

**Дудніков А.А.**

к.т.н., професор

Біловод О.І.

к.т.н., доцент

Горбенко О.В.

к.т.н., доцент

Келемеш А.О.

к.т.н., старший викладач

**Полтавська державна
аграрна академія****Dudnikov A.****Belovod O.****Gorbenko O.****Kelemesh A.****Poltava State Agrarian
Academy****УДК 621.43****ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
МАШИН**

У роботі розглянуті питання підвищення надійності сільськогосподарської техніки за рахунок використання зміцнення матеріалу відновлених деталей вібраційним деформуванням, що забезпечує підвищення показників якості їх поверхневого шару при відновленні. Представлена матриця параметрів пластичного деформування, оптимальні показники якого забезпечують якість обробки відновлених деталей. Обґрунтована оптимальна форма робочого інструменту, яка забезпечує більш високу якість обробки.

Одержані математичні залежності виразу зусилля деформування циліндричних деталей типу втулка із загартованого і незагартованого матеріалу в залежності від припуску на обробку і кута нахилу робочого органу.

Результати роботи забезпечують базу для обґрунтування оптимальних параметрів робочих органів і технологічного процесу обробки при розробці технології відновлення деталей методом вібраційного деформування.

Ключові слова: параметри якості обробки, статичне навантаження, вібраційне деформування, припуск обробки, кут нахилу, зусилля деформування.

Постановка проблеми. В процесі експлуатації машин виникають проблеми зниження їх ресурсу внаслідок передчасного пошкодження їх складальних одиниць, агрегатів, деталей. Забезпеченню необхідних параметрів якості обробної поверхні (поверхневого шару) в значній мірі сприяють технологічні операції зміцнення, що підвищують їх фізико-механічні властивості.

Наукова проблема полягає у виявленні серед цілого ряду технологій зміцнення найбільш ефективної, що забезпечує підвищення показників якості зміцненого поверхневого шару матеріалу деталей як при їх виготовленні, так і відновленні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Якість виробу, перш за все, визначається якістю робочих поверхонь, що забезпечує його надійну роботу. Створення конкурентоздатних виробів (машин, агрегатів, складальних одиниць, деталей) можливе при забезпеченні відповідних якісних показників, які підвищують ресурс [1, 2].

Дослідженнями деяких вчених Григор'євой Н.С. [3], Гавришем А.П. [4], Скобло Т.С. [5] встановлена залежність між показниками поверхневого шару матеріалу деталей і його експлуатаційними властивостями. Останні характеризуються

зносостійкістю, опором втомного руйнування.

Для оцінки якості поверхневого шару, на думку, можна використовувати такі показники, як структура і хімічний склад матеріалу [6].

В машинобудуванні для оцінки якості поверхневого шару використовуються дані показники: твердість (мікротвердість), шорсткість, залишкові напруження (стиснення і розтягу).

На думку Скобло Т.С. [7], при терті контактуючих поверхонь для підвищення зносостійкості достатньо мати товщину зміцненого шару до 2 мм з нанесеним покриттям до 350HV. Однак, підвищення твердості нанесених покриттів, як відмічає автор, зменшує контактну витривалість.

Для підвищення експлуатаційних властивостей деталей потрібно мати в поверхневому шарі зміцнену структуру, що може бути забезпечено циклічним поверхневим деформуванням (вібраційним навантаженням матеріалу, що обробляється). Тому потрібно проведення досліджень, що розширять можливість даного технологічного процесу зміцнення.

Формулювання мети досліджень. Оскільки наявні способи пластичного деформування в повній мірі не забезпечують підвищені вимоги до якості поверхневого шару,



то актуальною є проблема, що пов'язана з виявленням параметрів вібраційного навантаження ділянки деформації для забезпечення необхідної якості поверхневого шару матеріалу деталей. Метою роботи є забезпечення показників якості оброблюваного матеріалу за рахунок виявлення основних параметрів вібраційного навантаження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зміною параметрів умов контакту інструменту з поверхнею обробки, кінематичних параметрів руху інструменту або обробної поверхні, геометричних параметрів обробного інструменту можна керувати показниками якості зміцненого шару при деформуванні. Якість параметрів залежить від технологічного способу обробки.

Динамічні навантаження при циклічному поверхневому деформуванні сприяють підвищенню продуктивності і покращенню властивостей матеріалу поверхневого шару.

