



# Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

Учредитель и издатель: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ  
И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

Журнал зарегистрирован Федеральной службой  
по надзору за соблюдением законодательства  
в сфере массовых коммуникаций и охране  
культурного наследия

Свидетельство ПИ № ФС77-27860  
от 12 апреля 2007 г.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**В.А. Колесникова**,  
канд. техн. наук, Заслуженный  
работник сельского хозяйства РФ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ  
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ:

**В.В. Альт**, член-корр. РАН,  
СибИМЭ, Новосибирск

**А.А. Ежевский**, почетный академик  
РАСХН, ГОСНИТИ, Москва

**М.Н. Ерохин**, академик РАН,  
РГАУ-МСХА, Москва

**Ю.А. Иванов**, член-корр. РАН,  
ВНИИМЖ, Москва

**А.Ю. Измайлов**, академик РАН,  
ВИМ, Москва

**В.М. Кряжков**, академик РАН,  
ВИМ, Москва

**Ю.Ф. Лачуга**, академик РАН,  
Москва

**Э.И. Липкович**, академик РАН,  
АЧИИ ДГАУ, зерноград

**Я.П. Лобачевский**, д.т.н., проф.,  
ВИМ, Москва

**В.Д. Попов**, академик РАН,  
СЗНИИМЭСХ, Санкт-Петербург

**Б.А. Рунов**, академик РАН,  
ЦНСХБ, Москва

**Д.С. Стребков**, академик РАН,  
ВИЭСХ, Москва

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

**В.И. Кравчук**, член-корр. НААН  
Украины, Киев

**В.Г. Самосюк**, к.э.н., НПЦ НАН  
Беларуси, Минск

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

**В.В. Бижаев**

**С.В. Гришуткина**

**Р.М. Нурбагандова**

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

109428, Москва,

1<sup>м</sup> Институтский проезд, 5;

Телефоны: (499) 174-88-11

(499) 174-89-01

E-mail: vim-smit@rambler.ru

Журнал включен в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ  
для публикации трудов соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

**Романенко Г.А.**

Вклад ученых в развитие сельского хозяйства России ..... 3

### НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

**Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков В.К.,  
Зайцев А.И., Родионова И.Г., Амежнов А.В.** Новые виды

коррозионностойких биметаллов и технологии их производства ..... 7

**Жук А.Ф.**

Новые способы послонной обработки почвы ..... 13

**Голубкович А.В., Павлов С.А.**

Исследование рверсивной сушки зерна ..... 19

**Василенко В.В., Василенко С.В., Хахутин А.Н.**

Минимальная дистанция между корпусами плуга ..... 23

**Дмитриев С.Ю.**

Оптимальные параметры среза стеблей конопли ..... 26

**Шило И.И., Романюк Н.Н., Астрахан Б.М., Клавсуть П.В.**

Исследование автоколебаний в релейной системе стабилизации  
глубины хода лемехов картофелеуборочной машины ..... 29

**Аллик А., Уйга Й., Аннук А.**

Сгдживание колебаний мощности ветряных установок ..... 34

**Докин Б.Д., Ёлкин О.В., Лапченко Е.А., Исакова С.П.**

Технологическая и техническая политика модернизации  
растениеводства Сибири ..... 38

### НАУКА ПРОИЗВОДСТВУ

**Лепёшкин Н.Д., Точицкий А.А., Мижурин В.В., Жук А.Ф.**

Адаптивные технологии и машины для почвозащитного  
земледелия в условиях республики Беларусь ..... 43

### ЭКОНОМИКА

**Парахин Н.В., Полухин А.А.**

Экономическая оценка технического перевооружения  
растениеводства Орловской области ..... 48

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Полные тексты статей размещаются на сайте электронной научной библиотеки: elibrary.ru

Редакция журнала не несет ответственность за информацию, содержащуюся в статьях. Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, допускается только с разрешения редакции.

