

Литература

1. Наноматериалы и нанотехнологии / В.М. Анищик [и др.]; под ред. В.Е. Борисенко и Н.К. Толочко. – Минск: Изд. центр БГУ, 2008. – 375 с.
2. Федоренко, В.Ф. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе. Науч. изд. / В.Ф. Федоренко. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 148 с.
3. Нанотехнологии в агропромышленном комплексе: монография / С.А. Жданок, З.М. Ильина, Н.К. Толочко; под ред. Н.К. Толочко. – Минск: БГАТУ, 2012. – 172 с.

УДК 631.356.46.02 -52

СТАБИЛИЗАЦИЯ ГЛУБИНЫ ХОДА ЛЕМЕХОВ МАШИН ДЛЯ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ

Шило И.Н., *д.т.н., профессор*; **Романюк Н.Н.**, *к.т.н.*; **Астрахан Б.М.**, *к.т.н., доцент*;
Клавусь П.В., *инженер*
Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

Для современных уборочных машин характерно наличие гидравлических и электрических силовых регулируемых приводов, бортовых компьютеров с функциями контроля и управления и автоматических регулирующих систем. На картофелеуборочных машинах применяются 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. Фирмой Grimme системы стабилизации глубины подкапывания TERRA-CONTROL выпускаются серийно и устанавливаются на уборочные машины как опция [1].

Применение инновационных систем автоматического регулирования убеждает в рентабельности их использования на высокотехнологичных уборочных машинах в условиях крупнотоварного производства. Однако, имеющиеся данные их использования в реальных условиях указывают на недостаточную научную отработанность технических решений - системы управления зачастую работают в автоколебательном режиме и, как результат, в ряде случаев не обеспечивается должное качество копирования [2].

Целью наших исследований являлась разработка устройства стабилизации глубины подкапывания картофельных грядок лемехами.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработано устройство стабилизации глубины подкапывания картофельных грядок лемехами (рисунок 1).

Устройство в виде единого конструктивного блока устанавливается на подкапывающей секции картофелеуборочной машины без изменения ее конструкции и не исключает использование традиционной системы опорного копирования.

Конструктивной основой блока является стойка 1, закрепленная через проставку 2 на секции 3 подкапывающих органов с возможностью регулирования по высоте посредством винтового фиксатора 4. На стойке шарнирно установлен копирующий щуп 5 в виде катка, кинематически связанный с золотником управляющего гидрораспределителя 6, корпус которого соединен со стойкой через подпружиненный рычаг 7.

В качестве исполнительного механизма используется штатный механизм подъема картофелеуборочной машины в составе рычажного механизма 8 и исполнительного гидроцилиндра 9. Гидромеханический релейный гидроследящий привод получает питание от резервной секции гидрораспределителя 10 основной гидросистемы машины или трактора. Обратные клапаны 11 и 12 в сочетании с гидрозамком 13 обеспечи-

вают подъем подкапывающих органов при реверсировании потока масла на выходе с гидрораспределителя 10.