Для підвищення якості обробки всі параметри пластичного деформування представимо у вигляді матриці багатофакторного експерименту (рис. 1), одна грань (вісь) якої характеризує кінематичні параметри K_i ; друга – параметри і форму обробного інструменту Π_i ; третя – параметри зусилля обробки P_i .

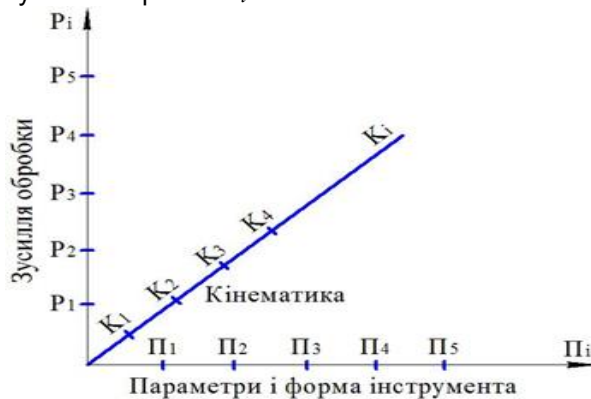


Рис. 1. Матриця параметрів обробки

Всі способи циклічного деформування включають вказані групи параметрів і мають код K_i , Π_i , P_i . Група кінематичних параметрів K_i , включає: швидкість деформування і амплітуду робочого органу – пуансона. Група параметрів і форми обробного інструменту – кут нахилу пуансона, розміри калібруючого пояса. Група зусилля обробки циліндричних деталей включає: припуск на обробку (різниця між діаметром отвору, що обробляється і діаметром обробного інструменту), кут нахилу пуансона, розміри калібруючого пояса.

При звичайному деформуванні пустотілого циліндричного зразка-деталі (статичне навантаження) обробний інструмент

під дією прикладеного зусилля продавлюється через отвір деталі, який менший діаметра інструменту на величину припуску на обробку.

При збільшенні значення припуску і товщини стінки деталі відбувається збільшення зусилля обробки і зменшення швидкості руху пуансона.

Основним кінематичним параметром схеми обробки є швидкість деформування, яка буде залежати від величини припуску, діаметру обробного отвору, а також форми і розмірів обробного інструменту. Група параметрів і форми обробного інструменту визначають умови контакту поверхні деталі і інструменту та його реалізацію.

При статичному навантаженні (звичайне деформування) контакт між обробною поверхнею деталі і поверхнею обробного інструменту буде постійним (безперервним), а при вібраційному (циклічне) – дискретним (непостійним).

В процесі обробки в місці контакту між оброблюваною поверхнею і інструментом виникає сила тертя, яка визначає величину залишкових напружень. Від сили тертя в місці контакту в значній мірі залежать залишкові напруження, що сприяють зміцненню обробного матеріалу деталі. Створенню більшої глибини зміцненого поверхневого шару сприяють вібраційні коливання обробного інструменту або оброблюваної деталі, які в момент послаблення контакту спряжених вказаних поверхонь (або їх відриву) знижують силу тертя, і тим самим, підвищують як величину деформування, так і глибину зміцненого шару.

При імпульсній обробці (вібраційне деформування) для забезпечення якості поверхневого шару потрібно встановити взаємозв'язок між конструктивними (розміри інструменту і деталі) і технологічними (швидкість руху інструменту, амплітуда і частота його коливань) параметрами. Технологічні параметри значно впливають на характер самого процесу обробки, а відповідно, на показники якості поверхневого шару обробленої деталі: шорсткість поверхні, ступінь зміцнення, глибина зміцненого поверхневого шару, залишкові напруження.

Обробний інструмент (пуансон) кріпиться за рахунок спеціального пристрою до вібробудувача (вібратора), форма якого при обробці циліндричних деталей (поршневі пальці, бронзові втулки верхніх головок шатунів та ін.), може бути конусною, кульовою і напівкульовою. Форма і розміри інструменту мають вплив не тільки на конфігурацію і розміри обробної деталі, але і на зусилля деформування.

Зусилля деформування відноситься до числа основних параметрів, що визначають



величину пластичної деформації, яке витрачається на подолання тертя між контактуючими поверхнями, змінюючи розміри і форму яких, можна керувати зусиллям обробки і якістю обробної поверхні.