УДК 631.356.46.02 –52



# ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ В РЕЛЕЙНОЙ СИСТЕМЕ СТАБИЛИЗАЦИИ ГЛУБИНЫ ХОДА ЛЕМЕХОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

**И.Н.ШИЛО,**  
ДОКТ. техн. наук,  
профессор,

**Н.Н.РОМАНЮК,**  
канд. техн. наук,

**Б.М.АСТРАХАН,**  
канд. техн., наук,

**П.В.КЛАВСУТЬ,**  
инженер

Белорусский государственный аграрный технический университет, e-mail: [rektorat@batu.edu.by](mailto:rektorat@batu.edu.by), г. Минск, Республика Беларусь

*Системы автоматического регулирования, применяемые на высокотехнологичных уборочных машинах, зачастую работают в автоколебательном режиме, что ухудшает качество копирования. Чтобы при работе самоходных картофелеуборочных машин стабилизировать глубину подкапывания картофельных грядок лемехами, предложили оригинальное устройство стабилизации глубины подкапывания с релейным гидроследящим приводом. Исследовали математическую модель привода с целью оценки степени влияния параметров привода на характеристики автоколебания, выявили область определения параметров привода, при которой отрицательное влияние автоколебаний на качество работы устройства стабилизации минимально. Подтвердили, что режим работы системы стабилизации является автоколебательным в рассматриваемом диапазоне варьируемых параметров. Характер автоколебаний определили наложением простых гармоник, число которых, амплитуда и частота зависят от исходных данных. Оценили степень влияния параметров привода на характеристики автоколебаний. Полевые испытания устройства стабилизации подтвердили эффективность его применения на картофелеуборочной машине. Выявили, что применение устройства стабилизации существенно улучшило равномерность глубины подкапывания (в исследуемых опытах дисперсия глубины подкапывания снижалась в 2,6-3,4 раза) и агротехнические показатели работы технологической линии (чистота клубней увеличилась с 70,1 до 81,8 процента, повреждения уменьшились с 12,3 до 6,9 процента).*

**Ключевые слова:** картофелеуборочная машина, глубина хода лемехов, автоколебания, подкапывающее устройство.

**Д**ля современных уборочных машин характерно наличие гидравлических и электрических силовых регулируемых приводов, бортовых компьютеров с функциями контроля и управления, а также автоматических регулирующих систем. На картофелеуборочных машинах применяют системы автоматического регулирования технологического процесса, в частности, системы стабилизации глубины хода лемехов с опорным копированием рельефа поля и разгрузкой давления на копирующие катки и системы стабилизации с безопорным копированием рельефа. Фирма *Grimme* серийно выпускает системы стабилизации глубины подкапывания *Terra-Control*, устанавливая их

на уборочные машины в качестве дополнительной опции [1,2].

Применение инновационных систем автоматического регулирования подтвердило рентабельность их использования на высокотехнологичных уборочных машинах в условиях крупнотоварного производства. Однако в реальных условиях выявляется недостаточная научная отработанность технических решений: системы управления зачастую работают в автоколебательном режиме и, как результат, качество копирования ухудшается.

**Цель исследований** – разработка устройства стабилизации глубины подкапывания картофельных грядок лемехами.

**Материалы и методы.** В Белорусском ГАТУ разработано устройство стабилизации глубины подкапывания картофеля лемехами [3-4] (рис. 1). В виде единого конструктивного блока его устанавливают на подкапывающую секцию картофелеуборочной машины без изменения ее конструкции, то есть остается возможность использования и традиционной системы опорного копирования.

