

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГОЙ S-ОБРАЗНОЙ СТОЙКИ КОМБИНИРОВАННОГО КУЛЬТИВАТОРА

Федоров Сергей Евгеньевич, аспирант кафедры «Сельскохозяйственные машины им. профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВПО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарева, Институт механики и энергетики.

430904, Республика Мордовия, г. Саранск, р.п. Ялга, ул. Российская, 5.

E-mail: seregafedorov1989@mail.ru

Чаткин Михаил Николаевич, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Сельскохозяйственные машины им. профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВПО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарева, Институт механики и энергетики.

430904, Республика Мордовия, г. Саранск, р.п. Ялга, ул. Российская, 5.

E-mail: chatkinm@yandex.ru

Костин Александр Сергеевич, аспирант кафедры «Сельскохозяйственные машины им. профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВПО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарева, Институт механики и энергетики.

430904, Республика Мордовия, г. Саранск, р.п. Ялга, ул. Российская, 5.

E-mail: kostin8811@yandex.ru

Колесников Николай Виктрович, аспирант кафедры «Сельскохозяйственные машины им. профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВПО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарева, Институт механики и энергетики.

430904 Республика Мордовия, г. Саранск, р.п. Ялга, ул. Российская, 5.

E-mail: injener11@mail.ru

Ключевые слова: культиватор, колебания, стойка, перемещение, регулятор.

Цель исследования – повышение равномерности глубины хода рабочего органа культиватора, расширение эксплуатационных возможностей использования культиватора с упругими стойками на почвах с разными физико-механическими свойствами. Большое энергопотребление при обработке почвы вызывает поиск путей ее снижения. Один из путей – это использование широкозахватных комбинированных культиваторов с рабочими органами, закрепленными на упругих стойках. Рассмотрены основные типы упругих стоек. Применение упругих стоек способствует уменьшению тягового сопротивления на 25-30% по сравнению с жесткими стойками. Однако использование упругих стоек приводит к невыполнению агротехнических требований. Исходя из цели исследования, была поставлена задача – определить собственные частоты и перемещения стойки по оси «Z», характеризующей глубину хода рабочего органа, в зависимости от нагрузки и схемы закрепления. За объект изучения была выбрана S-образная стойка. Расчет колебательного процесса стойки проводился в компьютерной программе SolidWorks, которая основана на методе конечных элементов. С учетом удельного сопротивления почвы, максимальная нагрузка на одну стойку была принята – 2500 Н. Интервал изменения нагрузки – 500 Н. В результате расчета были построены зависимости: «нагрузка – перемещение» и «собственные частоты – схемы закрепления». Анализ данных зависимостей показал: напряжения в S-образной стойке не превышают предела пропорциональности; с увеличением опорных точек увеличивается жесткость стойки; с увеличением жесткости стойки растет ее собственная частота. Выявлено, что для стабилизации показателей работы стойки культиватора, необходимо в ее конструкции предусмотреть регулятор жесткости, что позволит ее использовать на почвах различной влажности и твердости.

Обработка почвы в сельскохозяйственном производстве считается самой энергоемкой операцией. На нее приходится 30-40% всей потребляемой в сельском хозяйстве энергии. Одним из основных путей снижения энергопотребления при обработке почвы, сохранения ее свойств и потенциального плодородия является минимализация, предусматривающая совмещение нескольких технологических операций и приемов. Это достигается благодаря использованию широкозахватных высокопроизводительных комбинированных агрегатов, которые позволяют уменьшить число проходов по полю, потери времени на холостые проходы, трудовые и денежные затраты, а также увеличить производительность. Комбинированные агрегаты качественно рыхлят, уплотняют почву, сохраняя при этом влагу и мульчу, что приводит к повышению урожайности возделываемых культур [1, 2].

Перспективным считается применение упругих стоек для крепления рабочих органов в конструкциях комбинированных культиваторов для предпосевной обработки почвы [3].

Применение упругих стоек способствует уменьшению тягового сопротивления на 25-30% по сравнению с жесткими стойками [4, 5]. Рабочие органы на упругих стойках в процессе работы совершают вынужденные колебания за счет переменного сопротивления почвы. Воздействие такого рабочего органа аналогично воздействию вибратора. Однако рабочие органы, закрепленные на упругих стойках, отклоняются от установленной глубины обработки на 10-15% больше, чем на жестких стойках, что ставит под сомнение выполнение агротехнических требований [6].

