

Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168



№4 (99)



2017

Техніка

енергетика

транспорт АПК



**ТЕХНІКА,  
ЕНЕРГЕТИКА,  
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково–виробничого та навчального спрямування  
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».  
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.  
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації  
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» /  
Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця, 2017. – 4 (99) – 141 с.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету  
(протокол 4 від 17.11.2017 р.)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.*

*Журнал є друкованим засобом масової інформації, який внесено до переліку наукових фахових  
видань України з технічних наук (Додаток 12 до наказу Міністерства освіти і науки України  
16.05.2016 № 515).*

**Головний редактор**

**Калетнік Г.М.** – д.е.н., проф., академік НААНУ,  
Вінницький національний аграрний університет

**Заступник головного редактора**

**Матвійчук В.А.** – д.т.н., проф., Вінницький  
національний аграрний університет

**Члени редакційної колегії**

**Анісімов В.Ф.** – д.т.н., проф., Вінницький  
національний аграрний університет

**Іскович – Лотоцький Р.Д.** – д.т.н., проф.,  
Вінницький національний технічний університет

**Сивак І.О.** – д.т.н., проф., Вінницький  
національний технічний університет

**Огородніков В.А.** – д.т.н., проф., Вінницький  
національний технічний університет

**Бурдо О.Г.** – д.т.н., проф., академік АНТКУ,  
Одеська національна академія харчових  
технологій

**Гулько І.В.** – к.т.н., доц., Вінницький  
національний аграрний університет

**Бандура В.М.** – к.т.н., доц., Вінницький  
національний аграрний університет

**Булгаков В.М.** – д.т.н., проф., академік НААН,  
Національний університет біоресурсів і  
природокористування України

**Солона О.В.** – к.т.н., доц., Вінницький національний  
аграрний університет

**Іванов М.І.** – к.т.н., проф., Вінницький національний  
аграрний університет

**Кондратюк Д.Г.** – к.т.н., доц., Вінницький  
національний аграрний університет

**Любін М.В.** – к.т.н., доц., Вінницький національний  
аграрний університет

**Пришляк В.М.** – к.т.н., доц., Вінницький  
національний аграрний університет

**Середа Л.П.** – к.т.н., проф., Вінницький національний  
аграрний університет

**Веселовська Н.Р.** – д.т.н., проф., Вінницький  
національний аграрний університет

**Гевко Р.Б.** – д.т.н., проф., Тернопільський  
національний економічний університет

**Зарубіжні члени редакційної колегії**

**Володимир Крочко** – д.т.н., проф., Словацький  
аграрний університет (м. Нітра, Словачія)

**Януш Новак** – д.т.н., проф., Люблінський  
аграрний університет (м. Люблін, Польща)

**Маріан Веселовські** – д.т.н., проф.,  
Люблінський природничий університет  
(м. Люблін, Польща)

**Зденко Ткач** – д.т.н., проф., Словацький  
аграрний університет (м. Нітра, Словачія)

**Семенс Івановс** – д.т.н., проф., Латвійський  
аграрний університет (м. Улброка, Латвія)

**Людвікас Шпокас** – д.т.н., проф., Університет  
Олександра Стулгинського (Литва)

**Марош Коренко** – д.т.н., проф., Словацький аграрний  
університет (м. Нітра, Словачія)

**Ян Франчак** – д.т.н., проф. Словацький аграрний  
університет (м. Нітра, Словачія)

**Володимир Юрча** – д.т.н., проф., Чеський  
університет сільського господарства (м. Прага, Чехія)

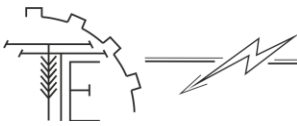
**Гражина Езевська–Вітковська** – д.т.н., проф.,  
Люблінський аграрний університет (м. Люблін,  
Польща)

Відповідальний секретар редакції **Янович В.П.** кандидат технічних наук, доцент

Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет, тел. 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: [tehnovnu@i.ua](mailto:tehnovnu@i.ua)



## ЗМІСТ

## МАШИНОВИКОРИСТАННЯ У РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ

*Шевченко І.А., Алієв Е.Б., Полюсов В.В.*

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАЛОГАБАРИТНОЇ ТРІПАЛЬНОЇ МАШИНИ  
У СКЛАДІ ЛІНІЙ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ ВОВНИ.....5**

*Балагура О.В., Гунько І.В., Грицун А.В.*

**ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВНЕСЕННЯ СУХИХ КОНСЕРВАНТІВ ПРИ  
ПРЕСУВАННІ ВОЛОГИХ ТРАВ.....12**

