МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО Донской ГАУ)

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ – ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ЗЕРНОГРАДЕ
(Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ)

А.Г. Арженовский

МЕТОДИКА И СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

Монография

Зерноград – 2024

УДК 631.3

А80

Печатается по решению ученого совета
Азово-Черноморского инженерного института – филиала
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донской государственный аграрный университет»
в г. Зернограде

Рецензенты:
доктор технических наук, доцент, заместитель директора по науке
в области механизации и электрификации, заведующий отделом
механизации растениеводства ФГБНУ «АНЦ «Донской» ***Камбулов С.И.***,
доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой
«Проектирование и технический сервис транспортно-технологических
систем» ФГБОУ ВО ДГТУ ***Кравченко Л.В.***

Арженовский А.Г. Методика и средства определения тягового
А80 сопротивления сельскохозяйственных машин в эксплуатационных условиях: монография / А.Г. Арженовский. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024. – 175 с.

ISBN 978-5-91833-221-4

В монографии представлены методика и измерительно-вычислительный комплекс, позволяющие определять тяговое сопротивление сельскохозяйственных машин в эксплуатационных условиях.

Монография предназначена для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия», и аспирантов, обучающихся по направлению подготовки «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

ISBN 978-5-91833-221-4 УДК 631.3

© Арженовский А.Г., 2024
© Азово-Черноморский инженерный
институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.…… 6
1. Анализ существующих методов и средств определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин……..... 8
1.1 Обоснование необходимости периодического контроля тягового сопротивления сельскохозяйственных машин……... 8
1.2 Методы определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин…….. 11
1.2.1 Расчетные методы……. 11
1.2.2 Экспериментальные методы…… 13
1.3 Динамометры для определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин…….. 25
1.3.1 Механические динамометры…… 25
1.3.2 Гидравлические динамометры……. 26
1.3.3 Электрические динамометры……... 27
1.4 Устройства для определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин…….. 35
2. Теоретические и методические аспекты определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин в эксплуатационных условиях..... 38
2.1 Ресурсосбережение как критерий оптимизации при совершенствовании методики и средств определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин…… 38
2.2 Методика определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин, основанная на оценке динамических качеств МТА при его разгоне. Её недостатки и пути их устранения…… 39
2.3 Методика и техническое устройство для определения приведенной массы трактора на различных передачах……..…… 42
2.4 Методика и техническое устройство для определения ускорения машинно-тракторного агрегата на переходных режимах……..…… 46

2.5 Измерительно-вычислительный комплекс для определения тягового сопротивления всех типов сельскохозяйственных машин в эксплуатационных условиях…….. 48
2.6 Методика определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин ……..……..... 52
2.7 Определение количества повторностей опытов……..…… 59
2.8 Хронометраж операций при определении тягового сопротивления сельскохозяйственных машин……..…… 59
2.9 Определение погрешности измерения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин……..... 60
2.10 Оценка адекватности результатов, полученных по стандартной и предлагаемой методикам, по критерию Стьюдента……..……... 60
3. Результаты определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин……. 62
3.1 Определение тягового сопротивления исследуемых сельскохозяйственных машин по стандартной методике…….…… 63
3.2 Определение тягового сопротивления исследуемых сельскохозяйственных машин по предлагаемой методике……...…. 69
3.3 Результаты определения тягового сопротивления исследуемых сельскохозяйственных машин по стандартной методике…….…… 73
3.3.1 Результаты определения тягового сопротивления измельчителя пожнивных остатков ИПО-4,5 «Ураган» по стандартной методике…… 74
3.3.2 Результаты определения тягового сопротивления культиватора для сплошной обработки почвы КПС-4 по стандартной методике…… 75
3.4 Результаты определения тягового сопротивления исследуемых сельскохозяйственных машин по предлагаемой методике……...…. 75
3.4.1 Результаты определения массы элементов исследуемых агрегатов…… 76
3.4.2 Результаты определения значений приведенной массы трактора МТЗ-80 на различных передачах…… 76

3.4.3 Результаты определения тягового сопротивления измельчителя пожнивных остатков ИПО-4,5 «Ураган» по предлагаемой методике…….…… 91
3.4.4 Результаты определения тягового сопротивления культиватора для сплошной обработки почвы КПС-4 по предлагаемой методике…… 93
3.5 Результаты хронометража операций при определении тягового сопротивления по стандартной и предлагаемой методикам……..… 95
3.6 Результаты вычисления погрешностей определения тягового сопротивления по стандартной и предлагаемой методикам…….. 95
3.7 Результаты оценки адекватности значений тягового сопротивления по стандартной и предлагаемой методикам…….. 96
Заключение…….. 98
Литература..... 100
Приложения……. 121

ВВЕДЕНИЕ

Производительность и топливная экономичность машинно-тракторных агрегатов (МТА) зависят от многих факторов и условий производства и, в первую очередь, от энергоемкости процесса [1, 15, 25, 63, 67, 68, 134, 154]. Главным же показателем энергоемкости процесса является тяговое сопротивление сельскохозяйственных машин.

Тяговое сопротивление сельскохозяйственных машин является важнейшим энергооценочным параметром МТА. Определение его величины в условиях эксплуатации необходимо для выбора наиболее производительных составов агрегатов и режимов их работы; установления технически обоснованных норм выработки и расхода горюче-смазочных материалов (ГСМ); обеспечения контроля за техническим состоянием сельскохозяйственных машин, правильностью их регулировок; расчета и конструирования новых, менее энергоемких рабочих органов и машин и т.д.

Измерение величины тягового сопротивления прицепных машин не представляет сложности и осуществляется простым динамометрированием. Применительно же к навесным и ряду полунавесных машин задача эта значительно усложнена тем, что вектор тягового сопротивления в этом случае направлен не по одной линии, а распределен по тягам навески.

Анализ существующих методов и средств определения тягового сопротивления навесных сельскохозяйственных машин приводит к выводу, что всем им присущи определенного вида недостатки: либо они не удовлетворяют достаточной точности, либо сложны по конструктивному исполнению или требуют сложной измерительно-регистрирующей аппаратуры и высокой трудоемкости обработки результатов измерений, либо неуниверсальны для всего шлейфа используемых машин. Отсутствие простого и надежного способа определения этого показателя приводит к разномарочности используемых устройств, изготавливаемых зачастую своими силами, а это влечет за собой различную достоверность получаемых

результатов. Поэтому разработка и совершенствование методик определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин, приемлемых не только для машиноиспытательных станций, но и для рядовых хозяйств, является весьма актуальной и представляет значительный интерес.

1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

1.1 Обоснование необходимости периодического контроля тягового сопротивления сельскохозяйственных машин

Производительность и топливная экономичность МТА [18, 19, 66–68, 80, 92, 95, 98, 104, 134, 138, 149, 151, 156] определяются по зависимостям:

$$W = \frac{N_{e\,ном} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_f \cdot \eta_\delta}{k} \cdot \tau \,, \frac{га}{ч}; \qquad (1.1)$$

$$q = \frac{G}{W} = \frac{G_т \cdot k}{N_{e\,ном} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_f \cdot \eta_\delta \cdot \tau} \,, кг/га \,, \qquad (1.2)$$

где $N_{e\,ном}$ – эффективная мощность двигателя на номинальном режиме, Вт;

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии трактора;

η_f – коэффициент сопротивления перекатыванию;

η_δ – коэффициент буксования движителей трактора;

k – удельное сопротивление сельскохозяйственной машины, Н/м;

τ – коэффициент использования времени смены;

$G_т$ – часовой расход топлива двигателя трактора, кг/ч.

Номинальная эффективная мощность двигателя является показателем энерговооруженности процесса, а удельное сопротивление сельскохозяйственной машины – показателем его удельной энергоемкости.

Удельное сопротивление сельскохозяйственной машины – это тяговое сопротивление, приходящееся на единицу ширины захвата, которое определяется по формуле

$$k = \frac{R_м}{B_р} \,, Н/м \,, \qquad (1.3)$$

где $R_м$ – тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, Н;

$B_р$ – ширина захвата (рабочая) машины, м.

Для плугов удельное сопротивление – это отношение его тягового сопротивления к единице площади сечения пласта:

$$k_{пл} = \frac{R_{пл}}{a \cdot b}, Н/м^2, \quad (1.4)$$

где $R_{пл}$ – тяговое сопротивление плуга, Н;

a, b – соответственно глубина вспашки и ширина захвата плуга, м.

Тяговым сопротивлением сельскохозяйственной машины называется сила, необходимая для её перемещения с технологически допустимой скоростью движения в процессе выполнения технологической операции.

Тяговое сопротивление агрегатируемой сельскохозяйственной машины является исходным параметром для:

- энергетической оценки МТА (оценки технического состояния и загрузки) с целью выбора наиболее рационального его состава и режимов работы;
- установления технически обоснованных норм выработки и расхода ГСМ;
- обеспечения контроля за техническим состоянием сельскохозяйственных машин, правильностью их регулировок и т.д.
- расчета и конструирования новых, менее энергоемких рабочих органов и машин.

К основным факторам, влияющим на тяговое сопротивление сельскохозяйственных машин, относят:

- природно-климатические факторы;
- конструктивные факторы;
- эксплуатационные факторы.

К природно-климатическим факторам относят:

- тип и состояние почв;
- рельеф обрабатываемых полей;
- метеорологические условия данной зоны.

Улучшение природно-климатических условий включает в себя:

- выравнивание полей;
- ликвидацию закустаренности, каменистости, засоренности полей;
- оструктуривание почвы.

Из конструктивных факторов наибольшее влияние оказывают:

- тип машины;
- форма и количество рабочих органов;
- материал и качество обработки рабочих органов;
- масса машины;
- тип и конструкция ходового аппарата.

Снижения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин можно достичь за счет:

- использования навесных машин (меньшая масса, отсутствие ходового аппарата);
- использования в ходовом аппарате пневматических колес вместо металлических;
- улучшения качества поверхностей рабочих органов (в том числе и за счет специальных покрытий);
- замены трения-скольжения трением-качением в опорных колесах и других механизмах.

Из эксплуатационных факторов наибольшее влияние оказывают:

- техническое состояние рабочих органов и самой машины;
- правильность агрегатирования;
- выбранный режим работы;
- способ движения.

Снижения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин можно достичь за счет:

- качественного и своевременного технического обслуживания машины;
- правильности сборки и технологических регулировок машин;

- выполнения технологических операций при оптимальных условиях обрабатываемого материала.

Техническое состояние сельскохозяйственной машины зависит от её возраста, а также от своевременности и качества выполнения ее технического обслуживания [5–7, 16, 17, 22, 23, 58, 101, 102, 107, 140, 141, 145, 146, 148, 155]. В большинстве расчетов (эксплуатационные, нормативные и т.д.) учитывается только срок службы. Однако несвоевременное и некачественное обслуживание сельскохозяйственных машин приводит к значительному увеличению их тягового сопротивления (до 20–30% и более при резком ухудшении качества работ) [119].

Исходя из вышеизложенного, делаем вывод, что тяговое сопротивление сельскохозяйственных машин является одним из важнейших диагностических параметров, а его периодический контроль позволит повысить надежность использования и поддерживать парк машин в технически исправном состоянии [33, 47, 61, 62, 108–117, 135–137, 157].

1.2 Методы определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин

Тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины – это величина, которая непрерывно изменяется в процессе работы. Эта величина может быть определена либо расчетным путем, либо экспериментальным. В первом случае определяется её среднее значение, во втором – и среднее, и динамическое значение (т.е. случайная функция пути и времени).

1.2.1 Расчетные методы

Зависимости для определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин были предложены различными исследователями. Однако большинство из них являются дальнейшим развитием и уточнением

известных формул В.П. Горячкина для определения тягового сопротивления плугов [36, 37]:

$$R_{пл} = R_1 + R_2 + R_3, Н, \quad (1.5)$$

где R_1 – сопротивление трения-качения при перемещении плуга в борозде (трение корпусов о дно борозды, полевых досок о стенку борозды, трение во втулках опорных колес), Н;

R_2 – сопротивление деформации почвы, зависящее от сечения пласта, Н;

R_3 – сопротивление, связанное с приданием кинетической энергии частицам почвы при отбрасывании, Н.

$$R_{пл} = f \cdot G_{пл} + k \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot V^2, Н, \quad (1.6)$$

где f – коэффициент трения-качения;

$G_{пл}$ – вес плуга, Н;

k – удельное сопротивление плуг-почва, Н/м^2;

a – глубина вспашки, м;

b – ширина захвата плуга, м;

ε – коэффициент, учитывающий отбрасывание почвы;

V – скорость движения, м/с.

В общем случае тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины определяется по формуле

$$R_м = R_f + R_\varphi + R_{деф} + R_{кин} + R_{пер} + R_{мат} \pm R_i \pm R_j \pm R_в + R_{ВОМ}, \quad (1.7)$$

где R_f – сопротивление перекатыванию машины по полю (трение в ступицах колеса ходового аппарата, трение-качение колес о почву, сопротивление почвы прессованию ходовым аппаратом), Н;

R_φ – сопротивление, возникающее в результате трения-скольжения рабочих поверхностей машины об обрабатываемый материал, среду, Н;

$R_{деф}$ – сопротивление деформации обрабатываемого материала, Н;

$R_{кин}$ – сопротивление, возникающее в результате сообщения кинетической энергии частицам обрабатываемого материала, Н;

$R_{пер}$ – сопротивление, вызванное трением в передаточных механизмах машины, Н;

$R_{мат}$ – сопротивление, возникающее в результате перемещения обрабатываемого материала внутри машины, Н;

R_i – сопротивление, связанное с преодолением машиной подъема на пути движения, Н;

R_j – сопротивление, возникающее от сил инерции при неустановившемся режиме движения, Н;

$R_в$ – сопротивление воздуха при движении, Н;

$R_{ВОМ}$ – сопротивление, связанное с приводом рабочих органов машины посредством вала отбора мощности, Н.

Следует отметить, что методы расчета тягового сопротивления сельскохозяйственных машин отражают его динамическую природу и требуют от исследователей длительных экспериментов для определения значений отдельных коэффициентов и их составляющих при различных конкретных условиях. Это ограничивает применение расчетных методов.

1.2.2 Экспериментальные методы

Экспериментальные методы определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин заключаются в их динамометрировании [138].

Измерение величины тягового сопротивления прицепных сельскохозяйственных машин не представляет собой сложности. Оно осуществляется динамометрами, установленными между трактором и сельскохозяйственным орудием. Применительно к навесным машинам задача эта значительно усложняется, так как вектор тягового сопротивления в этом случае направлен не по одной линии, а распределен по тягам навески. Кроме того, применение навесных и полунавесных машин в определенных условиях вызывает перераспределение нагрузок на колеса, что оказывает влияние на изменение затрат мощности на перекатывание и буксование. Невозможность

более точного определения затрат мощности в этих условиях привело к необходимости разработки новых методов.

Все методы экспериментального определения тягового сопротивления навесных прицепных сельскохозяйственных машин подразделяются на две группы:

- методы прямого замера, когда силоизмерительное звено в комплекте с прочей аппаратурой позволяет непосредственно в каком-либо масштабе получить значение искомого параметра;
- методы косвенного определения искомого параметра по результатам замеров значений каких-либо других параметров.

В качестве силоизмерительных элементов используются механические или гидравлические тяговые динамометры различных типов, тензометрические тяговые звенья, тензометрические пальцы, тяги или балочки, а в некоторых случаях – и измерители крутящих моментов.

Конструктивно устройства для определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин могут размещаться [138]:

- между сельскохозяйственным орудием и гидронавесной системой трактора;
- в местах контакта гидронавесной системы трактора с орудием;
- в тягах или на тягах гидронавесной системы трактора;
- между трактором и его гидронавесной системой;
- только в тракторе, без контакта с его гидронавесной системой или сельскохозяйственным орудием;
- на двигателе.

В зависимости от задач, поставленных перед динамометрированием, и от определяемых при этом силовых параметров способы динамометрирования могут быть разделены на следующие группы:

- линейный способ, позволяющий определять только проекцию результирующей продольно-горизонтальных сил на горизонтальную плоскость (т.е. тяговое сопротивление машины);

- плоскостной способ, позволяющий определять результирующую сил, действующих между трактором и машиной в одной плоскости (чаще всего в продольно-вертикальной);
- пространственный способ, позволяющий определять результирующую сил, действующих между трактором и машиной в трех взаимно перпендикулярных плоскостях.

Из всех способов чаще других применяются способы линейного динамометрирования. Они используются при:

- определении тягового и удельного тягового сопротивлений агрегата;
- подборе оптимальной ширины захвата его и рациональном комплектовании;
- сравнительной оценке энергоемкости орудий с различными типами органов;
- определении КПД трактора с навесной или полунавесной машиной.