Цель исследования – повышение равномерности глубины хода рабочего органа культиватора, расширение эксплуатационных возможностей использования культиватора с упругими стойками на почвах с разными физико-механическими свойствами.

Задачи исследований – определить собственные частоты и перемещения стойки по оси «Z», характеризующей глубину хода рабочего органа, в зависимости от нагрузки и схемы закрепления.

Материалы и методы исследований. Основные типы стоек представлены на рисунке 1. Если соединить характерные точки (перегиба (т. п) сжатия (т. с) и растяжения (т. р) крепление стойки к раме) прямыми, то получаются формы стоек, которые могут быть нелинейно подобны [7].

Объект исследования – упругая S-образная стойка, расчет которой проводился в компьютерной программе SolidWorks, которая основана на методе конечных элементов.

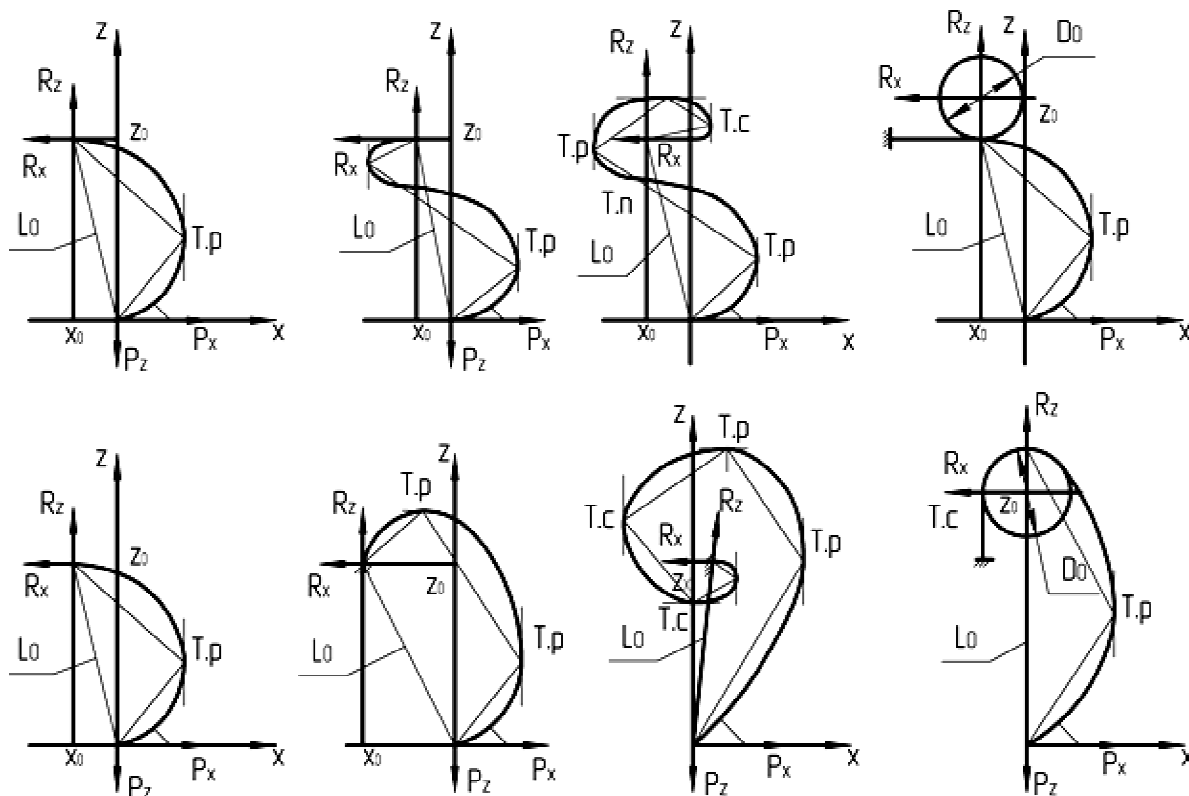


Рис. 1. Основные типы упругих стоек с указанием характерных точек

При использовании метода конечных элементов модель конструкции разбивается на области (конечные элементы). В каждом конечном элементе движение среды описывается с помощью функций, представляющих собой перемещения и напряжения в этой области. Области друг с другом соединяются с помощью узлов, благодаря которым происходит взаимодействие конечных элементов между собой. Конечные элементы, расположенные определенным образом и закрепленные согласно граничным условиям, в зависимости от конструкции объекта, позволяют адекватно описать всю полноту многообразия конструкций [8].

К области (конечному элементу) могут быть приложены как сосредоточенные, так и распределенные силы, а также и моменты, которые получили название узловых нагрузок.

