

Система слежения и регулирования глубины хода рабочих органов культиваторов

*С.Н. Кокошин, к.т.н., В.И. Ташланов, магистр,
ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья*

Обработка почвы – одна из наиболее важных и затратных технологических операций в процессе возделывания зерновых культур. Культиватор, как основной объект данной операции, может использоваться для основной и предпосевной обработки почвы. Но необходимо учесть, что при увеличении глубины обработки возрастает и сила сопротивления почвы, которая влияет на тяговое сопротивление агрегата, автоколебания упругих стоек и равномерность хода культиваторной лапы на установленной глубине. При предпосевной обработке культивация создаёт оптимальные условия для прорастания семян: структуру и строение

почвенного слоя, тепловой, водный, воздушный режимы, а также формирует посевное ложе [1]. К основным задачам культивации относится и борьба с сорняками, корни которых находятся в обрабатываемом слое и должны разрушаться под действием культиваторной лапы [2].

Одним из критериев, ограничивающим применение культиватора на почвах различного типа, является изгибная жёсткость стойки лапы [3]. Применение рабочих органов с недостаточной жёсткостью приводит к поломке и необходимости замены стойки, и, наоборот, избыточная жёсткость увеличивает тяговое сопротивление агрегата и энергоёмкость операции [4]. С учётом того что в структуре одного поля встречаются почвы с различными физико-механическими свойствами, переменная

сила сопротивления влияет на глубину обработки и появляется необходимость в системе слежения и регулирования глубины хода рабочих органов при культивации почвы. Неравномерность глубины хода культиваторной лапы связана с деформацией стойки под действием силы сопротивления почвы [5]. В работе С.Е. Фёдорова представлен анализ перемещения рабочего органа на упругой стойке под действием силы сопротивления в зависимости от длины стойки [6]. Длина изменялась путём создания дополнительной опоры на верхнем витке стойки. Но данная конструкция не имеет возможности изменения длины стойки в автоматическом режиме.

Одним из решений устойчивого хода культиваторных лап на заданной глубине является применение культиваторных стоек с изменяемой жёсткостью с применением гибкого трубчатого элемента [7]. Данные стойки совершают колебания в процессе взаимодействия с почвой [8], что характеризует их как упругие. Для функциональной работы предлагаемой конструкции необходима система, которая позволит синхронизировать силу сопротивления почвы и изгибающую жёсткость стойки культиватора.

Цель исследования – разработать систему слежения и регулирования глубины хода рабочих органов культиваторов на стойках с изменяемой жёсткостью.

Материал и методы исследования. Постоянно изменяемая сила сопротивления почвы зависит от её физико-механического состава. В рамках одного поля могут встречаться почвы различного типа и физико-механического состава, что приводит к изменению глубины обработки почвы. Мониторинг структуры почвы может проводиться как в режиме on-line [9], так и в режиме off-line [10]. Первый режим подразумевает постоянное использование спутниковой навигационной системы, а второй – выполнение картирования полей. Оба этих режима подразумевают дополнительные финансовые затраты, которые увеличивают себестоимость продукции.

Чтобы не привязываться к физико-механическим характеристикам почвы, мы предлагаем за входной параметр выбрать расстояние от конца гибкого трубчатого элемента до рамы культиватора – точка О (рис. 1). При действии силы сопротивления лапа культиватора перемещается назад по ходу движения, выглубляясь. Стойка культиватора 1 и гибкий трубчатый элемент 2 деформируются, меняя положение точки О относительно рамы. Для фиксации данных перемещений на раму культиватора устанавливается оптический датчик расстояния 3. В состоянии покоя данное расстояние считается номинальным. Под действием силы сопротивления перемещение лапы в вертикальном направлении в пределах агротехнических требований изменяет измеряемое расстояние в диапазоне $\pm\Delta$. Сигналы с датчика 3 передаются в блок управления 4.

