

Т. П. Волошко, ст. викладач, Сумський національний аграрний університет

*Наведені результати аналізу літературних джерел і виробничого досвіду з вибору матеріалів робочих органів ґрунтообробних машин та основних вимог до їх виготовлення й експлуатації. Запропонована система направленої вибору технології забезпечення необхідної якості поверхонь робочих органів на різних етапах їхнього життєвого циклу.*

**Ключові слова:** робочий орган, знос, робоча поверхня, система направленої вибору.

Сучасне сільськогосподарське виробництво практично неможливо уявити без застосування високоефективних сільськогосподарських машин, знарядь, реманенту та інструментів. Проблема забезпечення довговічності ґрунтообробної техніки в сільськогосподарському виробництві завжди залишається актуальною.

Аналіз відомих вітчизняних і зарубіжних робочих органів ґрунтообробних машин (РОГМ) показав їх недостатню ефективність роботи внаслідок швидкого зношування, затуплення та зміни форми робочої поверхні, що призводить до збільшення витрат паливо-мастильних матеріалів, погіршення якості обробки ґрунту, необхідності проведення додаткового загострювання робочих органів та заміну зношених деталей або їх відновлення.

**Аналіз основних досягнень та публікацій.** Для обробки ґрунту застосовують різні типи робочих органів (РО), а саме: лемішно-лапові та дискові (леміши плугів, стрічасті та односторонні лапи культиваторів, різні конструкції сошників, диски борін і лушпильників, розпушувачі й ін.) [1]. РО під час взаємодії з ґрунтом підлягають різним видам зношування: абразивному, корозійному, адгезійному, втомному й ін. При цьому, згідно [1-3], переважає абразивне зношування (АЗ).

Зношування РО відбувається за рахунок безперервної взаємодії металу з ґрунтом, інтенсивність і характер якої залежить від його природи й властивостей, а також від умов цієї взаємодії [3].

Процес зношування робочих органів достатньо складний і його протікання складається з сукупності окремих процесів, які викликають зміни в поверхневих шарах матеріалів деталей.

Абразивне зношування проявляється при контакті твердих частинок, що містяться в ґрунтах з робочою поверхнею деталі при їх взаємному переміщенні. Оскільки абразивні частинки, що знаходяться в ґрунтах не жорстко закріплені і мають різну твердість, то АЗ може відбуватися в результаті мікрорізання, пластичного деформування та відтиснення. Згідно [4], в деяких випадках зміни в поверхневих шарах носять позитивний характер, наприклад, наклеп під час багаторазового пластичного деформування поверхні абразивними частинками.

Механохімічне зношування може спостері-

гатися при взаємодії пластично деформованих шарів металу з атомами кисню, фосфору, азоту й іншими хімічними елементами. Пластична деформація поверхневих шарів металу є результатом контакту з абразивними частинками, а вищенаведені хімічні елементи обов'язково присутні в ґрунтах [5].

Корозійно-механічне зношування також може бути присутнім під час взаємодії робочих органів внаслідок електрохімічного впливу ґрунту. Ймовірно буде і негативний вплив атмосферної корозії, оскільки машини, що працюють з ґрунтами як правило зберігаються на відкритому повітрі, а їх робочі органи в періоди простою в переважній більшості випадків не консервують.

Згідно [6] зношування від втомленості матеріалів деталей і РО буде спостерігатися внаслідок багаторазового мікропластичного деформування об'єму матеріалу абразивними частинками ґрунту, що призводить до відділення частинки матеріалу й виникнення мікротріщин, і як наслідок появи концентраторів напружень.

Останнім часом все більше уваги в нашій країні й за кордоном приділяється такому виду зношування як водневе, котре пов'язане з процесом руйнування робочої поверхні виробів в результаті дифузії водню в їх поверхневі шари. Враховуючи те, що РОГМ безпосередньо контактують з ґрунтовым середовищем, однією зі складових якого є волога, можна стверджувати, що в процесі їх зношування буде присутнє і водневе зношування.