*Алієв Е.Б., Яропуд В.М.*

**РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ БЛОКА ПОДАЧІ  
НАСІННЯ ФОТОЕЛЕКТРОННОГО СЕПАРАТОРА .....18**

*Кувачов В.П., Сірий І.О.*

**ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ  
РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПЛОСКОРІЗІВ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ .....24**

*Джеджула О.М.*

**ДОЇЛЬНИЙ СТАКАН ІЗ ФУНКЦІЄЮ МАСАЖНОЇ ДІЇ.....29**

*Погорілий С.П.*

**ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МЕЗ-330 «АВТОТРАКТОР» В АПВ.....33**

*Бандура В.М., Кордонський В.А.*

**МАШИНА ДЛЯ ПОСАДКИ ТЕХНІЧНОЇ ВЕРБИ.....37**

## ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

*Солоня О.В., Рудницький Б.О., Деревенько І.А., Омелянов О.М.*

**АНАЛІЗ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ В СІЛЬСЬКОМУ  
ГОСПОДАРСТВІ .....41**

*Ковальова К.В.*

**ОСОБИСТІСНО-ОРІЄНТОВАНЕ НАВЧАННЯ, ЯК СКЛАДОВА ПРОЦЕСУ ФАХОВОЇ  
ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ ІНЖЕНЕРНОГО ПРОФІЛЮ.....46**

## ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ ТА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

*Котов Б.І., Спірін А.В., Твердохліб І.В., Степаненко С.П., Швидя В.О.*

**ДО ПИТАННЯ ПНЕВМОГРАВІТАЦІЙНОЇ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ.....51**

*Кігель Н.Ф., Даниленко С.Г., Куцик Т.П.*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КИСЛОМОЛОЧНИХ  
ПРОДУКТІВ ЗІ ВМІСТОМ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН .....56**

*Дубчак В.М.*

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБЧИСЛЕННЯ СИЛИ ТИСКУ  
НА ПОВЕРХНЮ КУЛІ ТА ЇЇ ЧАСТИНИ .....65**

*Янович В.П.*

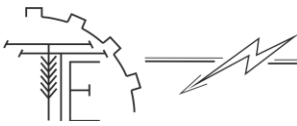
**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН  
ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СИПКОЇ СИРОВИНИ .....70**

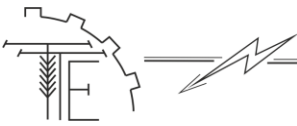
*Твердохліб І.В.*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИТИРАННЯ НАСІННЕВОГО ВОРОХУ ЛЮЦЕРНИ.....77**

*Токарчук О.А.*

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ У  
ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ.....84**

**МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА***Матвійчук В.А., Бубновська І.А.***ОЦІНКА ДЕФОРМОВАНOSTІ МАТЕРІАЛУ КРИВОЛІНІЙНИХ ЗАГОТОВОК ПРИ  
ХОЛОДНОМУ ВАЛЬЦЮВАННІ .....92***Іванов М.І., Гунько І.В., Шаргородський С.А.***ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИВОДА  
ДООЧИСНИКІВ ГОЛОВОК ЦУКРОВОГО БУРЯКУ ІЗ ГІДРАВЛІЧНИМ  
ПРИВОДОМ ПОПЕРЕЧНИХ КОЛИВАНЬ РАМКИ РОБОЧИХ ОРГАНІВ .....98***Турич В.В., Руткевич В.С.***ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ В ПРОЦЕСІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО  
ВИГЛАДЖУВАННЯ З ПОПЕРЕДНІМ ЗАЗОРОМ .....104***Руткевич В.С.***АДАПТИВНИЙ ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВОД БЛОЧНО-ПОРЦІЙНОГО  
ВІДОКРЕМЛЮВАЧА КОНСЕРВОВАНОГО КОРМУ .....108****ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ***Матвійчук В.А., Собчук Н.В., Слободянюк О.В., Рубаненко О.О.***ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗОГЕНЕРАТОРА В АПК УКРАЇНИ .....114***Комаха В.П., Янович В.П.***STUDY PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES PILE  
AS OF BIOFUEL AS ALTERNATIVE .....120***Боднар Л.А.***ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ В ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІ  
НА ЩЕПІ ДЕРЕВИНИ .....124****ТРАНСПОРТНІ ТА ТРАНСПОРТНО - ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА  
ОБЛАДНАННЯ***Труханська О.А., Швець Л.В.***МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ  
ВЗАЄМОДІЇ КОРЕНЕПЛОДІВ З ШНЕКОВОЮ ПОВЕРХНЕЮ .....128****ДУМКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО***Яремчук О.А.***СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГІДРОПРИВОДУ .....133***П'ясецький А.А., Звонарьов Є.Г.***ВПРОВАДЖЕННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ GPS ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОМУ  
ГОСПОДАРСТВІ .....138**



## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИВОДА ДООЧИСНИКІВ ГОЛОВОК ЦУКРОВОГО БУРЯКУ ІЗ ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ ПОПЕРЕЧНИХ КОЛИВАНЬ РАМКИ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

*Іванов Микола Іванович, к.т.н., професор  
Гулько Ірина Василівна, к.т.н., доцент  
Шаргородський Сергій Анатолійович, к.т.н., доцент  
Вінницький національний аграрний університет*

*Ivanov M.  
Shargorodsky S.  
Gunko I.*

*Vinnitsia National Agrarian University*

**Анотація:** розглянуто питання моделювання гідравлічного приводу робочих органів доочисника гички гичкозбиральної машини. Створено математичну модель, отримані перехідні процеси роботи даної системи в режимі реально часу для різного співвідношення параметрів, що дозволяє провести дослідження роботи даного приводу при різних співвідношеннях параметрів і сформулювати рекомендації з проектування даних приводів.

**Ключові слова:** цукровий буряк, гідравлічний привід, послідовне з'єднання гідромоторів, математичне моделювання, перехідні процеси, рекомендації щодо вибору параметрів.

### **Постановка проблеми**

Вирощування, переробка і зберігання цукрового буряку є стратегічною галуззю вітчизняного агропромислового комплексу, інтенсифікація розвитку якого може забезпечити значне зміцнення економічного потенціалу країни. Україна займає провідне місце по виробництву цукру серед бурякосійних держав світу. Однак ефективність виробництва цукру у нашій державі значно менше ніж у Німеччині, Франції, США. Це пов'язано як з недосконалістю технології вирощування та збирання цукрових буряків, так і з відсутністю відповідної наукоємної конкурентоспроможної вітчизняної сільськогосподарської техніки, що відповідає рівню світових аналогів.

Однією із найскладніших операцій виробництва цукрових буряків є збирання та доочищення головок коренеплодів від залишків гички. Операція доочищення відповідно до поширеної у нашій державі технології вирощування цукрового буряка, виконується на ще не викопаних коренеплодах. Низький рівень очищення цукрових буряків, наявність залишків гички є причиною втрат цукру, як під час зберігання сировини, так і її переробки. За даними Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків НААН України, підвищення забрудненості коренеплодів зеленою масою на 1% призводить до зниження виходу сахарози на 0,1%, а під час зберігання буряків в кагатах із вмістом гички до 4% щоденні втрати цукру в середньому становлять 0,012% [1].

Існуючі машини не в повній мірі забезпечують відповідність агротехнічним вимогам щодо виконання даної операції.

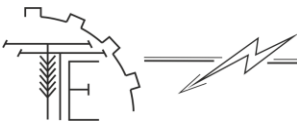
Тому проведення досліджень з удосконалення конструкцій доочисників, розробки та обґрунтування параметрів їх приводу є актуальним завданням, розв'язання якого дозволить підвищити ступінь очищення головок цукрових буряків від залишків гички і, відповідно, зменшити втрати сировини під час переробки та зберігання цієї культури.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

В Україні працюють потужні наукові школи, які займаються розглядом питань щодо удосконалення конструкцій машин для збирання цукрових буряків.

Значний внесок у формування наукових основ процесів видалення гички та оптимізації конструктивних, кінематичних і динамічних параметрів відповідних робочих органів зробили відомі вчені: П.М. Василенко, Л.В. Погорілий, В.М. Булгаков, Р.Б. Гевко, М.В. Тат'янка, М.А. Мішин, В.А. Грозубінський, Б.П. Шабельник, В.Я. Мартиненко, О.М. Кобець, М.М. Зуєв, М.М. Хелемендик та інші.

Розробці нових конструкцій гичковидаляючих робочих органів, вибору їх параметрів на основі здійснених теоретичних й експериментальних досліджень присвячено роботи Я.І. Козіброди, А.С. Кобця, В.М. Барановського, С.В. Синього, В.М. Осуховського, Л.П. Середи, Я.А. Павлова, М.М. Бориса, О.О. Герасимчука, В.Д. Орехівського, М.Г. Березового, О.П. Гурченка та інші.



На даний час відома велика кількість доочисників гички коренеплодів.

У роботі [2] доочисники гички коренеплодів класифіковані за типом очисних елементів, за напрямком обертання ротора відносно поверхні поля і відносно напрямку збиральної машини.

Класифікація, запропонована в роботі [3], враховує багато ознак відносного руху очисних елементів, орієнтації площини відносного руху в просторі, орієнтації відносного руху до осі рядка, форми робочої поверхні, розміщення в технологічній схемі, виду матеріалу робочих елементів, типу кріплення робочих елементів, зони обробітку, виду приєднання до машини, виду привода.

