

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

THE EXPERIMENTAL SETUP FOR THE STUDY OF SOIL-WORKING BODIES

И.В. БОЖКО, к.т.н.
Г.Г. ПАРХОМЕНКО
А.В. ГРОМАКОВ
В.А. МАКСИМЕНКО, д.т.н.
С.И. КАМБУЛОВ

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
Зерноград, Россия, i.v.bozhko@mail.ru

I.V. BOZHKO, PhD in Engineering
G.G. PARKHOMENKO,
A.V. GROMAKOV,
V.A. MAKSIMENKO, DSc in Engineering
S.I. KAMBULOV

Federal State Budget Scientific Institution «Agrarian Science
Center «Donskoy», Zernograd, Russia i.v.bozhko@mail.ru

Заключительной проверкой проведенных расчетов на адекватность заявленной гипотезы по изучаемому явлению является эксперимент. Посредством применения метода монографического обследования известных несущих систем была разработана конструкция экспериментальной установки для проведения полевых экспериментальных исследований рабочих органов почвообрабатывающих машин. При проведении экспериментальных исследований применяются методы энергетической оценки, оценки технических параметров в соответствии с методиками государственных стандартов, а также методы натурального эксперимента с использованием современных средств компьютерной диагностики и программного обеспечения. Экспериментальная установка для исследования рабочих органов почвообрабатывающих машин предлагаемой конструкции включает в себя раму, опорные колеса с возможностью регулировки глубины обработки почвы посредством винтового механизма, механизм навески, шарнирный механизм с креплением исследуемого рабочего органа, механизм крепления измерительного датчика и жестко закрепленный на раме установки рабочий орган для создания условий реального технологического процесса функционирования. При движении установки по экспериментальному участку аналоговые данные тягового сопротивления, считываемые с измерительного датчика передаются в усилитель, откуда по каналу подаются в плату аналого-цифрового преобразователя, далее оцифрованные данные поступают на персональный компьютер. Установлено, что относительная погрешность данных экспериментального определения параметров и показателей технологического процесса рабочих органов почвообрабатывающих машин при использовании предлагаемой экспериментальной установки с измерительным комплексом не превышает 4 % от результатов теоретических исследований. Экспериментальная установка позволяет проводить исследования в полевых условиях с имитацией реального процесса работы проектируемой почвообрабатывающей машины.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, почвообрабатывающий рабочий орган, измерительный комплекс, экспериментальная установка.

The final verification of the performed calculations on the adequacy of the stated hypothesis on the phenomenon being studied is the experiment. Using the method of monographic examination of known bearing systems, the design of an experimental setup for conducting field experimental studies of the working organs of tillage machines was developed. When conducting experimental studies, methods of energy assessment, estimation of technical parameters in accordance with state standards, and methods of full-scale experiment using modern computer diagnostic tools and software are used. The experimental installation for studying the working organs of soil-cultivating machines of the proposed construction includes a frame, support wheels with the possibility of adjusting the depth of soil cultivation by means of a screw mechanism, the attachment mechanism, a hinged mechanism with the fastening of the working organ, the fixing mechanism of the measuring sensor and rigidly fixed to the frame of the apparatus working body to create conditions for the real technological process of functioning. When the system moves through the experimental section, the analog data of the traction resistance read from the measuring sensor is transmitted to the amplifier, from where it is fed through the channel to the analog-to-digital converter board, then the digitized data is fed to the personal computer. It is established that the relative error in the data of the experimental determination of the parameters and indices of the technological process of the working organs of soil-cultivating machines when using the proposed experimental installation with a measuring complex does not exceed 4 % of the results of theoretical studies. The experimental installation allows to carry out investigations in the field conditions with imitation of the real process of operation of the designed tiller machine.

Keywords: experimental research, soil-working body, measuring complex, experimental installation.

Введение

Эксперимент – одна из основных и заключительных проверок проведенных расчетов на адекватность заявленной гипотезы по изучаемому явлению.

Экспериментальные исследования подразделяются на лабораторные, лабораторно-полевые и полевые.