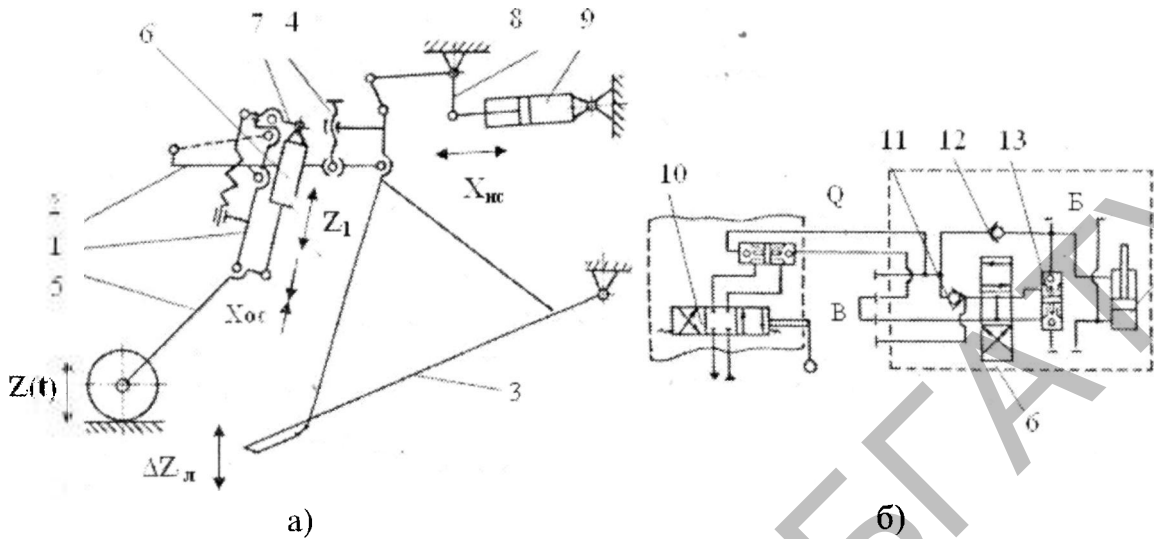


Рисунок 1 – Устройство стабилизации глубины подкапывания: принципиальная (а) и гидравлическая (б) схемы

При нарушении глубины подкапывания (входное воздействие $Z(t)$) шуп 7 воздействует через шарнирно-рычажный механизм 8 на золотник гидрораспределителя 6 и смещает его из нейтрального положения на величину X_1 . Поток рабочей жидкости Q поступает в гидроцилиндр 11 и с запаздыванием по времени сдвигает его шток на величину $X_{ис}$, вследствие чего посредством рычажного механизма 10, лемеха 3 получают перемещение $DZ_л$ в направлении восстановления заданной глубины. Так как стойка 6 шупа 7 находится на секции 2, а шуп 7 постоянно контактирует с гребнем грядки, перемещение $DZ_л$ лемехов 3 сопровождается обратным перемещением $X_{ос}$ золотника гидрораспределителя 9 к нейтральному положению, при достижении которого движение секции 2 прекращается, а заданная глубина хода восстанавливается.

Математическая модель устройства стабилизации с достаточной точностью (максимальная разница экспериментальных и теоретических значений зависимости $DZ_л = f(Z(t))$ при проверке адекватности модели не превышала 5%) описывается уравнениями:

$$X_1 = k_{чз} Z(t), DZ_л = k_{ис} X_{ис}, X_{ос} = k_{ос} Z(t), \Delta X = X_1 - X_{ос}, \Delta X \tau = \Delta X(t - \tau); \quad (1)$$

$$Q = \begin{cases} C, & X_1 - X_{ос} < -b, \\ 0, & -b \leq X_1 - X_{ос} \leq b, \\ C, & X_1 - X_{ос} > b; \end{cases} \quad (2)$$

$$\ddot{X}_{ис} + a_0 \dot{X}_{ис} + a_1 X_{ис} = a_2 Q, \quad (3)$$

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

C – подача рабочей жидкости от гидронасоса, $\frac{м^3}{с}$;
 b – зона нечувствительности гидрораспределителя устройства стабилизации, м;
 τ – время запаздывания, с;

$$a_0 = \frac{f_v}{M_{pr}}; a_1 = \frac{2E_{pr}S_p}{H_p M_{pr}} + \frac{C_h}{M_{pr}}; a_2 = \frac{2E_{pr}}{H_p M_{pr}};$$

f_v – коэффициент вязкости рабочей жидкости, $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$;

E_{pr} – средний приведенный модуль упругости рабочей жидкости, исполнительных гидроцилиндров и магистралей, $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$;

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

S_p, H_p – соответственно эффективная площадь, м^2 и длина хода поршня гидроцилиндра, м;

C_h – коэффициент пропорциональности между вертикальной составляющей технологической нагрузки, $\frac{\text{Н}}{\text{м}}$ и перемещением $\Delta Z_{л}$, м.

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

Изучение собственных колебаний системы, описываемых уравнениями (1) – (3), проводилось методом гармонической линеаризации. Получены формулы для расчета частоты и амплитуды автоколебаний.

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 назначались такими, чтобы выдерживался требуемый диапазон перемещений подкапывающих органов.

