

УДК 62-79

UDC 62-79

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ
ПОЧВЫ**

**DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE
EXPERIMENTAL EQUIPMENT FOR
COMBINED TILLAGE**

Галеев Султан Хафизьянович
к.т.н., доцент

Galeev Sultan Hafizyanovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor

Муртазин Рустам Шамильевич
аспирант

Murtazin Rustam Shamilyevich
Postgraduate student

Клепцов Дмитрий Владимирович
магистрант

Kleptsov Dmitriy Vladimirovich
Master student

Коротков Григорий Игоревич
магистрант
*Поволжский государственный технологический
университет, Йошкар-Ола, Россия*

Korotkov Grigoriy Igorevich
Master student
*Volga State University of Technology, Ioshkar-Ola,
Russia*

В работе обоснована необходимость создания экспериментального оборудования для исследования силовых составляющих исследуемых процессов, приведена блок-схема измерительной системы, разработана методика выбора мест установки и схемы соединения используемых датчиков, а также выполнена апробация экспериментального оборудования при реализации пробного полного факторного эксперимента

The article substantiates the necessity of creation the experimental equipment for examination of the power components in the investigated process; a block diagram of the measuring system was presented. We have also developed a method of selecting a mounting location and connection schemes of the sensors, as well as the approbation of the experimental equipment is made in the implementation of a trial of full factorial experiment

Ключевые слова: ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, РАБОЧИЙ ОРГАН, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, РЕГИСТРИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО, ДАТЧИК

Keywords: TILLAGE, TOOL, ENERGY ESTIMATION, RECORDING DEVICE, SENSOR

Объектом исследования является способ комбинированной обработки почвы. В основе технологии комбинированной обработки почвы принят принцип чередования глубоких и мелких обработок, которые осуществляются рабочими органами почвообрабатывающих машин, используемых в выполнении требуемых операций. Выбор чередования способов обработки почвы и режимов настройки рабочих органов зависит от условий и характеристик полевых участков, на которых предполагается проведение обработки почвы. Для соответствия почвообрабатывающих машин, используемых для комбинированной обработки почвы, предъявляемым критериям по их способности с заранее

заданным качеством выполнять почвообрабатывающие операции, необходимо обеспечивать оптимальные режимы настройки рабочих органов.

Цель работы – создание экспериментального оборудования для измерения силовых составляющих. В результате проведения проектных и исследовательских работ выполнено создание экспериментального оборудования для измерения силовых составляющих.

Производственная реализация способа комбинированной обработки почвы с малым энергопотреблением возможна только при наличии информации по качественным и энергетическим показателям выполняемых операций, полученным при проведении экспериментальных исследований. Показателями энергетической оценки операций являются: силовые составляющие процесса обработки почвы; расход топливосмазочных материалов на единицу обработанной площади; сопротивление движению агрегата на единицу ширины его захвата.

При проведении запланированных исследований необходимо использование экспериментального оборудования, позволяющего получать достоверную информацию, наиболее полно отражающую исследуемые показатели почвообрабатывающих операций. Приборы и регистрирующие устройства должны соответствовать требованиям и рекомендациям при энергетической оценке сельскохозяйственной техники. Разработка и подготовка измерительных устройств для выполнения экспериментальных исследований должны быть осуществлены в соответствии с требованиями, связанными с точностью измерения оценочных показателей исследуемых процессов, надежностью и стабильностью работы измерительного комплекса.

Для обеспечения экспериментальных исследований почвообрабатывающих операций запланировано использование в качестве энергетического средства тракторов марок МТЗ-82 и К-701,

соответствующие классам тяги 14 кН и 50 кН. Поэтому экспериментальное оборудование, создаваемое для проведения исследований, ориентировано на использование его с вышеупомянутыми марками тракторов.

