

Выводы

На основании анализа технологий и технических средств уборки незерновой части урожая сои и высокой кормовой ценности половы, разработано приспособление к зерноуборочному комбайну для сбора и разгрузки половы в специально отведенные места на краю поля (получено положительное решение).

К данной технологии сбора половы изготовлена пневмотранспортирующая машина, позволяющая собирать и отвозить полосу к месту использования.

Совместное использование копнителя-половосборника на зерноуборочном комбайне и пневмотранспортирующей машины позволяет практически полностью собрать ценную незерновую часть урожая сои, измельчить и разбросать солому для ее использования в качестве органического удобрения.

Библиографический список

1. Макаров В.Н. Влияние основной обработки почвы с внесением соломы на урожай зерна сои и пшеницы // Некоторые вопросы селекции, биологии и агротехники сои. – Новосибирск, 1977. – Вып. 5, 6. – С. 41-48.

2. Присяжная И.М., Присяжный М.М. Перемещение и разбрасывание измельченной соломы при комбайновой уборке сои // Достижения науки и техники АПК. – М., 2010. – № 7. – С. 62-64.

3. Присяжная С.П., Присяжный М.М., Дыкин А.П. Совершенствование технологии сбора половы при комбайновой уборке сои // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2007. – № 9. – С. 14-15.



УДК 631.3;53.087

**М.П. Смирнов,
П.А. Смирнов,
Е.П. Алексеев**

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Ключевые слова: динамометрирование, почвообрабатывающий рабочий орган, тяговое сопротивление, измерительный комплекс, измерительный датчик, GPS-навигационная система, тензометрическая аппаратура, аналоговый сигнал, цифровой сигнал.

Тензометрическая аппаратура для измерения тягового сопротивления отдельных рабочих органов характеризуется достаточно низкой надежностью в полевых условиях, сложностью настройки («дрейф нуля» для тензометрического усилителя типа «Топаз-3»), высокой тру-

доемкостью и требует определенных навыков оператора [1]. Учитывая вышеизложенное, нами поставлена задача создания простого в обслуживании на базе современного переносного персонального компьютера измерительного комплекса, включающего: сани динамометрические, совместимый переносной персональный компьютер, программное обеспечение, датчик.

Измерительный датчик построен по известному тяговому пружинному динамографу В.П. Горячкина со снятым лентопротяжным механизмом [1] (рис. 1), который представлен винтовой пружиной 1,

работающей на сжатие и расположенной между корпусом прибора 3 и подвижной опорной шайбой 5. Тяговое усилие P действует на пружину 1 через серьгу 6, соединенную с рамой прибора 3, и серьгу 2, соединенную с шайбой 5 посредством штока 4. Деформация измерительной пружины под действием тягового усилия P фиксируется контроллером 7, который скользит по дорожке 8. Сигнал регистрируется на компьютере 9.

Измерительный комплекс предоставляет возможность регистрации электрических сигналов (как импульсных, так и непрерывных) и их оцифровку (перевод в числовые массивы) с целью дальнейшей обработки с помощью статистических пакетов программ непосредственно на том же компьютере. Программное обеспечение позволяет провести гибкую настройку параметров регистрации.

Для измерения аналогового сигнала (перемещения) используется контроллер типа мышь. По проведенным экспериментам наиболее точными и устойчивыми к различным помехам являются оптические контроллеры (Optical Mouse), которые менее чувствительны к изменяющим внешним возмущающим условиям. Чувствительность (минимальное перемещение,

которое может зарегистрировать контроллер по любой из координат) достигает 0,03 мм. При этом не имеет значения, движется корпус контроллера по поверхности или поверхность движется относительно зафиксированного контроллера [2].

Изготовленные специальные винтовые пружины 1 с различной жесткостью предварительно тарируются на стенде, в результате которого получены тарировочные графики, выражающие зависимости между значением силы P и перемещением контроллера 7.

На рисунке 2 представлен график, полученный при помощи измерительного комплекса в полевых условиях. Регистрируемые сигналы в режиме реального времени оцифровываются и записываются на жесткий диск компьютера в виде числовых массивов, например, на представленном фрагменте в зоне диапазона обрабатываемых данных 11230 измерений, что значительно повышает точность измерения. Полученные затем массивы обрабатываются при помощи статистических пакетов (например Microsoft Excel, StatGraph и т.п.). При этом исключаются время разгона и остановки.