К этой группе относятся следующие способы:

- протаскивания с использованием динамометрического трактора;
- протаскивания с применением динамометрических навесок или динамометрических рамок, позволяющих выделить тяговое сопротивление из результирующей;
- определение тягового сопротивления машины по тяговой характеристике трактора.

Эти способы наиболее применимы к тракторам с так называемой «свободной навеской», то есть при плавающем положении гидронавесной системы.

Способы плоскостного динамометрирования рекомендуется применять при исследовании тракторов с «несвободной навеской» (при работе трактора с силовым регулятором, догружателем ведущих колес и др.). К этой группе относятся способы с использованием тензометрических рамок большинства типов, тензометрических пальцев, динамометрических звеньев и др.

Способы пространственного динамометрирования целесообразнее всего использовать при исследованиях динамических связей между трактором и машиной при поворотах, работе на склонах, при исследовании и оценке управляемости тракторного агрегата. К этой группе относятся большинство способов с использованием динамометрических или тензометрических тяг навесной системы.

Применение методов прямого замера позволяет непосредственно в каком-либо масштабе получать значения тяговых сопротивлений навесных машин. В зависимости от варианта может быть осуществлено линейное, плоскостное или пространственное динамометрирование. Наибольшее распространение из методов прямого замера получили следующие [138].

1. Метод динамометрической (тензометрической) рамки. Данный метод представляет собой одну из схем динамометрического трактора. При этом специальная рамка расположена под рамой трактора и имеет относительно него только одну степень свободы – в продольном направлении. Эта степень свободы ограничивается силоизмерительным звеном, тензозвеном или динамометром, расположенным между передней частью рамки и рамой трактора. В задней части рамки располагается навесная система трактора.

Для динамометрирования навесных машин используются шарнирно-рычажные устройства, установленные под трактором таким образом, что горизонтально-продольная составляющая силы сопротивления такой машины может быть непосредственно замерена силоизмерительным звеном.

Точность этого метода зависит от качества шарниров и устройств, ограничивающих перемещение. Недостатки метода заключаются в необходимости изготовления таких рамок и устройств для каждого трактора и в трудоемкости монтажа их. Кроме того, этот метод пригоден лишь в том случае, когда система навески трактора находится в «плавающем» положении и в подъемных тягах (раскосах) отсутствуют силы, имеющие место при осуществлении силового регулирования глубины пахоты.

2. Метод динамометрической (тензометрической) навески. Данный метод по конструктивному расположению навески различают следующим образом:

- на сельскохозяйственной машине;
- между гидронавеской трактора и машиной;
- между гидронавеской трактора и самим трактором.

Применение данного метода обеспечивает достаточно высокую точность. Основной его недостаток – неуниверсальность для всего шлейфа навесных машин. Кроме того, требуется специальная регистрирующая аппаратура.

3. Метод динамометрических (тензометрических) тяг и раскосов. Данный метод заключается в установке их на тракторе вместо тяг и раскосов навесной системы. В качестве силоизмерителей в тягах и раскосах применяются гидравлические или тензометрические силоизмерительные звенья. Применяются и тяги с вмонтированными в них силоизмерительными винтовыми пружинами.

Применение данного метода позволяет регистрировать изменение усилий в тягах и раскосах во времени. Однако необходимость одновременной регистрации большого количества параметров (усилий в тягах, а также углов их наклона в различных плоскостях) приводит к неизбежному увеличению погрешности и трудоемкости обработки результатов измерений.

4. Метод тензометрических пальцев. Данный метод основывается на том, что величина усилий, нагружающих тяги навесной системы, определяется по величине реакций в шарнирах, соединяющих тяги с трактором. Для этой цели на цапфы шарниров (тензометрические пальцы) наклеивают проволочные или фольговые тензорезисторы. Тензометрические пальцы могут быть как одноопорными (консольными), так и двухопорными. Наклейка тензорезисторов в горизонтальной плоскости позволяет измерить горизонтальную составляющую усилия, которым нагружена тяга, независимо

от угла её наклона к плоскости пути. Тензорезисторами, наклеенными в вертикальной плоскости, измеряют вертикальную составляющую усилия.

Применение данного метода устраняет необходимость математической обработки результатов измерений усилий в каждой тяге навесной системы и позволяет более простыми способами и вычислениями определять искомые величины, необходимые для динамического расчета тракторных агрегатов. Однако малое выходное напряжение измерительных мостов требует обязательного значительного усиления выходных сигналов, что приводит к возникновению дополнительных погрешностей измерения.

Наибольшее распространение среди косвенных методов получили следующие [138].

1. Метод протягивания. Данный метод является наиболее простым. Трактор с навесной или полунавесной машиной, рабочие органы которой заглублены, протягивается другим более мощным трактором-тягачом. Неработающий при этом двигатель от трансмиссии отключен. Тяговый динамометр, динамограф или тензозвено, используемые в качестве силоизмерительного устройства, располагаются между двумя тракторами. Затем при снятом или поднятом в транспортное положение орудии аналогичным способом определяется тяговое сопротивление трактора, создаваемое при его перекатывании. Разность замеров определяет тяговое сопротивление орудия.

Основные недостатки данного метода заключаются в том, что:

- в зависимости от положения машины (рабочего или транспортного будет происходить перераспределение нагрузок по мостам у колесного трактора и смещение центра давления гусениц на почву у гусеничного трактора, что приводит к разным значениям сопротивления перекатыванию трактора в рабочем и транспортном состоянии;
- протягивание трактора в рабочем и транспортном состояниях производится на различных участках поля и неодновременно, что также приводит к погрешностям.

2. Метод динамометрического трактора. Динамометрические тракторы оснащены ротационными динамометрами или тензоосями, обеспечивающими измерение крутящих моментов или на валу двигателя, или на полуосях ведущих колес (звездочек). При этом измеряются также обороты вала двигателя (или ведущих колес-звездочек), регистрируется пройденный путь и время опыта. Тяговая мощность трактора расчитывается из уравнения тягового баланса, затем по скорости делается пересчет тягового сопротивления машины.

Недостатками этого метода являются сложность оборудования и раздельное (по времени и месту) определение замеряемых параметров при рабочем и холостом ходах, приводящие к погрешностям, аналогичным погрешностям метода протягивания. Дополнительную погрешность вносит изменение КПД трансмиссии при рабочем и холостом проходах.

3. Метод с использованием тяговой характеристики трактора. Данный метод заключается в следующем. Для трактора с отрегулированным на заданную глубину хода орудием замеряется расход топлива и скорость. Зная скорость, рабочую передачу и часовой расход топлива по тяговой характеристике, полученной на аналогичном почвенном фоне, определяют тяговое усилие, создаваемое трактором, и приравнивают его тяговому сопротивлению машины. Для уменьшения погрешности определения тягового сопротивления опыты рекомендуется проводить на передаче, при которой загрузка двигателя трактора не выходит на корректорную ветвь. Погрешности определения тягового сопротивления таким способом определяются идентичностью почвенных фонов и их состояний, а также атмосферными условиями.

4. Метод, основанный на измерении частоты вращения ротора турбокомпрессора. Данный метод заключается в том, что на фиксированной частоте вращения коленчатого вала двигателя последовательно определяются частоты вращения ротора турбокомпрессора сначала при холостом ходе агрегата, затем при рабочем ходе при одной и той же рабочей передаче.

Разница между этими частотами вращения пропорциональна тяговому сопротивлению агрегата. По этой разнице судят о значении тягового сопротивления:

$$R_м = C \cdot (n_{ГТН\ рх} - n_{ГТН\ хх}), Н, \quad (1.8)$$

где C – коэффициент пропорциональности;

$n_{ГТН\ рх}$ – частота вращения ротора ГТН при рабочем ходе агрегата, $с^{-1}$;

$n_{ГТН\ хх}$ – частота вращения ротора ГТН при холостом ходе агрегата, $с^{-1}$.

Достоинством данного метода является невысокая трудоемкость и простота определения тягового сопротивления.

Основные недостатки данного метода заключаются в:

- сложности определения коэффициентов пропорциональности для различных сельскохозяйственных машин;
- возможности применения только для тракторов с газотурбинным нагнетателем (ГТН);
- увеличении погрешности определения тягового сопротивления в случае некорректной работы ГТН.

5. Динамический метод определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин по параметрам переходных процессов двигателя, предложенный Ю.Г. Радченко [138]. Данный метод основывается на динамическом методе, предложенном учеными СибИМЭ В.М. Лившицем и В.А. Змановским [121, 122, 133], и заключается в выполнении разгонов элементов машинно-тракторного агрегата и трактора с фиксацией соответствующих значений углового ускорения коленчатого вала двигателя.

При этом тяговое сопротивление машины определяется по зависимости

$$R_м = \frac{M_{с\,м} \cdot i_{тр} \cdot \eta_{тр}}{r_к}, Н, \quad (1.9)$$

где $M_{с\,м}$ – момент сопротивления сельскохозяйственной машины, Н·м;

$i_{тр}$ – общее передаточное число трансмиссии;

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии;

$r_к$ – радиус качения ведущего колеса, м.

Момент сопротивления сельскохозяйственной машины определяется по зависимости

$$M_{с\,м} = I_{МТА} \cdot (d\omega/dt)_{кв\,МТА} - I_т \cdot (d\omega/dt)_{кв\,т}, Н \cdot м, \qquad (1.10)$$

где $I_{МТА}$ – приведенный к коленчатому валу момент инерции МТА, кг·м^2;

$I_т$ – приведенный к коленчатому валу момент инерции трактора, кг·м^2;

$(d\omega/dt)_{кв\,МТА}$ – угловое ускорение коленчатого вала двигателя при разгоне МТА, с$^{-2}$;

$(d\omega/dt)_{кв\,т}$ – угловое ускорение коленчатого вала двигателя при разгоне трактора, с$^{-2}$.

На рисунке 1.1 представлен обобщенный вид синхронной записи регистрируемых параметров переходных процессов двигателя динамическим методом, предложенным Ю.Г. Радченко.

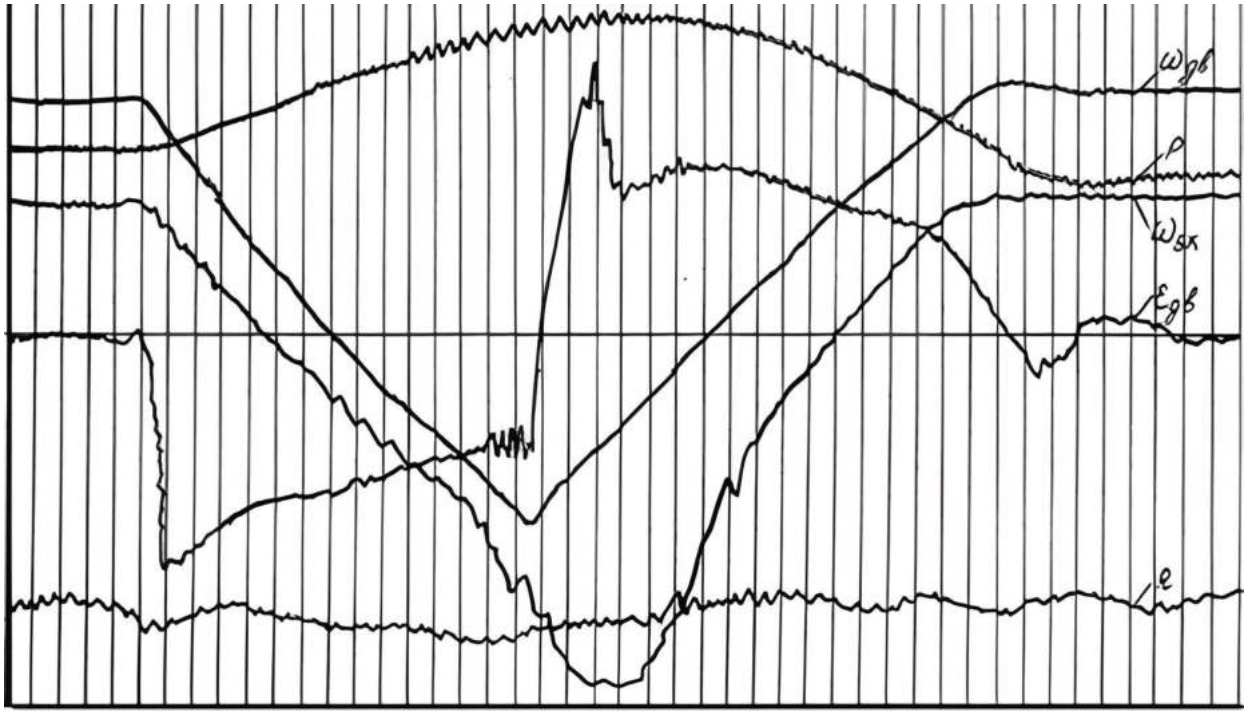


Рисунок 1.1 – Обобщенный вид синхронной записи регистрируемых параметров

К достоинствам данного метода можно отнести простоту, легкость реализации с помощью несложной и компактной аппаратуры, оперативность (невысокую трудоемкость), универсальность (возможность применения при

определении тягового сопротивления любых типов машинно-тракторных агрегатов).

К недостаткам данного метода относится сложность определения значений приведенных к коленчатому валу моментов инерции элементов МТА.

6. Динамический метод определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин по параметрам переходных процессов двигателя, предложенный Н.В. Щетининым [130, 131], являющийся логическим продолжением динамического метода, предложенного Ю.Г. Радченко. Данный метод заключается в том, что при рабочем ходе трактора за счет снижения подачи топлива достигают частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту. Мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной. При достижении фиксированной частоты вращения коленчатого вала двигателя (например номинальной) во время разгона трактора определяется угловое ускорение коленчатого вала.

Аналогично определяется ускорение коленчатого вала при разгоне трактора без сельскохозяйственных машин (без нагрузки).

Сопротивление сельскохозяйственных машин определяется по зависимости

$$R_м = M_т \cdot (dV/dt)_{хх} - M_т \cdot (dV/dt)_{раб} - M_м \cdot (dV/dt)_{раб}\ , Н, \qquad (1.11)$$

где $M_т$ – приведенная масса трактора, кг;

$M_м$ – приведенная масса сельскохозяйственных машин, кг;

$(dV/dt)_{раб}$ – ускорение трактора при разгоне с рабочими машинами, м/с^2;

$(dV/dt)_{хх}$ – ускорение трактора при разгоне без нагрузки, м/с^2.

Ускорения трактора при его разгоне с рабочими машинами и без связаны с соответствующими угловыми ускорениями коленчатого вала зависимостями:

$$(dV/dt)_{раб} = \frac{(d\omega/dt)_{кв\ раб} \cdot r_к \cdot (1-\delta)}{i_{тр}}, \frac{м}{с^2}; \quad (1.12)$$

$$(dV/dt)_{хх} = \frac{(d\omega/dt)_{кв\ хх} \cdot r_к \cdot (1-\delta)}{i_{тр}}, м/с^2, \quad (1.13)$$

где $(d\omega/dt)_{кв\ раб}$ – ускорение коленчатого вала двигателя при разгоне с рабочими машинами, $с^{-2}$;

$(d\omega/dt)_{кв\ хх}$ – ускорение коленчатого вала двигателя при разгоне трактора без нагрузки, $с^{-2}$;

$r_к$ – радиус качения ведущего колеса, м;

δ – коэффициент буксования трактора;

$i_{тр}$ – общее передаточное число трансмиссии.

Коэффициент буксования определяется по тяговой характеристике трактора на соответствующем фоне на соответствующей передаче при заданной частоте вращения коленчатого вала двигателя.

Определение углового ускорения коленчатого вала двигателя осуществляется приборами типа ИМД [152].

Достоинства данного метода те же, что и у динамического метода, предложенного Ю.Г. Радченко.

К недостаткам данного метода относятся сложность определения значений приведенной массы, ускорения и коэффициента буксования трактора при его разгонах.

На рисунке 1.2 представлена классификация методов определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин.