Регистрация и запись исследуемых процессов должны выполняться синхронно в соответствии с программой исследований. Для этих целей необходимы измерительные приборы и мобильный компьютер требуемой конфигурации. Измерение расхода топлива производится датчиками импульсного типа марки ДРТ-4. Частота и количество импульсов после преобразования в специальном аналого-цифровом преобразователе (АЦП) в оцифрованной форме поступает в мобильный компьютер, установленный в кабине трактора. Энергосиловые параметры исследуемого процесса, необходимые для получения количественных показателей энергоемкости почвообрабатывающих операций, фиксируются тензометрическими датчиками. При сборке тензометрических схем для измерительных каналов необходимо строгое выполнение требований, обусловленных местами закрепления датчиков и материалами, с помощью которых производится монтаж и сборка электрических проводов, изоляций и других элементов системы.

Для подготовки и проведения работ по отладке датчиков каждого измерительного канала, предварительно предусматривается изготовление устройств, приспособленных для выполнения тарировочных работ. Надежная работа тензорезистора обеспечивается при величине переходного сопротивления от датчика на «массу» не менее 25 МОм. Необходимое количество выполняемой изоляции зависит от ряда факторов. В первую очередь это зависит от качества подготовленной поверхности и используемых клеевых материалов. Технология проведения работ по наклейке датчиков приводится в заводской инструкции. Для надежной защиты датчика от внешних механических воздействий

производится его внешняя изоляция и покрытие полимерными защитными материалами.

Для составления общей схемы измерений вся измерительная система отображается в виде блок-схемы, приведенный на рисунке 1.

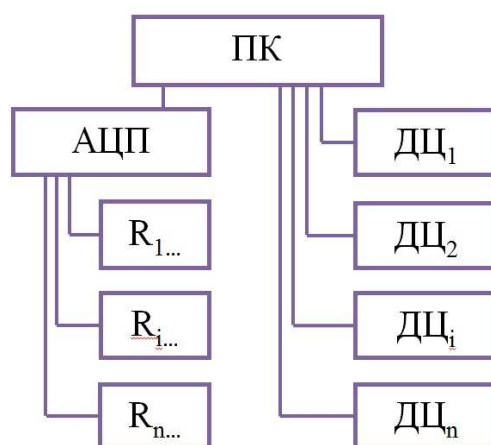


Рисунок 1. Измерительная система (блок-схема), где: $R_1, \dots, R_i, \dots, R_n$ – тензодатчики, наклеенные на исследуемых объектах; $ДЦ_1, \dots, ДЦ_i, \dots, ДЦ_n$ – измерительные каналы с датчиков, получаемые в оцифрованной форме; ПК – персональный компьютер, установленный в кабине мобильного энергетического средства; АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

Информация с исследуемых объектов по измерительным каналам поступает в аналогово-цифровой преобразователь и далее в мобильный компьютер, установленный в кабине трактора и получающий питание от бортовой сети трактора. При составлении измерительных каналов учитываются силовые параметры исследуемого процесса, характеризующих энергоемкость выполняемых операций. Закономерность измерения параметров и их количественная оценка при работе в различных режимах эксплуатации регистрируется датчиками R_1, R_i, \dots, R_n , установленных на исследуемых объектах. Датчик расхода топлива предназначен для регистрации не только общего количества израсходованного топлива, а так же одновременно и мгновенную скорость

расхода, что особенно важно для получения более полной картины при выполнении почвообрабатывающих операций, происходящих в ходе движения агрегата. Количественную оценку величины расхода топлива при передвижении машинно-тракторного агрегата по разным фонам и на различных режимах движения возможно осуществить по разности энергетических затрат, используемых на передвижении агрегата в целом и на выполнение технологического процесса самой почвообрабатывающей машиной. При работе агрегата на различных фонах и режимах эксплуатации возникает буксование ведущих колес, что вносит существенное влияние на величину энергетических затрат при выполнении почвообрабатывающих операций. Количественная оценка величины буксования и степень влияния ее на увеличение энергетических затрат осуществляется установкой датчика скорости движения агрегата и датчика скорости ведущих колес.

Такая схема установки датчиков кроме получения количественных энергетических затрат позволит выработать рекомендации по наиболее рациональному и экономичному выбору режимов движения машино-тракторных агрегатов в тех или иных условиях работы.