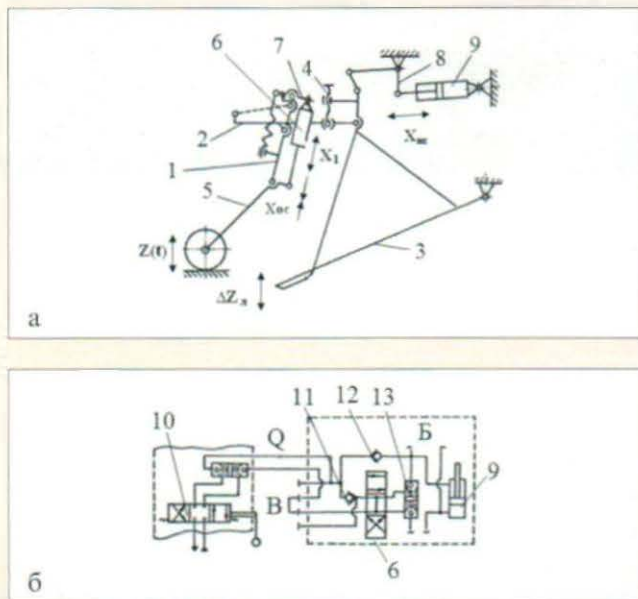


Рис. 1. Схемы устройства стабилизации глубины подкапывания: а – принципиальная, б – гидравлическая  
 1 – стойка; 2 – проставка; 3 – секция подкапывающих органов; 4 – винтовой фиксатор; 5 – копирующий шуп; 6 – управляющий гидрораспределитель; 7 – подпружиненный рычаг; 8 – рычажный механизм; 9 – исполнительный гидроцилиндр; 10 – гидрораспределитель основной гидросистемы машины; 11, 12 – обратные клапаны; 13 – гидрозамок

Конструктивной основой блока стала стойка, закрепленная через проставку на секции подкапывающих органов с возможностью регулирования по высоте посредством винтового фиксатора. На стойке шарнирно установлен копирующий шуп в виде катка, кинематически связанный с золотником управляющего гидрораспределителя. Корпус управляющего гидрораспределителя соединен со стойкой через подпружиненный рычаг и может перемещаться вместе с золотником в случае, если рабочий ход золотника будет недостаточен для перемещения шупа в процессе копирования рельефа гребня грядки.

В качестве исполнительного механизма используется штатный блок подъема картофелеуборочной машины в составе рычажного устройства и исполнительного гидроцилиндра. Гидромеханический релейный гидроследящий привод получает питание от резервной секции гидрораспределителя

основной гидросистемы машины или трактора. Обратные клапаны в сочетании с гидрозамком обеспечивают подъем подкапывающих органов при реверсировании потока масла на выходе из гидрораспределителя.

При нарушении глубины подкапывания (входное воздействие  $Z(t)$ ) шуп смещает золотник гидрораспределителя из нейтрального положения на величину  $X_1$ . Поток рабочей жидкости  $Q$  поступает в гидроцилиндр и с запаздыванием по времени сдвигает его шток на величину  $X_{ис}$ , вследствие чего посредством рычажного механизма секция подкапывающих органов перемещается на  $\Delta Z_{\Gamma}$  в направлении восстановления заданной глубины. Так как стойка 1 шупа 5 находится на секции 3, а шуп постоянно контактирует с гребнем грядки, перемещение  $\Delta Z_{\Gamma}$  секции подкапывающих органов сопровождается обратным перемещением  $X_{ос}$  золотника гидрораспределителя к нейтральному положению, при достижении которого движение секции 3 прекращается, а заданная глубина хода восстанавливается.

Требуемая глубина подкапывания устанавливается изменением положения проставки посредством винтового фиксатора.