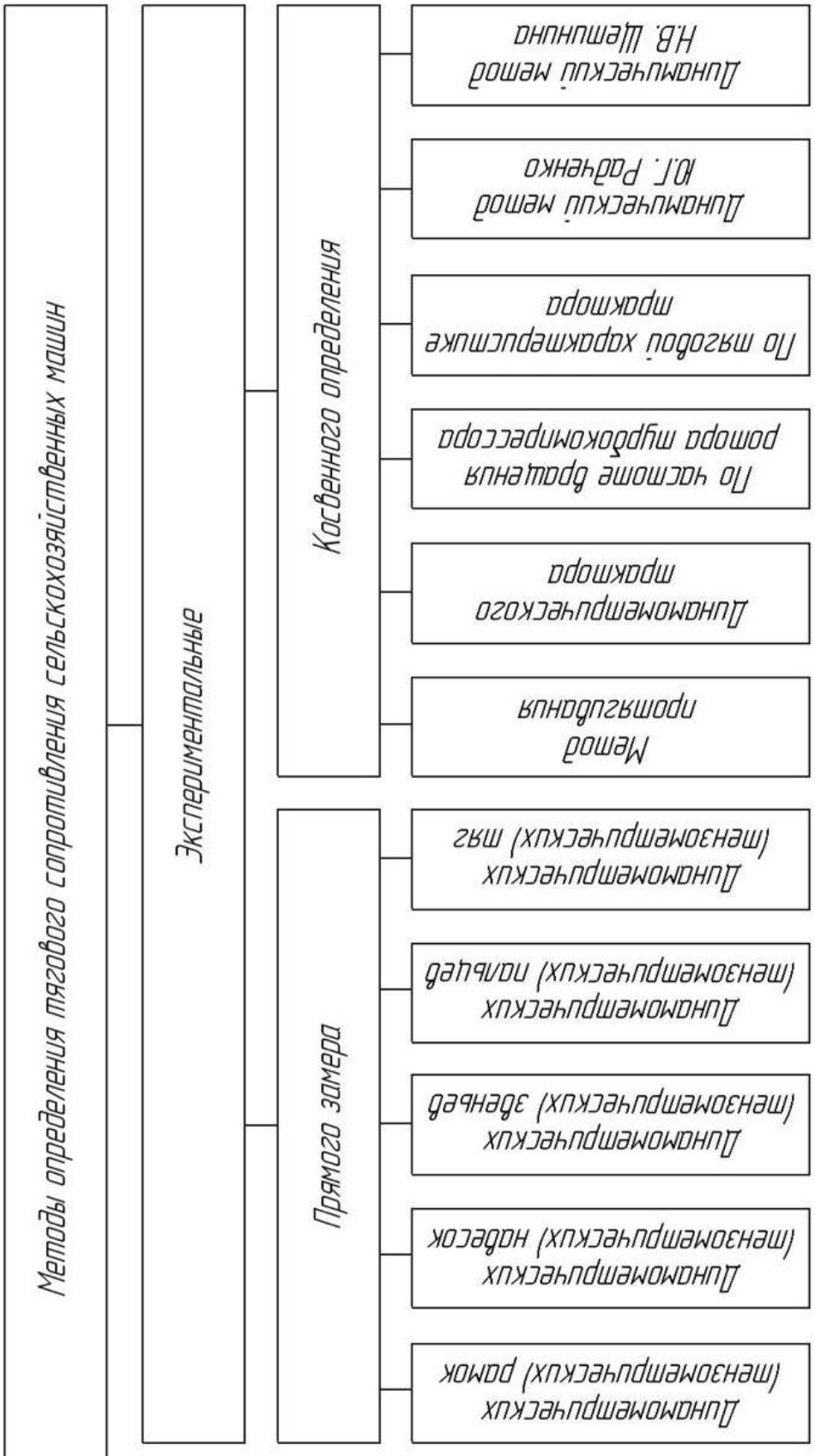


Рисунок 1.2 – Классификация методов определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин

1.3 Динамометры для определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин

Неотъемлемым компонентом при определении тягового сопротивления сельскохозяйственных машин являются динамометры – приборы для измерения силы или момента силы, состоящие из силового звена (упругого элемента) и отсчётного устройства.

В силовом звене измеряемое усилие вызывает деформацию, которая непосредственно или через передачу сообщается отсчётному устройству.

По принципу действия динамометры для определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин классифицируются на механические, гидравлические и электрические (рисунок 1.3) [45, 138, 153].

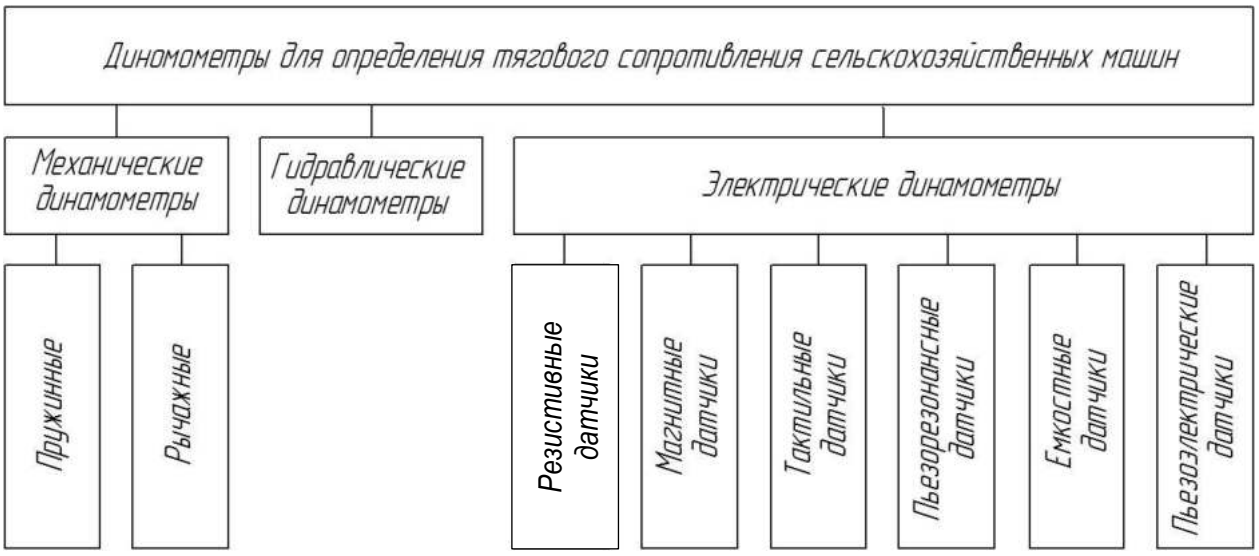


Рисунок 1.3 – Классификация динамометров для определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин

1.3.1 Механические динамометры

Механические динамометры классифицируют на пружинные (рисунок 1.4 *а*) и рычажные (рисунок 1.4 *б*) [45, 138, 153].



а *б*

а – пружинный; *б* – рычажный

Рисунок 1.4 – Механические динамометры

1.3.2 Гидравлические динамометры

Принцип работы гидравлических динамометров (рисунок 1.5) основан на вытеснении измеряемой силой жидкости из цилиндра. Под давлением жидкость поступает по трубке к записывающему аппарату или датчику и регистрируется. Гидравлические динамометры используются как измерители крутящего момента [45, 138, 153].



Рисунок 1.5 – Гидравлический динамометр

1.3.3 Электрические динамометры

Принцип работы электрических динамометров базируется на преобразовании усилий, приводящих к деформации чувствительного элемента, в электрический сигнал [45, 138, 153].

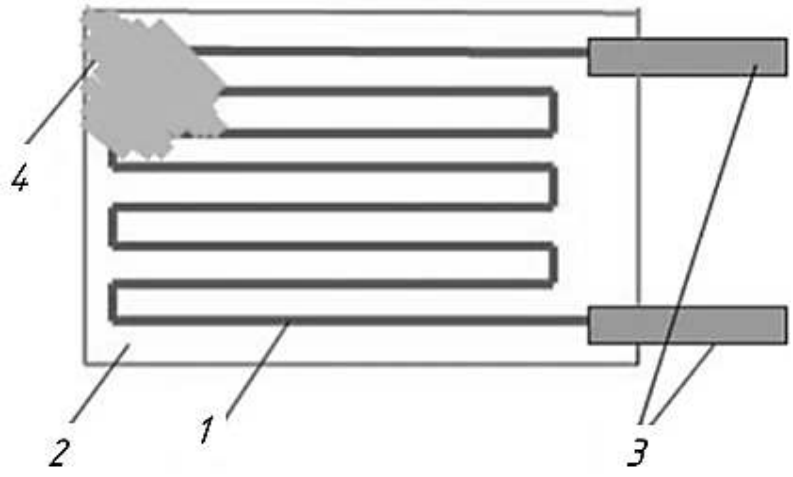
Процесс преобразования включает в себя ряд последовательных операций, которые протекают на физическом и электрическом уровнях. На физическом уровне приложенная сила вызывает деформацию упругого элемента и закрепленного на нем тензодатчика. На электрическом уровне происходит преобразование величины деформации в аналоговый сигнал.

В последующих операциях сигнал преобразуется в удобную для пользования форму.

Работа электрических динамометров базируется на различных физических явлениях, позволивших создать следующие типы датчиков:

- резистивные;
- магнитные;
- тактильные;
- пьезорезонансные;
- емкостные;
- пьезоэлектрические.

Наиболее часто применяемыми (более 95% случаев) являются резистивные датчики силы. Это обусловлено широким диапазоном воспринимаемых усилий (от 5 Н до 5 МН) и точностью измерения. Они могут использоваться при действии статических и динамических нагрузок. Существенным достоинством этого типа датчиков является линейность выходного сигнала.



1 – чувствительный элемент; 2 – подложка; 3 – выводы; 4 – защитная пленка

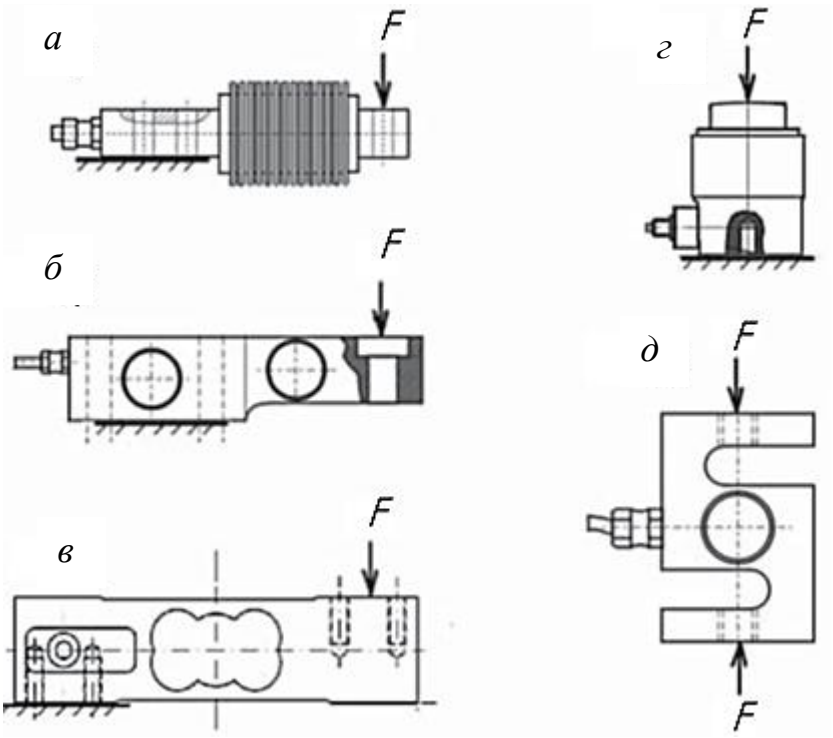
Рисунок 1.6 – Проволочный тензорезистор

Чувствительным элементом датчика является тензорезистор (рисунок 1.6). Датчик представляет собой тонкую проволоку *1*, жестко закрепленную

на гибкой подложке *2*. Концы проволоки снабжены выводами *3* для внешних подключений. Зигзагообразно уложенная проволока чувствительного элемента и места соединения ее с выводами закрыты защитной пленкой *4*.

Тензорезистор подложкой приклеивается к упругому элементу, воспринимающему нагрузку. Последний под действием силы деформируется и вызывает деформацию тензорезистора. Изменение длины проволоки при действии сил растяжения или сжатия приводит к пропорциональному изменению величины её сопротивления. Связь между величиной деформации тела и действующей на него силой подчиняется закону Гука.

Обычно тензорезисторы включаются в плечи чувствительных мостовых схем. В этом случае о действующей силе судят по напряжению в диагонали моста.



а – консольная балка изгиба; *б* – консольная балка сдвига;
в – датчик типа «платформа»; *г* – датчик сжатия; *д* – S-образный датчик

Рисунок 1.7 – Основные типы тензодатчиков

Несмотря на обилие производителей виды тензодатчиков ограничиваются консольными балками изгиба и сдвига, датчиками сжатия, датчиками типа «платформа» и S-образными датчиками растяжения и сжатия (рисунок 1.7).

Принцип работы магнитных датчиков силы базируется на явлении магнитострикции, точнее, на обратимости этого явления. Магнитострикционный эффект (изменение геометрических размеров) наблюдается при нахождении тела в магнитном поле. Обратимость означает, что принудительное изменение геометрических размеров тела (деформация) обусловливает изменение его магнитных свойств. Это явление получило название магнитоупругого эффекта. Следует отметить, что при снятии деформирующей силы магнитные свойства тела принимают исходное значение. На физическом уровне эти явления объясняются изменением положения атомов в кристаллической решетке при воздействии внешнего магнитного поля или прикладываемой силы.

Простейший вариант конструкции магнитного датчика силы представлен на рисунке 1.8.

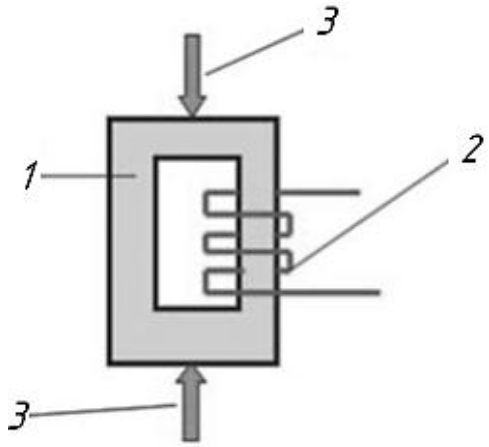


Рисунок 1.8 – Конструкция магнитного датчика силы

На ферромагнитном сердечнике *1* размещена катушка индуктивности *2*. В случае действия на сердечник силы *3* он деформируется и переходит в напряженное состояние.

Изменение состояния сердечника приводит к изменению его магнитной проницаемости. Это обусловливает пропорциональное изменение магнитного сопротивления сердечника. В результате изменяется индуктивность катушки.

Тактильные (осязательные) датчики являются самыми современными. Их появление обусловлено развитием робототехники и автоматических поточных линий.

Существующая классификация рассматривает три типа тактильных датчиков: касания, усилия и проскальзывания. Первые два типа тактильных датчиков измеряют один и тот же параметр – действующую силу. Отличаются они только видом выходного сигнала. Датчики усилия имеют аналоговый выходной сигнал, а датчики касания – выход релейного типа с регулируемыми уставками.

Реализуются тактильные датчики с использованием различных физических явлений, но принципиальным отличием от других датчиков является их небольшая толщина. Это достигается за счет использования специальных материалов. Они, как правило, обладают гибкостью, эластичностью и прочностью при хорошей электропроводности.

На рисунке 1.9 приведен пример реализации тактильного датчика, реагирующего на силовое воздействие.

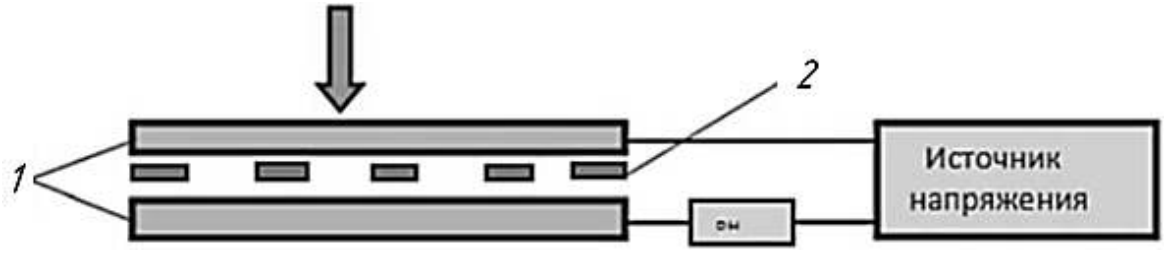


Рисунок 1.9 – Схема простого тактильного датчика силы

Датчик представляет собой две тонкие металлические пластины *1*, между которыми расположена ячеистая прокладка *2* из изоляционного материала. Один полюс источника напряжения подключен к верхней пластине, второй через нагрузочный резистор – к нижней. Когда к верхней

пластине в районе ячейки прикладывается внешняя сила, пластина, прогибаясь, замыкается с нижней. Через резистор протекает ток, а падение напряжения на нем служит выходным информационным сигналом.