Типовий характер ділянок спрацювання серійних лемешів та лап культиваторів показано на рис. 1 [7].

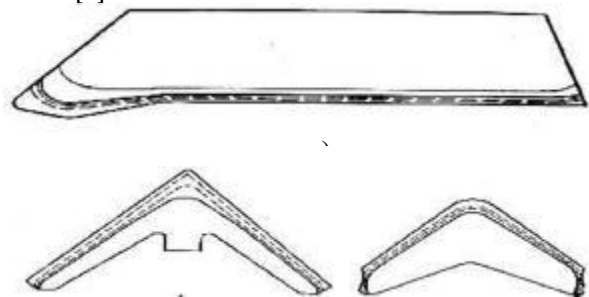


Рисунок 1 – Спрацювання контуру деталей машин в процесі обробки ґрунту: а) – леміш плуга; б) – лапа культиватора з захватом 270 мм; в) – лапа культиватора з захватом 150 мм.

Слід відмітити, що крім зношування поверхні РО, яка безпосередньо контактує з ґрунтом, не менш важливим є зношування, що протікає на контактуючих поверхнях деталей в місцях кріплення робочих органів. Такими поверхнями можуть бути контактуючі поверхні болтів та втулок з отворами, шайб з корпусом та гайкою, шпонок з шпонковими пазами й ін. Під час роботи ґрунтообробних машин відбуваються вібрації, внаслідок яких між вищезначеними контактуючими поверхнями виникають фретинг процеси, що можуть спричинити появу на цих ділянках мікро- та макротріщин, поява яких призводить до втомного руйнування [8].

При виготовленні РО ґрунтообробних машин існує два підходи [9]. Перший полягає у виготовленні РО з легованих сталей типу 65Г з наступною термообробкою. Цей підхід отримав більш широке розповсюдження на вітчизняних заводах-виробниках. Для другого підходу характерне використання високолегованих сталей з наступною термообробкою або зміцненням їх ріжучої кромки шляхом нанесення твердих зносостійких матеріалів. Даний напрямок отримав більш широке розповсюдження за кордоном.

Згідно [10-13] можна виділити наступні методи підвищення якості РО: загартування струмом високої частоти (СВЧ); наплавлення порошкових покриттів; дугове наплавлення твердих сплавів з використанням спеціальних електродів і

порошкового сплаву типу «Сормайт-1»; лазерне зміцнення та ін..

Останнім часом усе більшого розповсюдження набуває метод підвищення якості РОГМ за рахунок електроерозійного легування, який використовують як при виготовленні так і при ремонті РО.

Аналіз літературних джерел показав, що на даний час відсутні комплексні дослідження, направлені на розробку технології забезпечення необхідної якості поверхонь РО, за допомогою якої досягається максимальний ресурс їх роботи.

**Мета статті.** Враховуючи те, що якість РОГМ залежить від досягнення її на кожному етапі їх життєвого циклу, метою даної статті – є розробка системи направленої вибору технології забезпечення потрібної якості робочих органів ґрунтообробних машин шляхом аналізу та синтезу існуючих аналогів, досвіду промисловості та рекомендацій у вітчизняній та світовій літературі.

**Результати досліджень.** Системний аналіз містить в собі ряд інших методів, які функціонують в його межах. Одним з них може бути метод направленої вибору, що являє собою сукупність спеціальних методів досліджень, з якої в тому або іншому випадку обирається найбільш раціональний з них. Система направленої вибору технології забезпечення потрібної якості поверхонь РО охоплює увесь їх життєвий цикл (рис. 2).