Математическая модель устройства стабилизации с достаточной точностью (максимальная разница экспериментальных и теоретических значений зависимости  $\Delta Z_{\Gamma} = f(Z(t))$  при проверке адекватности модели не превышала 5%) описывается системой уравнений:

$$X_1 = k_{чз} Z(t); \Delta Z_{\Gamma} = k_{пс} X_{ис}; X_{ос} = k_{ос} Z(t);$$

$$\Delta X = X_1 - X_{ос}; \Delta X_{\tau} = \Delta X(t - \tau);$$

$$Q = \begin{cases} -C, & X_1 - X_{ос} < -b, \\ 0, & -b \leq X_1 - X_{ос} \leq b, \\ C, & X_1 - X_{ос} > b; \end{cases} \quad (1)$$

$$\ddot{X}_{ис} + a_0 \dot{X}_{ис} + a_1 X_{ис} = a_2 Q,$$

где  $k_{чз}$ ,  $k_{пс}$ ,  $k_{ос}$  – соответственно коэффициенты передачи копирующего элемента, подкапывающей секции и обратной связи;

$\tau$  – время запаздывания, с;

$C$  – подача рабочей жидкости от гидронасоса,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$b$  – зона нечувствительности гидрораспределителя устройства стабилизации, м;

$a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  – коэффициенты уравнения движения штока гидрораспределителя:

$$a_2 = \frac{f}{M_{пр}} \cdot c^{-1}; \quad a_1 = \frac{2E_{пр} S_p}{H_p M_{пр}} + \frac{C_k}{M_{пр}} \cdot c^{-2}$$



$$a_2 = \frac{2E_p}{H_p M_{pr}} \cdot \text{м}^2 \text{с}^{-2};$$

$f_v$  – коэффициент вязкости рабочей жидкости, Нс/м;

$M_{pr}$  – масса секции подкапывающих органов с подкопанным ворохом, приведенная к штоку исполнительного гидроцилиндра, кг;

$E_{pr}$  – средний приведенный модуль упругости рабочей жидкости, исполнительных гидроцилиндров и магистралей, Н/м<sup>2</sup>;

$S_p$  – эффективная площадь, м<sup>2</sup>;

$H_p$  – длина хода поршня гидроцилиндра, м;

$C_h$  – коэффициент пропорциональности между вертикальной составляющей технологической нагрузки и перемещением  $\Delta Z_n$ , кг/с<sup>2</sup>.

Следящая система с релейными распределительными элементами отрабатывает входной сигнал в автоколебательном режиме. Работоспособность подобных систем определяется параметрами автоколебаний.

Изучим собственные колебания системы, описываемые уравнениями (1). Применим метод гармонической линеаризации [5-7]. Он заключается в замене нелинейного звена, описываемого квазилинейным уравнением, параметры которого определяются при синусоидальном входном сигнале из условия равенства амплитуд первых гармоник на выходе нелинейного и линейного звеньев. Характеристическое уравнение с учетом формул (1) имеет вид:

$$p^3 + a_0 p^2 + a_1 p + k_{oc} a_2 q(A) \exp(-p\tau) = 0, \quad (2)$$

где  $p$  – корень характеристического уравнения;

$q(A)$  – коэффициент гармонической линеаризации;

$A$  – амплитуда входного сигнала, м.

Для случая, описываемого формулами (1), коэффициент может быть записан следующим образом:

$$q(A) \leq q_{max} = \left( q(A) \Big|_{A=\sqrt{2b}} \right) = \frac{2C}{\pi b}. \quad (3)$$

Для нахождения параметров автоколебаний – амплитуды  $A$  и частоты  $\omega$  (с<sup>-1</sup>) подставим в правую часть уравнения (2) параметры  $p = i\omega$  и приравняем нулю ее действительную и мнимую части:

$$\begin{cases} X(A, \omega) = -a_0 \omega^2 + k_{oc} a_2 q(A) \cos(\omega\tau) = 0; \\ Y(A, \omega) = -\omega(\omega^2 - a_1) - k_{oc} a_2 q(A) \sin(\omega\tau) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Из выражений (4) получим уравнение для определения частоты предельных циклов:

$$tg(\omega\tau) - \frac{a_1 - \omega^2}{a_0 \omega} = 0.$$

Кроме того, из выражений (4) следует:

$$q(A) = \omega \frac{\sqrt{(a_1 - \omega^2)^2 + a_0^2 \omega^2}}{k_{oc} a_2}.$$

Из формулы (3) получим выражение для амплитуды предельных циклов:

$$A_{1,2} = \frac{2\sqrt{2} C}{\pi q(A)} \sqrt{1 \mp \sqrt{1 - \frac{\pi^2 b^2 q^2(A)}{4 C^2}}}, \quad (5)$$

