. за темою дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук «Науково-методологічні основи забезпечення якості механізованих агротехнологій», а саме, результати визначення залежності між питомим опором і твердістю ґрунту та їх вплив на буксування, опір перекочування і зчеплення для основних типів рушіїв сучасних енергетичних засобів використані СТОВ «Дружба Нова» при визначенні оптимальних режимів роботи сільськогосподарської техніки при проведенні механізованих технологічних операцій.

Дана задача для аграрного бізнесу є актуальною у зв'язку зі зміною систем машин, типів їх рушіїв і сучасного стану середовища.

Довідка видана для представлення у спеціалізовану вчену раду.

Провідний агроном
Печинської дільниці



І.М. Цолиган

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



MINISTRY OF EDUCATION
AND SCIENCE OF UKRAINE
**SUMY NATIONAL
AGRARIAN UNIVERSITY**

вул. Г.Кондратьєва 160, м. Суми, Україна, 40021
Тел. + 380(0542)701010, факс: +380(542)701055
e-mail: admin@snau.edu.ua, www.snau.edu.ua
ЄДРПОУ код 04718013

160, H.Kondratieva str., Sumy, Ukraine, 40021
Tel. + 380(0542)701010, fax: +380(542)701055
e-mail: admin@snau.edu.ua, www.snau.edu.ua
USREOU code 04718013

№ 1968 від 08.09.2020

на № _____ від _____

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи Зубка Владислава Миколайович за темою «Науково-методологічні основи забезпечення якості механізованих агротехнологій»

Комісія у складі проректора з науково-педагогічної та навчальної роботи Жмайлова В.М., завідувача кафедри експлуатації техніки Саржанова О.А. і завідувача кафедри селекції і насінництва ім. М.Д. Гончарова Оничка В.І. склала цей акт про те, що результати дисертаційної роботи Зубка Владислава Миколайовича «Науково-методологічні основи забезпечення якості механізованих агротехнологій» на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва, були запроваджені у навчальний процес протягом 2015–2020 років при викладанні дисциплін: «Теоретичні основи конструювання агромашин та вимоги до якості агротехніки» (для студентів другого магістерського рівня зі спеціальності 208 «Агроінженерія»), «Геоінформаційні системи» (для студентів другого магістерського рівня зі спеціальності 208 «Агроінженерія»), «Система якості виконання технологічних процесів у точному землеробстві» (для студентів другого магістерського рівня зі спеціальності 208 «Агроінженерія»), «Аграрна інженерія» (для студентів другого магістерського рівня зі спеціальності 201 «Агрономія») у розділах теоретичного і практичного матеріалу стосовно обґрунтування технологічних операцій, комплектування машинних агрегатів, оцінки ефективності використання техніки та оцінки якості виконання технологічних операцій машинними агрегатами.

Довідка видана для представлення у спеціалізовану вчену раду.

Проректор з науково-педагогічної та
навчальної роботи
к.е.н., професор



В.М. Жмайлов

Завідувач кафедри експлуатації техніки
к.т.н., доцент

О.А. Саржанов

Завідувач кафедри селекції і
насінництва ім. М.Д. Гончарова,
к.с.-г.н., доцент

В.І. Оничко

Товариство з Обмеженою Відповідальністю «УКРАЇНСЬКЕ КОНСТРУКТОРСЬКЕ БЮРО ТРАНСМІСІЙ І ШАСІ»

61038 м. Харків вул. Маршала Батюцького, 4. Тел. (+38-057) 738-33-13

Вих. № 089

Від « 02 » 06 2020 р.

ДОВІДКА

*про впровадження результатів наукового дослідження
Зубка Владислава Миколайовича
на тему: «Науково-методологічні основи забезпечення якості
механізованих агротехнологій»*

Результати дисертаційного дослідження Зубка Владислава Миколайовича, а саме комп'ютерна програма: «Механізовані агротехнології. Якість та ефективність» (автори: професор Мельник І.І. та доцент Зубко В.М.), впроваджені ТОВ «Українське конструкторське бюро трансмісій і шасі» при проектуванні та обґрунтуванні техніко-експлуатаційних та якісних показників роботи сільськогосподарських ґрунтообробних знарядь бренду «Лозівські машини». Похибка розрахункових параметрів за допомогою вищевказаної програми від реальних експлуатаційних значень за результатами статистичного порівняння складає 5-8%.