Класифікація, наведена у роботі [4], враховує важливу ознаку – напрямок прикладення навантаження, але відсутній зв'язок з ознаками наведеними у роботах [2, 3].

Важливою ознакою, наведеною у роботах [2, 3] є вид і орієнтація відносного руху, форма і матеріал робочих елементів.

Але слід відзначити, що жодна із наведених вище класифікацій доочисників гички цукрового буряку не враховує тип привода робочих органів доочисників гички цукрового буряку, та кількість ступенів вільності робочого органа.

Професором Мартиновим В.М. було проведено порівняльне дослідження експертної оцінки існуючих схем та конструктивних рішень доочисників гички цукрового буряку [5]. Відповідно до даного дослідження узагальнений показник для доочисника із вертикальною віссю обертання більше на 11% від узагальненого показника для доочисника із горизонтальною віссю обертання, що свідчить про перспективність проведення подальших досліджень у даному напрямку.

Над створенням конструкцій робочих органів для відокремлення гички та їх теоретичним обґрунтуванням в різні роки працювали А.О. Василенко, Л.В. Погорілий, М.В. Татянюк, П.В. Савич, М.М. Зуєв, В.М. Булгаков, В.Я. Мартиненко, О.П. Гурченко, Р.Б. Гевко, М.М. Хелемендик, М.І. Пилипеч, В.Р. Ярошовець, С.А. Топоровський, В.Д. Орехівський, Л.П. Серета, О.О. Сипливець, М.Г. Березовий, А.С. Кобець, М.А. Мішин, В.М. Мартинов та ін. [4, 6, 7, 8, 9].

Як відзначається у роботі [2], аналіз робочих органів і компоновальних схем гичковидальючих пристроїв показав, що доочисники з вертикальною віссю обертання є перспективними, менш габаритними та матеріаломісткими порівняно з доочисниками з горизонтальною віссю обертання, проте вони мають обмежений діапазон зони очистки, не враховують розміщення головок буряків над поверхнею ґрунту, відхилення коренеплодів від умовної осевої лінії рядків, геометричних розмірів розташування головок цукрових буряків.

Значного поширення отримали доочисники з обертовим відносним рухом робочих органів та горизонтальним розміщенням осі обертання. Такі очисники мають просту конструкцію, надійні у роботі. В обертовому русі можуть перебувати стержні, лопати, ланцюги, диски, сегменти та ін.

Успішному розв'язанню проблем підвищення ефективності доочищення головок коренеплодів може сприяти застосування гідравлічного привода, що підвищує гнучкість системи, значно спрощує механізм привода та уможливує створення умов для здійснення додаткових коливань робочих органів доочисника, які дозволять компенсувати відхилення головок коренеплодів від умовної осевої лінії рядка.

Таким чином, розробка гідромеханічної системи привода доочисника цукрових буряків з вертикальною віссю обертання, яка б дозволила розширити зону дії його робочих органів завдяки додаткових поперечних коливань, є актуальною.

### **Мета дослідження**

Метою дослідження є визначення діапазонів параметрів, технічної системи, при яких якість роботи запропонованого гідравлічного привода відповідає діючим вимогам до гідравлічних систем.

### **Основні результати дослідження**

Гідравлічну схему даного привода показано на рис.1. Гідравлічна система привода доочисника складається із насоса Н1, запобіжного клапана КЛ, 4 гідромоторів ГМ1, ГМ4, перші три із яких приводять у рух робочі органи машин, а четвертий виконує передачу крутного моменту на кривошип кривошипно-шатунного механізму привода рамки.

До математичної моделі удосконаленого привода доочисника гички гичкозбиральної машини входять наступні рівняння:

1. Витрати рідини в магістралях, які з'єднують насосну станцію та гідромотори друг з другом, згідно з прийнятими припущеннями можуть бути описаними моделлю з зосередженими параметрами, яка в даному випадку представляє собою рівняння нерозривності потоків.

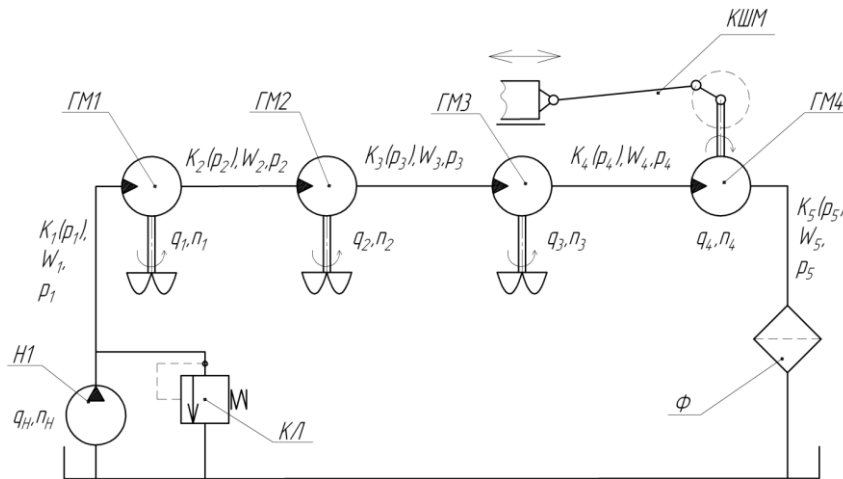
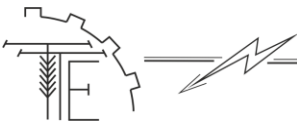