Лабораторные экспериментальные исследования проводятся, как правило, в стационарных условиях и применяются к агрегатам, не требующим 100%-й имитации условий работы разрабатываемой машины, либо в случаях, когда необходимо исключить случайные факторы, влияющие на протекание процесса.

Лабораторные экспериментальные исследования можно осуществить в почвенном канале, предназначенном для моделирования процессов резания, перемещения, уплотнения и перемешивания слоев внутри пласта, происходящих при взаимодействии с рабочими органами почвообрабатывающих машин на различных режимах функционирования. Почвенный канал представляет собой прямоугольный лоток с почвой. Оборудование почвенного канала обычно включает приводную станцию, динамометрическую тележку (самоходную или с канатным приводом), измерительную аппаратуру и подъемно-транспортные механизмы.

Известно, что самоходные тележки развивают малое тяговое усилие, которое, можно повысить за счет увеличения веса, но ввиду возникновения значительных инерционных сил на высоких скоростях с учетом пути разгона и торможения, рабочая длина канала сокращается. Поэтому чаще используются тележки с канатным приводом. Однако они также имеют ряд недостатков. Так, установка рабочих органов ассиметрично центру тележки приводит к перекосу рамы, что может нарушить правильность угла установки рабочих органов, к увеличению тягового сопротивления и искажению результатов исследования. Помимо этого не обеспечивается равномерность скорости движения и глубины рабочих органов.

Несмотря на то что в современных конструкциях почвенных каналов предусматривается полная механизация всех вспомогательных работ по подготовке обрабатываемой среды, ее физико-механические свойства отличаются от реального пласта почвы, поэтому достовернее результаты полевых исследований.

Полевые экспериментальные исследования являются наиболее предпочтительными, так как машина функционирует в реальных условиях, в которых в дальнейшем предполагается ее эксплуатация. Следует отметить, что большим плюсом таких исследований является достоверность получаемых данных об исследуемом явлении, процессе.

Цель исследования

Целью исследования является экспериментальная установка для изучения режимов и параметров функционирования почвообрабатывающих рабочих органов и проверки проведенных расчетов на адекватность заявленной гипотезы.

Материалы и методы исследования

Монографическое обследование известных устройств (несущих систем), разработанных ранее [1], анализ их функционирования в полевых условиях и предварительные расчеты позволили разработать конструкцию экспериментальной установки для проведения экспериментальных исследований рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Экспериментальные исследования проводятся с использованием методики натурального эксперимента и по ГОСТ Р 5277-2009 «Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки» (введен 01.07.2008 (взамен СТО АИСТ 2.2-2006), ГОСТ Р 54784-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки технических параметров» (введен 01.03.2012 (взамен ОСТ 10.2.1-97), СТО АИСТ 4.1-2010 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей» (введен 15.04.2011 взамен СТО АИСТ 4.01-2004) сертифицированной измерительной аппаратурой с применением современных средств компьютерной диагностики и программного обеспечения.

Программа экспериментальных исследований предусматривает проведение полевых исследований рабочих органов и состоит из двух этапов:

- определение оптимальных параметров и режимов функционирования рабочих органов;
- определение агротехнических и энергетических показателей технологического процесса.

Для проведения экспериментальных исследований в поле размечаются участки. Каждый участок делится на две части: до 20 м – для

разгона трактора, 50–100 м – непосредственно экспериментальный, на котором производится снятие показаний с измерительного датчика.

Исследования проводятся при движении агрегата «туда» и «обратно» не менее, чем в трех повторениях для различных режимов функционирования: глубины обработки почвы и скорости движения.

Скорость движения рабочего органа определяется по времени прохождения зачетного участка по формуле:

$$v = S / t,$$

где v – скорость агрегата, м/с; S – длина зачетного участка, м ($S = 50–100$ м); t – время, с (определяется по секундомеру).

Результаты и их обсуждение

Схема разработанной экспериментальной установки представлена на рис. 1.

Экспериментальная установка включает в себя раму 1, опорные колеса 2 с возможностью регулировки глубины обработки почвы посредством винтового механизма, механизм навески 3 для агрегатирования с тракторами класса тяги 3 (Т-150К), шарнирный механизм 4 с креплением

исследуемого рабочего органа, механизм крепления измерительного датчика 5, предназначенного для снятия показаний тягового сопротивления, а также жестко закрепленный рабочий орган 6 для создания условий реального технологического процесса функционирования.