В гидравлической системе трактора, состоящей из бака 5, шестеренного насоса 6, устанавлива-

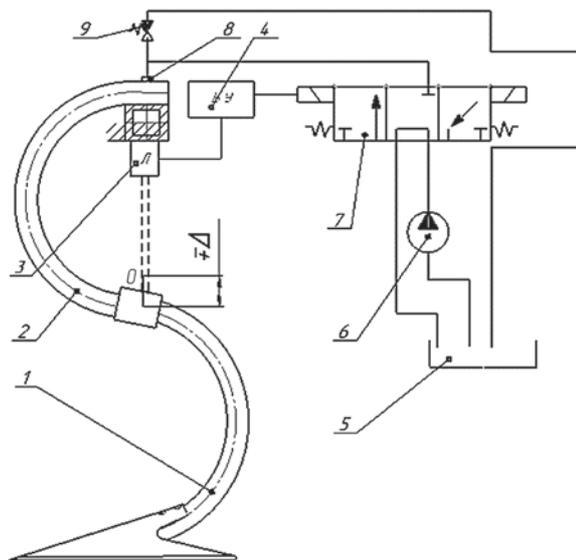


Рис. 1 – Принципиальная схема системы контроля глубины хода

ется гидрораспределитель 7 с электромагнитным управлением. Полость гибкого трубчатого элемента 2 через штуцер 8 соединяется шлангами с гидрораспределителем 7.

В процессе обработки почвы с увеличением силы сопротивления лапа выглубляется и датчик 4 фиксирует перемещение точки О за пределы установленного диапазона $\pm\Delta$. Данный сигнал передаётся в блок управления, который переводит гидрораспределитель в положение поступления жидкости в полость гибкого трубчатого элемента. При увеличении давления поперечное сечение элемента начинает деформироваться, стремясь к окружности, заглубляя лапу культиватора на установленную глубину. При этом расстояние, фиксируемое датчиком до т. О, увеличивается до момента попадания в установленный диапазон $\pm\Delta$. В этот момент на блок управления поступает сигнал и гидрораспределитель переводится в начальное положение и полость элемента становится герметичной с сохранением созданного гидравлического давления.

При снижении силы сопротивления почвы под действием деформации гибкого трубчатого элемента лапа заглубляется и датчик фиксирует увеличение расстояния до точки О. В случае если данное расстояние превышает допустимый диапазон, то на блок управления подаётся сигнал и гидрораспределитель переводится в режим стравливания жидкости из полости элемента в бак. Этот режим активен до момента, пока измеряемое датчиком расстояние не будет удовлетворять исходным параметрам.

В случае если создаваемого давления недостаточно для возврата культиваторной лапы на установленную глубину и блок управления не ограничивает давление жидкости, в масляной магистрали, предусмотрен предохранительный клапан 9. Данный клапан перед работой агрегата

настраивается на максимально возможное давление в пределах прочности материала гибкого трубчатого элемента.

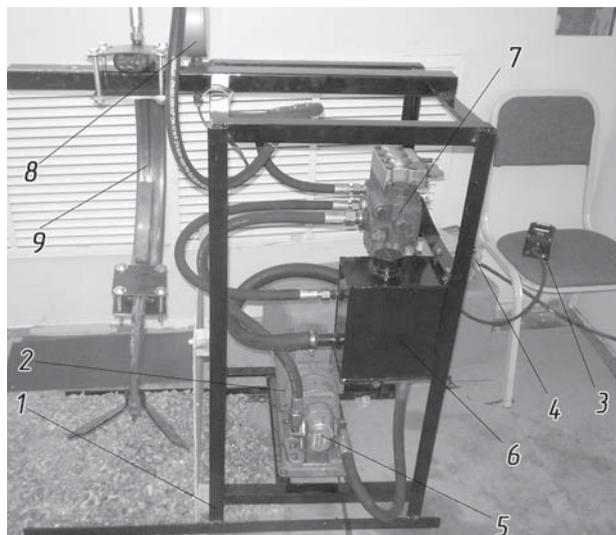


Рис. 2 – Лабораторная установка:

1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – кнопка «пуск-стоп»; 4 – частотный преобразователь; 5 – насос шестеренный; 6 – гидравлический бак; 7 – гидрораспределитель; 8 – манометр; 9 – испытуемый образец