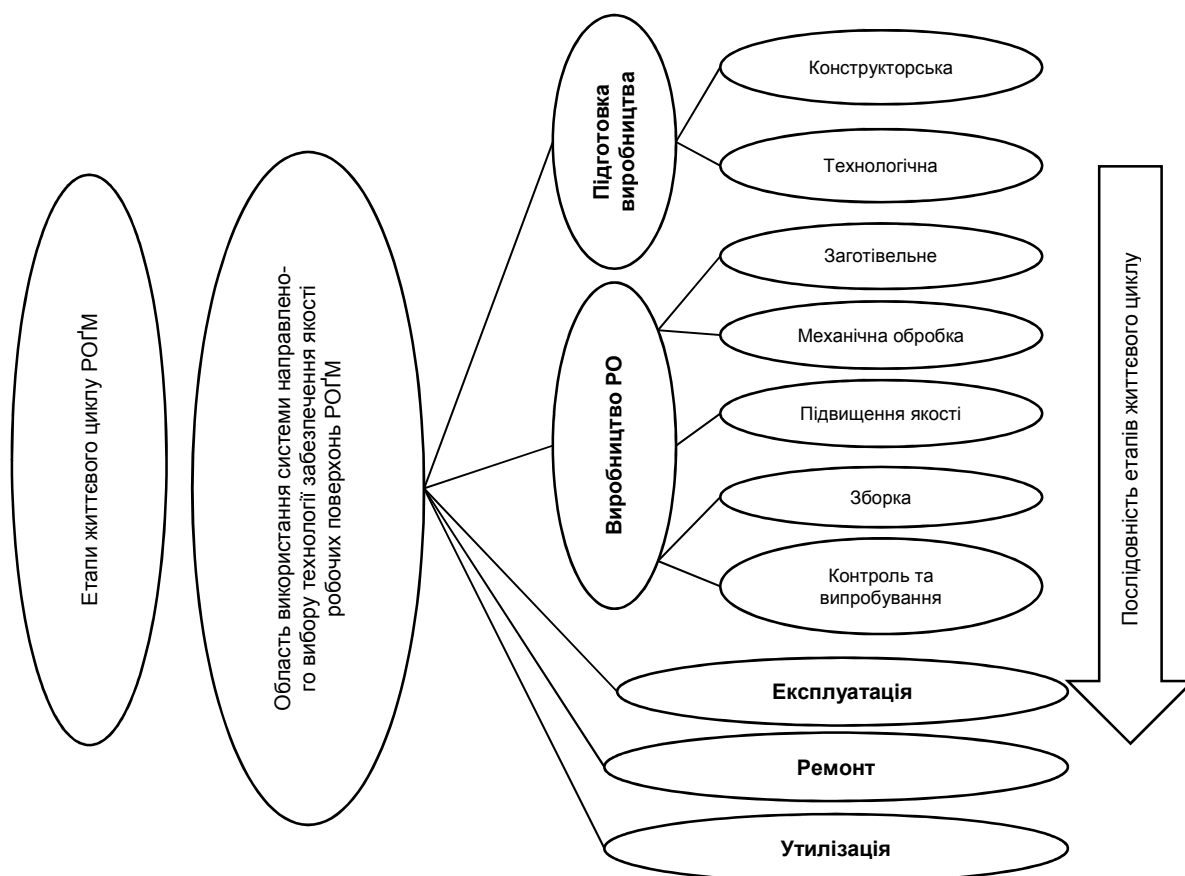


Рисунок 2 – Система направленої вибору технології забезпечення необхідної якості робочих поверхонь РОГМ на різних етапах життєвого циклу

Необхідність використання системного підходу при проведенні досліджень вимагає аналізу доцільного використання спрямованого вибору технологій забезпечення необхідної якості поверхонь РО на всіх етапах їх життєвого циклу (підготовка до виробництва, виробництво, експлуатація, ремонт та утилізація).

В даний час стало очевидним, що питання підвищення зносостійкості робочих поверхонь повинні проводитися в тісній кооперації конструкторських, технологічних і триботехнічних рішень. Правильний вибір матеріалів можливий лише на підставі аналізу конструкційних і триботехнічних характеристик РО й умов їх роботи.