Тактильный датчик с использованием пьезоэлектрического эффекта приведен на рисунке 1.10. Он представляет собой два параллельных слоя *1* и *2* пьезоэлектрических пленок, разграниченных акустически проницаемым слоем *3*. К нижней пьезопленке подключен генератор, при работе которого она колеблется с генерируемой частотой. При этом такие же колебания возбуждаются в промежуточном слое и в верхней пьезопленке. На противоположных поверхностях последней возникает разность потенциалов. Напряжение с верхней пленки подается на усилитель и синхронный детектор, формирующий выходной сигнал с учетом амплитуды и фазы. При воздействии на верхнюю пленку деформирующей силы характеристики всех слоев изменяются, что приводит к изменению выходного сигнала.

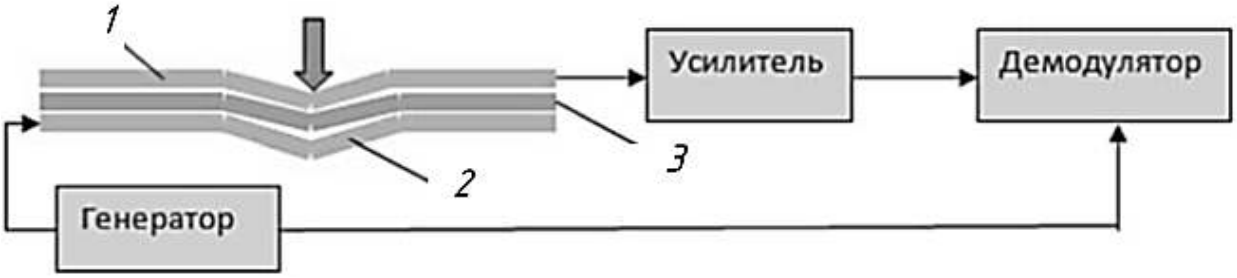


Рисунок 1.10 – Схема пьезоэлектрического тактильного датчика силы

В пьезорезонансных датчиках силы используются оба эффекта, свойственные пьезокристаллическим материалам: прямой и обратный пьезоэффекты. Чувствительным элементом датчика является механический резонатор. Колебания резонатора, возбуждаемые напряжением питающего генератора (обратный пьезоэффект), обусловливают его напряженное состояние. В свою очередь, такое состояние вызывает возникновение соответствующих зарядов на электродах пьезоэлемента (прямой пьезоэффект). Результатом одновременного электрического возбуждения

колебаний резонатора и снятия электрического сигнала является возникновение резонансных колебаний.

Известно несколько вариантов включения пьезорезонансных датчиков силы в измерительные схемы. В схемах с применением автогенераторов резонатор используется в задающих цепях. Деформация резонатора внешней силой изменяет частоту генератора пропорционально приложенному усилию. В другом варианте такой же схемы внешнее воздействие вызывает изменение положения электродов относительно резонатора, что также приводит к изменению частоты.

На рисунке 1.11 приведена схема с использованием генератора опорной частоты и резонансного фильтра. Деформирующая сила, воздействуя на резонатор, приводит к изменению частотных настроек фильтра и пропорциональному изменению выходного напряжения.



Рисунок 1.11 – Схема датчика силы с резонансным фильтром

Емкостные датчики силы относятся к параметрическим. Конструктивно они представляют собой конденсатор, состоящий из двух параллельных пластин с зазором между ними. Емкость такого конденсатора пропорциональна площади пластин, диэлектрической проницаемости материала зазора и обратно пропорциональна расстоянию между пластинами. Изменение какого-либо из перечисленных параметров приводит к изменению емкости, которую можно измерить соответствующей аппаратурой. Это положение используется при построении емкостных датчиков силы.

Основой работы пьезоэлектрических датчиков силы этого типа является прямой пьезоэффект, которым обладают некоторые материалы. К ним относятся природные кристаллы кварца и турмалина, искусственные кристаллы фосфата аммония и титаната бария. Эти кристаллы обладают большим пьезоэффектом и высокой механической прочностью, химически устойчивы; пьезоэлектрические свойства незначительно изменяются в широком диапазоне температур. Геометрическая форма кристалла не влияет на его свойства.

Суть пьезоэлектрического эффекта заключается в следующем: в момент действия силы на пластину из пьезоэлектрического материала на её поверхностях возникают разноименные заряды, величина которых пропорциональна приложенной силе.

Конструктивно пьезоэлектрический датчик силы (рисунок 1.12) состоит из корпуса *1*, в котором установлены две пьезопластины *2* с расположенным между ними выводом *3*. Вторым выводом служит корпус датчика. На его основании расположена нижняя пьезопластина. В момент приложения силы на нажимное устройство *4* пьезоэлектрические пластины сжимаются и генерируют напряжение, которое поступает на вход усилителя. Пьезоэлектрические датчики применяются для измерения динамически действующих сил.

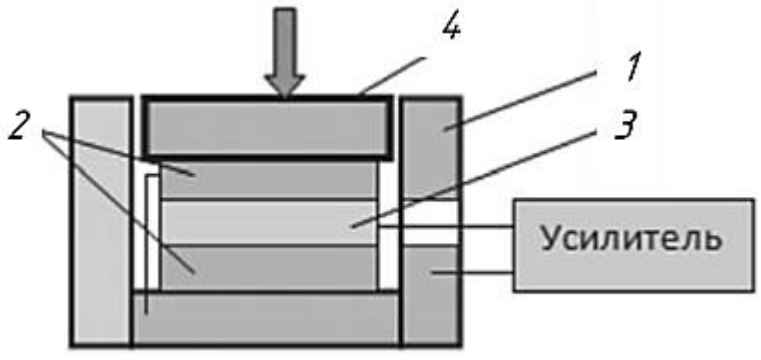


Рисунок 1.12 – Пьезоэлектрический датчик силы

Рассмотрев принципы работы и конструкции различных датчиков силы, можно сделать вывод, что для определения тягового сопротивления

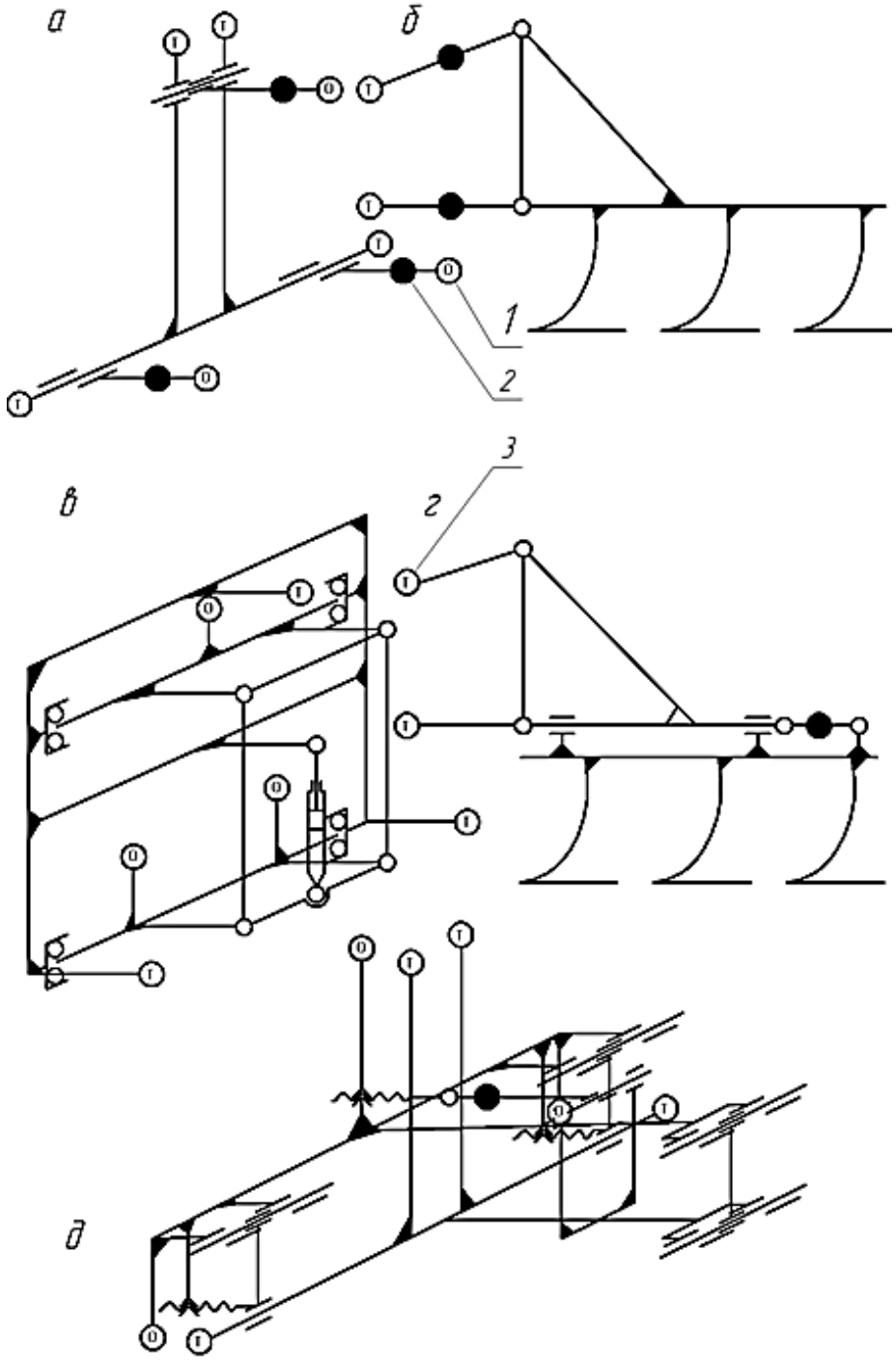
сельскохозяйственных машин наиболее подходящими являются тензорезистивные датчики силы. Выбор типа тензодатчика и его максимально допустимой силы осуществляется в зависимости от характеристик испытуемых машин.

1.4 Устройства для определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин

Рассмотрим некоторые конструкции устройств для определения тягового сопротивления навесных сельскохозяйственных машин (тензометрических устройств) (рисунок 1.13) [103].

Тензометрическое устройство завода им. Октябрьской революции (г. Омск) (рисунок 1.13 *а*) позволяет проводить замеры только горизонтальных составляющих усилий в трех точках, а также суммировать эти составляющие без учета влияния изгибающих и крутящих моментов. Тензонавеска представляет собой переходную рамку между плугом и рабочей машиной.

Тензометрическое устройство конструкции ВИСХОМа (г. Москва) (рисунок 1.13 *б*) применяется для исследования тягового сопротивления сельскохозяйственных машин и представляют собой три тяги тракторной навески с наклеенными на них тензометрическими датчиками. Такое техническое решение обладает высокой конструктивной простотой, однако интерпретация получаемых данных представляет собой сложную задачу, требующую сложения показаний трех датчиков. При этом остается невыясненным вопрос о влиянии на достоверность данных изгибающих и крутящих моментов, возникающих в тягах, особенно при испытании несимметричных орудий.



а – конструкция завода им. Октябрьской революции; *б* – конструкция ВИСХОМа; *в, г* – конструкции Одесской НИС НАТИ; *д* – конструкция ВГЛТА; 1 – точка присоединения машины; 2 – точка присоединения навески трактора; 3 – тензодатчик

Рисунок 1.13 – Кинематические схемы тензометрических устройств, применяемых для определения тягового сопротивления навесных сельскохозяйственных машин

Одесской НИС НАТИ разработано тензометрическое устройство (рисунок 1.13 *в*), в котором все тензопальцы связаны между собой в одном узле. Два нижних выполнены как одно целое с горизонтальной осью. В верхней части стойка заканчивается вилкой, имеющей с одной стороны тензопалец, а с другой соединительный шарнир. Подобный метод позволяет, по сравнению с использованием динамометрических тяг, определять измерения более простыми способами и с более простыми вычислениями.

Другое тензометрическое устройство, разработанное Одесской НИС НАТИ (рисунок 1.13 *г*), предназначено для исследования горизонтальной составляющей тягового сопротивления. В ней использовано одно тензометрическое звено, что значительно упрощает обработку данных и не вносит дополнительных погрешностей в измерения. Однако компоновка тензометрической навески требует снятия с испытуемой машины её серийной навески, что не всегда удобно.

Тензометрическое устройство конструкции ВГЛТА (г. Воронеж) (рисунок 1.13 *д*) предназначено для исследования тягового сопротивления сельскохозяйственных машин и включает в себя две рамки, расположенные одна под другой, соединенные качающимися поводками. Рамки имеют возможность двигаться друг относительно друга только в продольном направлении. Эту степень свободы ограничивает тензозвено, связывающее рамки при движении вперед, и упоры с винтовой регулировкой, воспринимающие нагрузки в транспортном положении орудия.

Результаты анализа конструкций тензометрических устройств указывают на то, что они с достаточной точностью способны фиксировать только горизонтальную составляющую тягового сопротивления. Лишь некоторые конструкции позволяют измерять вертикальную составляющую, а величины боковых составляющих тягового сопротивления остаются полностью не изученными, что является существенным недостатком при исследовании несимметричных орудий.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

2.1 Ресурсосбережение как критерий оптимизации при совершенствовании методики и средств определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин

Приоритетными направлениями совершенствования методик и средств определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин являются сокращение трудоемкости работ и удельных эксплуатационных затрат.

Таким образом, наши исследования направлены на обеспечение следующих условий (критериев оптимизации):

$$\left.\begin{matrix} \mathrm{T}_{\mathrm{R}_{\mathrm{м}}} \to \min \\ \mathrm{У}_{\mathrm{R}_{\mathrm{м}}} \to \min \end{matrix}\right\}, \qquad (2.1)$$

где $\mathrm{T}_{\mathrm{R}_{\mathrm{м}}}$ – трудоемкость определения тягового сопротивления сельскохозяйственной машины, чел.-ч;

$\mathrm{У}_{\mathrm{R}_{\mathrm{м}}}$ – удельные эксплуатационные затраты при определении тягового сопротивления сельскохозяйственной машины, руб.

Системный подход подразумевает строгую последовательность мероприятий при определении тягового сопротивления сельскохозяйственных машин.

Процесс определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин включает в себя три основных этапа:

- подготовительный;
- основной;
- заключительный.

Таким образом, трудоемкость определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин с учетом её составляющих определяется по формуле

$$T_{R_м} = \left(t_{подг} + t_{осн} + t_{закл}\right) \cdot Л \text{ , чел. -ч,} \qquad (2.2)$$

где $t_{подг}$, $t_{осн}$, $t_{закл}$ – соответственно продолжительность подготовительного, основного и заключительного этапов, ч;

Л – количество задействованных работников, чел.

2.2 Методика определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин, основанная на оценке динамических качеств МТА при его разгоне. Её недостатки и пути их устранения

Методика, предложенная Н.В. Щетининым [130, 131], заключается в том, что при рабочем ходе трактора за счет снижения подачи топлива достигают частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту. Мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной. При достижении фиксированной частоты вращения коленчатого вала двигателя (например номинальной) во время разгона трактора измеряют угловое ускорение коленчатого вала.

При разгоне агрегата на горизонтальном участке уравнение движения трактора [14, 21] имеет вид

$$M_т \cdot (dV/dt)_{раб} = P_{дв} - P_f - P_{кр} \text{ , Н,} \qquad (2.3)$$

где $M_т$ – приведенная масса трактора, кг;

$(dV/dt)_{раб}$ – ускорение трактора при разгоне с рабочими машинами, м/с^2;

$P_{дв}$ – движущая сила трактора, Н;

P_f – сила сопротивления перекатыванию, Н;

$P_{кр}$ – крюковое усилие трактора, Н.

При этом уравнение движения сельскохозяйственных машин имеет вид

$$M_м \cdot (dV/dt)_{раб} = P_т - R_м \text{ , Н,} \qquad (2.4)$$

где $M_м$ – приведенная масса сельскохозяйственных машин, кг;

$P_т$ – сила тяги трактора ($P_т = P_{кр}$), Н;

$R_м$ – тяговое сопротивление сельскохозяйственных машин, Н.

Аналогично измеряется ускорение коленчатого вала при разгоне трактора без сельскохозяйственных машин. При разгоне трактора без сельскохозяйственных машин ($P_{кр} = 0$) на горизонтальном участке уравнение его движения имеет вид

$$M_т \cdot (dV/dt)_{хх} = P_{дв} - P_f\,, Н, \qquad (2.5)$$

где $(dV/dt)_{хх}$ – ускорение трактора при разгоне без нагрузки, м/с^2.

