

**ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ
ВІДПОВІДНО ДО ПОТРЕБ РОСЛИН**

Пастухов Валерій Іванович

доктор технічних наук, професор

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

ORCID: 0000-0002-5599-1548

email pastukhov.v@ukr.net

Зубко Владислав Миколайович

кандидат технічних наук, доцент

Сумський національний аграрний університет

ORCID: /0000-0002-2426-2772

email zubkovladislav@ukr.net

В даній статті розглянуті теоретичні особливості розрахунку якості виконання технологічних операцій. На якість виконання технологічного процесу впливає велика кількість факторів, які сьогодні не враховуються, тому введено поняття «коефіцієнт якості». За результатами наукових досліджень роботи машинних агрегатів у польових умовах встановлено, що при роботі машинного агрегату існує певний шлях, на якому забезпечення якості знаходиться на низькому рівні. Це шлях розгону та гальмування, що раніше не враховувалось. Поряд з цим дослідженнями встановлено, що істотний вплив на ефективність роботи агрегату має щільність ґрунту, автоматизовані системи контролю якості виконання технологічного процесу, регулювання машини, вологість та пористість ґрунту. Для розробки керованого процесу був розроблений алгоритм вирощування сільськогосподарської культури, який враховує основні періоди та об'єднані групи факторів, що впливають на ріст та розвиток рослин.

Ключові слова: *якість, врожайність, сільськогосподарська культура.*

Постановка проблеми.

Один із шляхів забезпечення реалізації біологічного потенціалу с.г. культур – це підвищення якості виконання механізованих робіт в рослинництві. Попередніми дослідженнями було встановлено, що якість виконання механізованих операцій складає 30% його реалізації біологічного потенціалу рослин, то б то максимально можливої врожайності культур.

Постулати якості полягають в тому, що якість кожної технологічної операції формує загальну якість технологічного процесу та впливає на кінцевий результат – на якість, кількість і собівартість продукції [1].

І, по-друге: неякісно виконану технологічну операцію неможливо ні переробити, ні компенсувати, надолужити високою якістю послідуєчих технологічних операцій [1].

Сучасні дослідження, проведені компанією Horsch, показують, що на сьогодні фактично вичерпаний потенціал землі і сортів (крім генномодифікованих, а вони заборонені на сьогодні у Європі) у зростанні врожаю і сьогодні ми повинні боротись за збільшення врожайності за рахунок забезпечення потреб рослин – якості виконання технологічних операцій. Це необхідно враховувати, узагальнювати при розробці агровимог та розроблювати стратегію розвитку сільськогосподарських машин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Питання якості виконання технологічних операцій сьогодні стоїть як ніколи актуально.

Вагомий внесок у розвиток забезпечення якості виконання технологічної операції зробили Погорілий Л.В., Мельник І.І., Лінник М.К., Адамчук В.В., Сидорчук О.В., Ковтун Ю.І.

У сучасних умовах в Україні щороку фіксується недобір врожаю на рівні 25-35% [3]. Однією з основних причин є якість виконання технологічної операції, тобто забезпечення потреб рослини, та строки. Неefективне використання ґрунтів, яке є наслідком забезпечення якості технологічних операцій, привело до втрати гумусу за 130 років в них на 30% і цей процес продовжується [2].

В своїх роботах Мироненко В.Г. [4], Пастухов В.І. [6] Зубко В.М. [7] займалися питаннями відповідності роботи машинних агрегатів та потреб рослин; в постанові КМУ описана методика збитків від незабезпечення потреб рослини [5].

Формулювання мети статті. Метою даної статті є дослідження шляхів підвищення якості виконання механізованої технологічної операції на підставі обґрунтування вимог відповідно до потреб рослин.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Виходячи із забезпечення якості виконання технологічних операцій, розглянуті основні положення максимальної реалізації біологічного потенціалу

сіськогосподарської культури. У загальному випадку вони зводяться до наступного.

Цільова функція системи цілісних математичних моделей, визначення якості виконання технологічного процесу у загальному вигляді записується таким чином:

$$F = f(A(p_i)) \rightarrow \text{opt}_i K_j, \quad (1)$$

де K_j – якість технологічного процесу;

$A(p_i)$ – динамічний стан системи (машинні агрегати – потреби рослини).

