

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА



УДК 631.316.022



Н.Н. Устинов, А.А. Маратканов
N.N. Ustinov, A.A. Maratkanov

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АКТИВНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КУЛЬТИВАТОРА СО СТОЙКОЙ В ВИДЕ ГИБКОГО ТРУБЧАТОГО ЭЛЕМЕНТА

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE SPECIFICATIONS OF POWERED TILLAGE TOOL OF CULTIVATOR WITH FLEXIBLE TUBULAR TINES

Ключевые слова: культиватор, активный рабочий орган, гибкий трубчатый элемент, динамические характеристики, резонансная частота.

Представлены результаты экспериментального определения характеристик активного рабочего органа культиватора со с-образной стойкой в виде гибкого трубчатого элемента, представляющего собой герметичную полую трубу некруглого поперечного сечения. При подаче импульсного давления в полость стойки свободный конец с рыхлительной лапой совершает вынужденные колебания, что позволит обеспечить оптимальные режимы колебаний рабочего органа на разных физико-механических свойствах почвах. Для проведения исследований изготовлена лабораторная установка, позволяющая определить характеристики рабочего органа под действием постоянного и пульсирующего давления в полости стойки. Представлена принципиальная схема гидроимпульсной системы, используемой для подачи пульсирующего давления в полость стойки. Гидравлическая система является силовой импульсной системой гидрообъемного типа, формирование движущей силы происходит в результате подачи в замкнутую камеру переменного объема, что приводит к возникновению в этой камере импульсов давления. Для создания пульсирующего давления использован распределитель с электромаг-

нитным управлением. Приведены параметры экспериментального образца рабочего органа со стойкой в виде гибкого трубчатого элемента. Представлены результаты определения упругой характеристики при подаче статического давления в полость стойки. Установлено, что упругая характеристика стойки имеет нелинейный характер. По результатам измерения параметров вынужденных колебаний при частоте пульсирующего давления от 8 до 31,5 Гц построены амплитудно-частотная и импульсно-частотная характеристики, определена резонансная частота рабочего органа. Установлены диапазоны частот вынужденных колебаний в дорезонансном и зарезонансном режиме. Результаты могут быть использованы при выборе рациональных режимов колебаний рабочих органов предложенной конструкции.

Key words: cultivator, powered tillage tool, flexible tubular element, dynamic characteristics, resonant frequency.

The paper presents the results of experimental determination of dynamic behavior of a powered tillage tool of a cultivator with C-shaped tine in the form of flexible tubular element representing a sealed hollow tube of noncircular cross section. When impulse pressure is applied to the tine hollow cavity, the running end with the tillage tool produces forced

oscillations; this enables optimum vibration conditions of the tool on different soils. A laboratory setup was made which enabled to determine the characteristics of the tool under constant and pulsating pressure in the tine hollow. The principle diagram of the hydro-impulse system creating pressure in the tine hollow is presented. The hydraulic system is a hydrostatic power impulse system, and the driving force is a result of flow in a closed chamber of variable volume. To create a pulsating pressure, a solenoid valve is used. The parameters of the experimental model with the tine in the form of flexible tubular

elements are presented. The results of the determination of the fine elastic characteristics are presented. It was found that the elastic characteristics are of non-linear pattern. By measuring the parameters of forced oscillations at a frequency of impulse pressure of 8 to 31.5 Hz, amplitude-frequency and pulse-frequency characteristics and the resonant frequency of the tool are determined. The frequency ranges of forced oscillations are determined. The results may be used in the selection of rational modes of the oscillations of the tools of the proposed design.

Устинов Николай Николаевич, к.т.н., доцент, каф. лесного хозяйства, деревообработки и прикладной механики, Государственный аграрный университет Северного Зауралья. Тел.: (3452) 46-48-79. E-mail: UstinovNikNik@mail.ru.

Маратканов Артем Анатольевич, аспирант, каф. лесного хозяйства, деревообработки и прикладной механики, Государственный аграрный университет Северного Зауралья. E-mail: notgsha@mail.ru.

Ustinov Nikolay Nikolayevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Forestry, Timber Processing and Applied Mechanics, State Agricultural University of Northern Trans-Urals. Ph.: (3452) 46-48-79. E-mail: UstinovNikNik@mail.ru.

Maratkanov Artem Anatolyevich, Post-Graduate Student, Chair of Forestry, Timber Processing and Applied Mechanics, State Agricultural University of Northern Trans-Urals. E-mail: notgsha@mail.ru.