По уравнениям (2.3), (2.4) и (2.5) определяется тяговое сопротивление сельскохозяйственных машин:

$$R_м = M_т \cdot (dV/dt)_{хх} - M_т \cdot (dV/dt)_{раб} - M_м \cdot (dV/dt)_{раб}\,, Н. \qquad (2.6)$$

Ускорение трактора при его разгоне с рабочими машинами и без нагрузки связано с соответствующим угловым ускорением коленчатого вала двигателя зависимостями:

$$(dV/dt)_{раб} = \frac{(d\omega/dt)_{кв\ раб} \cdot r_к \cdot (1-\delta)}{i_{тр}}, \frac{м}{с^2}; \qquad (2.7)$$

$$(dV/dt)_{хх} = \frac{(d\omega/dt)_{кв\ хх} \cdot r_к \cdot (1-\delta)}{i_{тр}}\,, м/с^2, \qquad (2.8)$$

где $(d\omega/dt)_{кв\ раб}$ – ускорение коленчатого вала двигателя с рабочей машиной, с$^{-2}$;

$(d\omega/dt)_{кв\ хх}$ – ускорение коленчатого вала двигателя при разгоне трактора без нагрузки, с$^{-2}$;

$r_к$ – радиус качения ведущего колеса, м;

δ – коэффициент буксования трактора;

$i_{тр}$ – общее передаточное число трансмиссии.

Коэффициент буксования определяется по тяговой характеристике трактора на соответствующем фоне на соответствующей передаче при заданной частоте вращения коленчатого вала двигателя.

Определение углового ускорения коленчатого вала двигателя осуществляется следующим образом. На трактор устанавливают устройство для измерения ускорений коленчатого вала двигателя, например ИМД-Ц, производят его калибровку согласно инструкции по эксплуатации прибора [152] и приступают к выполнению технологических операций, позволяющих определить значение сопротивления рабочей машины. Измерения производят следующим образом. Нажимают кнопку «Сброс» прибора, уменьшая подачу топлива, достигают частоты вращения вала двигателя, соответствующей максимальному крутящему моменту, и мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной, по достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя прибор ИМД-Ц измерит угловое ускорение коленчатого вала и покажет его на цифровом табло. Нажатием кнопки «Сброс» прибор подготавливается к следующему измерению. Кроме того, измеряют тем же способом угловое ускорение коленчатого вала при разгоне трактора без сельскохозяйственных машин. Измерение ускорения холостого хода трактора без сельскохозяйственных машин может проводиться до начала работы или в процессе выполнения работы на характерном для данной технологической работы фоне. Для повышения точности можно проводить многократные измерения. Все измерения проводят при одинаковой калибровке прибора, т. е. при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя.

Однако у данной методики имеется ряд существенных недостатков:

1. Сложность определения значений приведенной массы трактора на различных передачах.

2. Некорректность использования значений коэффициента буксования по тяговой характеристике трактора на соответствующем фоне на соответствующей передаче.

3. Сложность определения значений ускорения машинно-тракторного агрегата через угловое ускорение коленчатого вала двигателя из-за буксования ходового аппарата.

Для решения вопроса определения приведенной массы трактора выполняется дополнительный разгон трактора, догруженного известной (эталонной) массой, с измерением ускорения трактора в момент достижения коленчатым валом двигателя номинальной частоты вращения.

Для решения вопроса определения ускорения машинно-тракторного агрегата к нему присоединяется путеизмерительное колесо, с возможностью фиксации и определения его углового ускорения в момент достижения коленчатым валом двигателя номинальной частоты вращения.

2.3 Методика и техническое устройство для определения приведенной массы трактора на различных передачах

Взяв за основу методику, предложенную Н.В. Щетининым [130, 131], с учётом исследований С.В. Асатуряна и Д.С. Козлова [48, 50, 54], выполнены исследования, позволившие решить проблему определения приведенной массы трактора на различных передачах.

Для решения вопроса определения приведенной массы трактора выполняется дополнительный разгон трактора, догруженного известной (эталонной) массой, с измерением ускорения трактора в момент достижения коленчатым валом двигателя номинальной частоты вращения. При этом уравнение движения трактора будет иметь вид [14, 21]:

$$(M_т + M_{эт}) \cdot (dV/dt)_{эт} = P_{дв} - P_f\,, Н, \qquad (2.9)$$

где $M_{эт}$ – дополнительная (эталонная) масса, которой догружается трактор, кг;

$(dV/dt)_{эт}$ – ускорение трактора при разгоне с дополнительной (эталонной) массой, м/с^2.

Решая совместно уравнения (2.5) и (2.9), имея в виду, что движущая сила трактора постоянна $(P_{дв} = const)$, имеем:

$$M_т \cdot (dV/dt)_{хх} + M_т \cdot g \cdot f = (M_т + M_{эт}) \cdot (dV/dt)_{эт} + M_т \cdot g \cdot f + M_{эт} \cdot g \cdot f\,, Н. \qquad (2.10)$$

Упростив уравнение (2.10), получим

$$M_т \cdot ((dV/dt)_{хх} - (dV/dt)_{эт}) = M_{эт} \cdot ((dV/dt)_{эт} + g \cdot f)\text{, Н.} \qquad (2.11)$$

Таким образом, приведенная масса трактора определяется зависимостью

$$M_т = \frac{M_{эт} \cdot ((dV/dt)_{эт} + g \cdot f)}{(dV/dt)_{хх} - (dV/dt)_{эт}}\text{, кг,} \qquad (2.12)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2;

f – коэффициент сопротивления перекатыванию трактора.

На данную методику нами был получен патент РФ № 2612950 (приложение А1).

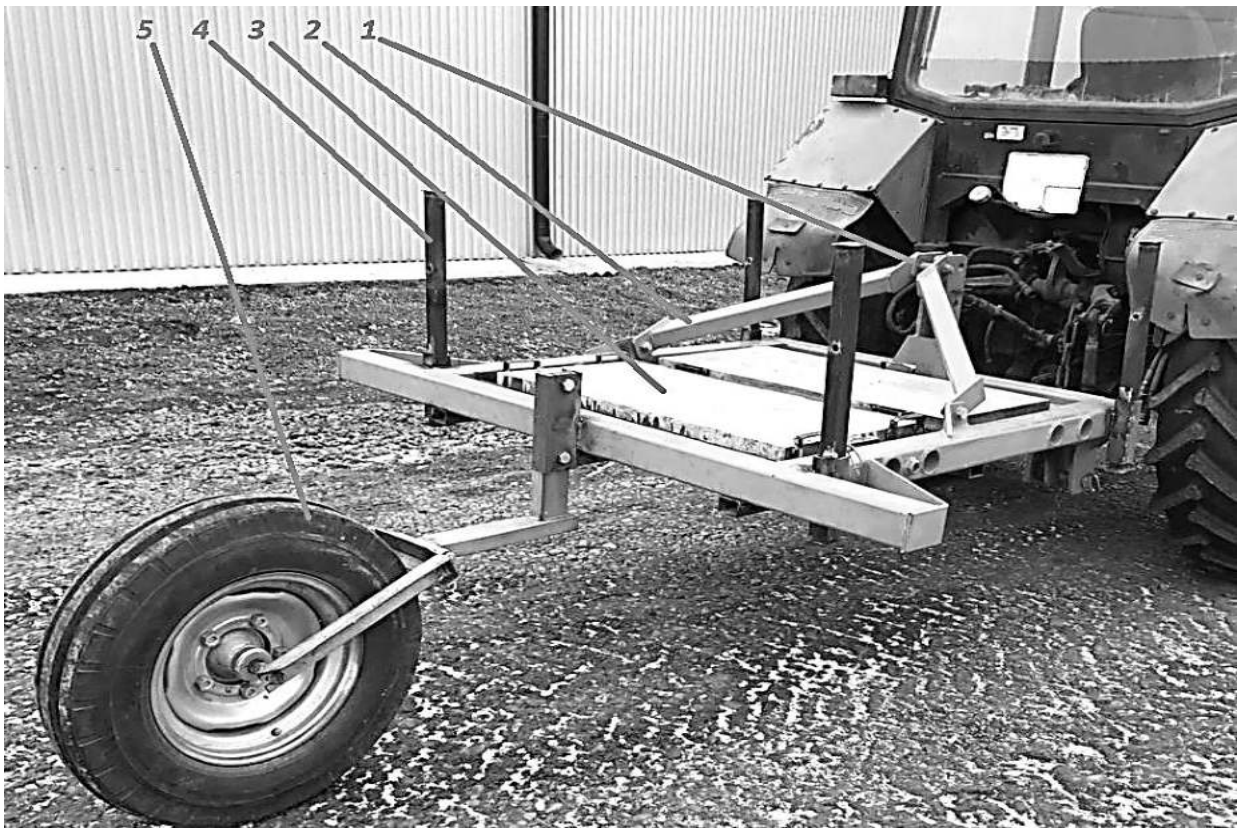
Для реализации данной методики было разработано и скомплектовано универсальное нагрузочное устройство известной массы (рисунок 2.1).

Рама предлагаемого устройства (рисунок 2.2) представляет собой жесткую конструкцию, позволяющую разместить необходимое количество балластных элементов.

Универсальное навесное устройство (рисунок 2.2) служит для навешивания предлагаемого устройства на тракторы различных тяговых классов.

Опорные стойки (рисунок 2.2) фиксируют конструкцию для комфортного навешивания на трактор. При необходимости, без особых усилий, они надёжно переводятся в транспортное положение.

Балластные элементы (рисунки 2.1, 2.3) представляют собой армированные бетонные массивы, обшитые металлом, массой 50 кг. Для удобства погрузочно-разгрузочных работ в конструкции балластных элементов предусмотрены ручки. Для фиксации балластных элементов на раме от поперечных смещений предусмотрены посадочные места, выполненные из профильных уголков (рисунок 2.4).



1 – универсальное навесное устройство; 2 – рама; 3 – балластные элементы; 4 – опорные стойки; 5 – путеизмерительное колесо

Рисунок 2.1 – Универсальное нагрузочное устройство известной массы

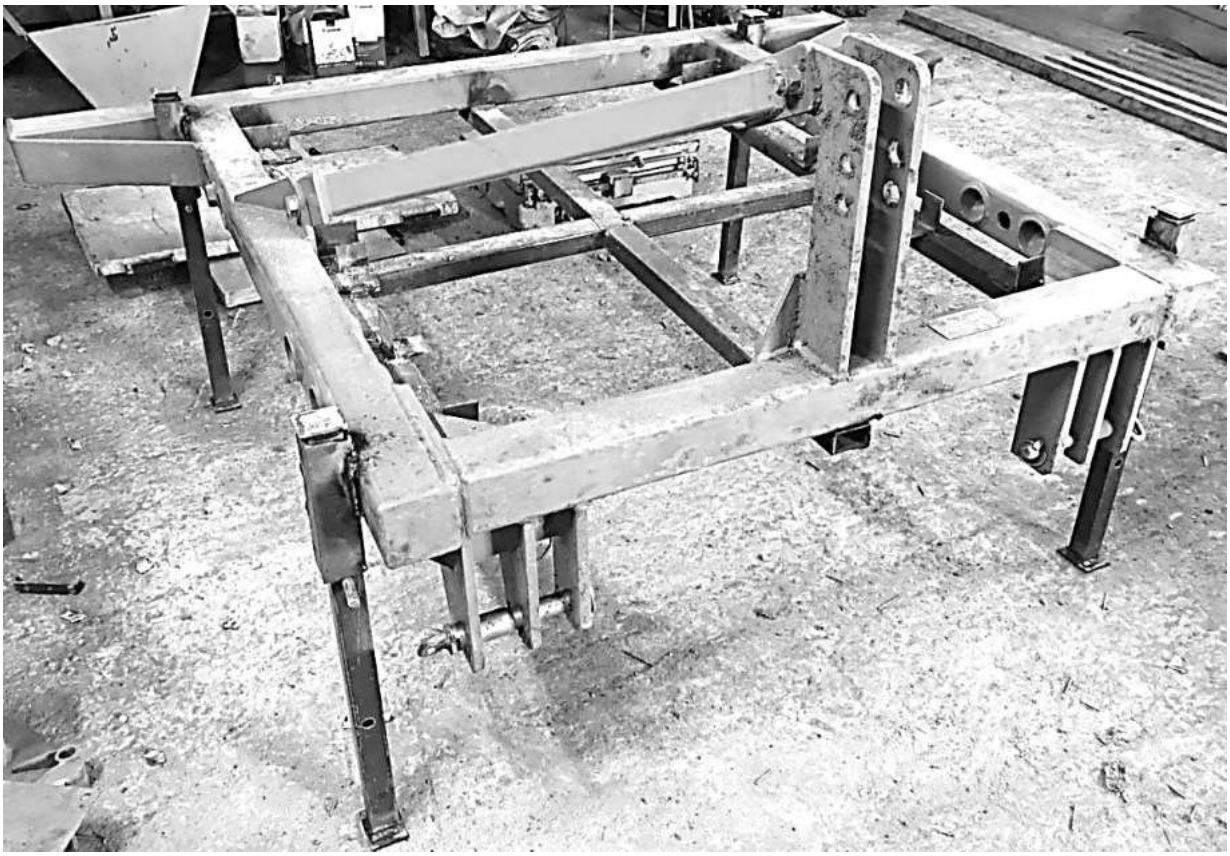
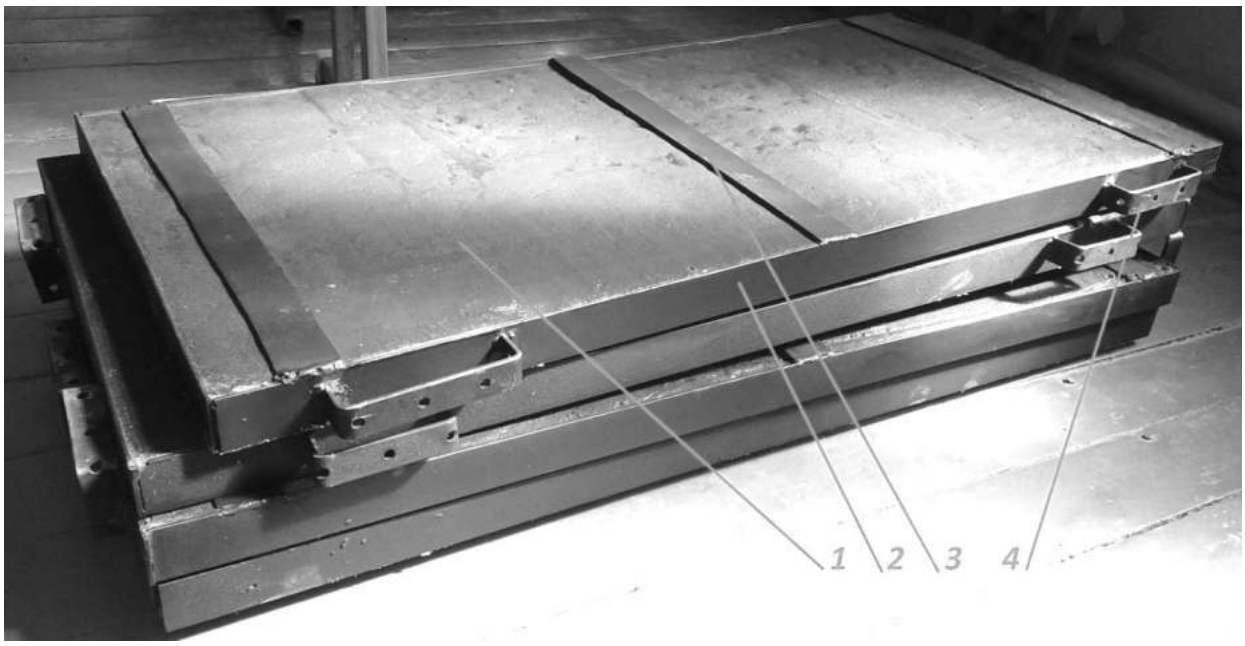


Рисунок 2.2 – Рама с навесным устройством и опорными стойками



1 – бетонная основа; 2 – рама балласта; 3 – опорные пластины;
4 – ручки такелажные