Необхідно чітко виокремити чотири основні етапи виробництва продукції рослинництва: створення умов для росту і розвитку рослин, розміщення насіння у ґрунті, накопичення вегетативної маси рослиною, збереження накопиченої маси.

Основою реалізації біологічного потенціалу рослини є забезпечення якісних (оптимальних) умов росту та розвитку рослин, які залежать від умов навколишнього середовища, виду культури, технічних засобів. Кожна умова являє собою комплекс параметрів, забезпечення яких і характеризують якість.

На якість виконання технологічного процесу впливає велика кількість факторів, які сьогодні не враховуються, тому введення поняття «коефіцієнт якості» – це вимога часу. Рівняння (2) показує складові частини коефіцієнта якості:

$$K = f(U(a, b, c), V(d, g, j, m, p, t, l, z), W(e, h, k, n, q, s)) \quad (2)$$

- де K – функція показника якості;
- U – функція умов росту і розвитку рослин,
- V – функція потреб рослин,
- W – функція можливостей забезпечення потреб рослин сіськогосподарською машиною,
- a – параметр рельєфу та розміру поля;
- b – параметр ґрунтових умов (вологість, щільність, пористість, P_n , хімічний склад, гумус, тип ґрунту);
- c – параметр стану поверхні поля (кількість та рівномірність розподілення рослинних рештків, засміченість бур'янами, грудкуватість, наявність та глибина розташування плужної підшви, попередня підготовка ґрунту під операцію (садіння бульб картоплі));
- d – параметр типу кореневої системи, глибини обробітку ґрунту (буряки, кукурудза);
- g – параметр виду основної продукції (буряк, кукурудза);
- j – параметр стійкості до хвороб;

m	–	Параметр висіву (орієнтації) посівного матеріалу;
p	–	параметр співвідношення основної продукції до побічної;
t	–	параметр потреб рослини у волозі, площі живлення (оптимальний радіус живлення), кількості активних фаз (чим їх більше, тим збільшується кількість обробітків);
l	–	параметр висоти рослин;
z	–	параметр злипання посівного матеріалу;
e	–	параметр виду, розміру, матеріалу, гостроти робочих органів, залежності чи незалежності стойки, комбінації робочих органів;
h	–	параметр системи аналізу якості виконання технологічної операції та системи її корегування;
k	–	параметр ефективності агрегування з трактором (вплив на буксування);
n	–	параметр швидкості, напрямку руху, ширини захвату;
q	–	параметр ваги машини;
s	–	параметр властивості робочих органів до налипання ґрунту та забивання.

Вплив кожного фактору на якість індивідуальний і повинен бути врахований при аналізі технологічного процесу.

За результатами власних наукових досліджень роботи машинних агрегатів у польових умовах встановлено, що при роботі машинного агрегату існує певний шлях, на якому забезпечення якості знаходиться на низькому рівні. Це шлях розгону та гальмування. Проведені польові дослідження показали, що на нормальний режим машинний агрегат виходить через 30 м, а гальмування проходить на шляху 25 м (відповідні дослідження проводились в аграрних підприємствах України та дослідних господарствах Чеської Республіки. Робоча швидкість машинного агрегату визначається за формулою:

$$V = \frac{L}{1000 \cdot T_p}, \text{ км/год.}, \quad (3)$$

$$L = l \cdot n, \quad l = \sum_{i=1}^3 l_i$$

де L	–	довжина гонів обробленої ділянки, м;
T_p	–	чистий робочий час, год.;
l	–	довжина гону, м;
n	–	кількість проходів машинного агрегату.

$$l_i = V_i \cdot t_i, \quad i=1, 2, 3.$$

$$V_1 = V_0 + at_1;$$

$$V_2 = const;$$

$$V_3 = V_2 - at_3,$$

де V_1	–	швидкість руху машинного агрегату у кінці ділянки розгону, км/год.;
V_2	–	швидкість руху машинного агрегату під час виконання основної роботи, км/год.;
V_3	–	швидкість руху машинного агрегату у кінці ділянки гальмування, км/год.;
a	–	прискорення на ділянках прискорення та гальмування машинного агрегату, м/с ² .