Швидкість руху обробного інструменту, разом з частотою і амплітудою його коливань і його геометричних параметрів, сприяють інтенсивності динамічного (вібраційного) навантаження F , що визначає необхідну якість зміцненого шару.

Для визначення раціональної форми обробного інструменту пуансони виготовляли конічної і кульової форми. При обробці внутрішньої поверхні деталей пуансоном кульової форми зусилля на деформування матеріалу в радіальному напрямку і по напрямку руху пуансона будуть різні в контактуючих ділянках, що викликає нерівномірність деформації у вказаних напрямках. Це сприяє погіршенню властивостей деформованого матеріалу деталей.

Зусилля обробки пустотілих циліндричних деталей конічним пуансоном із відповідним кутом нахилу по всіх ділянках контакту постійні, що забезпечує більш рівномірний технологічний процес деформування і сприяє більшому зміцненню обробного матеріалу.

Було встановлено, що кульова форма в значній мірі після 6-12 робочих ходів в умовах звичайного деформування змінювала форму робочої поверхні за рахунок налипання матеріалу, що переноситься з оброблюваної поверхні деталі на робочу поверхню пуансона.

Величина металу, що налипається на робочу поверхню обробного робочого органу (пуансона) після відновлення 32 деталей складала:

а) при звичайному деформуванні пуансоном кульової форми 0,52 г, конусної – 0,15 г;

б) в умовах вібраційного деформування ці величини відповідно склали 0,30 г і 0,08 г.

Експериментально встановлено, що конусна форма пуансона має переваги в порівнянні з кульовою: величина металу, що налипається на робочу поверхню конусних пуансонів менше в 3,47 рази при звичайному деформуванні і в 3,75 рази при вібраційному [8].

У табл. 1 представлені значення величини металу, що налипається від наступних параметрів: матеріалу обробних деталей, кута нахилу пуансона і способу деформування при довжині зразка 100 мм, швидкості руху пуансона 0,03 м/с і кутах нахилу пуансона $10^{\circ}30'$, 11° , $11^{\circ}30'$.

Таблиця 1

Величина металу, що налипається, г

Припуск, мм	Сталь 45, загартована			Сталь 45		
	$10^{\circ}30'$	11°	$11^{\circ}30'$	$10^{\circ}30'$	11°	$11^{\circ}30'$
Деформування без вібрацій						
0,4	0,005	0,008	0,009	0,006	0,009	0,012
0,5	0,008	0,012	0,014	0,009	0,013	0,018
0,6	0,112	0,018	0,020	0,011	0,019	0,022
Вібраційне деформування						
0,4	-	-	-	-	-	0,001
0,5	-	-	-	0,001	0,003	0,003
0,6	0,002	0,003	0,003	0,005	0,006	0,006

Експериментально встановлено, що максимальне налипання металу матеріалу має місце при куті нахилу пуансона $10^{\circ}30'$ як при звичайному, так і при вібраційному деформуванню сталевих зразків з зовнішнім діаметром 22-28 мм. Кут нахилу пуансона $10^{\circ}30'$ є оптимальним.

Дослідження впливу висоти калібруючого пояса пуансона на якість обробної поверхні деталей показали, що мінімальне значення параметру шорсткості складало при вібраційному деформуванні $R_z = 3,0 \dots 3,2$ мкм, а при звичайному $R_z = 9,2 \dots 9,5$ мкм при висоті калібруючого поясу 4...5 мм.

Зусилля деформування є одним з основних параметрів обробки, що визначають

якість обробної поверхні деталі, а також структурні зміни поверхневого шару. На основі даних досліджень були отримані математичні вирази зусилля деформування в залежності від кута нахилу пуансона β , припуску на обробку Π для зразків із загартованої сталі 45 (рівняння 1) і незагартованої сталі (рівняння 2):

$$P = 506(0,6 + \operatorname{tg} \beta) \cdot 4,6^{\Pi}, \quad (1)$$

$$P = 346(0,6 + \operatorname{tg} \beta) \cdot 5,76^{\Pi}. \quad (2)$$

Зусилля деформування підвищується зі збільшенням довжини зразків (деталей). Так при деформуванні зразків із загартованої сталі 45 довжиною 60 і 90 мм з кутом нахилу пуансона $10^{\circ}30'$ при припуску $\Pi=0,3$ мм величина зусилля складала відповідно 720 і



810 Н/м², а при обробці зразків із загартованої сталі 45 – відповідно 420 і 424 Н/м² [9].