Рисунок 2.3 – Балластные элементы

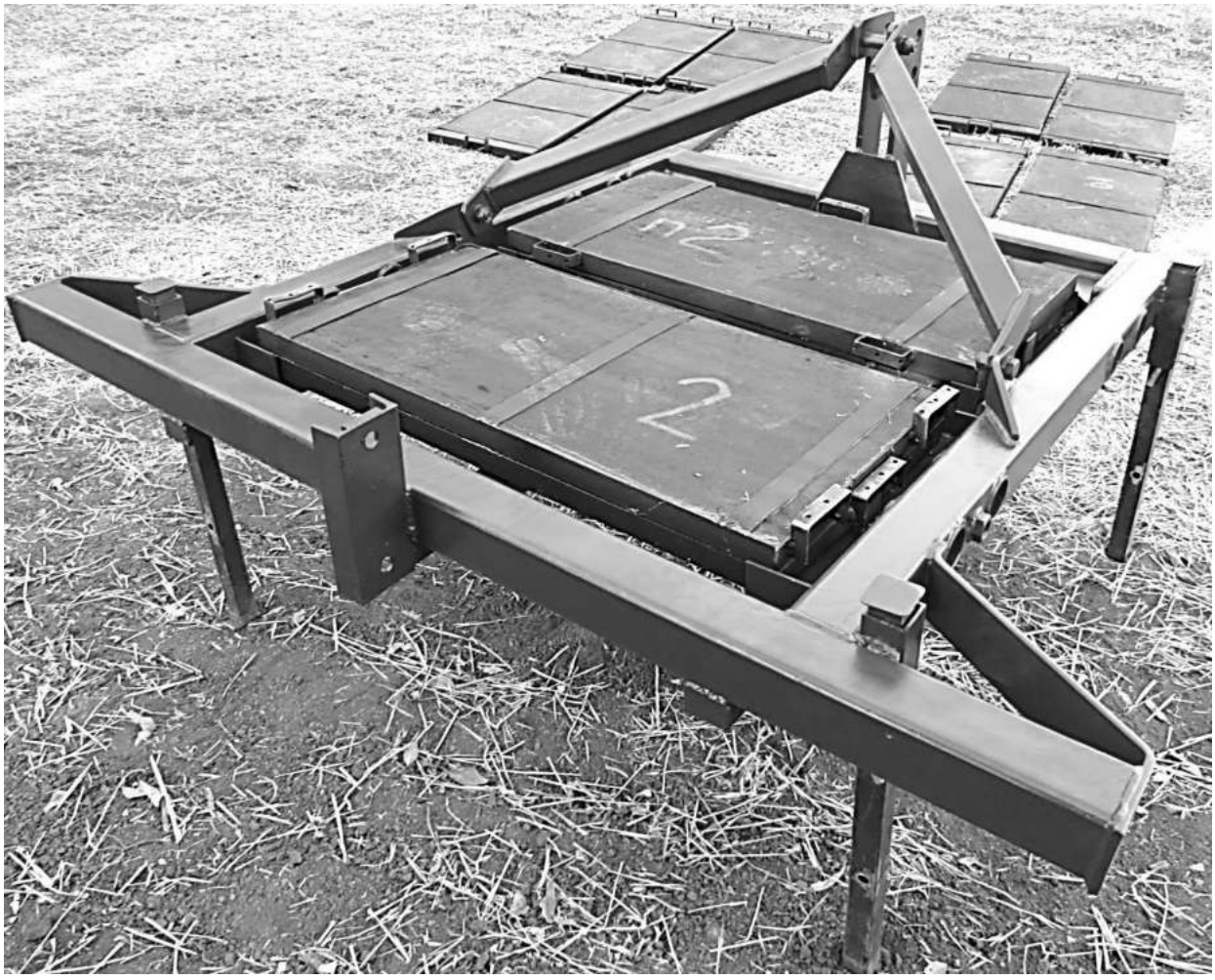


Рисунок 2.4 – Рама нагрузочного устройства
с комплектом балластных элементов

В максимальной комплектации (12 балластных элементов) общая масса устройства с учетом массы рамы (300 кг) составляет 900 кг.

2.4 Методика и техническое устройство для определения ускорения машинно-тракторного агрегата на переходных режимах

Взяв за основу методику, предложенную Н.В. Щетининым [130, 131], с учётом исследований С.В. Асатуряна и Д.С. Козлова [49–53], (приложение А2), выполнены исследования, позволившие решить вопрос определения ускорения машинно-тракторного агрегата.

Для этого к нему присоединяется путеизмерительное колесо с возможностью фиксации и определения его углового ускорения в момент достижения коленчатым валом двигателя номинальной частоты вращения.

Ускорение трактора при его разгоне без нагрузки, а также догруженного известной (эталонной) массой и рабочими машинами связано с угловым ускорением путеизмерительного колеса следующими зависимостями:

$$(dV/dt)_{хх} = (d\omega/dt)_{пк\,хх} \cdot r_{пк}, \frac{м}{с^2}; \quad (2.13)$$

$$(dV/dt)_{эт} = (d\omega/dt)_{пк\,эт} \cdot r_{пк}, \frac{м}{с^2}; \quad (2.14)$$

$$(dV/dt)_{раб} = (d\omega/dt)_{пк\,раб} \cdot r_{пк}, м/с^2, \quad (2.15)$$

где $(d\omega/dt)_{пк\,хх}$ – угловое ускорение путеизмерительного колеса при разгоне трактора без нагрузки, $с^{-2}$;

$(d\omega/dt)_{пк\,эт}$ – угловое ускорение путеизмерительного колеса при разгоне трактора с дополнительной (эталонной) массой, $с^{-2}$;

$(d\omega/dt)_{пк\,раб}$ – угловое ускорение путеизмерительного колеса при разгоне трактора с рабочими машинами, $с^{-2}$;

$r_{пк}$ – радиус путеизмерительного колеса, м.

На данную методику получен патент РФ № 2620983 (приложение А2).



Рисунок 2.5 – Путеизмерительное колесо



Рисунок 2.6 – Путеизмерительное колесо с датчиком оборотов

Для реализации данной методики было разработано и скомплектовано путеизмерительное колесо (рисунки 2.5, 2.6).

Рама путеизмерительного колеса имеет универсальное крепление с возможностью присоединения к навеске трактора, нагрузочному устройству известной массы, а также различным сельскохозяйственным машинам.

Для обеспечения возможности фиксации оборотов в конструкции путеизмерительного колеса предусмотрено крепление под индукционный датчик (рисунок 2.6), а к диску колеса приварен маховик с зубьями.

Элементы рамы имеют шарнирное сочленение, необходимое для качественного копирования опорной поверхности путеизмерительным колесом.

2.5 Измерительно-вычислительный комплекс для определения тягового сопротивления всех типов сельскохозяйственных машин в эксплуатационных условиях

Для реализации усовершенствованной методики был разработан и скомплектован измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) для определения тягового сопротивления всех типов сельскохозяйственных машин в эксплуатационных условиях, блок-схема которого представлена на рисунке 2.7.

Разработанный ИВК включает в себя технические, аппаратные и программные средства [8, 55, 57].

Технические средства предназначены для определения динамических показателей МТА в эксплуатационных условиях.

Нагрузочное устройство известной массы (рисунки 2.1–2.4) предназначено для определения значений приведенной массы трактора.

Путеизмерительное колесо (рисунки 2.5–2.6) предназначено для определения значений ускорения МТА при его разгонах.

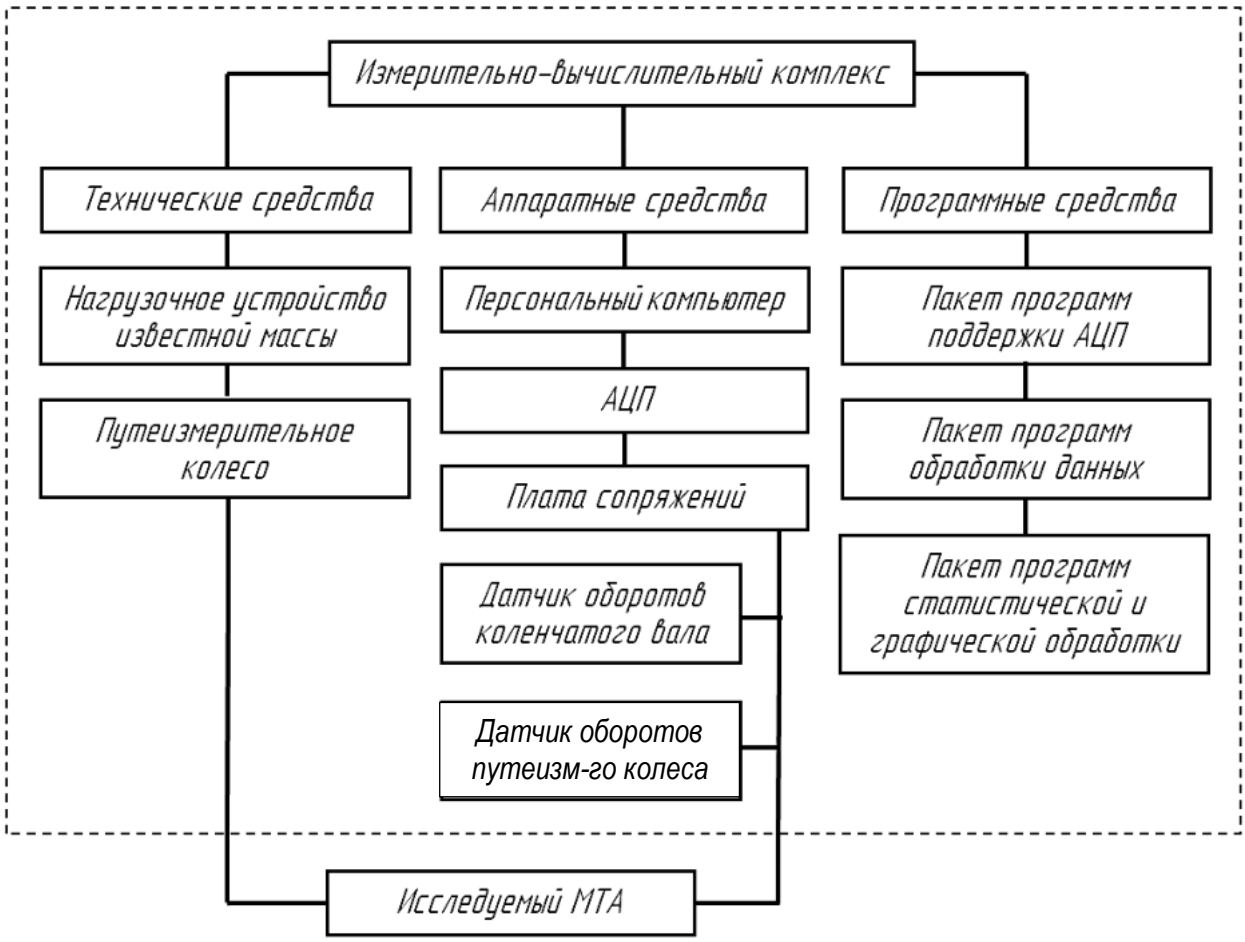


Рисунок 2.7 – Блок-схема ИВК для определения тягового сопротивления всех типов сельскохозяйственных машин в эксплуатационных условиях

Аппаратные средства предназначены для фиксации показателей работы исследуемого МТА.

Персональный компьютер (ПК) (рисунок 2.8) предназначен для хранения, обработки и анализа с помощью пакета прикладных программ данных, полученных от датчиков. Для обеспечения надежной работы выбран ПК Lenovo B50-30, содержащий процессор Intel Celeron N2830 с тактовой частотой 2,16 МГц, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) объемом 4 Гбайт и физической памятью 320 Гбайт.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) обеспечивает преобразование электрической аналоговой формы сигнала в цифровую форму, доступную для хранения и обработки микропроцессором и ОЗУ.



Рисунок 2.8 – Персональный компьютер Lenovo B50-30

Для обработки сигналов датчиков выбран АЦП ЛА-2USB-12 (рисунок 2.9). Применяемая модель способна обрабатывать 16 дифференциальных каналов, время преобразования – 2 мкс, частота опроса – до 500 кГц.



Рисунок 2.9 – Аналого-цифровой преобразователь ЛА-2USB-12

Плата сопряжений предназначена для соединения платы АЦП непосредственно с датчиками. Плата (рисунок 2.10) имеет 6 входов, что позволяет одновременно фиксировать шесть разных параметров. Во время записи данных плату сопряжений необходимо заземлять для предотвращения возникновения наводок.

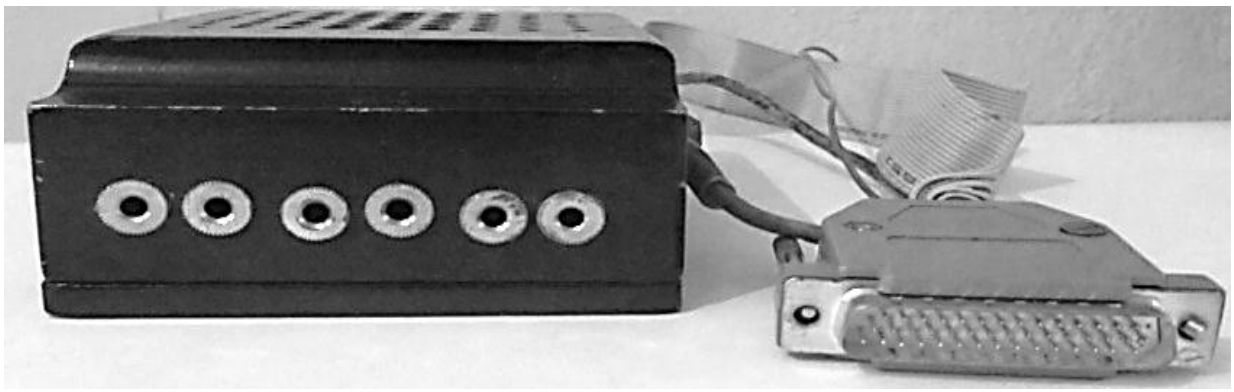


Рисунок 2.10 – Плата сопряжений

Датчики оборотов индукционного типа (рисунок 2.11) предназначены для генерирования ЭДС, с частотами, пропорциональными угловым скоростям соответствующих венцов коленчатого вала двигателя и путеизмерительного колеса. Датчики соединяются с платой сопряжений экранированными проводниками.

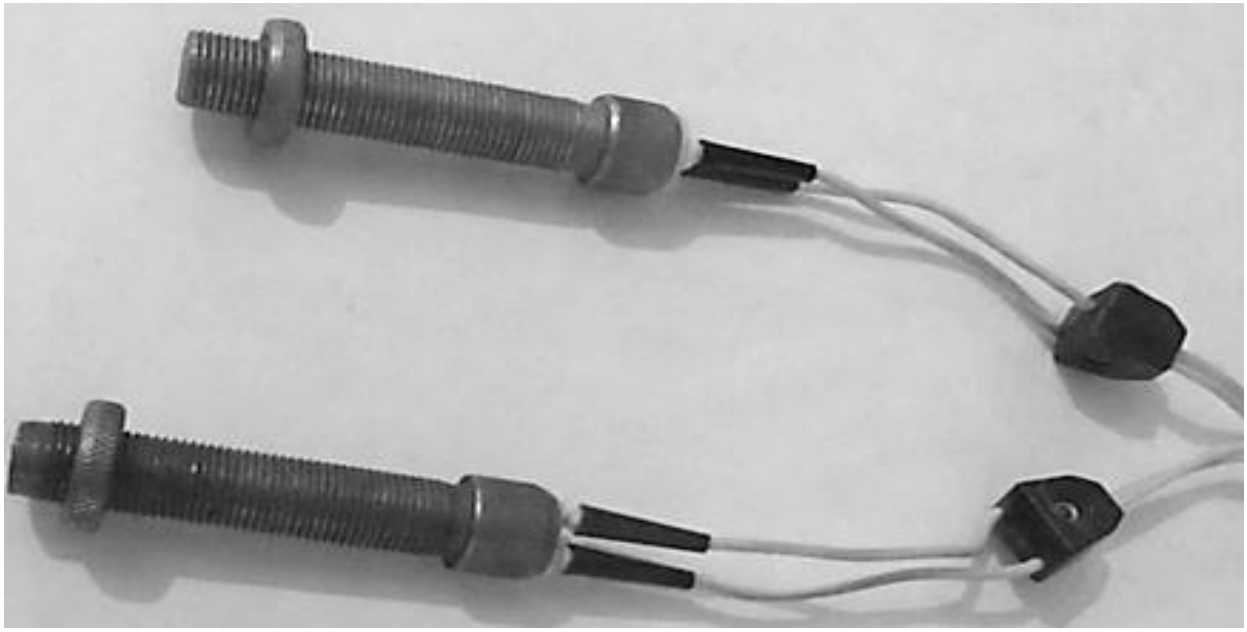


Рисунок 2.11 – Датчики оборотов индукционного типа

При разгоне трактора ИВК размещается в кабине трактора. Питание персонального компьютера осуществляется с помощью инвертора напряжения (рисунок 2.12), который запитывается от электрической системы трактора.