На етапі конструкторської підготовки виробництва, при проектуванні РО, що здійснюють ті чи інші функції, важливо знати методи, використання яких може забезпечити необхідні характеристики поверхні й відповідно до цього призначити її якісні показники (технологічна раціональність конструкції). Як показує практика виробництва таких методів може бути декілька.

На етапах технологічної підготовки виробництва знання методів підвищення якості поверхневих шарів деталей машин дозволяє планувати раціональну технологію отримання заданих властивостей.

В результаті проведення наукових дослід-

жень, з'являється можливість вибору найбільш раціонального способу отримання заготовок РО необхідної якості. Можливо вони будуть виготовлятися з менш дешевих матеріалів, з меншими припусками на обробку і т. п. Не виключена можливість більш раціонального застосування термічної обробки заготовок, скорочення числа і тривалості окремих її етапів.

Знаючи вимоги, що пред'являються до поверхонь РО, відкривається можливість вибору таких методів механічної обробки, які будуть найбільш придатні й економічно обґрунтовані.

При плануванні й здійсненні складального процесу також необхідно знати отримувані результати досліджень. Вибір тих чи інших операцій збирання: зварювання, складання з термовпливом й інші залежить від якості отриманого раніше поверхневого шару. Це призводить до більш глибокого аналізу складального процесу, тому що на заключних його стадіях остаточно формуються необхідні характеристики виробу.

При формуванні поверхневого шару РО з заданими властивостями змінюються методи контролю і випробування. На рис. 3 представлений набір методів для досягнення необхідної якості робочих поверхонь, що становлять практичну область застосування результатів виконуваних наукових досліджень.

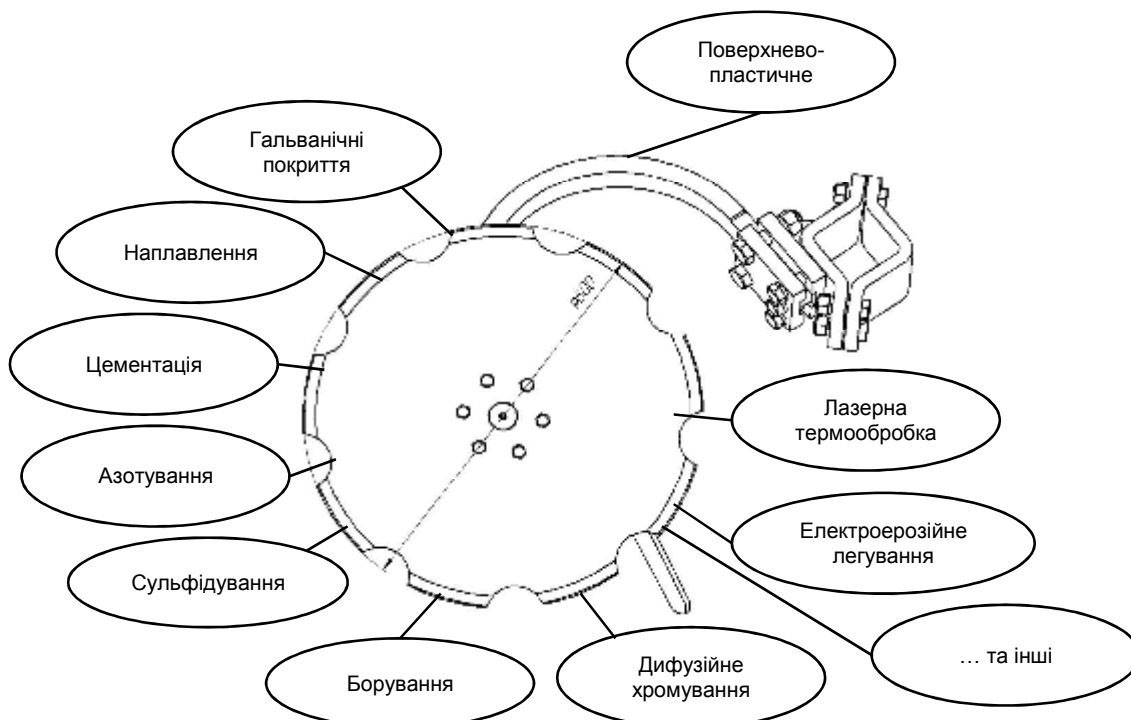


Рисунок 3 – Методи досягнення необхідної якості поверхонь робочих органів ґрунтообробних машин