Подготовка и наладка измерительных устройств для проведения экспериментальных исследований должны быть выполнены с учетом специфики их работы. При правильном подборе и расчете геометрических размеров чувствительных элементов и определении мест наклейки датчиков на тензометрической головке тарировочная кривая не должна иметь гистерезис. Для проверки правильности показаний датчиков тарировка должна проводиться в трехкратной повторности.

Для регистрации силовых составляющих глубокорыхлительного рабочего органа выбран метод тензометрирования. Тензорезисторы относятся к параметрическим преобразователям и основой для них является мостовая схема. В отличие от классического случая, когда

мостовая схема используется для измерения абсолютного значения сопротивления при известных параметрах моста, при тензометрических измерениях желательно знать изменение во времени относительной величины сопротивления тензорезистора, так как эта величина непосредственно соответствует деформации. Такое обстоятельство в выбранном методе исследования силовых составляющих реализуется в мостовой схеме. Мостовая схема оказывается менее чувствительной к воздействию на нее параметров окружающей среды при отклонении их значений в процессе измерений от номинальных. Выбранная схема измерения позволяет вести измерения уравновешенным и неуравновешенным способами. Уравновешенная схема измерения пригодна только для измерения статических или медленно меняющихся процессов. Неуравновешенная схема измерения, уступая несколько по точности, имеет то достоинство, что пригодна для измерения как статических, так и динамических процессов. Тензорезистивные измерительные преобразователи являются чисто активными сопротивлениями.

Для определения основных соотношений для четырехплечих мостов рассмотрим его принципиальную схему, приведенную на рисунке 2.

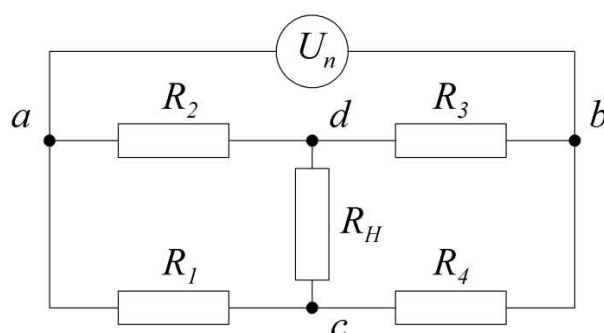


Рисунок 2. Схема четырехплечего моста, где: R_1, R_2, R_3, R_4 – тензодатчики; U_n – выходное напряжение; R_H – сопротивление нагрузки

Характеристиками схемы являются входное и выходное сопротивления, чувствительности S_M , потребляемая мощность. Для

определения вышеперечисленных характеристик воспользуемся положениями теории четырехполюсников:

(1)

где $A_{11}, A_{12}, A_{21}, A_{22}$ - коэффициенты, величина которых определяется из основных уравнений четырехполюсника [2] в режиме холостого хода и короткого замыкания.

Выполнив необходимые преобразования, выражение для выходного сопротивления мостовой схемы можно получить, предполагая, что поток энергии в четырехполюснике изменил свое направление на противоположное. Тогда получим:

(2)

где внутреннее сопротивление источника питания.

Собственное выходное сопротивление запишется в следующем виде:

(3)

Для определения величины тока в нагрузке четырехполюсника воспользуемся формулой матричного анализа [3]

$$I_H = U \frac{1}{A_{11}R_H + A_{12}} \quad (4)$$

Тогда выражение для тока в нагрузке мостовой схемы получим в виде:

$$I_H = U \frac{R_2R_4 - R_1R_3}{R_H(R_1 + R_4)(R_2 + R_3) + R_1R_4(R_2 + R_3) + R_2R_3(R_1 + R_4)} \quad (5)$$

Тогда выражение для напряжения на сопротивлении нагрузки можно записать следующим образом:

$$U_H = U \frac{(R_2R_4 - R_1R_3)R_H}{R_H(R_1 + R_4)(R_2 + R_3) + R_1R_4(R_2 + R_3) + R_2R_3(R_1 + R_4)} \quad (6)$$

При выборе способа включения тензорезистора в мостовую схему следует исходить из того, что должны быть выполнены условия термокомпенсации. К тому же необходимо учесть, что каждый из тензорезисторов в зависимости от знака деформации может изменить свое сопротивление на величину $\pm\Delta R$. Тогда действительное сопротивление будет равно

$$R = R_0 \left(1 \pm \frac{\Delta R}{R_0} \right), \quad (7)$$

где R_0 – номинальное сопротивление недеформированного тензорезистора.