Как известно, рабочие органы почвообрабатывающих машин функционируют в условиях блокированного, полублокированного и свободного резания. При полублокированном резании функционирование рабочего органа осуществляется по подготовленной до прохода почве с одной стороны, свободном – с двух сторон, при блокированном – в неразрушенном пласте.

Наиболее характерным является полублокированное резание, поэтому в конструкции на раме установки предусмотрен рабочий орган 6 для создания условий реального технологического процесса функционирования, подготавливающий слой почвы под исследуемый рабочий орган, который крепится на шарнирном механизме 4 экспериментальной установки.

В качестве измерительного датчика используется шарнирное тензометрическое звено, самоустанавливающееся по линии тяги в направлении движения агрегата в механизме кре-

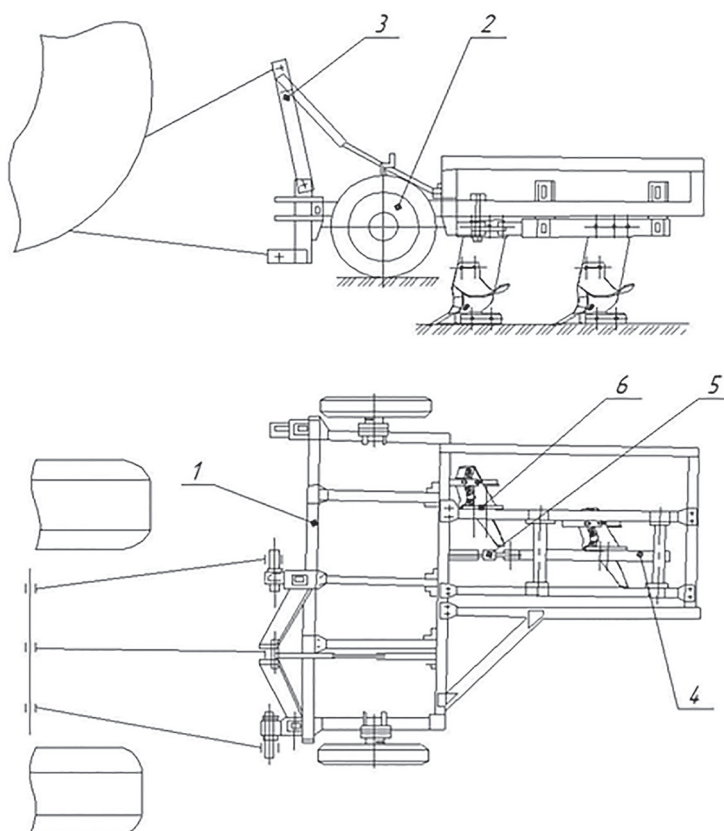


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 – рама; 2 – опорные колеса; 3 – механизм навески; 4 – шарнирный механизм; 5 – измерительный датчик; 6 – рабочий орган для создания реальных условий функционирования

пления 5, позволяющее снимать показания тягового сопротивления.

На рис. 2 показан пример расстановки рабочих органов на экспериментальной установке.

Тарировка датчика для измерения тягового сопротивления осуществляется на специальном приспособлении (рис. 3) с помощью пружинного динамометра в трех повторениях: до, во время и после опытов [1–4].

При тарировке датчика тягового сопротивления вращением рукоятки через коническое зацепление шестерен перемещается винт. К нему присоединен динамометр, связанный посредством цепи с пальцем, усилие натяжения которой задает нагрузку.

Сигналы от измерительного датчика усиливаются и регистрируются, далее по данным тарировочных файлов определяются коэффициенты. Тарировочный коэффициент определяется отдельно, многократно, и используются его средние значения.

Тарировочный коэффициент K_T для датчика тягового сопротивления – это масштаб, определяемый отношением истинной нагрузки к ее средней ординате:

$$K_T = \frac{P_i}{k_i - k_0}, \quad (1)$$

где P_i – текущее значение тягового сопротивления при тарировке, кН; k_i – текущее значение на АЦП (аналого-цифровой преобразователь) при P_i , у.е.; k_0 – нулевое значение на АЦП, у.е.