Використання системи спрямованого вибору технології забезпечення необхідної якості на етапі ремонту дозволяє більш економічно вирішувати задачу відновлення їх працездатності. Як показує практика на цьому етапі застосування результатів наукових досліджень дає значний економічний ефект.

Отримані результати також необхідно знати для раціональної утилізації робочих органів, тому що їх переробка багато в чому залежить від складу матеріалів та їх структури.

З огляду на те, що методів досягнення заданої якості поверхонь РОГМ може бути декілька, граф переходу поверхні з одного якісного стану в

інший має вигляд, представлений на рис. 4.

Цільова функція визначає якість управління процесом отримання виробом заданих характеристик при використанні одного з методів і в загальному вигляді задача оптимізації представляється у вигляді [14]:

$$Q' = \text{extr} \{f_0(x, \omega) | x \in D\} \quad (1)$$

за умов технологічних обмежень:

$$g(x, \omega) \leq 0; f(x) \leq 0; a_i \leq x_i \leq b_i,$$

де  $f_0(x, \omega)$  - критерій оптимізації, який за-

лежить від керованих  $x$  та постійних  $\omega$  параметрів процесу;  $D$  – область допустимих значень  $x$ ;  $a_i, b_i$  – постійні.

Оптимізація може бути як структурна – оптимізація кількості використовуваних методів або шарів покриттів, що наносяться на поверхню РО, так і параметрична – оптимізація параметрів технологій, що використовуються для формування поверхні з заданими властивостями.

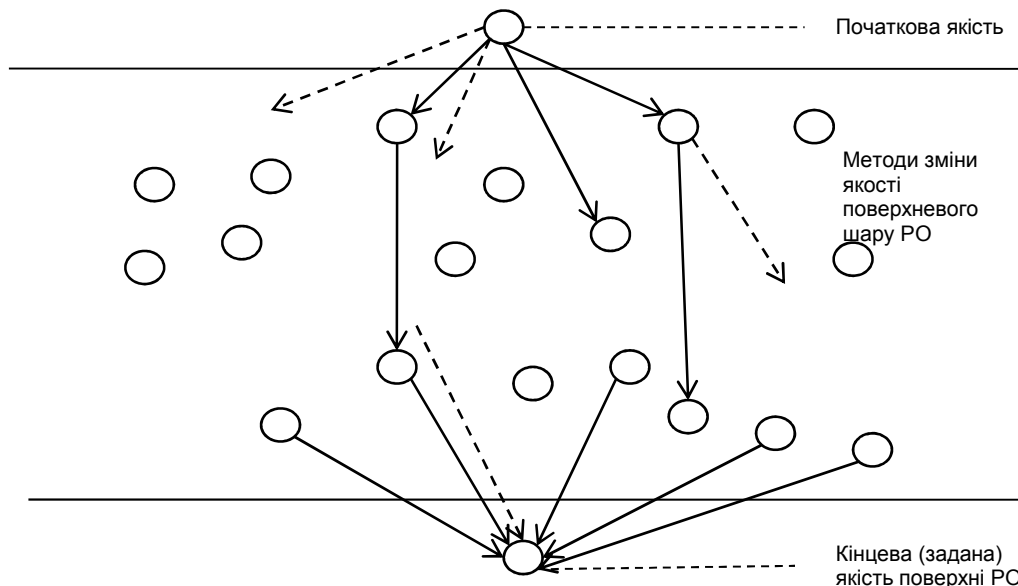


Рисунок 4 – Граф переходу якості поверхні РОГМ з одного стану в інший (цільова функція – витрати на перехід поверхні з одного стану в інший)

З огляду на те, що кожен з параметрів зміни якості поверхні РО відбувається за своїми законами і у відповідних умовах, причому задану якість поверхні може бути досягнуто невеликою кількістю методів, завдання оптимізації можна

вирішувати методом лінійного програмування. При цьому будується мережева модель можливих методів, набір яких дозволяє отримати поверхню заданої якості (рис. 5).