С учетом полученного выражения (7) принимаем следующее расположение тензорезисторов на упругих элементах кронштейнов с рабочими органами почвообрабатывающей машины (рисунок 3), а схема подключения резисторов приведена на рисунке 4.

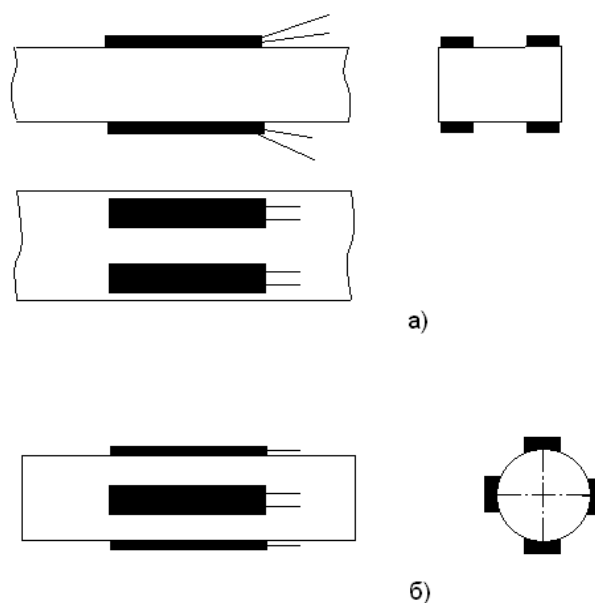


Рисунок 3. Размещение тензорезисторов на упругих элементах кронштейнов крепления рабочих органов: а) при использовании прямоугольных сечений; б) при использовании круглых сечений

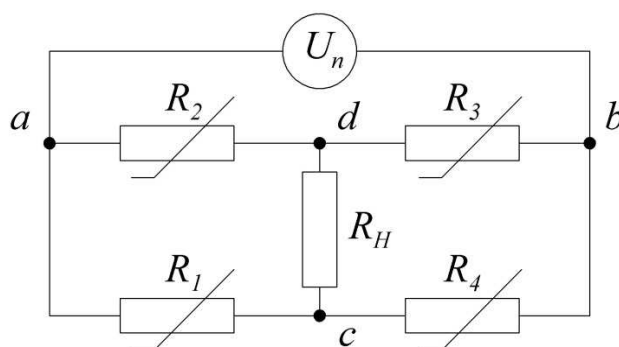


Рисунок 4. Схема включения тензорезистора

Полученные сигналы с тензорезисторов при их деформации весьма малы и поэтому они подвергнуты дальнейшему усилению. Усиленный сигнал для удобства записи и регистрации на компьютерной технике оцифровывается с помощью аналого-цифровых преобразователей.

Программой экспериментальных исследований силовых составляющих предусмотрено проведение лабораторных и полевых испытаний.

При исследовании глубокорыхлительного рабочего органа методикой исследований предусмотрено варьирование следующих входных управляемых факторов:

- скорость движения рабочего органа – v , м/сек;
- глубина хода глубокорыхлителя – Н, м;
- ширина долота глубокорыхлителя – В, м.

Матрица планирования для реализации полного факторного эксперимента приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента по плану В3

№	v	H	B	X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3
	X_1	X_2	X_3						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
2	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1
3	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1

4	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1
5	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1
6	-1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	-1
7	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	+1
8	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
9	+1	0	0	+1	0	0	0	0	0
10	-1	0	0	+1	0	0	0	0	0
11	0	+1	0	0	+1	0	0	0	0
12	0	-1	0	0	+1	0	0	0	0
13	0	0	+1	0	0	+1	0	0	0
14	0	0	-1	0	0	+1	0	0	0

При выборе полевых участков учитывалась следующая их характеристика:

- тип почвы и механический состав;
- рельеф и микрорельеф;
- влажность почвы;
- твердость почвы;
- предшественник и предшествующая обработка;
- засоренность участка сорными растениями и их высота.