причем:

$$\frac{dq(A_1)}{dA} > 0; \quad \frac{dq(A_2)}{dA} < 0.$$

Условие наличия автоколебаний в системе описывается соотношением [6]:

$$\frac{\partial X}{\partial A} \frac{\partial Y}{\partial \omega} - \frac{\partial X}{\partial \omega} \frac{\partial Y}{\partial A} > 0.$$

Для нашего случая, с учетом соотношений (4), это условие примет вид:

$$k_{oc}^2 a_2^2 q(A) \frac{dq(A)}{dA} \Omega > 0,$$

где

$$\Omega = -a_0 \frac{a_1 - \omega^2}{(a_1 - \omega^2)^2 + a_0^2 \omega^2} - \tau. \quad (6)$$

Из соотношений (5) и (6) следует, что при  $\Omega < 0$  возникают автоколебания с амплитудой  $A_2$ , а при  $\Omega > 0$  – с амплитудой  $A_1$ .

Частоту автоколебаний определяли из уравнения при условиях (3)-(4) с использованием процедуры *MatLab fsolve* [6,7].

В качестве расчетных значений параметров  $E_{pr}$ ,  $H_p$ ,  $f_v$ ,  $C_h$  из диапазона возможных принимались наименее благоприятные по влиянию на динамические свойства привода. Величина  $S_p$  соответствовала серийно выпускаемым гидроцилиндрам, пригодным для применения в гидроприводе по условию грузоподъемности. Коэффициенты передачи рычажных механизмов назначали такими, чтобы выдерживался требуемый диапазон перемещений подкапывающих органов.

В результате проведенных расчетов подтверждено, что режим работы системы стабилизации является автоколебательным в рассматриваемом диапазоне варьируемых параметров. Характер автоколебаний определяется наложением простых гармоник, число которых, амплитуда и частота зависят от исходных данных. Из соотношения (6) получено, что для рассматриваемых значений параметров имеет место  $\Omega < 0$ . Поэтому для выполнения

условия (6) должно выполняться  $\frac{dq}{dA} < 0$  и, значит,

амплитуду автоколебаний  $A$  следует вычислять по



выражению (5) для  $A_2$ . С ростом  $k_{oc}$  (при фиксированном значении  $\omega$ ) величина  $q(A)$  согласно формуле (4) убывает, следовательно, амплитуда  $A_2$  возрастает. Из формулы (4) вытекает, что с ростом величины  $\tau$  уменьшается значение  $\omega_0$ . Тогда из формулы (4) следует уменьшение величины  $q(A)$ , что также вызывает увеличение амплитуды  $A_2$ .

Зависимость величины  $A(\omega_0)$  от варьируемых факторов  $k_{oc}$  представлена на рисунке 2.

В исследованиях, связанных с оптимизацией варьируемых параметров, поиск их значений следует осуществлять в области, обеспечивающей минимум амплитуды гармоник наименьшей частоты

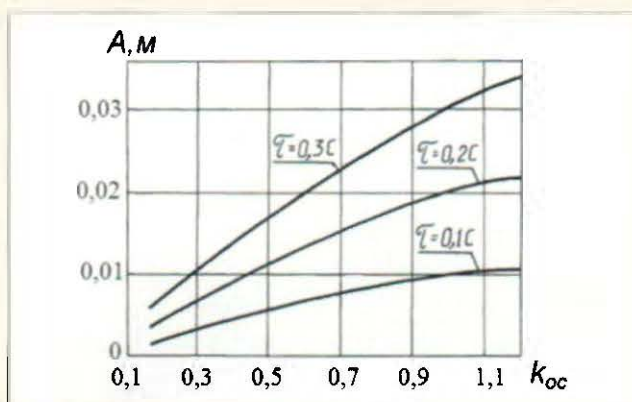


Рис. 2. Влияние варьируемых параметров  $k_{oc}$ ,  $\tau$  на амплитуду автоколебаний  $A = A_2$

ты при заданной точности отслеживания рельефа убираемого поля.