В табл. 2 представлені отримані значення

зусилля вібраційного деформування циліндричних зразків-втулок з різних матеріалів [10].

Таблиця 2

Величина зусилля деформування

Припуск на обробку Δ , мм	Зусилля деформування P , Н/м ²				
	Загартована сталь 45	Сталь 45	Ст.3	Ст.5	Бронза БрОЦС 5-5-5
0,4	786	512	372	470	296
0,5	918	581	420	544	328
0,6	1099	664	482	610	346

З представлених даних видно, що зусилля деформування підвищується зі збільшенням припуску на обробку.

Дослідженнями встановлено, що при

вібраційному деформуванні зусилля обробки залежить також від амплітуди коливань A обробного робочого органу (табл. 3).

Таблиця 3

Значення зусилля вібраційного деформування при $\beta = 10^\circ 30'$ і $l = 90$ мм

$A = 0,5$ мм		$A = 1,25$ мм		$A = 1,75$ мм	
Припуск Δ , мм	P , Н/м ²	Припуск Δ , мм	P , Н/м ²	Припуск Δ , мм	P , Н/м ²
0,3	907	0,3	866	0,3	952
0,4	1125	0,4	1084	0,4	1183
0,5	1240	0,5	1186	0,5	1312

Найменше зусилля деформування, як показали дослідження було при амплітуді коливань пуансона $A = 1,2$ мм. При деформуванні зразків $l = 90$ мм із загартованої сталі 45 зусилля обробки при амплітуді $A = 1,25$ мм в 1,05 рази менше, ніж при амплітуді $A = 0,5$ мм і в 0,9, ніж при $A = 1,75$ мм.

Висновки. Отримані дані і подальші дослідження в області використання вібраційних коливань в технологічних процесах будуть використані для розробки технологій відновлення деталей типу втулка з метою підвищення надійності машин.

Список використаних джерел

1. Киричок П.О. Зміцнення поверхонь металевих деталей: навч. посіб. / П.О. Киричок, В.Г. Олійник, Т.Ю. Киричок. – Київ: Преса України, 2004. – 240 с.

2. Бобровский Н.М. Технология обработки деталей поверхностно-пластическим деформированием без применения смазывающе-охлаждающих технологических средств: монография / И.Н. Бобровский, П.А. Мельников, А.В. Ежелев // Самар. науч. центр РАН, 2012. – 142 с.

3. Григор'єва Н.С. Забезпечення та підвищення експлуатаційних властивостей деталей та з'єднань / Н.С. Григор'єва, В.А. Шабайкович // Вісн.ЖДТУ. – 2006. – № 4. – С. 124–135.

4. Гавриш А.П. Зміцнення металевих поверхонь деталей машин та механізмів / А.П. Гавриш, П.О. Киричок, М.П. Підберезний. –

Київ: Наук. думка, 1995. – 174 с.

5. Скобло Т.С. Анализ факторов влияющих на определение связи твердость-коэрцитивная сила / Т.С. Скобло, А.Н. Сидашенко, М.В. Марченко // Сб. ХДТУСГ. Вып. 39. – Харьков: 2005. С.264-270.

6. Белый А.В. Структура и методы формирования износостойких поверхностных слоев / А.В. Белый, Г.Д. Карпенко, Н.К. Мышкин. – М.: Машиностроение. – 1991. – 208 с.

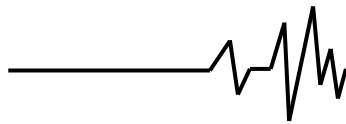
7. Скобло Т.С. Исследование влияния виброобработки на упрочнение структурных составляющих стали 10 / Т.С. Скобло, В.М. Власовец, А.О. Науменко, И.А. Дудников // Сб. ХНТУСГ им. Петра Василенко. – Харьков. – 2015. – Вып.158. – С.279-287.

8. Дудніков А.А. Вплив пластичного деформування на властивості оброблюваних матеріалів деталей / А.А. Дудніков, І.А. Дудніков, В.В. Дудник, О.І. Біловод, О.В. Горбенко // Наукові нотатки. – ЛНТУ. – Луцьк. – 2017. – Вип.58. – С.140-144.