Рис. 1. Гідравлічна схема привода доочисника гички гичкозбиральної машини

Рівняння нерозривності потоку робочої рідини на вході першого гідромотора має вигляд:

$$Q_H = Q_{M1} + Q_{вум.1} + Q_{пер.12} + Q_{деф.1}, \quad (1)$$

де  $Q_H$  – витрати рідини, що надходять у гідравлічну систему від насоса;

$Q_{M1}$  – витрати рідини крізь перший гідромотор;

$Q_{вум.1}$  – витрати витікання рідини з гідромотора ГМ1;

$Q_{пер.1}$  – витрати на перетікання рідини у гідромоторі ГМ1 під дією перепаду тисків  $p_1$  та  $p_2$ ;

$Q_{деф.1}$  – витрата рідини на компенсацію деформації порожнини, що знаходиться під тиском  $p_1$ .

Рівняння нерозривності потоку робочої рідини на вході другого гідромотора має вигляд:

$$Q_{M1} + Q_{пер.12} = Q_{M2} + Q_{вум.2} + Q_{пер.2,3} + Q_{деф.2}, \quad (2)$$

де  $Q_{M2}$  – витрати рідини крізь другий гідромотор;

$Q_{вум.2}$  – витрати витікання рідини з гідромотора ГМ2;

$Q_{пер.2,3}$  – витрати на перетікання рідини у гідромоторі ГМ2 під дією перепаду тисків  $p_2$  та  $p_3$ ;

$Q_{деф.2}$  – витрата рідини на компенсацію деформації порожнини, що знаходиться під тиском  $p_2$ .

Рівняння нерозривності потоку робочої рідини на вході третього гідромотора має вигляд:

$$Q_{M2} + Q_{пер.23} = Q_{M3} + Q_{вум.3} + Q_{пер.34} + Q_{деф.3}, \quad (3)$$

де  $Q_{M3}$  – витрати рідини крізь третій гідромотор;

$Q_{вум.3}$  – витрати витікання рідини з гідромотора ГМ3;

$Q_{пер.2,3}$  – витрати на перетікання рідини у гідромоторі ГМ2 під дією перепаду тисків  $p_3$  та  $p_4$ ;

$Q_{деф.3}$  – витрата рідини на компенсацію деформації порожнини, що знаходиться під тиском  $p_3$ ;

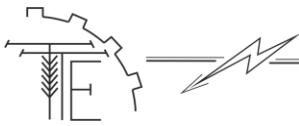
$$Q_{M3} + Q_{пер.34} = Q_{M4} + Q_{вум.4} + Q_{пер.45} + Q_{деф.4}, \quad (4)$$

де  $Q_{M4}$  – витрати рідини крізь четвертий гідромотор;

$Q_{вум.4}$  – витрати витікання рідини з гідромотора ГМ4;

$Q_{пер.4,5}$  – витрати на перетікання рідини у гідромоторі ГМ3 під дією перепаду тисків  $p_4$  та  $p_5$ ;

$Q_{деф.4}$  – витрата рідини на компенсацію деформації порожнини, що знаходиться під тиском  $p_4$ .



2. Баланс моментів сил, прикладених до валів першого, другого і третього гідромоторів, визначається рівняннями моментів сил, прикладених до валів гідромоторів:

$$M_{\text{об}1} = M_{\text{мн}1} + M_{\text{ін}1} + M_{\text{мп}1}, \quad (5)$$

$$M_{\text{об}2} = M_{\text{мн}2} + M_{\text{ін}2} + M_{\text{мп}2}, \quad (6)$$

$$M_{\text{об}3} = M_{\text{мн}3} + M_{\text{ін}3} + M_{\text{мп}3}, \quad (7)$$

де  $M_{\text{об}i}$  – момент, що розвивається  $i$ -им гідромотором,  $i=1, 2, 3$ ;

$M_{\text{мн}i}$  – момент технологічного навантаження на  $i$ -ому гідромоторі,  $i=1, 2, 3$ ;

$M_{\text{ін}i}$  – момент інерційного навантаження на  $i$ -ому гідромоторі,  $i=1, 2, 3$ ;

$M_{\text{мп}i}$  – момент сил тертя, приведений до валу  $i$ -ого гідромотора,  $i=1, 2, 3$ .