Значения искомых величин тягового сопротивления, определялись по формуле:

$$P_T = (P_{Ti} - P_{T0}) K_T,$$

где P_{Ti} , – текущие значения тягового сопротивления, у.е.; P_{T0} , – нулевые (средние в у.е.) значения; K_T – тарировочные коэффициенты, кН/у.е.; P_{Ti} , P_{T0} – значения, полученные в результате непосредственного измерения величин тягового сопротивления с размерностью в условных



а



б

Рис. 2. Расстановка рабочих органов на экспериментальной установке:

а – вид сзади; б – вид сбоку



а



б



в

Рис. 3. Приспособление для тарировки измерительного датчика:

а – верхняя часть приспособления; б – нижняя часть приспособления; в – динамометр

единицах, в отличие от значений P_i (выражение (1)), задаваемых посредством дифференцированного увеличения нагрузки в прямом и обратном направлениях, наблюдаемых по показаниям динамометра для измерительного датчика в процессе тарировки, и фиксируемых при этом значениях x_i на АЦП.

Предварительно устанавливается глубина обработки почвы опорными колесами 2 (см. рис. 1). В качестве примера приведем данные для рабочих органов [5–10], осуществляющих послойную безотвальную обработку почвы (табл. 1).

При движении установки по экспериментальному участку аналоговые данные тягового сопротивления, считываемые с измерительного датчика, передаются в усилитель TDA-6, откуда по каналу подаются в плату АЦП аналого-цифрового преобразователя ЛА-70М-4, далее оцифрованные данные поступают в ПК (рис. 4). Эти данные фиксируются в формате CVS, который совместим с программой Microsoft Excel для дальнейшей обработки и графической интерпретации полученных результатов в данной программе.

Основным преимуществом использования экспериментальной установки является определение тягового сопротивления рабочих органов почвообрабатывающих машин в процессе их разработки на различных этапах проектирования.

Общий вид экспериментальной установки в поле при проведении исследований технологического процесса рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы на стерневом фоне представлен на рис. 5.

Относительная погрешность данных экспериментального определения параметров и показателей технологического процесса рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы при использовании предлагаемой установки с измерительным комплексом не превышает 4 % от результатов теоретических исследований [10].

Таблица 1

Показатели установочной глубины рыхления рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы

Глубокая обработка, см	Мелкая и поверхностная обработка, см
25	2–6
30	6–10
35	12–16



а



б

Рис. 4. Оборудование

для экспериментальных исследований:

а – усилитель TDA-6 с платой аналого-цифрового преобразователя ЛА-70М-4; б – измерительный датчик (тензозвено)



Рис. 5. Экспериментальная установка в работе

Заключение

Разработка конструкции устройства для проверки в реальных условиях проведенных расчетов на адекватность заявленной гипотезы является актуальной задачей, направленной на выполнение экспериментального этапа прикладной научно-исследовательской работы.

Предложенная экспериментальная установка для проведения полевых исследований рабочих органов почвообрабатывающих машин позволяет проводить исследования в полевых условиях с имитацией реального процесса работы проектируемой машины.

Литература

1. Пархоменко С.Г., Пархоменко Г.Г. Измерение силы тяги на крюке трактора в агрегате с навесной сельскохозяйственной машиной // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 4. С. 15–19.
2. Пархоменко Г.Г. Исследование чизеля: Сравнительная оценка рабочих органов. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 72 с.