Влияние снижения амплитуды автоколебаний

### Литература

1. Колчин Н.Н., Елизаров В.П. Снижение уровня повреждений картофеля и овощей в машинных технологиях // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2013. – № 6. – С. 18-22.
2. Джавадов Р.Д. Модернизированная почвообрабатывающая машина для возделывания картофеля на тяжелых суглинистых почвах // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2012. – № 3. – С. 15-19.
3. Пат. № 5098 U Респ. Беларусь, МПК А01В63/00. Устройство стабилизации глубины хода подкапывающих органов корнеклубнеуборочной машины / П.В. Клавсутъ, Б.М. Астрахан, К.В. Сашко, Н.Н. Романюк, А.Л. Вольский, Л. С. Жаркова; Белорус. ГАТУ – № и 20080607; заявл.

на качественные показатели работы картофелеуборочной машины было проверено в полевых условиях. Значения параметров  $k_{oc}$ ,  $\tau$  принимались такими, чтобы рассчитанная амплитуда автоколебаний  $A$  была минимальна.

О качестве копирующих систем судили по дисперсии глубины подкапывания. Статистический анализ полученных данных показал, что применение устройства стабилизации существенно улучшало равномерность глубины подкапывания (в исследуемых опытах дисперсия глубины подкапывания снижалась в 2,6-3,4 раза) и агротехнические показатели работы технологической линии (чистота клубней увеличилась с 70,1 до 81,8%, повреждения уменьшились с 12,3 до 6,9%).

**Выводы.** Исследования математической модели привода позволили оценить степень влияния параметров привода на характеристики автоколебаний. Выявлен диапазон параметров привода, при которых отрицательное влияние автоколебаний на качество работы устройства стабилизации минимально.

Найдены математическая модель привода и порядок расчета амплитуды и частоты его автоколебаний. Полевые испытания устройства стабилизации подтвердили эффективность его применения на картофелеуборочной машине.

При использовании предложенных математической модели и алгоритма расчета можно существенно снизить объем экспериментальных работ по доводке устройства стабилизации, что в свою очередь значительно сократит затраты на его внедрение в производство.

29.07.2008; опубл. 28.02.2009 // *Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці*. – 2009. – № 1. – С. 138.

4. Золотарёв С.А. Аналитические зависимости силового воздействия рабочих поверхностей модуля «корпус – запужник» на пласт почвы // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2011. – № 1. – С. 15-18.

5. Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. *MATLAB 7*. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.

6. Власов В.П. *Теория автоматического управления. Учебное пособие*. – Харьков: Гуманитарный центр, 2007. – 526 с.

7. Каргальский А.В. *Трёхмерное сканирование при разработке рабочих органов почвообрабатывающих машин* // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2012. – № 5. – С. 18-22.