Поряд з цим дослідженнями встановлено, що істотний вплив на ефективність роботи агрегату має щільність ґрунту та автоматизовані системи контролю якості виконання технологічного процесу та регулювання машини. Значення показників, які враховують:

- k_d – щільність ґрунту;
- k_{wd} – вплив автоматичної системи керування глибиною обробітку;
- W_ϕ – вологість;
- k_ϕ пористість ґрунту;

під час польових досліджень сумісно з [Department of](#)

Agricultural Machines CZU та Vednar. В залежності від призначення машини-знаряддя робочий опір, створюваний

при виконанні технологічної операції, можна визначити:

– для плугів і лемішних луцильників:

$$R = k_{ov} \cdot b \cdot a \cdot k_{wd} \cdot n_K + G_m \cdot g \cdot c \cdot \lambda \cdot \left(f \pm \frac{i}{100}\right) \cdot k_d, \text{ кН}; \quad (4)$$

– для звичайних тягових машин:

$$R = k_v \cdot B \cdot k_{wd} + G_m \cdot g \cdot c \cdot \lambda \cdot \left(f \pm \frac{i}{100}\right) \cdot k_d, \text{ кН}; \quad (5)$$

– для причіпних машин при відсутності тягового опору:

$$R = G_m \cdot g \cdot \left(f \pm \frac{i}{100}\right) \cdot k_d, \text{ кН}; \quad (6)$$

– для транспортних агрегатів:

$$R = \left(G_m + \frac{G_{ван}}{2}\right) \cdot g \cdot \left(f \pm \frac{i}{100}\right) \cdot k_d, \text{ кН}; \quad (7)$$

де R – загальний опір машини, кН;

k_{ov} – питомий опір плугів, кН/м²;

k_v – питомий опір звичайних машин, кН/м;

b – ширина захвату корпусу плуга, м;

a – глибина оранки, м;

B – конструктивна ширина захвату звичайних машин, м;

G_m – маса машини, т;

$G_{ван}$ – маса вантажу, що перевозиться, т;

λ – коефіцієнт, що враховує довантаження енергетичного засобу;

k_d – коефіцієнт, що враховує щільність ґрунту: при щільності 1,1-1,25 г/см³ $k=1$; >1,1-1,25 г/см³ $k=1,05$; < 1,1-1,25 г/см³ $k=0,93$;

k_{wd} – коефіцієнт використовується при роботі агромашини з системою автоматичного регулювання глибини обробітку, $k_{wd} = 0,13$.

Питомий опір ґрунту залежить від складу, щільності, вологості та температури ґрунту. Він не є постійним, а змінюється протягом року під дією вмісту води і температури. Це підтверджено польовими дослідженнями сумісно з ЛКМЗ, Vednar та Department of Agricultural

Machines CZU.

Питомий опір робочих органів k_v при заданій швидкості V_p визначається за формулою:

– для плугів і лемішних луцильників:

$$k_V = k_0 \cdot [1 + 0,006 \cdot (V_P^2 - V_0^2)] \cdot \left(1 - \frac{|W_{onm} - W_\phi|}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{|k_{onm} - k_\phi|}{100}\right), \text{ кН/м}^2; \quad (8)$$

– для інших машин:

$$k_V = k \cdot [1 + T \cdot (V_P - V_0)] \cdot \left(1 - \frac{|W_{onm} - W_\phi|}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{|k_{onm} - k_\phi|}{100}\right), \text{ кН/м}^2; \quad (9)$$

де k_0 – питомий опір плугів при швидкості руху до 5 км/год., кН/м²;

V_P – робоча швидкість агрегату, км/год.;

V_0 – швидкість, при якій визначено питомий опір машин у виробничих умовах, км/год. (приймають $V_0 = 5$ км/год.);

k – питомий опір звичайних машин при швидкості до 5 км/год., кН/м;

T – темп приросту питомого опору для відповідної машини.

W_{onm} – оптимальна вологість, %;

W_ϕ – фактична вологість, %;

k_{onm} – оптимальна пористість ґрунту, %;

k_ϕ – фактична пористість ґрунту, %.