3. Навантаження на валу четвертого гідромотора визначається рівнянням Лагранжа II роду. Математичне моделювання роботи даного приводу було розглянуто у публікації [11]. Відповідно диференційне рівняння руху даної ланки механізму має наступний вигляд:

$$I_{\text{нр}} \cdot \frac{d^2}{dt^2} \varphi_4(t) - \frac{1}{2} \cdot \frac{dI_{\text{нр}}}{d\varphi_4(t)} \cdot \left( \frac{d}{dt} \varphi_4(t) \right) = P_{\varphi_4}, \quad (8)$$

де  $I_{\text{нр}}$  – приведений момент інерції механізму;

$P_{\varphi_4}$  – узагальнена сила;

$\varphi_4(t)$  – координата валу четвертого гідромотора.

Математична модель (1) – (8) удосконаленого приводу доочисника гичкозбиральної машини комбайну має вид системи восьми нелінійних диференціальних рівнянь. Загальний порядок системи - дванадцятий. Дослідження цієї моделі викликає певні труднощі, тому було прийнято рішення щодо її спрощення шляхом заміни окремих нелінійних характеристик лінійними залежностями або заміни нелінійних коефіцієнтів при можливості постійними числовими значеннями, отриманими завдяки експерименту.

Характерною ознакою даної математичної моделі є наявність значної кількості нелінійних залежностей, які описують поведінку елементів даної гідросистеми. Нелінійний характер розробленої математичної моделі, яка має також високий порядок системи диференціальних рівнянь, ускладнює її дослідження, метою яких є детальний аналіз особливостей роботи даної гідросистеми в статичних і динамічних режимах при виконанні робочих операцій та розробка рекомендацій по проектуванню систем даного типу.

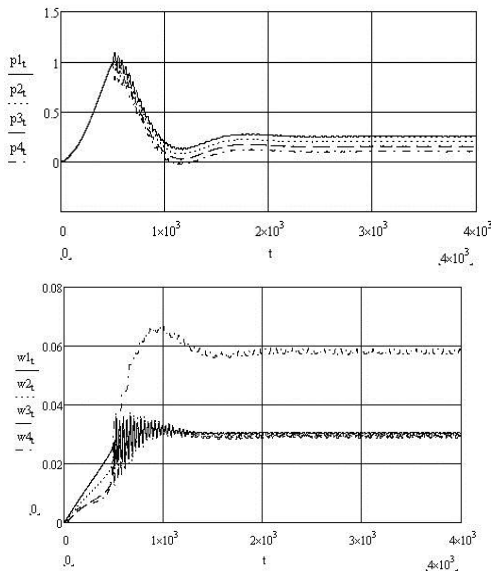


Рис. 2. Перехідні процеси роботи гідравлічної системи при:  $q_1, q_2, q_3 = 40 \text{ см}^3/\text{рад}$ ,  $q_4 = 20 \text{ см}^3/\text{рад}$

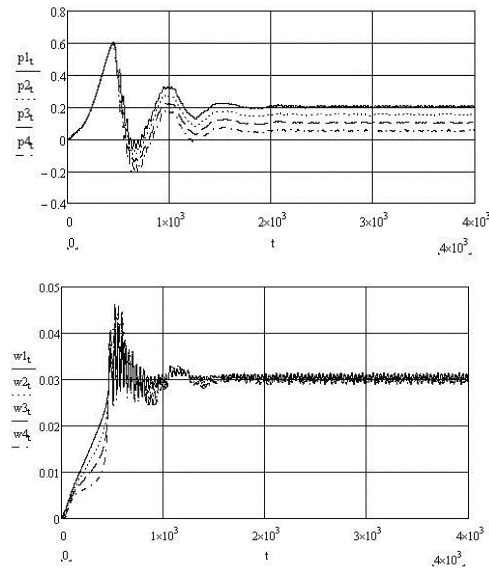
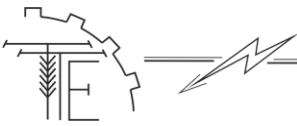


Рис. 3. Перехідні процеси роботи гідравлічної системи при:  $q_1, q_2, q_3 = 40 \text{ см}^3/\text{рад}$ ,  $q_4 = 40 \text{ см}^3/\text{рад}$





Слід зазначити, що для дослідження нелінійних систем у динамічному стані пропонується досить багато прикладних математичних пакетів, таких як MathCad, Maple, MathLab. Розв'язання даної системи можливе практично у любому із цих математичних пакетів, тому для пошуку розв'язків даної системи скористаємось MathCad.