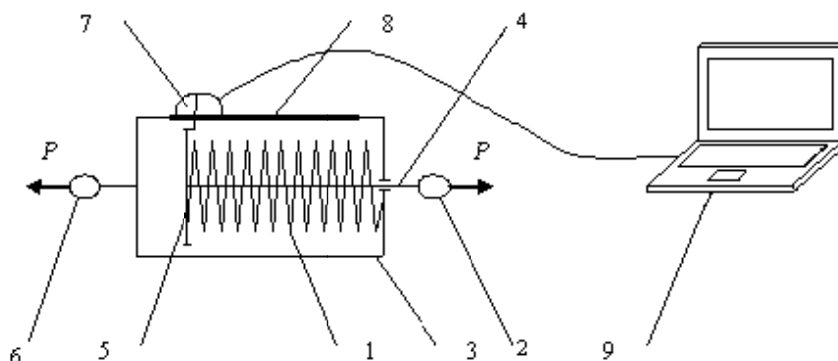


Рис. 1. Измерительный комплекс:

1 – винтовая пружина; 2, 6 – серьга; 3 – корпус прибора; 4 – шток; 5 – подвижная опорная шайба; 7 – контроллер; 8 – дорожка; 9 – компьютер



Рис. 2. Фрагмент рабочей диаграммы



Рис. 3. Сани для измерения тягового сопротивления [3]:
 1 – сница; 2 – рама; 3 – измерительный комплекс; 4 – каретка; 5 – подвеска рабочего органа;
 6 – винт регулировочный глубины хода; 7 – испытуемый рабочий орган; 8 – компьютер;
 9 – сиденье для оператора

Предложенный датчик для измерения тягового сопротивления почвообрабатывающих орудий хорошо себя зарекомендовал во время полевых испытаний. Он имеет стабильную величину нулевого сигнала, т.е. величину до и после работы. Также преимуществом датчика являются его простота конструкции и регулировки, удобство при обслуживании и надежность при длительной эксплуатации, возможность передачи показаний на расстояние, хранение и обработка данных на компьютере. Использование портативного ПК в полевых условиях позволяет снизить количество необходимой аппаратуры и персонала. Измерительный комплекс устойчив к изменениям температуры, вибрации и увлажнению.

Поскольку при ряде измерений требуется определить среднюю скорость движения агрегата, то при каждом проходе саней измеряется пройденное расстояние с помощью GPS-навигационной системы, установленной на современном смартфоне. К сожалению, на малых расстояниях при измерении таким способом расхождение результатов по сравнению с измерением простой строительной рулеткой составляет приблизительно $\pm 2,0$ м. Если же увеличить длину гона более 150 м, то ошибка становится несущественной.

Для измерительного комплекса изготовлены специальные сани, состоящие из рамы 2 с шарнирно соединенной сницей 1; подвижной каретки 4, соединенной спереди с измерительным комплексом 3 и сзади посредством навесной системы 5 с рабочим органом 7 (рис. 3) [3]. Поскольку процесс динамометрирования требует стабильного хода рабочего органа по глубине, на навесной системе 5 предусмотрен регулировочный винт 6. Не исключается возможность измерения с использованием подпружиненной штанги вместо регулировочного винта. Оператор с персональным переносным компьютером располагается на сиденье 9.

Каретка 4 перемещается по четырем направляющим на восьми подшипниках. Усилие, необходимое для холостого перемещения каретки 4 при горизонтальном расположении саней, составляет всего 1,00-1,50 Н, что незначительно влияет на точность измерения. Во избежание возникновения продольных составляющих реакции почвы на рабочий орган и увеличения погрешностей за счет перекоса каретки измерения проводятся преимущественно на прямолинейном участке.

Силы, действующие на испытуемый рабочий орган и каретку саней для определения тягового сопротивления рабочих органов, показаны на рисунке 4. Момент, возникающий на каретке, можно записать:

$$Nl_2 + Gl_1 - R_x h_1 - R_y l_1 = 0, \quad (1)$$

где N – реакция опоры на подшипниках;
 G – сила тяжести рабочего органа;
 R_x и R_y – горизонтальная и вертикальная реакции почвы на рабочий орган;
 l_1 – вылет рабочего органа;
 l_2 – расстояние между подшипниками каретки;
 h_1 – высота рабочего органа.

В выражении (1) вертикальная реакция почвы R_y может быть направлена как вверх, так и вниз (рис. 4). По экспериментальным данным, например, для бесприводного ротационного рабочего органа на вспаханном и проборонованном поле вертикальная реакция приблизительно равна силе тяжести рабочего органа и подвески (масса узла 8,3 кг), т.е. $R_y \approx G$. Исходя из этого и из выражения (1) реакция опоры на подшипниках определяется:

$$N = \frac{R_x h_1 + R_y l_1 - Gl_1}{l_2} \approx \frac{R_x h_1}{l_2}. \quad (2)$$

Сила трения на подшипниках с учетом приведенного коэффициента трения качения шариковых подшипников при радиальной нагрузке $f = 0,002$ [4] равна

$$F_t = F_t^1 + F_t^2 = 2fN. \quad (3)$$

Измеряемое тяговое усилие P_x будет равняться

$$P_x = R_x + F_t, \quad (4)$$

т.е. действительное тяговое сопротивление R_x будет меньше измеряемого P_x .