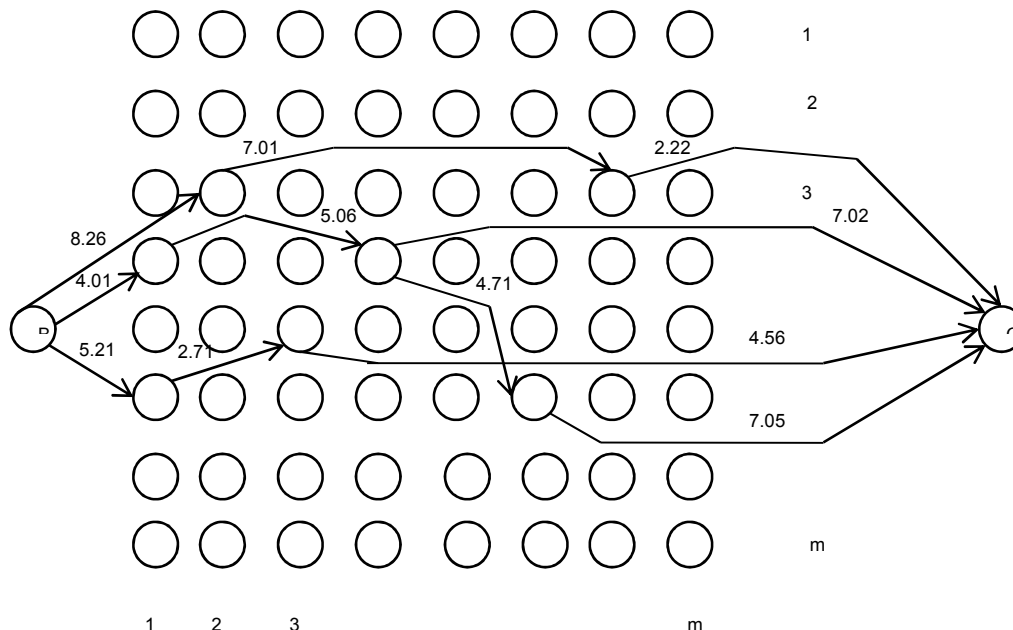


Рисунок 5 – Мережева модель можливих методів отримання необхідної якості робочих поверхонь РОГМ

Розмірність матриці ( $m \times m$ ) відповідає кількості аналізованих методів. Ребрами з'єднують ті методи, набір яких може бути використаний для отримання поверхні заданої якості. На початку матриці, що відображає мережеву модель, стоїть вершина, яка характеризує початок «В» (витік) процесу, а в кінці – вершина, що характеризує закінчення процесу («С» (стік)) отримання поверхні РО із заданою якістю.

В робочому органі може бути кілька поверхонь з різними якісними характеристиками. Тому набір використовуваних методів в цілому для РО може бути збільшений. На ребрах вказуються вагові коефіцієнти прийнятого критерію оптимальності. Застосовуючи стандартні алгоритми [15-16], визначення найкоротшого шляху на мережі, визначається шлях, який має оптимальне значення заданих показників.