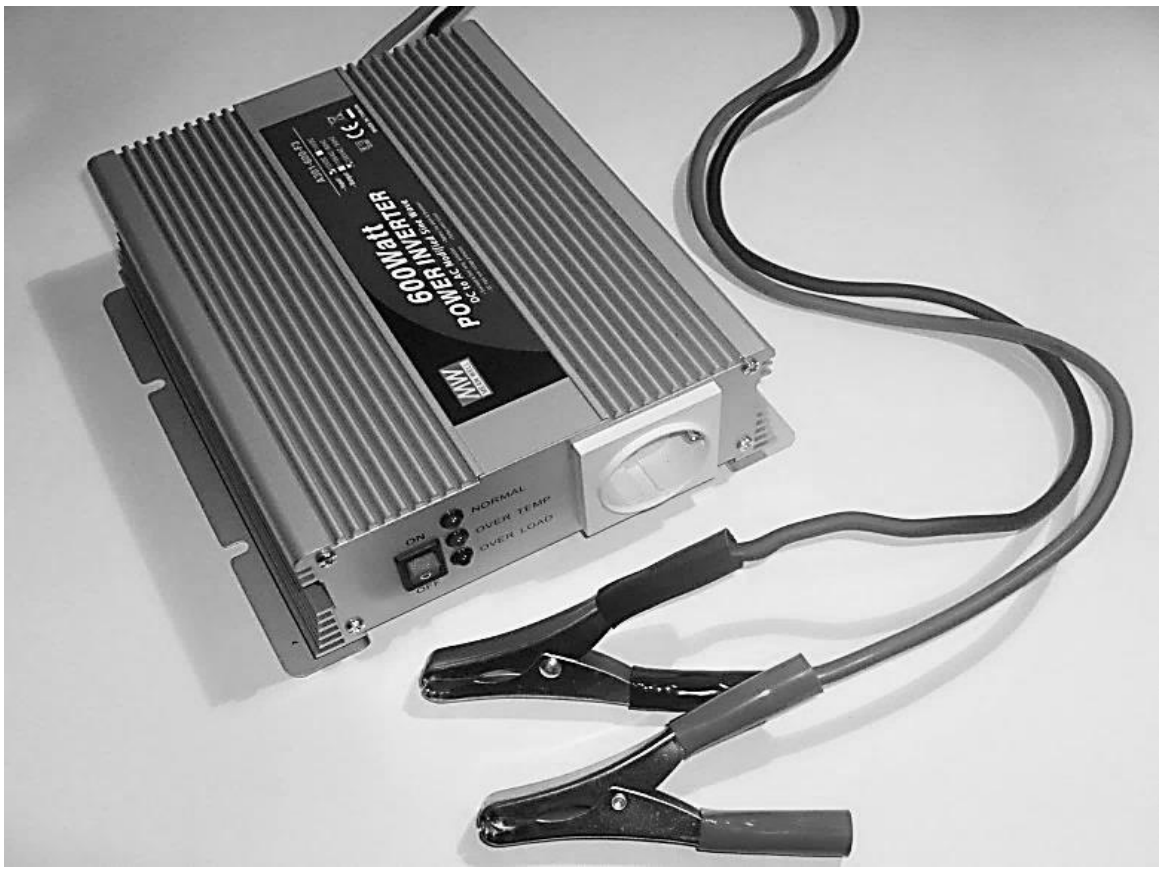


Рисунок 2.12 – Инвертор напряжения

Программные средства предназначены для обработки и анализа показателей работы исследуемого МТА.

Пакет программ, установленных на ПК, содержит комплект программ поддержки АЦП, а также частные программы обработки и анализа данных в средах Excel, MathCad и Pascal.

2.6 Методика определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин

Определение тягового сопротивления сельскохозяйственных машин посредством скомплектованного измерительно-вычислительного комплекса [48–54] в соответствии с п. 2.2 осуществляется в три этапа.

К мероприятиям подготовительного этапа относятся:

- получение информации у тракториста о техническом состоянии и особенностях элементов МТА;
- ознакомление с документами, инструкциями по эксплуатации и т.п.;
- разработка предварительного плана мероприятий;
- взвешивание трактора (с механизатором и оператором ИВК) и сельскохозяйственной машины;
- составление машинно-тракторного агрегата;
- развертывание измерительно-вычислительного комплекса, подключение датчиков, настройка аппаратных средств на расчетные режимы фиксации параметров;
- прогрев двигателя, гидравлической системы и т.п.

Датчик оборотов коленчатого вала устанавливается в специально подготовленное отверстие М16×1,5 в картере маховика (рисунок 2.13), напротив зубчатого венца маховика коленчатого вала, а датчик оборотов путеизмерительного колеса – напротив зубчатого венца шестерни, жестко связанной с путеизмерительным колесом (рисунок 2.14). Расстояние от датчиков до вершин зубьев – 1–3 мм.

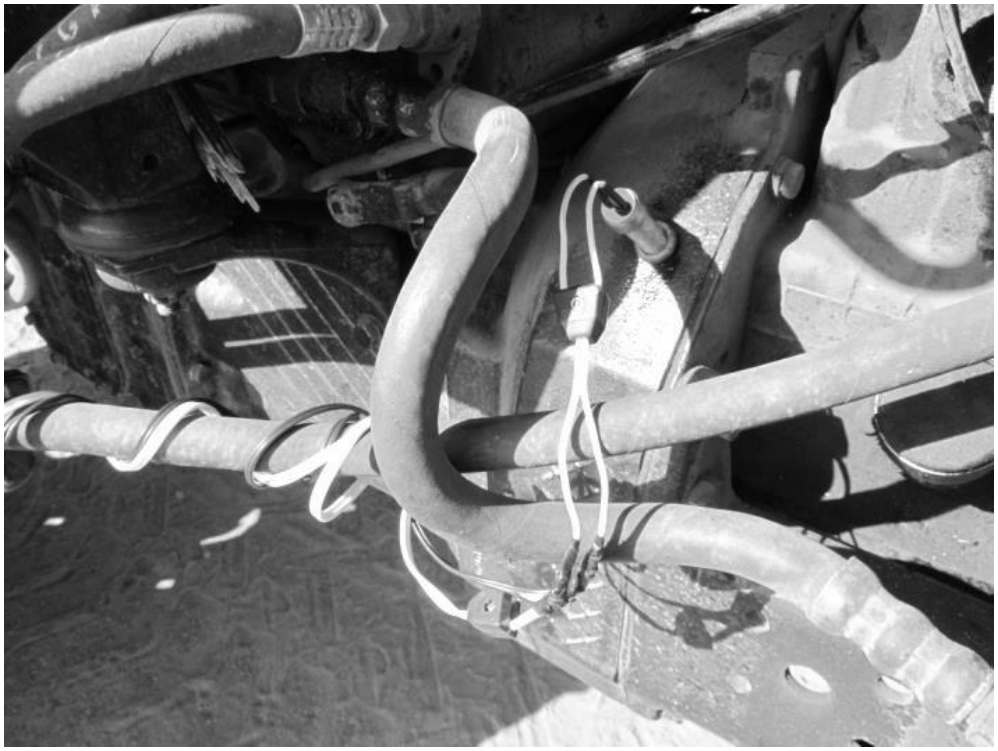


Рисунок 2.13 – Датчик оборотов коленчатого вала и его расположение



Рисунок 2.14 – Датчик оборотов путеизмерительного колеса
и его расположение

Перед записью изменения ЭДС датчиков в соответствии с количеством каналов, максимальной частотой вращения коленчатого вала и количеством зубьев маховика двигателя трактора АЦП настраивается на частоту опроса, достаточную для получения достоверных данных. Минимальная частота опроса на один канал рассчитывается из условия обеспечения не менее четырех фиксаций ЭДС датчика за время прохождения его поля одним зубом по формуле [8]:

$$\nu_{min}^{1} \geq \frac{n_{max} \cdot N_{ш} \cdot k_{min}}{60}\ ,Гц\ , \qquad (2.16)$$

где n_{max} – максимальная частота вращения коленчатого вала, об./мин;

$N_{ш}$ – число зубьев маховика, шт.;

k_{min} – минимальное количество фиксаций значения ЭДС при прохождении магнитного поля датчика одним зубом, достаточного для получения достоверной информации, шт. ($k_{min} = 4$).

Значения n_{max}, $N_{ш}$ некоторых двигателей приведены в приложении В.

Так как частота опроса АЦП делится пропорционально количеству задействованных каналов, то суммарная частота опроса определяется по формуле

$$\nu_{min}^{\Sigma} \geq i \cdot \nu_{min}^{1}\ ,Гц\ , \qquad (2.17)$$

где i – количество фиксируемых каналов, шт.

К мероприятиям основного этапа относятся:

- фиксация сигналов от датчиков оборотов коленчатого вала двигателя и путеизмерительного колеса с помощью аппаратных средств при разгоне трактора;
- фиксация сигналов от датчиков оборотов коленчатого вала двигателя и путеизмерительного колеса с помощью аппаратных средств при разгоне трактора с навешенным на него нагрузочным устройством известной массы;
- фиксация сигналов от датчиков оборотов коленчатого вала двигателя и путеизмерительного колеса с помощью аппаратных средств при разгоне трактора с сельскохозяйственной машиной.

Разгоны трактора осуществляются следующим образом. При движении трактора за счет снижения подачи топлива достигается частота вращения коленчатого вала, соответствующая максимальному крутящему моменту. Мгновенно увеличивается подача топлива до максимального значения. Трактор разгоняется, при этом сигналы (значения ЭДС) датчиков посредством АЦП фиксируются в памяти ПК с частотой, равной половине частоты опроса (для двух каналов), на которую предварительно настраивается ИВК.

Фиксация сигналов от датчиков оборотов коленчатого вала двигателя и путеизмерительного колеса осуществляется с момента увеличения подачи топлива до выхода трактора на установившийся режим.

К мероприятиям заключительного этапа относятся:

- свертывание измерительно-вычислительного комплекса и подключенных датчиков;
- оцифровка зафиксированных сигналов датчиков с помощью пакета программ поддержки АЦП;
- обработка полученных результатов с целью вычисления значений ускорения трактора при его разгонах без нагрузки, с нагрузочным устройством и рабочими машинами;

- вычисление значений приведенной массы трактора на различных передачах;
- вычисление величины тягового сопротивления сельскохозяйственной машины;
- анализ результатов определения тягового сопротивления;
- составление рекомендаций о виде и объеме возможных ремонтно-обслуживающих работ сельскохозяйственной машины на основе выполненного анализа.

В результате оцифровки зафиксированных сигналов датчиков получаются файлы с данными значений ЭДС их катушек в цифровой форме. При просмотре полученных файлов в графическом режиме отображаются графики изменения ЭДС датчиков в координатах времени разгона (рисунок 2.15). Программа выдает порядковый номер измерения (опроса) для любой точки графика [8].

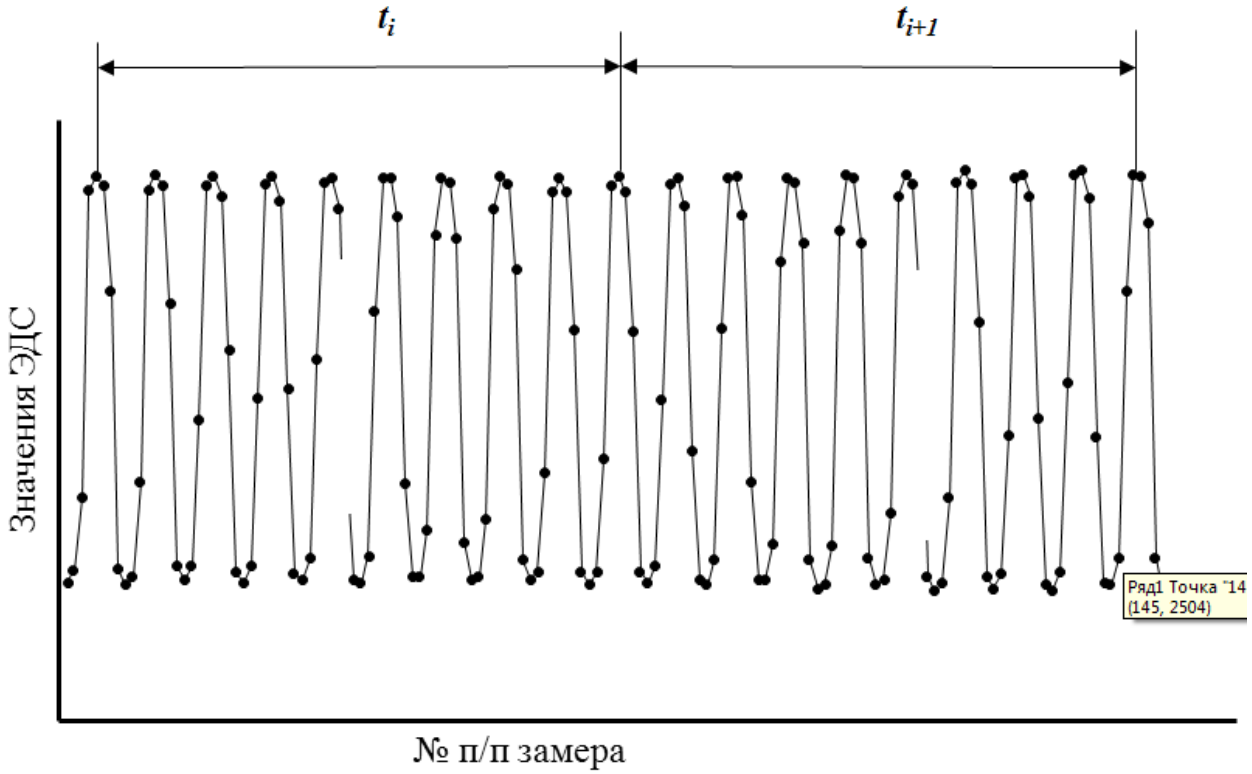


Рисунок 2.15 – График изменения ЭДС катушки датчика

Обработка полученных результатов заключается в определении закономерностей изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя ($n_{кв} = f(t)$) и углового ускорения путеизмерительного колеса ($(d\omega/dt)_{пк} = f(t)$) от времени разгона трактора.

Полученный массив данных разбивается на интервалы, соответствующие двум оборотам. Затем вычисляются продолжительности каждого из выделенных циклов (рисунок 2.15) [8]:

$$t_i = \frac{№_{к\,i} - №_{н\,i}}{\nu}, с, \quad (2.18)$$

где $№_{н\,i}$, $№_{к\,i}$ – соответственно порядковые номера значений, соответствующие началу и концу *i*-го цикла;

ν – частота опроса, Гц.

Значения средней угловой скорости и частоты вращения по циклам будут:

$$\omega_i = \frac{4\pi}{t_i}, с^{-1}; \quad (2.19)$$

$$n_i = \frac{\omega_{кв\,i} \cdot 60}{2\pi}, с^{-1}, \quad (2.20)$$

где 4π – угол, соответствующий двум оборотам, рад;

t_i – продолжительность *i*-го цикла, с.

По средним значениям угловой скорости смежных циклов определяются средние значения углового ускорения:

$$(d\omega/dt)_j = \frac{(\omega_{i+1} - \omega_i) \cdot 2}{(t_{i+1} + t_i)} = \frac{8\pi \cdot \left(\frac{1}{t_{i+1}} - \frac{1}{t_i}\right)}{(t_{i+1} + t_i)}, с^{-2}, \quad (2.21)$$

где t_{i+1} – продолжительность смежного цикла, с.

Для автоматизации процесса обработки данных используется программа обработки данных в среде Pascal [8, 139] (рисунок 2.16).

Исходными данными для программы являются файлы со значениями ЭДС датчиков оборотов коленчатого вала и путеизмерительного колеса в цифровой форме. После обработки данных программа выдает сводную

таблицу зависимостей соответствующих значений частот вращения ($n = f(t)$) и углового ускорения ($(d\omega/dt) = f(t)$).

Совмещая графики зависимостей частоты вращения коленчатого вала ($n_{кв} = f(t)$) и углового ускорения путеизмерительного колеса ($(d\omega/dt)_{пк} = f(t)$), определяются значения угловых ускорений путеизмерительного колеса, соответствующие номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя при соответствующих разгонах трактора.