Довідка видана для представлення у спеціалізовану вчену раду.

Головний конструктор
ТОВ «Українське конструкторське
бюро трансмісій і шасі», к.т.н



О.А. Гриненко



ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ЛОЗІВСЬКИЙ КОВАЛЬСЬКО-МЕХАНІЧНИЙ ЗАВОД»
(ТОВ «ЛКМЗ»)

Вул. Свободи, 24, м. Лозова, Харківська обл., Україна. 64602
Тел.: +38 (05745) 2-23-16, 2-33-63, факс: +38 (05745) 2-24-66, 2-68-92
www.lkmz.com, e-mail: shef@lkmz.com



304 № 14.11.2018р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських та технологічних робіт

Результати науково-дослідної роботи Зубка В.М. за темою дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук «Науково-методологічні основи забезпечення якості механізованих агротехнологій», що направлені на підвищення якості виконання технологічної операції, впроваджені на ТОВ «Лозівський ковальсько-механічний завод» при удосконаленні конструкції та визначенні оптимальних режимів роботи агрегата ґрунтообробного Дука-2,5.

Впровадження рекомендацій дозволило підвищити рівномірність роботи машини по глибині на 7%, збільшити заробку рослинних рештків на 18% та підвищити продуктивність на 12%.

Довідка видана для представлення у спеціалізовану вчену раду.

Технічний директор



Д.І. Ігнашов

<p>Погоджено</p> <p>Проректор з наукової роботи</p> <p> І.О. Данько 2020 р.</p> <p></p>	<p>Затверджую</p> <p>СТОВ «Промінь» <small>Керівник організації/завідувачка робота</small></p> <p> С.М. Коваленко 2020 р.</p> <p></p>
---	--

АКТ

**впровадження результатів науково-дослідних,
дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

Даним актом стверджується, що результати роботи Зубка
Владислава Миколайовича виконані на основі держбюджетної
 теми “ Удосконалення технологічного процесу та технічних
назва теми, № державної реєстрації
засобів для виробництва та переробки аграрної продукції”,
№ 0119U103235

впровадження у СТОВ «Промінь»
назва підприємства, де здійснюється впровадження

1. Вид впроваджувальних робіт науково-обґрунтований
комплекс машин для вирощування та збирання кукурудзи на зерно
технологія, сорт, порода, ліній, гібридів, препаратів, машини тощо
та соняшнику.
2. Масштаб впровадження для проведення посіву кукурудзи
запропонований машинний агрегат у складі Case IH 340+John Deere
технологія, сорт, порода, ліній, гібридів, препаратів, машини тощо

DB 55 з Precision Planting + Climate FieldView замість Case IH 340+ John Deere DB 55 на площі 80 га та для проведення глибокого розпушення Case IH 340 + Case IH Ecolo Tiger 875 та Case IH 340 + Great Plains Turbo-Max 3000 TM на площі 98 га.

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт склад
машинних агрегатів та комплексів машин обґрунтований за
принципово нові, якісно нові, модифікації
програмою і спеціальною методикою «Механізовані агротехнології.
Якість та ефективність», розробленою
проф. Мельником І.І. та доц. Зубком В.М. Запропоновані машинні
агрегати дозволили підвищити якість виконання технологічних
операцій, за рахунок чого отримано підвищення врожайності на
4-7%.

4. Річний економічний ефект у грошовому виразі (із зазначенням цін якого року) 249634 тис. грн. (за цінами 2019 року).

Від Сумського НАУ

Завідувач науково-дослідної частини

О.В. Пасько

« 31 » 03 2020 р.

Від підприємства

Головний бухгалтер

В.О. Нагорна

« 24 » 03 2020 р.

Погоджено

Затверджую

Проректор з наукової роботи та
економічних питаньСелянське фермерське господарство
Керівник організації, де впроваджена розробка


 «12» _____
 О.М. Маслак
 2015 р.
 М.П.

«Кузін В.С.»
 «01» _____
 В.С. Кузін
 2015 р.
 М.П.