Подрібнення рослинних рештків та рівномірність розподілення їх по поверхні ґрунту істотно впливає на показник забезпечення агромигом сільськогосподарською машиною. На основі проведених нами досліджень була апроксимована залежність для визначення тривалості розкладання рослинних рештків від розміру їх подрібнення у $= 0,043x^2 + 2,164x + 68,85$ (Сумський НАУ, Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН України). Наявність рештків на полі на час сівби впливає на рівномірність розташування посівного матеріалу. Показник забезпечення агромигом енергетичного засобу та аграрної машини визначається за формулою:

$$k_M = \frac{1}{E} \sum_{i=1}^E \left(1 - \left(\frac{A_{Mi} - A_{\epsilon i}}{G}\right)\right), \quad (10)$$

де E – кількість показників;

A_M – показник забезпечення агромигом машиною;

A_ϵ – показник агромигом до технологічної операції;

G – основний показник технологічної операції (норма висіву, глибина обробітку тощо).

Результати теорії підтверджуються розбіжністю менше 5%.

За результатами проведених досліджень у тісній співпраці з професором Мельником І.І. була висунута гіпотеза про те, що якщо ми знаємо, коли, як і чим можна впливати на покращення умов по кожному етапі росту і розвитку рослини, і, за умови якісного виконання механізованих технологічних операцій точно можна забезпечити всі умови для отримання максимальної врожайності. Це також дозволить визначити, підібрати або розробити відповідні робочі органи для якісного виконання механізованих технологічних операцій, підібрати машини і оптимізувати комплекс машин і машинний парк. Такий технологічний процес варто назвати керованим.

Для розробки керованого процесу необхідно побудувати логічну схему. На рис. 1 представлений основний алгоритм розробки схеми вирощування сільськогосподарської культури, який враховує основні періоди та об'єднані групи факторів, що впливають на рист та розвиток рослин.



Рис. 1. Основний алгоритм забезпечення умов росту та розвитку сільськогосподарської культури.

Кожна група факторів складається з конкретних факторів, які безпосередньо забезпечують ріст і розвиток рослин. На рис. 2 та 3 представлений алгоритм розробки показників якості, який враховує потреби рослин та реальних польових умов. На схемах зеленим кольором

позначається період розвитку рослини; жовтим – група факторів; синім – фактори впливу на розвиток рослин; помаранчевим – різні умови, з якими зустрічаються на виробництві; сірим – машини, які повинні забезпечити якість.