Введение

Обработка почвы является одной из самых энергоемких операций сельскохозяйственно-го производства. Одним из направлений, позволяющих снизить энергоемкость при обработке почвы, является применение конструкций почвообрабатывающих машин с колеблющимися рабочими органами [1]. Вместе с тем обеспечение оптимальных режимов колебаний рабочего органа на разных по физико-механическим свойствам почвах является достаточно актуальной проблемой.

Для решения данной проблемы предложена конструкция рабочего органа культиватора, С-образная стойка которого выполнена в виде гибкого трубчатого элемента, представляющего собой герметичную трубу некруглого поперечного сечения (рис. 1) [2-4].

Принцип действия рабочего органа заключается в следующем. При подаче давления в полость стойки 2 через штуцер рабочей гидкости либо воздуха происходит деформация сечения, в результате этого её свободный конец с рыхлительной лапой 1 совершает перемещение. При подаче пульсирующего давления рыхлительная лапа совершает колебательные движения с определенной амплитудой и частотой, которые зависят от параметров подаваемого давления. Изменяя параметры давления, можно задать различные режимы колебания, что позволит снизить тяговое сопротивление.

Цель экспериментальных исследований заключается в определении характеристик рабочего органа со стойкой в виде гибкого трубчатого элемента под действием внутреннего давления.

Условия, материалы и методы

Для проведения эксперимента создана лабораторная установка (рис. 2 а), которая состоит из электродвигателя 1, масляного насоса 2, гидрораспределителя с электромагнитным клапаном 3, рамы 4, манометра, гидробака, стойки в виде гибкого трубчатого элемента. Общий вид установки показан на рисунке 2 а.

Гидравлическая система, принципиальная схема которой показана на рисунке 2 б, состоит из насосной станции 0.1, гидрораспределителя 1.1 с электромагнитным управлением, переливного клапана 0.2 для поддержания определенного значения давления в системе. Частоту пульсаций можно изменять путем изменения частоты управляющего сигнала на электромагнит распределителя. Гидравлическая система является силовой импульсной системой гидрообъемного типа [5],

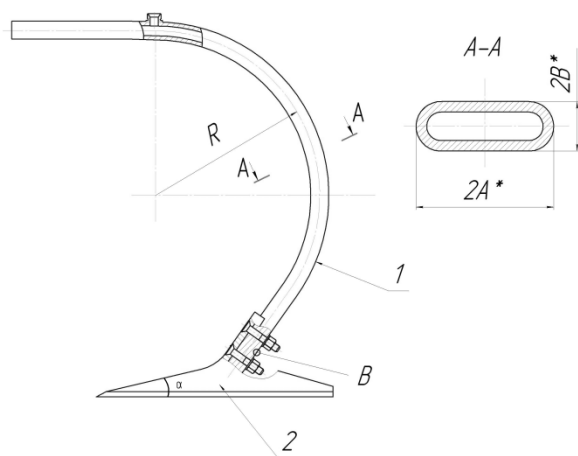


Рис. 1. Рабочий орган культиватора со стойкой в виде гибкого трубчатого элемента:
1 – гибкий трубчатый элемент;
2 – рыхлительная лапа

формирование движущей силы происходит в результате подачи давления в замкнутую камеру переменного объема, что приводит к возникновению в этой камере импульсов давления.

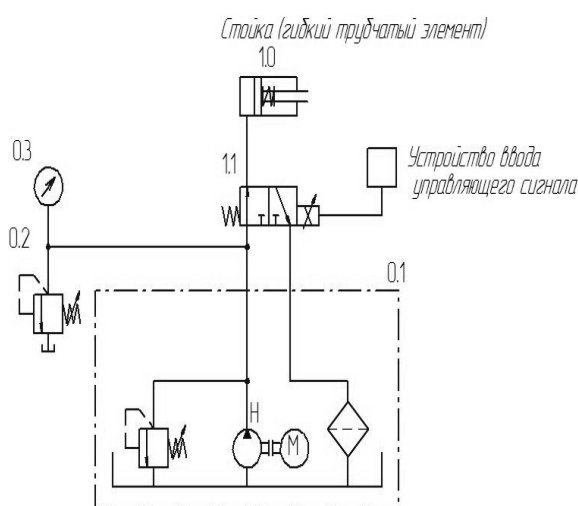
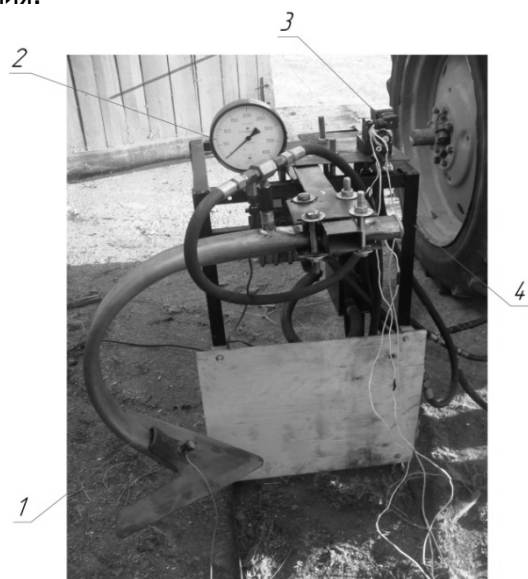