Завдання оптимізації формулюється так: мінімізувати:

$$\sum_{ji \in \text{сети}} \sum \Delta R_{ji} \cdot \vartheta_{ji}$$

при обмеженнях:

$$\sum_{kj \in \text{сети}} \vartheta_{kj} - \sum_{ik \in \text{сети}} \vartheta_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{для } k=B \text{ (витік);} \\ 0, & \text{для } k - \text{проміжних;} \\ -1, & \text{для } k=C \text{ (стік),} \\ & \text{для } k=C \text{ (сток)} \end{cases}$$

де  $\vartheta_{ji} \geq 0$  для усіх дуг мережі;  $k$  – номер вершин мережі;  $kj$  – витоки дуг з вершини  $k$  до вершини  $j$ ;  $ik$  – до вершини  $k$  втікають дуги з попередніх вершин  $i$ .

При вирішенні завдань підвищення якості поверхонь РО важливо враховувати не тільки вартісні, але і екологічні характеристики процесу.

Витрати на підтримку екологічних характеристик робочих органів відповідного рівня вносяться в суму загальних витрат. Слід зазначити, що екологічні характеристики можуть бути використані в якості самостійного критерію оптимізації при прийнятті попередньо відібраних економічно доцільних варіантів.

При оптимізації може змінюватися набір методів, які використовуються для формування поверхні заданої якості, кількість шарів в покритті, а також режими роботи обладнання.

На більш високому рівні завдання оптимізації може бути вирішене з урахуванням всіх стадій життєвого циклу РО. При цьому необхідно аналізувати на всіх стадіях прибуток і збитки в залежності від якості сформованого на поверхні робочого органу матеріалу. Збільшення розмірності розв'язуваної оптимізаційної задачі може привести до необхідності використання методу динамічного програмування.

#### Висновки.

1. Проведені дослідження дозволили розробити загальні положення підвищення якості робочих органів ґрунтообробних машин в залежності від вимог експлуатації.

2. Запропоновано систему направленої вибору технологій формування поверхневого шару робочих органів, що враховує всі стадії їх життєвого циклу. При цьому враховують як економічні так і екологічні вимоги.

3. Для досягнення заданої якості поверхонь робочих органів, в залежності від їх видів та вимог до них, можуть бути використані як окремі методи, так і їх комбінації.

#### Список використаної літератури:

1. Сисолин П.В. Почвообрабатывающие и посевные машины: история, машиностроение, конструирование / П.В. Сисолин, Л.В. Погорелый. – К.: Феникс, 2005. – 264 с.
2. Аулін В.В. Характер та інтенсивність зношування робочих органів ґрунтообробних машин / В.В. Аулін, В.М. Бобрицький // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – Хмельницький: ХДУ, 2004. – №2. – С. 107-112.
3. Севернев М.М. Долговечность и работоспособность сельскохозяйственных машин / М.М. Севернев // Вопросы земледельческой механики. – М., 1963. – Т.Х. – С. 214.
4. Аулін В. В. До проблеми виявлення видів та природи зношування робочих органів машин, що працюють з ґрунтами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://conference.nuos.edu.ua/catalog/lectureDetail?conferenceld=12052&lectureld=18607>
5. Аулін В.В. Зношувальна здатність ґрунтового середовища та закономірності спрацювання деталей РОГМ / В.В. Аулін, М.І. Черновол, А.А. Тихий // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – Хмельницький: ХДУ, 2010. – №2. – С. 6-10.
6. Аулін В.В. Вплив твердої фази ґрунту на характер і величину зношування поверхні РОГМ / В.В. Аулін, М.І. Черновол, В.М. Бобрицький, А.А. Тихий // Инженерия поверхности и реновация изделий. Материалы 9-й междуна. научн.-техн. конф., 25-29 мая 2009, г. Ялта. – Киев: АТМ Украины, 2009. – С. 235-237.
7. Денисенко М.І. Підвищення експлуатаційної надійності деталей робочих органів ґрунтообробних машин / М.І. Денисенко, В.Д. Войтюк // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2011. – Вип. 166. ч. 1. – С. 274-284.
8. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: «Издательство МСХА», 2001. – 616 с., ил. 280.
9. Зміцнення та відновлення робочих органів ґрунтообробних машин композиційними покриттями

ми евтектичного типу /М.І.Пашечко, М.І.Денисенко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2012. – Вип. 170. ч. 2. – С. 348-354.