References

1. Sidorov S.A., Mironov D.A. Obosnovanie povysheniya ekspluatatsionno-resursnykh kharakteristik lemkhov plugov [Justification of increase of operational and resource characteristics of plows plough-shares], *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013, No 6, pp. 14-18 (Russian).
2. Kolchin N.N., Elizarov V.P. Snizhenie urovnya povrezhdeniy kartofelya i ovoshchey v mashinnykh tekhnologiyakh [Decrease in level of potatoes and vegetables damages in machine technologies], *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013, No 6, pp. 18-22 (Russian).
3. Dzhabadov R.D. Modernizirovannaya pochvo-obrabatyvayushchaya mashina dlya vozdeleyvaniya kartofelya na tyazhelykh suglinistykh pochvakh [The modernized soil-cultivating machine for potatoes growing on heavy clay-loamy soils], *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2012, No 3, pp. 15-19 (Russian).
4. Pat. No 5098 U Resp. Belarus', MPK A01V63/00. Ustroystvo stabilizatsii glubiny khoda podkapyvayushchikh organov korneklubneuborochnoy mashiny [Device of depth stabilization of digging tools of the root tuber harvester], Klavsut' P.V., Astrakhan B.M., Sashko K.V., Romanyuk N.N., Vol'skiy A.L., Zharkova L.S.; Belarus. GATU, No u 20080607; zayavl. 29.07.2008; opubl. 28.02.2009. Afitsyyny byul., Nats. tsentr intelektual. ulasnasti. 2009, No 1, pp. 138 (Belarusian).
5. Zolotarev S.A. Analiticheskie zavisimosti silovogo vozdeystviya rabochikh poverkhnostey modulya «korpuz – zapluzhnik» na plast pochvy [Analytical dependences of power influence of working surfaces of the «case – back plough» module on soil layer], *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2011, No 1, pp. 15-18 (Russian).
6. Lobachevskiy Ya.P., Slavkin V.I., Belov S.V., Zhuravlev A.V., Vas'kov A.A. Ustoychivost' sistemy upravleniya protsessom separatsii klubnenosnoy massy kartofeleuborochnogo kombayna [Stability of a control system of process of tuberiferous mass separation by the potato harvester], *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2012, No 3, pp. 12-15 (Russian).
7. Anufriev I.E., Smirnov A.B., Smirnova E.N. MATLAB 7 [MATLAB 7], Sankt Petersburg: BKhV-Peterburg, 2005, 1104 pp. (Russian).
8. Vlasov V.P. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. Uchebnoe posobie [Theory of automatic control. Manual]. Kharkov: Gumanitarnyy tsentr, 2007. – 526 pp. (Russian).
9. Kargal'skiy A.V. Trekhmernoe skanirovanie pri razrabotke rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Three-dimensional scanning when engineering of working tools for soil-cultivating machines], *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2012, No 5, pp. 18-22 (Russian).

RESEARCH OF SELF-OSCILLATIONS IN RELAY SYSTEM OF STABILIZATION OF DIGGING DEPTH OF THE POTATO-HARVESTER PLOUGH-SHARES

Shilo I.N., D.Sc.(Eng.), professor, Romanyuk N.N., Cand.Sc.(Eng.), Astrakhan B.M. Cand.Sc.(Eng.), Klavsut' P.V., Belarusian State Agrarian Technical University, [rektorat@batu.edu.by](mailto:rektorat@batu.edu.by), Minsk, Republic of Belarus

The applied on hi-tech harvesters systems of automatic control work often in a self-oscillatory mode that worsens quality of copying. The authors have offered the original device with the relay hydrodrive to stabilize digging depth during the self-propelled potato-harvester operation. Investigated mathematical model of the drive for the purpose of an assessment of extent of influence of drive parameters on self-oscillation characteristics. They have revealed drive data domain at which negative influence of self-oscillations on quality of operation of the stabilization device is minimum. They have proved out that the operating regime of stabilization system is self-oscillatory in the varied parameters range under consideration. Self-oscillatory character was determined by interference of the simple harmonics which number, amplitude and frequency depend on basic data. The authors have estimated ratio of influence of drive parameters on characteristics of self-oscillations. Field test of the stabilization device proved out efficiency of its using for potato-harvester.

It is revealed that use of the stabilization device significantly improved evenness of digging depth (in studied experiences dispersion of digging depth decreased by 2.6-3.4 times) and agrotechnical indicators of technological line operation (tubers cleanliness increased from 70.1 to 81.8 percent, damages decreased from 12.3 to 6.9 percent).

**Keywords:** Potato-harvester; Digging depth of plough-shares; Self-oscillations; Digging device.