9. Дудников А.А. Обеспечение качества поверхностного слоя деталей при обработке поверхности пластическим деформированием / А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.А. Келемеш // Технологический аудит и резервы производства. – Харьков: 2012. – №1(3). – С.22-25.

Список джерел у транслітерації

1. Kirichok, P., Olijnik, V., Kirichok, T. (2004). Zmicnennya poverhon metalevikh detalej [Strengthening the surfaces of metal parts]. *navch.*



posib. (240 p.). Kiyiv: Presa Ukrayini [in Ukrainian].

2. Bobrovskij, N., Melnikov, P., Ezhelev, A. (2012). Tehnologiya obrabotki detalej poverhnostno-plasticheskim deformirovaniem bez primeneniya smazyvayushe-ohlazhdayushih tehnologicheskikh sredstv [Technology of processing of details by surface-plastic deformation without the use of lubricating and cooling technological equipment]. *Monografiya*. (142 p.). Samar. nauch. centr RAN [in Russian].

3. Grigor'yeva, N., Shabajkovich, N. (2006). Zabezpechennya ta pidvishennya ekspluatacijnih vlastivostej detalej ta z'yednan [Maintenance and improvement of operational properties of parts and joints]. *Visn.ZhDTU*. (Vols. 4), (pp. 124-135) [in Ukrainian].

4. Gavrish, A. Kirichok, P., Pidberezniy, M. (1995). Zmichennya metalevih poverhon detalej mashin ta mehanizmiv [Strengthening of metal surfaces of machine parts and mechanisms]. (174 p.). Kiyiv: *Nauk. Dumka* [in Ukrainian].

5. Skoblo, T., Sidashenko, O., & Marchenko, M. (2005). Analiz faktorov vlijajushhiih na opredelenie svjazi tverdost'-kojercitivnaja sila [The analysis of the factors influencing the determination of the connection is hardness-coercive force]. *Zbirnyk KhDTUSH – HdtuSG collection* (Vols. 39), (pp. 264-270). Kharkiv: HdtuSG [in Ukrainian].

6. Belyj, A., Karpenko, H., & Myshkin, N. (1991). *Struktura i metody formirovanija iznosostojkih poverhnostnyh sloev* [Structure and methods of formation of wear-resistant surface layers]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].

7. Skoblo, T., Vlasovets, V., Naumenko, A., & Dudnikov, I. (2015). Issledovanie vlijaniya vibroobrabotki na uprochnenie strukturnyh sostavljajushhiih stali 10 [Investigation of the influence of vibroprocessing on hardening of structural components of steel 10]. *Zbirnyk KhNTUSH ym. Petra Vasylenko – KhNTUSH ym. Petra Vasylenko collection* (Vols. 158), (pp. 279-287). Kharkiv: KhNTUSH [in Ukrainian].

8. Dudnikov, A., Dudnikov, I., Dudnik, V., Bilovod, O., & Gorbenko, O. (2017). Vplyv plastychnoho deformuvannia na vlastyvosti obrobljuvanykh materialiv detalei [Influence of plastic deformation on the properties of machined parts of materials]. *Naukovi notatky – Scientific notes* (Vols. 58), (pp. 140-144). Lutsk: LNTU [in Ukrainian].

9. Dudnikov, A., Bilovod, O., & Kelemesh, A. (2012). Obespechenie kachestva poverhnostnogo sloja detalej pri obrabotke poverhnosti plasticheskim deformirovaniem [Ensuring the quality of the surface layer of parts during surface treatment by plastic deformation]. *Tekhnolohichniy audyt i rezervy vyrobnytstva – Technological audit and production reserves* (Vols. 1(3)), (pp. 22-25). Kharkiv: Tekhnolohichniy tsentr [in Ukrainian].

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

В работе рассмотрены вопросы повышения надежности сельскохозяйственной техники за счет применения упрочнения материала восстановленных деталей вибрационным деформированием, обеспечивающим повышение показателей качества их поверхностного слоя при восстановлении. Представлена матрица параметров пластического деформирования, оптимальные параметры которого обеспечивают качество обработки восстанавливаемых деталей. Обоснована оптимальная форма рабочего инструмента, которая обеспечивает более высокое качество обработки.