У результаті розв'язання даної системи рівнянь отримаємо перехідні процеси зміни тиску у порожнинах гідросистеми та кутової швидкості гідромоторів, що показані на рисунках 2 і 3 при наступному співвідношенні параметрів:  $q_1, q_2, q_3 = 40 \text{ см}^3/\text{рад}$ ,  $q_4 = 20 \text{ см}^3/\text{рад}$ ,  $W_1, W_2, W_3, W_4 = 100 \text{ см}^3$ ,  $m_1 = 10 \text{ кг}$ ,  $m_2 = 10 \text{ кг}$ ,  $m_3 = 100 \text{ кг}$ ,  $b_{мп4} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$ ,  $Q_n = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $O_1A = 0,4 \text{ м}$ ,  $AB = 0,6 \text{ м}$ .

Перехідні процеси, показані на рис. 2, мають незначне перерегулювання, також присутня незначна високочастотна коливальна складова, наявність якої може бути викликана похибкою обчислення перехідних процесів роботи даної системи. Слід відзначити високу швидкість згасання низькочастотних коливань, що свідчить про значний запас стійкості системи при даному співвідношенні параметрів.

Як видно із рис. 3, збільшення характерного об'єму четвертого гідромотора призводить до збільшення коливальності системи в цілому, але не є критичним з точки зору запасу стійкості системи, завдяки значній швидкості згасання коливань параметрів що контролюються.

### Висновки

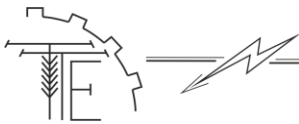
На підставі отриманих результатів можна зробити висновок про те, що дана математична модель у достатній мірі відображає процеси, які відбуваються у приводі доочисника залишків гички гичкозбиральної машини при прикладанні навантаження до робочих органів і може бути використана для проведення досліджень з метою розробки рекомендацій по конструюванню та вибору оптимальних параметрів систем даного типу.

### Список літератури

1. Адамчук В. Сучасні проблеми технологічного процесу відокремлення гички / В. Адамчук, А. Борис, В. Булгаков, М. Борис М. // Техніко -технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Збірник наукових праць – Дослідницьке, 2015 – Випуск 19 (33) – С.94-99
2. Орехівський, В. Д. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів вертикального доочисника головок коренеплодів цукрових буряків: автореф. дис. на здобуття наукового степеню канд. техн. наук.: спец. 05.05.11. «Машини і засоби сільськогосподарського виробництва» / В. Д. Орехівський – Глеваха, 2002. – 20 с.
3. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки / Р.Б.Гевко, І.Г.Ткаченко, С.В.Синій та ін. - Луцьк: ЛДТУ, 1999. – 168 с.
4. Bell, J.F., Roberts, D.J. & Leach, K.A. (2000) The effect of feeding forage maize ensiled with sugar beet pulp (Pulp'n' Maize) to dairy cows. Proceedings British Society of Animal Science Annual Meeting 2000. Scarborough, p. 148.
5. Мартынов, В. М. Проектирование рабочих органов и машин для уборки коренеплодов / В. М. Мартынов. – Уфа: Изд-во Башкирского ГАУ, 2011. – 250с.
6. Булгаков, В.М. Експериментальні дослідження удосконаленої конструкції робочих органів для транспортування і завантаження гички. / В.М. Булгаков, М.Г. Березовий //Науковий вісник НАУ: Зб. наук. пр. – К.: НАУ, 2000. – Вип. 33. – С. 283-296.
7. Василенко, П.М. Введение в земледельческую механику. / П.М. Василенко – К.: Сільгоспосвіта, 1996. – 252 с.
8. Гевко, Р.Б. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів бурякозбиральних машин: Дис. д-ра техн. наук: 05.05.11./Р.Б. Гевко. - Київ, 2000. – 362 с.
9. Кобець, О. М. Обґрунтування робочого процесу і параметрів робочих органів для видалення гички кормових буряків: дис. канд. техн. наук: 05.05.11 «машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва»/ О. М. Кобець - Вінниця, 2007. – 166с.
10. Войтюк, Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку/ М.В. Барановський, В.М. Булгаков та ін. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
11. Гулько, А.С. Моделювання роботи КШМ привода рамки гичкозрізальної машини. / А.С. Гулько, М.І. Іванов, С.А. Шаргородський // Збірник наукових праць ВНАУ – Вінниця, 2012 – вип. 10, т. 2(59) – С. 54-58.