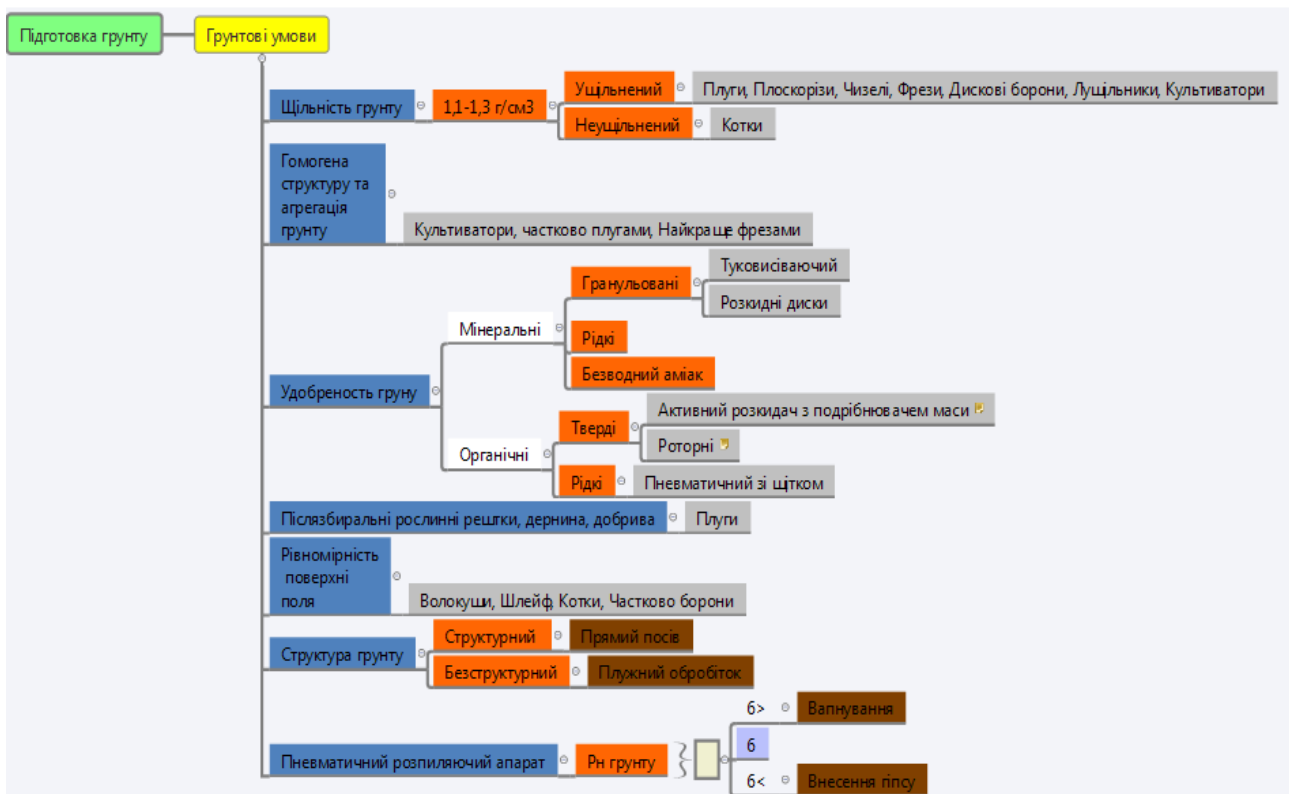


Рис. 2. Алгоритм оптимального стану ґрунту при підготовці ґрунту після попередника

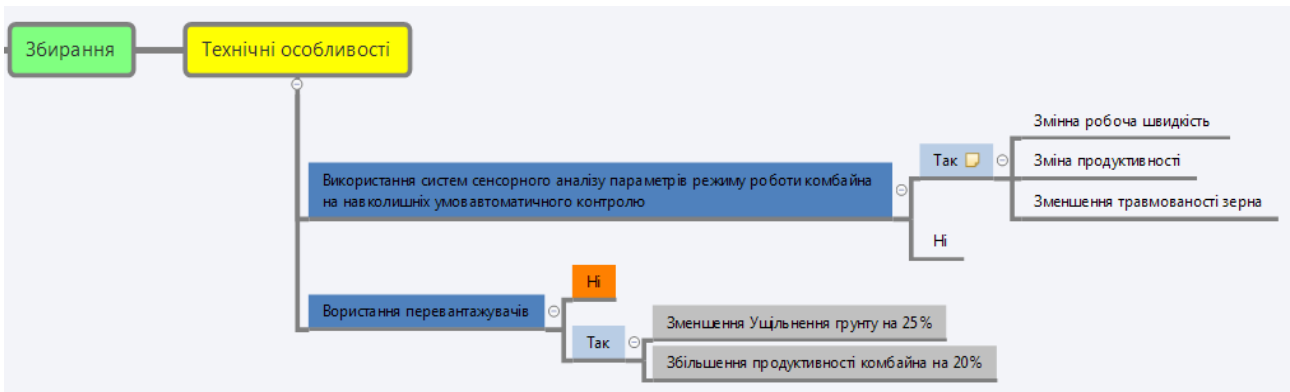


Рис. 3. Технічні особливості при збиранні сільськогосподарської культури

Ріст та розвиток рослин завжди мають супроводжуватись умовами, які необхідні для проростання насіння, росту культури, накопичення та збереження нею енергії.

Для ефективного вирощування сільськогосподарської культури першочергово визначають фази (етапи) розвитку рослини і встановлюють конкретні потреби, умови та терміни їх реалізації.

Забезпечення потреб сільськогосподарських рослин виконують проведенням відповідних технологічних операцій, які, у свою чергу, виконуються за допомогою машинних агрегатів різного призначення.