Расчеты производились для следующих фиксированных значений параметров привода

$$E_{pr} = 1.6 \times 10^{-9} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}; C_h = 6.816 \times 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}; f_v = 5.1 \times 10^{-4} \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}};$$

$$S_p = 2.4 \times 10^{-3} \text{ м}; b = 2 \times 10^{-3} \text{ м}; Q = 0.3 \times 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

и варьируемых значений

$$k_{oc} = 0.3 \dots 1.2, \quad \tau = 0.1 \dots 0.3 \text{ с.}$$

В результате проведенных расчетов подтверждено, что режим работы системы стабилизации является автоколебательным в рассматриваемом диапазоне варьируемых параметров.

Зависимости амплитуды автоколебаний A от варьируемых факторов k_{oc}, τ представлены на рисунке 2.

В исследованиях, связанных с оптимизацией варьируемых параметров, поиск их значений следует осуществлять в области, обеспечивающей минимум амплитуды гармоники наименьшей частоты при заданной точности отслеживания рельефа убрисаемого поля.

Влияние снижения амплитуды автоколебаний на качественные показатели работы картофелеуборочной машины было проверено в полевых условиях. Значения параметров k_{oc} , τ принимались такими, что бы рассчитанная амплитуда автоколебаний A была минимальна.

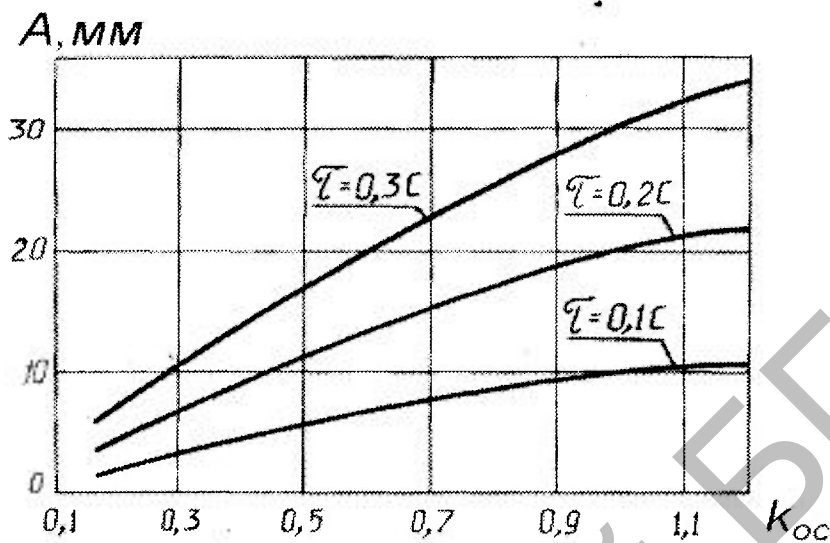


Рисунок 2 – Влияние варьируемых параметров k_{oc}, τ на амплитуду A автоколебаний

За показатели качества копирующих систем принималась дисперсия глубины подкапывания. Анализ полученных данных показал, что применение устройства стабилизации существенно повышало равномерность глубины подкапывания (в исследуемых опытах дисперсия глубины подкапывания снижалась в 2,6...3,4 раза) и улучшало агротехнические показатели работы технологической линии (чистота клубней увеличилась с $70,1 \pm 3,9\%$ до $81,8 \pm 1,2\%$, повреждения клубней уменьшились с $12,3 \pm 1,8\%$ до $6,9 \pm 1,4\%$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложены оригинальная конструкция устройства стабилизации глубины хода подкапывающих органов с релейным гидроследящим приводом, математическая модель привода и алгоритм расчета амплитуды и частоты его автоколебаний. Исследования математической модели по приведенному алгоритму позволили оценить степень влияния параметров привода на характеристики автоколебаний, выявить область определения параметров привода, при которых отрицательное влияние автоколебаний на качество работы устройства стабилизации минимально. 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.

ЛИТЕРАТУРА

1 Картофелеуборочная техника. Уборка (сайт фирмы Grimme). [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://www.grimme.de/de/09/produkte/kartoffeltechnik/ernten/downloads/sf150-60_D.pdf Дата доступа: 08.05.2013.

2. Зерноуборочные комбайны: потребности покупателей, предложения производителей [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://agroobzor.ru/sht/a-149.html> Дата доступа: 08.05.2013.