3. Пархоменко Г.Г., Пархоменко С.Г. Теоретическое исследование механизмов перемещения рабочих органов для обработки почвы // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: сб. науч. докладов Междунар. научно-технич. конф. ФГБНУ ВИМ, 2015. С. 210–214.
 4. Пархоменко Г.Г., Пархоменко С.Г. Повышение эксплуатационной надежности САР почвообрабатывающих машин // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 122. С. 87–91.
 5. Пархоменко Г.Г., Божко И.В. Результаты оптимизации формы почвообрабатывающих рабочих органов // Modernn vymoženosti vědy – 2014: Materiály X mezinárodní vědecko-praktické conference – Dní 32. Zemědělství: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o. 2014. S. 17–21.
 6. Божко И.В., Пархоменко Г.Г. Особенности безотвальной послойной обработки почвы в засушливых условиях // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 1 (1). С. 25–30.
 7. Божко И.В., Пархоменко Г.Г., Громаков А.В., Максименко В.А. Энергетическая оценка технологического процесса послойной безотвальной обработки почвы // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 4 (4). С. 11–19.
 8. Божко И.В., Пархоменко Г.Г., Громаков А.В. Анализ энергетических показателей технологического процесса послойной безотвальной обработки почвы // Инновации в сельском хозяйстве. 2014. № 5. С. 6–9.
 9. Божко И.В., Пархоменко Г.Г., Громаков А.В. Обоснование конструкции рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы // Сборник статей 9-й международной научно-практической конференции «Инновационные разработки для АПК». Зерноград: ГНУ СКНИИ-МЭСХ Россельхозакадемии, 2014. С. 30–36.
 10. Божко И.В. Обоснование параметров эллиптического рыхлителя рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2015. 23 с.
- References**
1. Parkhomenko S.G., Parkhomenko G.G. Measuring the traction force on the tractor hook in an aggregate with a hinged agricultural machine. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2016. No 4, pp. 15–19 (in Russ.).
 2. Parkhomenko G.G. Issledovanie dizelya: Srovnitel'naya otsenka rabochikh organov [Chisel study: Comparative evaluation of working organs]. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 72 p.
 3. Parkhomenko G.G., Parkhomenko S.G. Theoretical study of the mechanisms of displacement of working organs for tillage. *Intellektual'nye mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii Gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sb. nauch. dokladov Mezhdunar. nauchno-tekhnich. konf [Intellectual machine technology and technology for the implementation of the State Program for the Development of Agriculture: collection of scientific works of international scientific and technical conference]*. FGBNU VIM, 2015, pp. 210–214 (in Russ.).
 4. Parkhomenko G.G., Parkhomenko S.G. Increasing the operational safety of RAW tillage machines. *Trudy GOSNITI*. 2016. Vol. 122, pp. 87–91 (in Russ.).
 5. Parkhomenko G.G., Bozhko I.V. Results of optimizing the shape of the tillage working tools. *Modernn vymoženosti vědy – 2014: Materiály X mezinárodní vědecko-praktické conference – Dní 32. Zemědělství: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o.* 2014. S. 17–21 (in Russ.).
 6. Bozhko I.V., Parkhomenko G.G. Features of the non-sandwich layer-by-layer tillage in arid conditions. *Agrotekhnika i energoobespechenie*. 2014. No 1 (1), pp. 25–30 (in Russ.).
 7. Bozhko I.V., Parkhomenko G.G., Gromakov A.V., Maksimenko V.A. Energy evaluation of the technological process of layer-by-layer soil-free tillage. *Agrotekhnika i energoobespechenie*. 2014. No 4 (4), pp. 11–19 (in Russ.).
 8. Bozhko I.V., Parkhomenko G.G., Gromakov A.V. Analysis of energy indicators of the technological process of layer-by-layer soil-free tillage. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2014. No 5, pp. 6–9 (in Russ.).
 9. Bozhko I.V., Parkhomenko G.G., Gromakov A.V. Substantiation of the design of the working element for layered soil-free tillage. *Sbornik statey 9-oy mezhdunarodnoy nauchno prakticheskoy konferentsii «Innovatsionnye razrabotki dlya APK» [Collection of articles of the 9th International Scientific and Practical Conference «Innovative developments for the agroindustrial complex»]*. Zernograd: GNU SKNIIMESKh Rossel'khozakademii, 2014, pp. 30–36 (in Russ.).
 10. Bozhko I.V. Obosnovanie parametrov ellipticheskogo rykhatelya rabochego organa dlya posloynoy bezotval'noy obrabotki pochvy: avtoref. dis. ...kand. tekhn. nauk [Justification of the parameters of the elliptical ripper of the working member for layered soil-free tillage of soil: abstract for dissertation for degree of Candidate of Technical Sciences]. Krasnodar, 2015. 23 p.