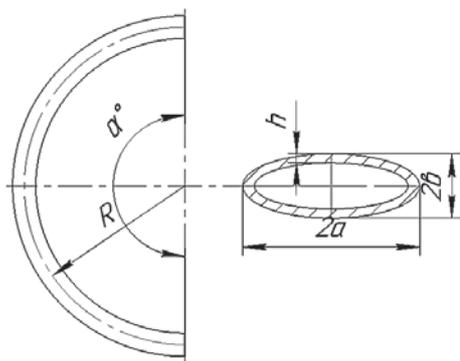


Рис. 3 – Геометрические параметры испытуемых образцов

При использовании предлагаемой системы появляется необходимость изучения инертности процесса и определения времени, которое затрачивается от момента фиксации датчиком показателя расстояния до необходимой деформации гибкого трубчатого элемента и перемещения лапы на установленную глубину. Для этих целей была собрана лабораторная установка, показанная на рисунке 2. Установка включает в себя раму 1 с установленным на ней электродвигателем 2, который включается через кнопку 3. Электродвигатель приводит в движение насос 5, который нагнетает масло из бака 6 через гидрораспределитель 7 в полость трубчатого элемента 9. Для фиксации значения давления жидкости в масляную магистраль установлен манометр 8. Для регулировки максимального давления на выходе насоса 5 в сеть питания электродвигателя установлен частотный преобразователь 4.

Для испытаний было изготовлено четыре образца гибких трубчатых элементов со следующими характеристиками: центральный угол $\alpha = 180^\circ$, центральный радиус $R = 210 - 20$ мм, большая полуось поперечного сечения $a = 30$ мм, меньшая полуось поперечного сечения $b = 15$ мм, толщина стенки сечения $h = 3,5$ мм. (рис. 3). Образец 1 был изготовлен из стали 10, 2 – Сталь 20, 3 – 30ХГСА, 4-12Х18Н10Т.

В процессе экспериментов при помощи частотного преобразователя изменялась частота вращения вала электродвигателя, которая влияла на максимальное значение давления жидкости в магистрали, которое мог создать гидравлический насос. При проведении эксперимента измерялось время, которое необходимо с момента открытия золотника гидрораспределителя до полной деформации гибкого трубчатого элемента.

Результаты исследования. Зависимости времени процесса полного перемещения от максимального значения давления насоса представлены на рисунке 4.