Для проведения расчета, с учетом условий работы упругой стойки, были заданы геометрические параметры стойки (поперечное сечение 45×9 мм) и материал стойки – Сталь 60С2А, модуль сдвига $G=82000$ МПа, модуль упругости $E=212000$ МПа, твердость HRC= 46-52.

При расчете, согласно удельному сопротивлению почвы, максимальная нагрузка на одну стойку была принята 2500 Н. Интервал ее изменения составил 500 Н.

Жесткость данной стойки увеличивалась с уменьшением ее рабочей длины. Это достигается за счет разных схем крепления стойки, которые показаны на рисунке 2. Наибольшее перемещение точки «А» в процессе работы наблюдалось вдоль осей «Z» и «X». Перемещение вдоль оси «Y» является минимальным.

При действии сосредоточенной силы P , максимальный прогиб стойки определяется по формуле

$$y_{\max} = \frac{P \cdot l^3}{k \cdot E \cdot J}, \quad (1)$$

где k – коэффициент, зависящий от характера нагрузки;
 P – сосредоточенная нагрузка на стойку, Н;
 l – расстояние от точки приложения нагрузки до закрепленной опоры, м;
 E – модуль упругости, МПа ($E=const$);
 J – момент инерции сечения стойки, cm^3 ($J=const$).

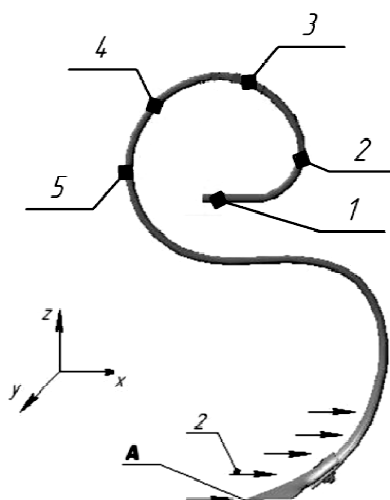


Рис. 2. Схемы закрепления упругой стойки культиватора:
 1, 2, 3, 4, 5 – закрепление; 2 – нагрузка

Результаты исследований. По результатам автоматизированного расчета в зависимости от расстояния точки приложения нагрузки до закрепленной опоры l ($l_1 - 1,05$ м, $l_2 - 0,94$ м, $l_3 - 0,85$ м, $l_4 - 0,72$ м, $l_5 - 0,65$ м), были построены следующие графики (рис. 3, 4).

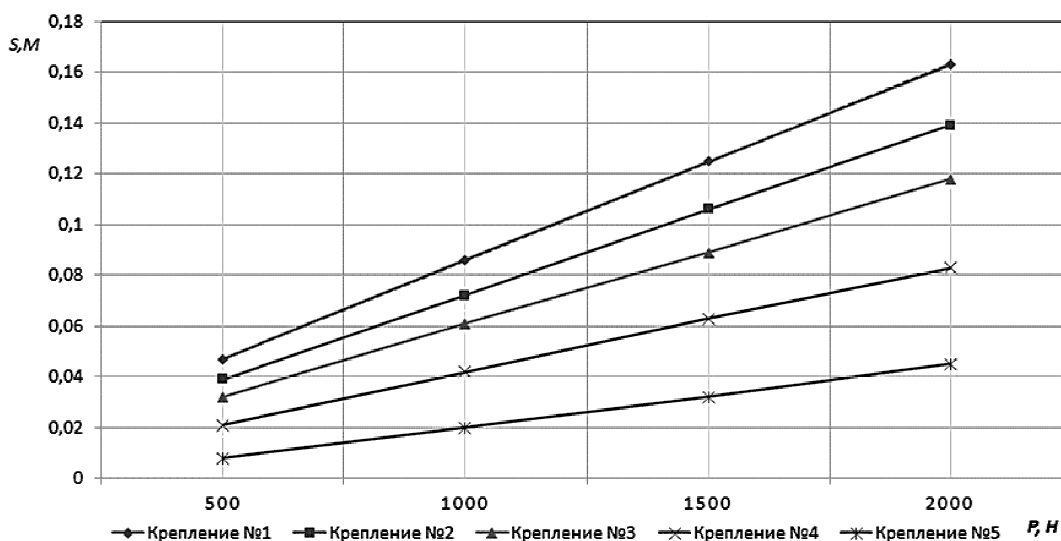


Рис. 3. Нагрузка – перемещение вдоль оси «Z» в зависимости от схемы закрепления (для точки «А»)

Из анализа графической зависимости «нагрузка – перемещение» (рис. 3) следует: напряжения в стойке не превышают предела пропорциональности, так как все зависимости выражаются прямыми линиями; с уменьшением рабочей длины стойки увеличивается угол наклона прямых, значит уменьшается податливость стойки, следовательно, увеличивается ее жесткость.