Поэтому проведены расчеты по определению относительной ошибки измерений на саях при конструктивных параметрах $l_1 = 0,4$ м, $l_2 = 0,16$ м и $h_1 = 0,35$ м для усилия $R_x = 500$ Н, близкого к мак-

симальному для почвообрабатывающих рабочих органов:

$$N = \frac{500 \cdot 0,35}{0,16} = 1093,75 \text{ Н.}$$

$$F_t = 2 \cdot 0,002 \cdot 1093,75 = 4,38 \text{ Н.}$$

Таким образом, относительная ошибка измерений определяется

$$\Delta_{\text{отн}} = \frac{F_t}{R_x + F_t} 100\% = \frac{4,38}{500 + 4,38} 100\% = 0,87\%.$$

Сани и измерительный комплекс перевозятся на экспериментальный участок на автомобиле или тракторном прицепе. Простая и надежная разработанная конструкция саней позволяет производить быстрый демонтаж, сборку и регулировку всех составляющих узлов (рис. 5-7).

Разработанный способ и устройство для измерения тягового сопротивления рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин отличаются плавностью хода и стабильными характеристиками, относительная ошибка измерений составляет не более $\Delta_{\text{отн}} = 0,87\%$. Учитывая поток сельскохозяйственной техники, произведенной как копия мировых аналогов без каких-либо экспериментальных исследований с учетом местных условий, устройство может быть использовано для сравнительного изучения эксплуатируемых и вновь проектируемых образцов рабочих органов, а также для проведения лабораторно-практических работ в учебных заведениях, в том числе и в почвенном канале. Производительность способа и устройства составляет до 12 измерений и обработки полученных данных в 1 ч, что в 2,5-3 раза выше по сравнению с известными аналогами.

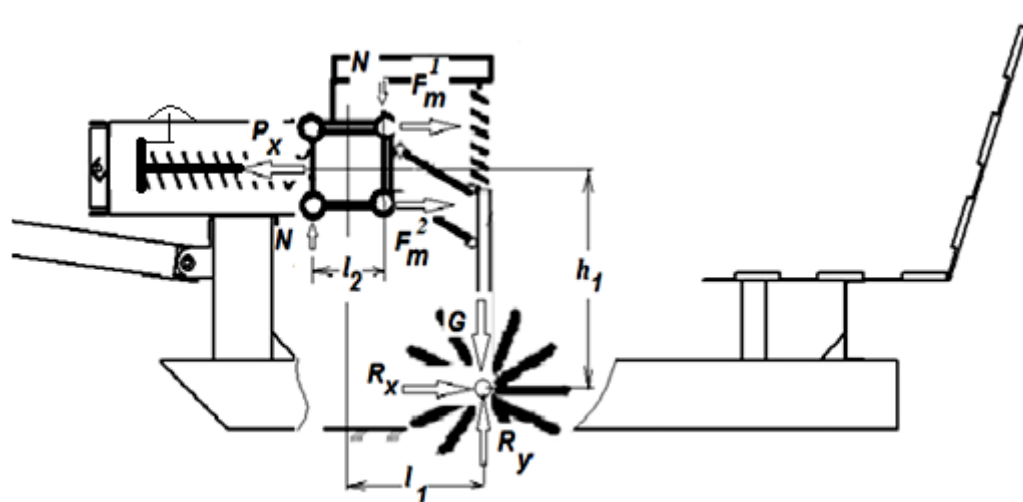


Рис. 4. Схема сил, действующих на рабочий орган и каретку

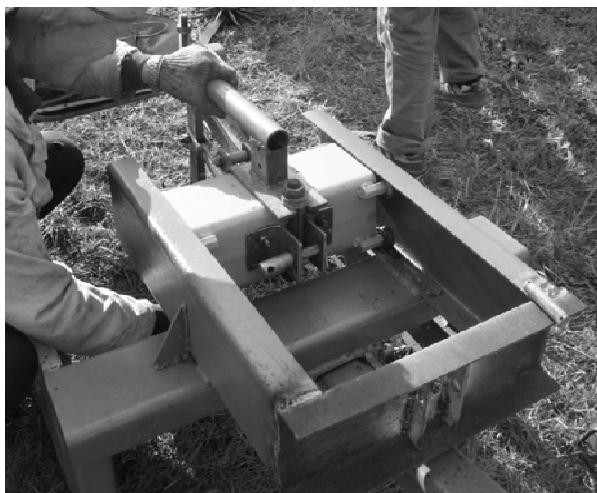


Рис. 5. Установка каретки на направляющие саней в полевых условиях



Рис. 6. Монтаж измерительного датчика



Рис. 7. Регулировка глубины хода ротационного рабочего органа

Библиографический список

1. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / под ред. канд. техн. наук М.И. Клецкина. – М.: Машиностроение, 1969. – Т. 4. – 536 с.
2. Лапин В.А. Повышение эффективности работы однобрусных косилок путем оптимизации параметров механизма подвески режущего аппарата: автореф. дис. ... канд. техн. наук (05.20.01, защищена 04.07.2008). – СПб.; Пушкин, 2008. – 18 с.
3. Смирнов М.П., Смирнов П.А., Кудряшов А.В. Сани для измерения тягового сопротивления почвообрабатывающих рабочих органов // Молодежь и наука XXI века: Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Ульяновск: ФГОУ ВПО Ульяновская ГСХА, 2010. – Т. 4. – С. 115-118.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. – М.: Машиностроение, 1980. – Т. 2. – 559 с.