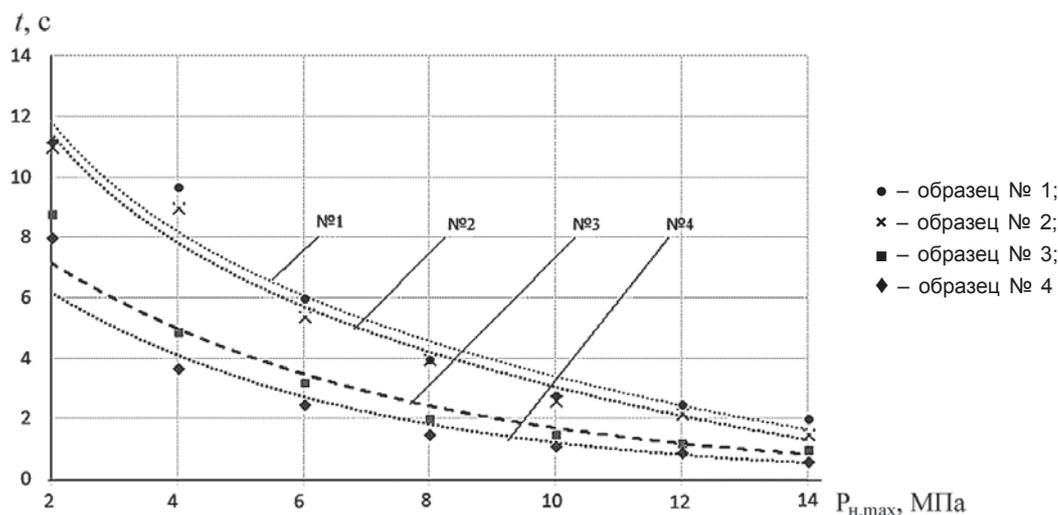


Рис. 4 – Результаты экспериментальных исследований

Как видно по полученным зависимостям, увеличение максимально возможного давления, нагнетаемого насосом, способствует снижению времени процесса деформации гибкого трубчатого элемента. Образцы 3 и 4 за счёт упругих свойств материала деформируются быстрее, чем образцы 1 и 2, а также имеют больший рабочий ресурс. При максимальном давлении жидкости в гидросистеме 12 МПа образцы 3 и 4 полностью деформируются за 1,2 и 0,9 сек. соответственно. При увеличении давления до 14 МПа время деформации данных образцов имеет значение менее 1 сек. С учётом того что максимально возможное давление в тракторе МТЗ-80/82 составляет до 22 МПа, рабочий диапазон для культиваторных стоек с изменяемой жёсткостью 12–16 МПа является допустимым и оптимальным для агрегата.

Выводы. Предложенная система автоматизированного слежения и управления глубиной хода рабочих органов культиваторов позволит выдерживать агротехнические требования по глубине обработки почвы на почвах с различными физико-механическими свойствами.

Время процесса деформации гибких трубчатых элементов, изготовленных из сталей, обладающих упругими свойствами, при давлении жидкости в магистрали более 12 МПа имеет значение менее 1 секунды.

Применение культиваторных стоек с изменяемой жёсткостью в совокупности с предлагаемой

системой слежения и регулирования глубины по-высит качественные показатели процесса обработки почвы и будет способствовать снижению расхода топлива агрегата за счёт стабилизации глубины хода культиваторной лапы.

Литература

1. Савельев В.А. Система ведения полевого хозяйства [Электронный ресурс]: монография. Саратов. Вузовское образование, 2018. 225 с. 978-5-4487-0121-4. URL: <http://www.iprbookshop.ru/73629.html>
2. Горбачёв И.В., Мехедов М.А. Чем и как проводить культивацию // Сельский механизатор. 2008. №4. С. 34–35.
3. Фёдоров С.Е. Зависимость качества поверхностной обработки почвы от жёсткости стойки / С.Е. Фёдоров, М.Н. Чаткин, А.А. Жалнин [и др.] // XLV Огарёвские чтения: матер. науч. конф. Саранск, 2017. С. 31–34.
4. Мазитов Н.К. Оптимальные параметры упругих рабочих органов блочно-модульных культиваторов / Н.К. Мазитов, Р.Л. Сахапов, Н.Х. Галяутдинов [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2007. № 7. С. 30–32.
5. Дмитриев С.Ю., Дмитриев Ю.П. Автоматический регулятор жёсткости упругой стойки культиватора // Труды ГОСНИТИ. 2012. Т. 110. № 1. С. 85–87.
6. Фёдоров С.Е. Повышение качества поверхностной обработки почвы регулированием жёсткости упругой стойки культиватора: автореферат дисс. ... канд. техн. наук. Саранск, 2016, С. 22.
7. Кокошин С.Н. Культиваторные стойки с изменяемой жёсткостью // Сельский механизатор. 2012. № 5. С. 8.
8. Маратканов А.А., Устинов Н.Н., Смолин Н.И. Амплитудно-частотная характеристика гибкой трубчатой стойки культиватора // Вестник Курганской ГСХА. 2013. № 4 (8). С. 88–90.
9. Соловьёва Н.Ф. Опыт применения и развитие систем точного земледелия [Электронный ресурс] : научно-аналитический обзор / Н.Ф. Соловьёва. Электрон. текстовые данные. М.: Росинформагротех, 2008. 100 с. 2227–8397. URL: <http://www.iprbookshop.ru/15752.html>
10. Семизоров С.А. Эффективность применения систем спутниковой навигации при посеве зерновых культур // Агропродовольственная политика России. 2015. № 10. С. 31–34.