При виробництві продукції рослинництва основною метою є забезпечення необхідних умов для росту і розвитку рослин. Під якістю слід розуміти не тільки машинне

забезпечення умов, але і терміни та тривалість виконання кожної окремої технологічної операції. При вирощуванні сільськогосподарських культур необхідно використовувати алгоритм планування техніки. Даний алгоритм заснований на принципах забезпечення потреб рослин на кожній окремій фазі росту і розвитку в оптимальний час. Сучасна система використання техніки в агроформуваннях змушує виробників використовувати найману техніку. Це стосується як дрібних агровиробників, так і великих агрохолдингів. Використання запропонованого алгоритму (рис. 5) забезпечує ефективне використання техніки. Знаючи потреби культури, сорту чи гібриду, який вирощується у господарстві, використовуючи програмне забезпечення EOS Grop Monitoring Tool, Meteo.Farm, Farmwave, Agro Measure Map Pro, Sentinel Playground, EO Browser складається робочий алгоритм, що враховує всі періоди розвитку рослин, в які необхідне втручання людини з метою забезпечення оптимальні умови для рослини.

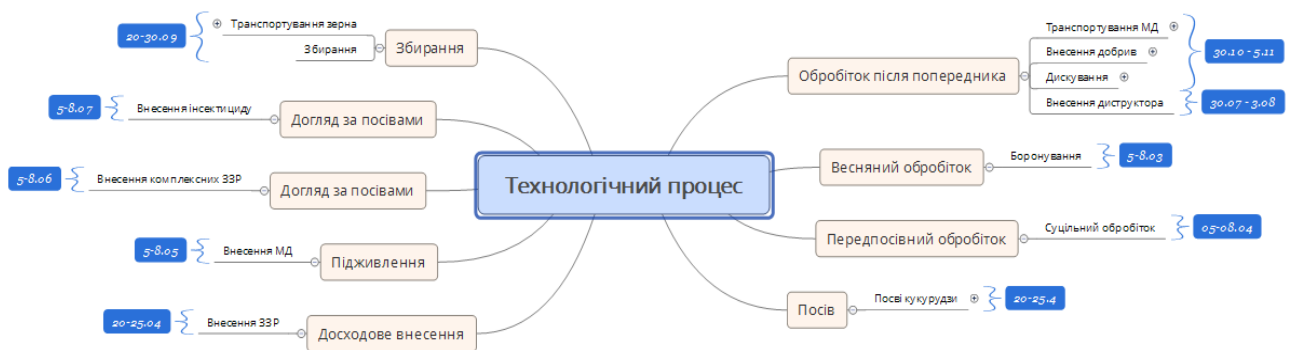


Рис. 5. Алгоритм технологічного процесу забезпечення оптимальних умов для росту та розвитку рослин.

Розробка алгоритму включає:

— аналіз потреб культури (посівного матеріалу-рослини);

— аналіз умов вирощування культури (розміщення поля над рівнем моря, відношення до сонця, кут нахилу, глибин западин, динаміку накопичення та використання вологи за 5 років, аналіз стану ґрунту, його

пористість, існування плужних підшов та їх кількість, попередники за останні 5 років);

– аналіз машинного парку господарства (можливість забезпечення оптимальних потреб рослин відповідно до конкретних умов господарства);

– аналіз необхідності оренди техніки (орієнтовні терміни та тривалість).

Першочергово, зразу після збирання попередника, необхідно внести деструктор: *основна операція* – обприскування; *допоміжна операція* – підвезення води.

Для заробки у ґрунт рослинних решток та забезпечення оптимальних ґрунтових умов, для росту і розвитку кореневої системи та забезпечення повітряно-рідинного режиму проводиться основний обробіток: *основна операція* – оранка.

Забезпечення живлення та знищення бур'янів. Проводиться операція смугової закладки мінеральних добрив: *основна операція* – смугове внесення мінеральних добрив; *суміжна операція* – боронування поля.

Проведення сівби: *основна операція* – сівба; *суміжна операція* – внесення мінеральних добрив; *допоміжна операція* – підвезення насіння та добрив.