АКТ

впровадження результатів науково-дослідних,
дослідно-конструкторських та технологічних робіт

Даним актом стверджується, що результати роботи **Зубка**
Владислава Миколайовича виконані на основі інноваційної теми
“Наукові основи обґрунтування параметрів і вимог до
назва теми, № державної реєстрації
машин у відповідності агровиимогам рослин”, № 0111U008027

впровадження у селянському фермерському господарстві
назва підприємства, де здійснювалось впровадження
«Кузін В.С.».

1. Вид впроваджувальних робіт науково-обґрунтовані
машинні агрегати для проведення обробітку ґрунту після
технології, сорти, породи, лінії, гібриди, препарати, машини тощо
попередника, основного обробітку ґрунту, посіву та збирання
зернових з оцінкою якості їх роботи.

2. Масштаб впровадження обґрунтовані раціональні машинні
технології, сорти, породи, лінії, гібриди, препарати, машини тощо
агрегати, для проведення обробітку ґрунту після попередника,
основного обробітку ґрунту, посіву та збирання зернових з
рекомендаціями щодо раціональних параметрів, режимів і
показників якості їх роботи у господарстві.

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт агромашини
обґрунтовані за спеціальною методикою оцінки якості
за результатами патентних досліджень або згідно з авторськими свідченнями.
механізованих технологічних операцій у рослинництві,
принципово нові, якісно нові, модифікації
розробленою к.т.н., доцентом Зубком В.М. у співпраці з проф.
модернізації старих розробок
Мельником І.І.

4. Річний економічний ефект у грошовому виразі 12000 грн за
цінами встановленими у 2014 році.

(із зазначення цін якого року)

Від Сумського НАУ

Завідувач науково-дослідної частини

Ю.І. Данько

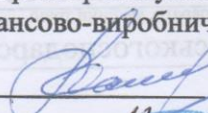

« 16 » 12 2015 р.

Від підприємства

Головний бухгалтер

В.П. Кузіна

« 01 » 12 2015 р.

Погоджено	Затверджую
Проректор з наукової роботи та фінансово-виробничої діяльності	Генеральний директор ПАТ «Харківський тракторний завод ім. С.Орджонікідзе» Керівник організації, де впроваджена розробка
 А.М. Салогуб « 12 » 12 2012 р.	 С.О. Серебряков « 11 » 11 2012 р.
М.П.	М.П.



АКТ

про впровадження результатів науково-дослідних,
дослідно-конструкторських та технологічних робіт

Даним актом стверджується, що результати роботи **Зубка**
Владислава Миколайовича виконаної за власні кошти за темою
назва теми, № державної реєстрації
“Наукові основи обґрунтування параметрів і вимог до
машин у відповідності агрономічним вимогам рослин”, № 0111U008027

впровадження у ПАТ «Харківський тракторний завод
назва підприємства, де здійснювалось впровадження
ім. С.Орджонікідзе»

1. Вид впроваджувальних робіт науково-обґрунтовані
раціональні параметри, режими і показники роботи енергетичного
технології, сорти, породи, лінії, гібриди, препарати, машини тощо
засобу ХТЗ-17021.

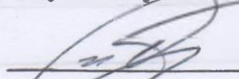
2. Масштаб впровадження обґрунтовані раціональні параметри,
режими і показники роботи енергетичного засобу ХТЗ-17021 для
технології, сорти, породи, лінії, гібриди, препарати, машини тощо
виращування та збирання основних сільськогосподарських культур
в зоні Лісостепу України.

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт склад комплексів
принципово нові, якісно нові, модифікації
машин обґрунтований за спеціальною методикою і комп'ютерною
програмою «Оптимізація МТП», розробленою проф. Мельником І.І.
та к.т.н. Зубком В.М.

4. Річний економічний ефект у грошовому виразі (із зазначення цін
якого року) 121000 грн (за цінами встановленими у 2012 році).

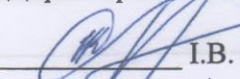
Від Сумського НАУ

Завідувач науково-дослідної частини


Ю.І. Данько
« 12 » 12 2012 р.

Від підприємства

Директор з економіки та фінансів


І.В. Сосницький
« 21 » 11 2012 р.