При экспериментальной оценке учитывались производительность и расход топлива. Энергетической оценкой предусматривается определение тягового сопротивления, а также буксования движителей энергетического средства при работе с почвообрабатывающей машиной.

Выводы

1. Показателями энергетической оценки операций являются: силовые составляющие процесса обработки почвы; расход топливосмазочных материалов на единицу обработанной площади; сопротивление движению агрегата на единицу ширины его захвата.

2. Приборы и регистрирующие устройства должны соответствовать требованиям и рекомендациям при энергетической оценке сельскохозяйственной техники.

3. Количественную оценку величины расхода топлива при передвижении машинно-тракторного агрегата по разным фонам и на различных режимах движения возможно осуществить по разности энергетических затрат, используемых на передвижении агрегата в целом и на выполнение технологического процесса самой почвообрабатывающей машиной.

4. При построении модели входными управляемыми параметрами выбраны следующие: скорость движения рабочего органа, м/сек; глубина хода, м; ширина долота глубокорыхлителя, м; угол поворота плоскости режущей кромки диска относительно плоскости движения, град.

5. При экспериментальном исследовании силовых составляющих процесса обработки почвы применяемыми типами рабочих органов на основе ранее проведенных предварительных экспериментов делаем предположение, что взаимосвязь выходной переменной (y) и входными контролируемыми параметрами $\{X_i\}$ линейна.

6. При выборе способа включения тензорезистора в мостовую схему следует исходить из того, что должны быть выполнены условия термокомпенсации. К тому же необходимо учесть, что каждый из тензорезисторов в зависимости от знака деформации может изменить свое сопротивление на величину $\pm \Delta R$.

7. Программой экспериментальных исследований силовых составляющих предусмотрено проведение лабораторных и полевых испытаний.

Список использованной литературы

1. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
2. Устройства и элементы систем автоматического регулирования и управления. Кн.1. Измерительные устройства, преобразующие элементы и устройства/ Под ред. В.В. Солодовникова. М., Машиностроение, 1973. 680 с.
3. Гарновский Н.Н. Теоретические основы электропроводной связи, ч. 2, М., 1967.

4. Галеев С.Х., Муртазин Р.Ш., Моделирование процесса взаимодействия рабочего органа с почвенной средой. // Научная библиотека elibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23607228> (дата обращения 25.01.2016)

5. Галеев С.Х., Муртазин Р.Ш., Исследование влияния конструктивных параметров на работоспособность культиваторных лап. // Научная библиотека elibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24087601> (дата обращения 25.01.2016)

References

1. Mel'nikov S.V., Aleshkin V.R., Roshhin P.M. Planirovanie jeksperimenta v issledovanijah sel'skohozjajstvennyh processov. – L.: Kolos, 1980. – 168 s.
2. Ustrojstva i jelementy sistem avtomaticheskogo regulirovanija i upravlenija. Kn.1. Izmeritel'nye ustrojstva, preobrazujushhie jelementy i ustrojstva/ Pod red. V.V. Solodovnikova. M., Mashinostroenie, 1973. 680 s.
3. Garnovskij N.N. Teoreticheskij osnovy jelektroprovodnoj svjazi, ch. 2, M., 1967.
4. Galeev S.H., Murtazin R.Sh., Modelirovanie processa vzaimodejstvija rabocheho organa s pochvennoj sredoj. // Nauchnaja biblioteka elibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23607228> (data obrashhenija 25.01.2016)
5. Galeev S.H., Murtazin R.Sh., Issledovanie vlijanija konstruktivnyh parametrov na rabotosposobnost' kul'tivatornyh lap. // Nauchnaja biblioteka elibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24087601> (data obrashhenija 25.01.2016)