Получены математические зависимости выражения усилия деформирования цилиндрических деталей типа втулка из закаленного и незакаленного материала в зависимости от припуска на обработку и угла уклона рабочего органа.

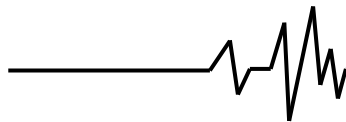
Результаты работы обеспечивают базу для обоснования оптимальных параметров рабочих органов и технологического процесса обработки при разработке технологии восстановления деталей методом вибрационного деформирования.

Ключевые слова: *параметры качества обработки, статическое нагружение, вибрационное деформирование, припуск обработки, угол уклона, усилие деформирования.*

TECHNOLOGICAL WAYS TO INCREASE THE RELIABILITY OF AGRICULTURAL MACHINES

In work the questions of increase of reliability of agricultural machinery due to application of hardening of a material of the restored details by the vibrational deformation providing increase of quality indicators of their superficial layer at restoration are considered. The matrix of parameters of plastic deformation is presented, the optimal parameters of which ensure the quality of processing of the parts to be restored. The optimal form of the working tool is proved, which ensures a higher quality of processing.

Mathematical dependences of the expression for the deformation force of cylindrical bushing parts from hardened and non-hardened material are obtained depending on the allowance for processing and the slope angle of the working



member.

The results of the work provide a basis for substantiating the optimal parameters of the working elements and the technological process of processing when developing the technology of

restoring parts by the method of vibrational deformation.

Keywords: processing quality parameters, static loading, vibrational deformation, machining allowance, slope angle, deformation force.

Відомості про авторів

Дудніков Анатолій Андрійович – кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій та засобів механізації аграрного виробництва, Полтавська державна аграрна академія (вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна, 36003, e-mail: anatolii.dudnikov@pdaa.edu.ua).

Біловод Олександра Іванівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Полтавська державна аграрна академія (м. Полтава, вул. Сковороди, 1/3, Україна, 36003, e-mail: mech@pdaa.edu.ua).

Горбенко Олександр Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій та засобів механізації аграрного виробництва, Полтавська державна аграрна академія (вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна, 36003, e-mail: gorben@ukr.net).

Келемеш Антон Олександрович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технологій та засобів механізації аграрного виробництва, Полтавська державна аграрна академія (вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна, 36003, e-mail: antonkelemesh@gmail.com).

Дудников Анатолий Андреевич – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий и средств механизации аграрного производства, Полтавская государственная аграрная академия (ул. Сковороды, 1/3, г. Полтава, Украина, 36003, E-mail: anatolii.dudnikov@pdaa.edu.ua).

Беловод Александра Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры отраслевого машиностроения, Полтавская государственная аграрная академия (ул. Сковороды, 1/3, г. Полтава, Украина, 36003).

Горбенко Александр Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий и средств механизации аграрного производства, Полтавская государственная аграрная академия (ул. Сковороды, 1/3, г. Полтава, Украина, 36003, e-mail: gorben@ukr.net).

Келемеш Антон Александрович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологий и средств механизации аграрного производства, Полтавская государственная аграрная академия (ул. Сковороды, 1/3, г. Полтава, Украина, 36003, e-mail: antonkelemesh@gmail.com).

Dudnikov Anatolii – PhD, Professor, Head of Department of Technologies and Means of Mechanization of Agricultural Production, Poltava State Agrarian Academy (Skovorody str., 1/3, Poltava, Ukraine, 36003, e-mail: anatolii.dudnikov@pdaa.edu.ua).

Belovod Oleksandra – PhD, Associate Professor, Department of Industry Mechanical Engineering, Poltava State Agrarian Academy (Skovorody str., 1/3, Poltava, Ukraine, 36003, e-mail: mech@pdaa.edu.ua).

Gorbenko Oleksandr – PhD, Associate Professor, Department of Technologies and Means of Mechanization of Agricultural Production, Poltava State Agrarian Academy (Skovorody str., 1/3, Poltava, Ukraine, 36003, e-mail: gorben@ukr.net).

Kelemesh Anton – PhD, Department of Technologies and Means of Mechanization of Agricultural Production, Poltava State Agrarian Academy (Skovorody str., 1/3, Poltava, Ukraine, 36003, e-mail: antonkelemesh@gmail.com).