Боротьба з бур'янами: *основна операція* – внесення досходового гербіциду; *допоміжна операція* – підвезення води і препарату.

Аналіз стану поля на наявність хвороб. Аналіз проводиться двома шляхами: використання безпілотних летальних апаратів (БПЛА) та використання супутникових знімків для моніторингу on-line стану поля та аналіз його історії. Також вагомим аргументом є погодні умови на період внесення та дії ЗЗР. За необхідності проводиться захист рослин проти хвороб: *основна операція* – внесення робочого розчину; *допоміжна* – підвезення води і препарату.

Аналіз стану поля на забур'яненість. Проводиться за прописаною вище методикою. Знищення бур'янів: *основна операція* – внесення робочого розчину; *допоміжна* – підвезення води і препарату.

Збереження накопиченої енергії. Вчасне виконання відповідного агрозаходу операції забезпечує не тільки збереження врожаю, а і отримання якісної продукції, що в свою чергу сприяє вищій вартості врожаю. *Основна технологічна операція* – збирання; *допоміжна операція* – транспортування.

Використання теоретичних основ побудови алгоритму, забезпечення якості створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин сприяє оптимізації всіх техніко-технологічних процесів виробництва культур, зменшує хімічне навантаження на ґрунт та вплив ходових

систем на структуру ґрунту на ґрунт.

Висновки.

За результатами проведених досліджень розроблено математичну модель обґрунтування якісних показників роботи машинних агрегатів, їх оптимальних режимів роботи, які забезпечують потреби рослин у процесі їх росту і накопиченню енергії.

Використання теоретичних основ для розробки алгоритму встановлення якості виконання механізованих операцій забезпечує створення умов для росту і розвитку рослини; зменшує навантаження мінеральних добрив на ґрунт, засобів захисту рослин та вплив ходових систем на структуру ґрунту.

Список використаної літератури.

1. Пастухов В.І Якість роботи сільгоспмашин і біопотенціал сільгоспкультур.// Науково-технічний журнал "Техніка АПК" № 5-6 (545-546) 2001 р., С.19-25.
2. <https://superagronom.com/news/4054-ukrayina-strimko-vtrachaye-rodyuchi-zemli--ekspert> (Станом на 27.10.2019 рік).
3. <https://vn.20minut.ua/Podii/vinnitski-fermeri-mozhut-zbirati-na-2535-bilshi-vrozhayi-pres-sluzhba--10939659.html> (Станом на 25.10.2019 рік)
4. Мироненко В.Г. Науково-технічні основи розробки засобів механізації з керованою якістю виконання технологічних процесів у рослинництві: Автореф... дис. док. тех. наук. – Х.: 2006. – 26 с.
5. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Методики обчислення вартості машино-дня та збитків від простою машин» [Електронний ресурс] // № 885 від 12 липня 2004 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/885-2004-n>
6. Пастухов В.І. Обґрунтування оптимальних комплексів машинних агрегатів для механізації польових робіт: Автореф... дис. док. тех. наук. – Х.: 2006. – 26 с.
7. Зубко В.М. Підвищення ефективності механізованого технологічного процесу вирощування та збирання озимого ріпаку: Автореф... дис. кан. тех. наук. – Х.: 2009. – 22 с.

Pastukhov V., Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Ukraine

Zubko V., Sumy National Agrarian University, Ukraine

Determining the quality of the technological operation in accordance with the requirements of plants

This article discusses the theoretical features of calculating the quality of technological operations. The quality of the technological process is influenced by a large number of factors that are not taken into account today, therefore the concept of "quality factor" is introduced. According to the results of scientific studies of the operation of machine units in the field, it was found that when the machine unit is operating, there is a certain way in which the quality is at a low level. This is the path of acceleration and braking, it has not been previously taken into account. Along with these studies, it was found that the density of the soil, automated systems for controlling the quality of the technological process, regulating the machine, moisture and porosity of the soil have a significant impact on the efficiency of the unit. To develop a controlled process, an algorithm for growing crops was developed, which takes into account the main periods and combines groups of factors affecting the growth and development of plants.

Keywords: *quality, productivity, crop*

Дата надходження до редакції: 21.07.2019