10. Саїнсус О.Д. Підвищення довговічності лап культиваторів композиційними покриттями перемінного складу : Авторефер. дис. канд. техн. наук. – Кіровоград, 2008. – 28 с.

11. Бобрицький В.М. Підвищення зносостійкості різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин: Авторефер. дис. канд. техн. наук. – К., 2007. – 20 с.

12. Будко С.І. Методы повышения эффективности упрочнения деталей лемешно -отвальных плугов дуговой наплавкой твердыми сплавами : Авторефер. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – С-Петербург – Пушкино, 2009. – 20 с.

13. Ковальчук Ю.О. Застосування лазерного зміцнення сталі 65Г для підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних знарядь / Ю.О. Ковальчук, В.В. Дідур, В.В. Кравченко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – вип. 25, ч. 1. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – С. 74-80.

14. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве.- М.: Машиностроение, 1989.- 295с.

15. В.О. Азбель, В.А. Егоров, А.Ю. Звоницкий. Гибкое автоматизированное производство Изд. 2-е переработанное и дополненное.- Л.: Машиностроение, 1985.- 454 с.

16. М.С. Лебедевский, В.Л. Вейц, А.И. Федотов. Научные основы автоматической сборки.- Л.: Машиностроение, 1985.- 316 с.

### **Волошко Т.П. Направлений выбор технологии повышения качества рабочих органов почвообрабатывающих машин**

*Приведены результаты анализа литературных источников и производственного опыта по выбору материалов рабочих органов почвообрабатывающих машин, а также основных требований к их изготовлению и эксплуатации. Предложена система направленного выбора технологии обеспечения требуемого качества поверхностей рабочих органов на различных этапах их жизненного цикла.*

**Ключевые слова:** рабочий орган, износ, рабочая поверхность, система направленного выбора.

### **Voloshko T. directed the technology for improving the quality of working bodies of tillage machines**

*The article discusses the problem and the urgency of ensuring the longevity of tillage equipment in agricultural production. The analysis of known domestic and foreign working bodies of tillage machines (WBTM), which showed their lack of efficiency due to rapid wear, dull and change the shape of the working surface, which leads to the increase in the cost of fuel or lubricants, of the deterioration in the quality of the soil, the need for additional sharpening of the working bodies and the replacement of worn parts or restore them.*

*Given the fact that the quality of the working bodies of tillage machines depends on her achievements at every stage of their lifecycle (pre-production, production, operation, repair and disposal) the aim of this work was to develop a system of directional selection technology ensure the quality of the working bodies of tillage machines by means of analysis and synthesis of existing technologies, industry expertise and recommendations to national and world literature.*

*The paper presents the characteristics of each stage of the life cycle of the working bodies. Emphasized that in the manufacture of the working bodies of tillage machines there are two approaches. The first is the issue of the working bodies of alloyed steels followed by heat treatment, which is widespread in the domestic manufacturing plants. For the second approach, which is more widespread abroad, is characterized by the use of high-alloy steels followed by heat treatment or hardening of the cutting edge by applying a hard wear-resistant materials.*

*Among the methods of hardening of working bodies, marked by electrical discharge alloying method, which is recently becoming more widespread.*

*The conducted research has allowed to develop the General provisions improving the quality of working bodies of tillage machines depending on the operating requirements. The proposed system of controlled choice of technologies of formation of surface layer of working bodies that takes into account all stages of their life cycle. While taking into account economic and environmental requirements. To achieve a given surface quality of the working bodies, depending on their species and their requirements, can be used as individual methods and their combinations.*

**Keywords:** working body, the wear, the working surface, the system of controlled choice.

Дата надходження до редакції: 23.12.2015

Резензент: д.т.н., проф. Ревенко І.І.