Анализ зависимости «собственные частоты – схемы закрепления» (рис. 4) показывает: с увеличением жесткости стойки растет собственная частота колебаний, что способствует использованию ее на влажных почвах (стойки с большой частотой колебаний лучше самоочищаются).

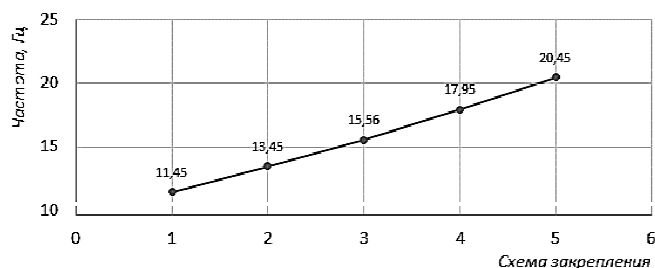


Рис. 4. Собственные частоты колебаний в зависимости от схемы закрепления

Заключение. Для стабилизации эффективных показателей работы и в целях предохранения упругой стойки культиватора в момент перегрузки, необходимо в ее конструкцию предусмотреть регулятор жесткости, что позволяет ее использовать на почвах различной влажности и твердости.

Библиографический список

1. Ишкин, П. А. Повышение эффективности разуплотнения почвы комбинированным орудием при мелкой осенней полосовой обработке : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Ишкин Павел Александрович. – Пенза, 2008. – 19 с.
2. Чаткин, М. Н. Обзор современных энергосберегающих технологий обработки почвы / М. Н. Чаткин, О. А. Ягин, С. Е. Федоров // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : межвуз. сб. науч. тр. – Саранск, 2010. – С. 65-68.
3. Багманов, Р. С. Улучшение качества предпосевной обработки почвы и снижение энергозатрат путем обоснования параметров культиватора с упругими рабочими органами : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Багманов Рубин Сабирович. – Москва, 2012. – 18 с.
4. Дмитриев, С. Ю. Проектирование, измерения и автоматизация упругих элементов машин и механизмов с использованием компьютера / С. Ю. Дмитриев, Ю. П. Дмитриев // Роль молодых ученых в решении приоритетного национального проекта «Развитие АПК» : мат. студенческой науч. конферен. – Чебоксары, 2007. – С. 90-93.
5. Седашкин, А. Н. Влияние вынужденных колебаний на разрушение почвы / А. Н. Седашкин, С. Е. Федоров, С. Ю. Городсков // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : межвуз. сб. науч. тр. – Саранск, 2010. – С. 66-68.
6. Пат. 132940 Российская федерация, МПК А01В35/24 Культиватор на упругих стойках / Чаткин М. Н., Федоров С. Е., Костин А. С. – №2013120755 ; заявл. 06.05.2013 ; опубл. 10.10.2013, Бюл. №28. – 2 с.
7. Федоров, С. Е. Исследование динамики пружинной стойки методом «эквивалентного бруса» / С. Е. Федоров, М. Н. Чаткин // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : межвуз. сб. науч. тр. – Саранск, 2013. – С. 66-68.
8. Лукашевич, А. А. Построение и реализация схем прямого метода конечных элементов для решения контактных задач // Известия вузов. Строительство. – 2007. – № 12. – С. 18-23.

УДК 631.363.7

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЦИКЛА РАБОТЫ СМЕСИТЕЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Коновалов Владимир Викторович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Теоретическая и прикладная механика», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Кордон Студеный, 25А.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

Фомина Мария Владимировна, аспирант, ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Кордон Студеный, 1г.

E-mail: sha_penza@mail.ru

Терюшков Вячеслав Петрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА.

440007 Пензенская область, г. Пенза, 1-й Городищенский проезд, 7-1.

E-mail: sha_penza@mail.ru

Чупшев Алексей Владимирович, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА.

440014 Пензенская область, г. Пенза, ул. Конструкторская, 12.

E-mail: sha_penza@mail.ru

Ключевые слова: смеситель, цикл, смешивание, выгрузка, смесь, производительность.

Цель исследования – аналитически обосновать длительность цикла работы смесителя периодического действия. Повышение продуктивности животных требует улучшения качества кормов. Одним из способов