Рис. 2. Лабораторная установка:
а – общий вид лабораторной установки;
1 – рабочий орган; **2** – манометр;
3 – распределитель с электромагнитным клапаном; **4** – рама; **б** – принципиальная схема экспериментальной виброимпульсной системы

Для проведения эксперимента была изготовлена стойка в виде гибкого трубчатого элемента. В качестве базового варианта выбраны геометрические параметры стойки культиватора КПЭ-3,8. Гибкий трубчатый элемент изготовлен из стали 12ХН10Т. Геометрические параметры стойки (рис. 1): радиус центральной оси $R=332$ мм, размер большой полуоси сечения трубчатого элемента $2A^*=70$ мм, размер малой полуоси трубчатого элемента $2B^*=30$ мм; толщина стенки трубы $h=4,8$ мм; масса рабочего органа 15 кг. В полость стойки подавалось пуль-

сирующее давление (амплитудное значение $A_p=25$ кг/см², среднее значение $A_m=25$ кг/см²) с частотами 8; 12,5; 16; 31,5 Гц.

Для определения угла постановки лапы α использовался угломер маятниковый (тип ЗУ-РИ-М ТУ-2-034-666-82) (рис. 1). Определение параметров колебаний стойки, амплитуды колебаний, виброскорости производилось с использованием прибора Вибран 2. Магнитный датчик прибора устанавливался в точке В (рис. 1). Запись параметров изменения угла α и параметров колебаний производилась в пятикратной повторности.

Результаты и обсуждение

Чувствительность стойки в виде гибкого трубчатого элемента к действию внутреннего давления является одним из важных показателей, определяющих устойчивость хода рабочего органа по глубине. Величина номинального рабочего давления должна обеспечивать отклонение угла α в заданных пределах. На рисунке 3 показана упругая характеристика рабочего органа, полученная в результате эксперимента.

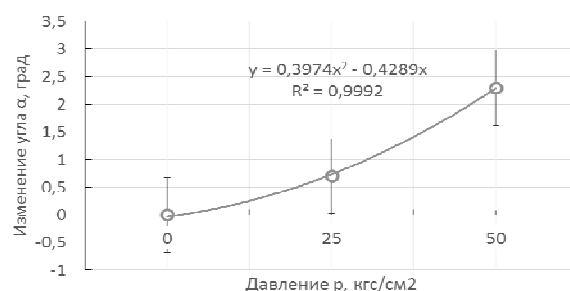
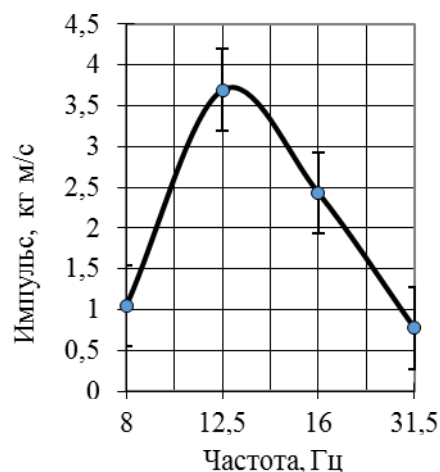
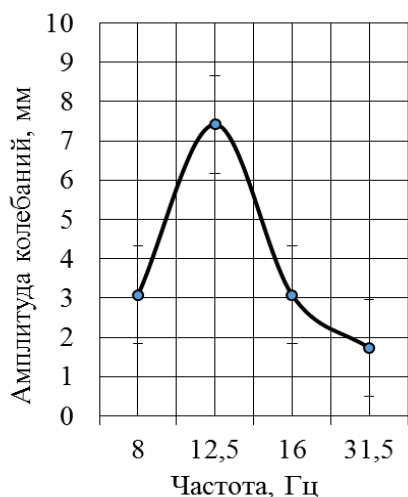


Рис. 3. Характеристика рабочего органа со стойкой в виде гибкого трубчатого элемента

Упругая характеристика гибкого трубчатого элемента, как видно из графика, носит нелинейный характер и является возрастающей [6]. Изменение угла α при давлении 50 кгс/см² не превышает 2,5°.