### References

1. Adamchuk V. Suchasni problemy tekhnolohichnoho protsesu vidokremлення hychky/ V. Adamchuk, A. Borys, V. Bulhakov, M. Borys M. // Tekhniko -tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniki i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy. Zbirnyk naukovykh prats – Doslidnytske, 2015 - Vypusk 19 (33) – S.94-99
2. Orekhivskiy, V. D. Obgruntuvannia konstruktivno-tekhnologichnykh parametriv vertykalnoho doochysnyka holovok koreneplodiv tsukrovyykh buriakiv: avtoref. dys. na zdobuttia naukovooho stepeniю kand. tekhn. nauk.: spets. 05.05.11. «Mashyny i zasoby silskohospodarskoho vyrobnytstva» / V.D. Orekhivskiy – Hlevakha, 2002. – 20 s.



3. *Napriamky vdoskonalennia buriakozbyralnoi tekhniki / R.B. Hevko, I.H. Tkachenko, S.V. Synii ta in. - Lutsk: LDTU, 1999.- 168 s.*
4. *Bell, J.F., Roberts, D.J. & Leach, K.A. (2000) The effect of feeding forage maize ensiled with sugar beet pulp (Pulpr Maize) to dairy cows. Proceedings British Society of Animal Science Annual Meeting 2000. Scarborough, p. 148.*
5. *Мартынов, V.M. Proektyrovanye robochykh orhanov y mashyn dlia uborky korneplodov / V.M. Martynov. – Ufa: Yzd-vo Bashkырskoho HAU, 2011. – 250s.*
6. *Bulhakov, V.M. Eksperymentalni doslidzhennia udoskonalenoї konstruksii robochykh orhaniv dlia transportuvannia i zavantazhennia hychky. / V.M. Bulhakov, M.H. Berezovyi //Naukovyi visnyk NAU: Zb. nauk. pr. – K.: NAU, 2000. – Vyp. 33. – S. 283-296.*
7. *Vasylenko, P.M. Vvedenye v zemledelcheskuiu mekhanyku. / P.M. Vasylenko – K.: Silhosposvita, 1996. – 252 s.*
8. *Hevko, R.B. Obgruntuvannia konstruktivno-tekhnolohichnykh parametriv robochykh orhaniv buriakozbyralnykh mashyn: Dys. d-ra tekhn. nauk: 05.05.11. / R.B. Hevko. - Kyiv, 2000. – 362 s.*
9. *Kobets, O.M. Obgruntuvannia robochoho protsesu i parametriv robochykh orhaniv dlia vydalennia hychky kormovykh buriakiv: dys. kand. tekhn. nauk: 05.05.11 «mashyny i zasoby mekhanizatsii silskohospodarskoho vyrobnytstva»/ O.M. Kobets - Vinnytsia, 2007. – 166s.*
10. *Voitiuk, D.H. Silskohospodarski mashyny. Osnovy teorii ta rozrakhunku/ M.V. Baranovskiy, V.M. Bulhakov ta in. – K.: Vyshcha osvita, 2005. – 464 s.*
11. *Hunko, A.S. Modeliuvannia roboty KShM pryvoda ramky hychkozrizalnoi mashyny. / A.S. Hunko, M.I. Ivanov, S.A. Sharhorodskiy // Zbirnyk naukovykh prats VNAU – Vinnytsia, 2012 – vyp. 10, t. 2(59) – S. 54-58.*

### ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ДООЧИСТИТЕЛЕЙ ГОЛОВОК САХАРНОЙ СВЕКЛЫ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ РАМКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

**Аннотация:** рассмотрены вопросы моделирования гидравлического привода рабочих органов доочистителя ботвы ботвоуборочной машины. Создана математическая модель, получены переходные процессы работы данной системы в режиме реально времени для разного соотношения параметров, что позволяет провести исследование работы данного привода при разных соотношениях параметров и сформулировать рекомендации по проектированию данных приводов.

**Ключевые слова:** сахарная свекла, гидравлический привод, последовательное соединение гидромоторов, математическое моделирование, переходные процессы, рекомендации по выбору параметров.

### INVESTIGATION OF THE QUALITY OF HYDRAULIC ACTUATOR OF THE SUGAR BEET CLEANER WITH HYDRAULIC ACTUATOR OF CROSS-SIDED VIBRATIONS FRAMEWORK OF WORKING BODIES

**Summary:** questions of modelling of a hydraulic drive of working bodies cleaner a tops of cleaning vegetable machine are considered. The mathematical model is created, transients of work of the given system in a mode of really time for a different parity of parameters that allows to conduct research of work of the given drive at different parities of parameters are received and to formulate recommendations about designing of the given drives.

**Keywords:** sugar beet tops cleaner, hydraulically-water working bodies cleaner sugar beet tops, series connection of the hydraulic units, mathematical modeling, recommendations on the choice of parameters.