В результате исследования динамических характеристик построены частотные характеристики рабочего органа (рис. 4): амплитудно-частотная и импульсно-частотная характеристики [7]. Установлено, что диапазон частот колебаний, в котором может работать рабочий орган 8-31,5 Гц. Частота собственных колебаний стойки составляет 12,5 Гц. Работа в резонансном режиме, как показали эксперименты, не устойчива, сопровождается резким увеличением амплитуды колебаний. Выявлено два возможных режима работы: работа в дорезонансном режиме в диапазоне частот от 8 до 11 Гц и зарезонансном режиме в диапазоне частот от 14 до 31,5 Гц (рис. 4 а).



а б
Рис. 4. Динамические характеристики рабочего органа со стойкой в виде гибкого трубчатого элемента:
 а – амплитудно-частотная; б – импульсно-частотная

Важной характеристикой ударного воздействия рабочего органа на почву является импульс. На рисунке 4 б показана импульсно-частотная характеристика рабочего органа. В резонансном режиме значение импульса достигает 3,69 кг·м/с. Диапазон значений величины импульса в дорезонансном режиме работы составляет от 1 до 2,5 кг·м/с, а в резонансном режиме – от 0,9 до 3 кг·м/с.

Выводы

Таким образом, экспериментально определены упругая характеристика и динамические характеристики рабочего органа культиватора со стойкой в виде гибкого трубчатого элемента, обозначены возможные режимы колебаний рабочего органа под действием пульсирующего давления.

Библиографический список

1. Лобачевский Я.П., Колчина Л.М. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 116 с.
2. Рабочий орган культиватора: пат. RU №2009136304 А, А01В35/26, А01В35/32 / Устинов Н.Н., Кокошин С.Н., Смолин Н.И.; заявл. 30.09.2009, № 2009136304/21; опубл. 20.09.2011.
3. Рабочий орган культиватора: пат. RU №2428825 С2, А01В35/20, А01В35/32, А01В39/20 / Устинов Н.Н., Кокошин С.Н., Смолин Н.И.; заявл. 30.09.2009, № 2009136304/21; опубл. 20.09.2011.
4. Рабочий орган культиватора: пат. RU 116000 U1, МПК А01В 35/20, А01В 39/20 / Маратканов А.А., Смолин Н.И., Коко-

шин С.Н., Устинов Н.Н.; заявл. 03.05.2011, № 2011117732/13; опубл. 20.05.2012.

5. Алимов О.Д., Басов С.А. Гидравлические виброударные системы. – М.: Наука, 1990. – 352 с.

6. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов. – М.: Машгиз, 1962. – 456 с.

7. Левитский Н.И. Колебания в механизмах: учебное пособие для вузов. – М.: Наука, 1990. – 352 с.

References

1. Lobachevskii Ya.P., Kolchina L.M. Sovremennoe sostoyanie i tendentsii razvitiya pochvoobrabatyvayushchikh mashin. – М.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2005. – 116 s.
2. Rabochii organ kul'tivatora: pat. RU № 2009136304 А, А01В35/26, А01В35/32, N.N. Ustinov, S.N. Kokoshin, N.I. Smolin; zayavl. 30.09.2009, № 2009136304/21; opubl. 20.09.2011.
3. Rabochii organ kul'tivatora: pat. RU № 2428825 S2, А01В35/20, А01В35/32, А01В39/20, N.N. Ustinov, S.N. Kokoshin, N.I. Smolin; zayavl. 30.09.2009, № 2009136304/21; opubl. 20.09.2011.
4. Rabochii organ kul'tivatora: pat. RU 116000 U1, МПК А01В 35/20, А01В 39/20, A.A. Maratkanov, N.I. Smolin, S.N. Kokoshin, N.N. Ustinov; zayavl. 03.05.2011, № 2011117732/13; opubl. 20.05.2012.
5. Alimov O.D., Basov S.A. Gidravlicheskie vibroudarnye sistemy. – М.: Nauka, 1990. – 352 s.
6. Andreeva L.E. Uprugie elementy priborov. – М.: Mashgiz, 1962. – 456 s.
7. Levitskii N.I. Kolebaniya v mekhanizmax: uchebnoe posobie dlya vuzov. – М.: Nauka, 1990. – 352 s.