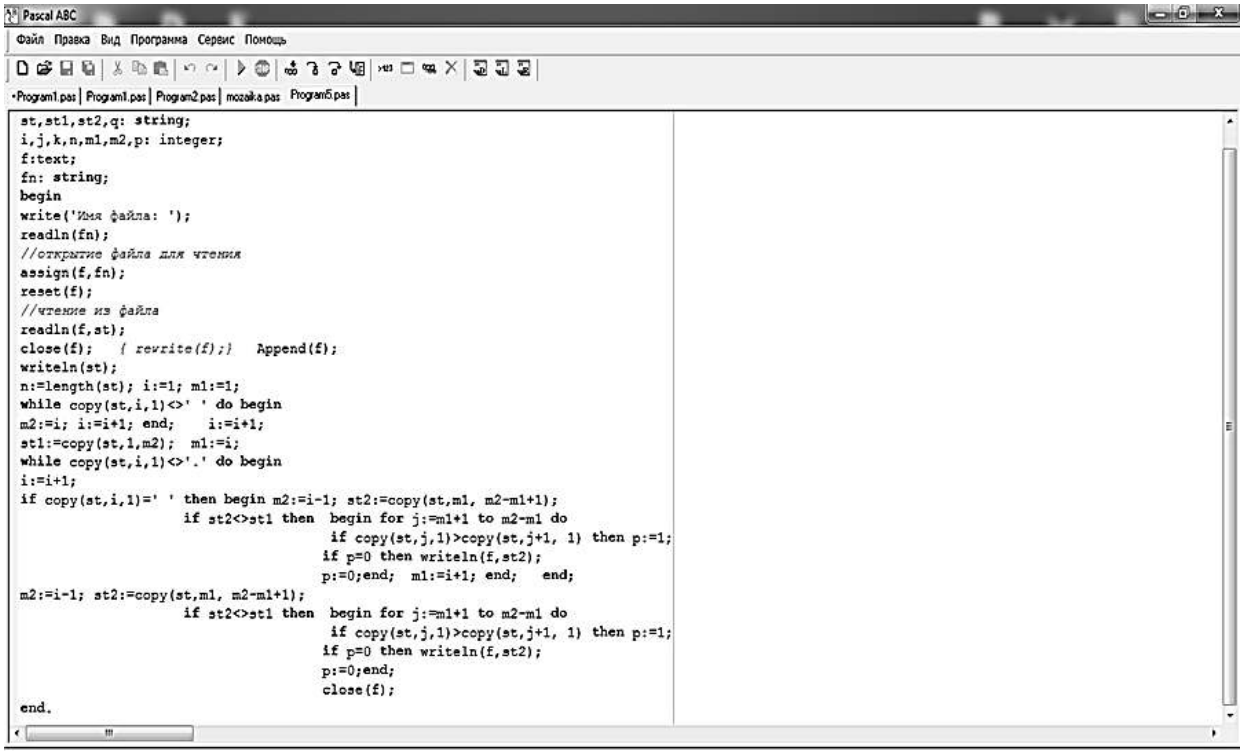


Рисунок 2.16 – Внешний вид программы в среде Paskal

По формулам (2.13), (2.14), (2.15) определяются значения ускорений трактора при разгоне без нагрузки, с нагрузочным устройством, с сельскохозяйственной машиной.

По формуле (2.12) определяется значение приведенной массы трактора на различных передачах.

По формуле (2.6) определяется тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины.

2.7 Определение количества повторностей опытов

При неопределённости пределов изменения измеряемой величины, для уменьшения количества повторностей, задаемся предельной ошибкой ε в долях среднеквадратичного отклонения $\pm 3\sigma$. Согласно [20, 27, 29, 105, 106] для проведения измерений, связанных с определением закономерностей и значения величин, являющихся основой для дальнейшего расчета, вполне достаточна доверительная вероятность $\alpha = 0{,}95$ и необходимое количество повторностей опытов $n = 5$.

2.8 Хронометраж операций при определении тягового сопротивления сельскохозяйственных машин

В соответствии с формулой (2.2) п. 2.2 осуществлялся хронометраж операций при определении тягового сопротивления сельскохозяйственных машин по стандартной и предлагаемой методикам. Результаты хронометража оформлялись в виде таблицы (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Образец таблицы результатов хронометража операций при определении тягового сопротивления сельскохозяйственных машин по стандартной и предлагаемой методикам

Наименование этапа	Трудоемкость, чел.-ч	
	Стандартная методика	Предлагаемая методика
1. Подготовительный		
2. Основной		
3. Заключительный		
Суммарная трудоёмкость операций		

2.9 Определение погрешности измерения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин

Инструментальная погрешность измерения значения показателей согласно [150] определялась по формуле

$$\Delta_i = \frac{К \cdot П}{100\%}, \tag{2.22}$$

где К – класс точности прибора (см. в паспорте прибора или на шкале);

П – предел шкалы прибора.

Если класс точности прибора не указан, то инструментальная погрешность измерения значения показателей определяется по известной формуле

$$\Delta_i = \frac{Ц}{2}, \tag{2.23}$$

где Ц – цена деления прибора.

Если в определении показателя участвуют несколько величин, то суммарная погрешность измерения значения показателя определяется по формуле

$$\Delta_i = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \Delta_j^2}, \tag{2.24}$$

где j – количество величин, участвующих в определении параметра.

2.10 Оценка адекватности результатов, полученных по стандартной и предлагаемой методикам, по критерию Стьюдента

Адекватность значений тягового сопротивления сельскохозяйственных машин, полученных по стандартной и разработанной методикам, оценивалась по критерию Стьюдента [2–4]:

$$y = \bar{y} \mp t_\alpha \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \tag{2.25}$$

где $\bar{y}$ – среднее значение показателя на определенном режиме;

t_α– коэффициент Стьюдента;

σ – стандартное отклонение;

n – количество повторностей.

Доверительные границы значений тягового сопротивления определялись по зависимостям:

$$y_в = \bar{y} + t_\alpha \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \quad (2.26)$$

$$y_н = \bar{y} - t_\alpha \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (2.27)$$

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Определялись значения тягового сопротивления двух прицепных сельскохозяйственных машин (рисунки 3.1 и 3.2) по стандартной и предлагаемой методикам:

- измельчителя пожнивных остатков ИПО-4,5 «Ураган» (рисунок 3.1);
- культиватора для сплошной обработки почвы КПС-4 (рисунок 3.2).

Экспериментальные исследования осуществлялись на базе станции «Кисляковская» Кущёвского района Краснодарского края.

Определение тягового сопротивления исследуемых сельскохозяйственных машин по стандартной и предлагаемой методикам осуществлялось по задискованной на глубину 8–10 см стерне озимой пшеницы.



Рисунок 3.1 – Измельчитель пожнивных остатков ИПО-4,5 «Ураган»

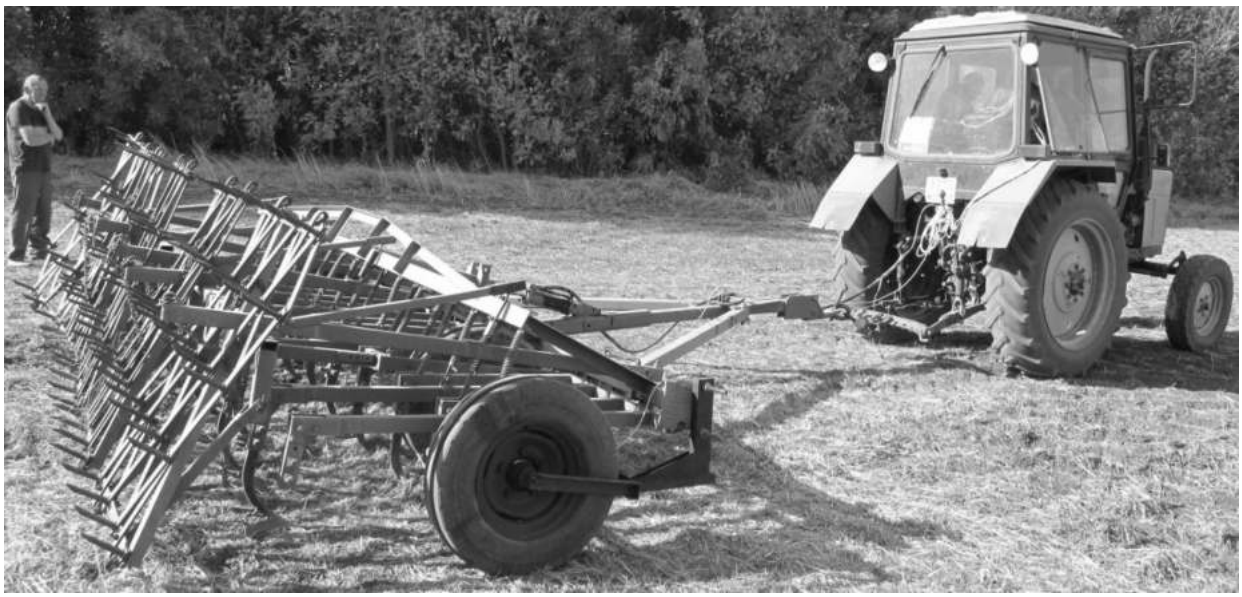


Рисунок 3.2 – Культиватор для сплошной обработки почвы КПС-4

3.1 Определение тягового сопротивления исследуемых сельскохозяйственных машин по стандартной методике

При проведении испытаний по стандартной методике руководствовались методиками, изложенными в [38–44]:

- ГОСТ Р 54783-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Основные положения (приложение Б1);
- ГОСТ 20915-75. Сельскохозяйственная техника. Методы определений условий испытаний;
- ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки;
- ГОСТ Р 54784-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки технических параметров;
- ГОСТ Р 52777-2007. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки (приложение Б2).

На рисунке 3.3 представлен внешний вид измерительно-вычислительного комплекса конструкции ФГБНУ «АНЦ «Донской»,

который использовался для определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин по стандартной методике.



Рисунок 3.3 – Измерительно-вычислительный комплекс
для определения тягового сопротивления
сельскохозяйственных машин по стандартной методике

Измерительно-вычислительный комплекс для определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин по стандартной методике включал в себя:

- путеизмерительное колесо (рисунки 2.5–2.6) для определения значений скорости МТА;

- персональный компьютер (ASUS VivoBook 15) для хранения, обработки и анализа с помощью пакета прикладных программ данных, полученных от датчиков;
- аналого-цифровой преобразователь (ЛА-50USB) для преобразования электрической аналоговой формы сигнала в цифровую форму;
- блок сопряжения для соединения АЦП с датчиками;
- усилитель дифференциальный (МДУ-8) для усиления и стабилизации сигнала от датчиков;
- датчик оборотов индукционного типа (рисунок 2.14) для генерирования ЭДС с частотами пропорциональной угловой скорости путеизмерительного колеса;
- динамометрическое звено (рисунок 3.5) для генерирования ЭДС, пропорциональной тяговому усилию;
- экранированные кабели для соединения датчиков с блоком сопряжения;
- инвертор напряжения (рисунок 3.4) для питания ИВК при движении исследуемого машинно-тракторного агрегата;
- аккумулятор (рисунок 3.4) для питания инвертора.

Тарировка динамометрического звена (рисунок 3.5) осуществлялась с помощью тарировочной установки (рисунок 3.6), состоящей из персонального компьютера, АЦП, платы сопряжений и механического динамометра. Тарировка проводилась в пятикратной повторности. Был построен тарировочный график, имеющий линейную зависимость, в соответствии с которым корректировались истинные значения выходных величин тягового усилия.



Рисунок 3.4 – Инвертор напряжения с аккумулятором



Рисунок 3.5 – Динамометрическое звено



Рисунок 3.6 – Установка для тарировки динамометрического звена

Перед записью сигналов (рисунок 3.7) от датчика оборотов путеизмерительного колеса и динамометрического звена по зависимостям (2.16), (2.17) в соответствии с максимальной частотой вращения колеса и количеством зубьев маховика (шестерни, имеющей жесткую кинематическую связь с колесом), аналого-цифровой преобразователь настраивался на частоту опроса, достаточную для получения достоверных данных. Частота опроса, на которую настраивался АЦП для фиксации сигналов по двум каналам, составила $\nu^2_{\min} = 2$ кГц.

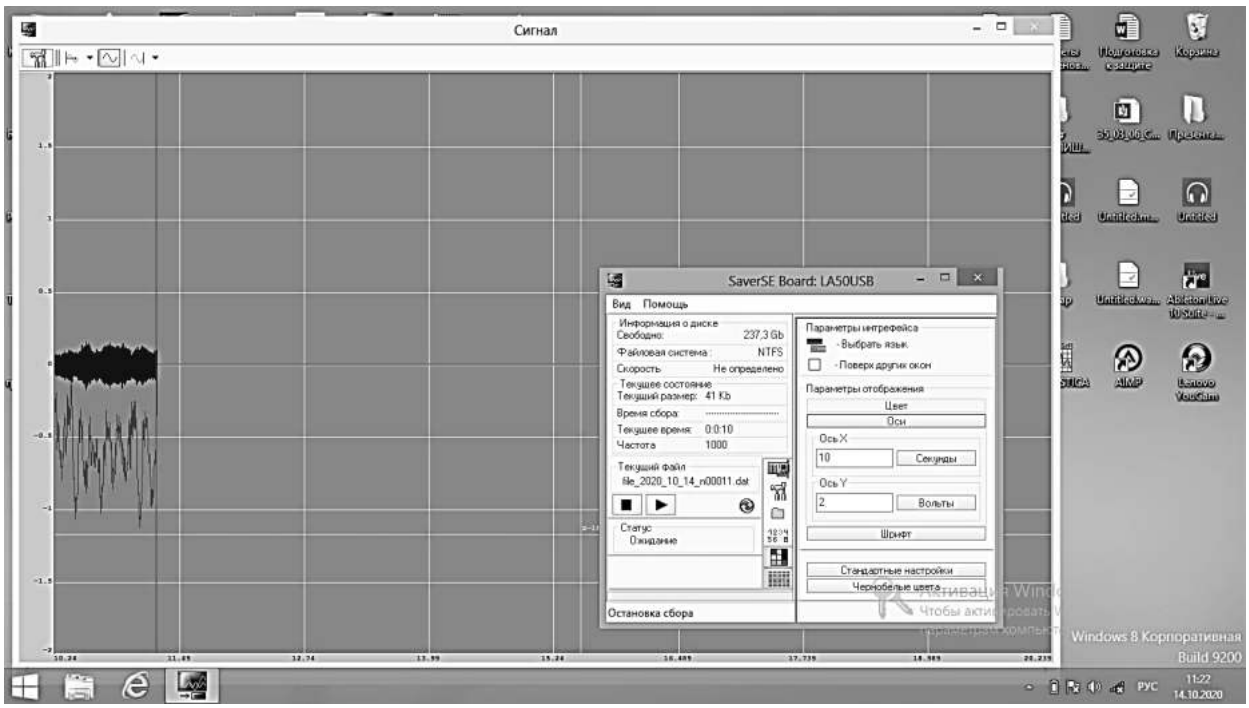


Рисунок 3.7 – Фрагмент записи сигналов датчика оборотов и динамометрического звена

Обработка результатов, полученных по стандартной методике, заключалась в определении следующих показателей:

- максимального значения тягового сопротивления (R_{max});
- минимального значения тягового сопротивления (R_{min});
- среднего значения тягового сопротивления (R_{cp});
- среднеквадратичного отклонения тягового сопротивления (σ_R);
- коэффициента вариации тягового сопротивления (υ_R);
- степени неравномерности тягового сопротивления (δ_R).

Приведенные показатели определялись по зависимостям [29, 30–32, 46]:

$$R_{cp} = \frac{\sum R_i}{i}, H, \qquad (3.1)$$

где $\sum R_i$ – сумма замеренных значений тягового сопротивления машины, Н;

i – число измерений.

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{\sum (R_i - R_{cp})^2}{i - 1}}, H; \qquad (3.2)$$

$$\upsilon = \frac{\sigma_R}{R_{cp}} \cdot 100, \%; \quad (3.3)$$

$$\delta = \frac{R_{max} - R_{min}}{R_{cp}}. \quad (3.4)$$

3.2 Определение тягового сопротивления исследуемых сельскохозяйственных машин по предлагаемой методике

При определении тягового сопротивления исследуемых сельскохозяйственных машин по предлагаемой методике руководствовались разработанными методиками, изложенными в п. 2.4, 2.5 и 2.7, посредством скомплектованного ИВК (п. 2.6) (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Измерительно-вычислительный комплекс в работе

Взвешивание трактора МТЗ-80 (рисунок 3.9), трактора с нагрузочным устройством (рисунок 3.10) и трактора с исследуемыми машинами (рисунок 3.11) осуществлялось на весах марки «Невские весы».



Рисунок 3.9 – Взвешивание трактора МТЗ-80



Рисунок 3.10 – Взвешивание трактора МТЗ-80 с нагрузочным устройством



Рисунок 3.11 – Взвешивание трактора МТЗ-80 с ИПО-4,5 «Ураган»

Датчики оборотов коленчатого вала (см. рисунок 2.13) и путеизмерительного колеса (см. рисунок 2.6) устанавливались в соответствии с рекомендациями, изложенными в п. 2.5 и 2.7.

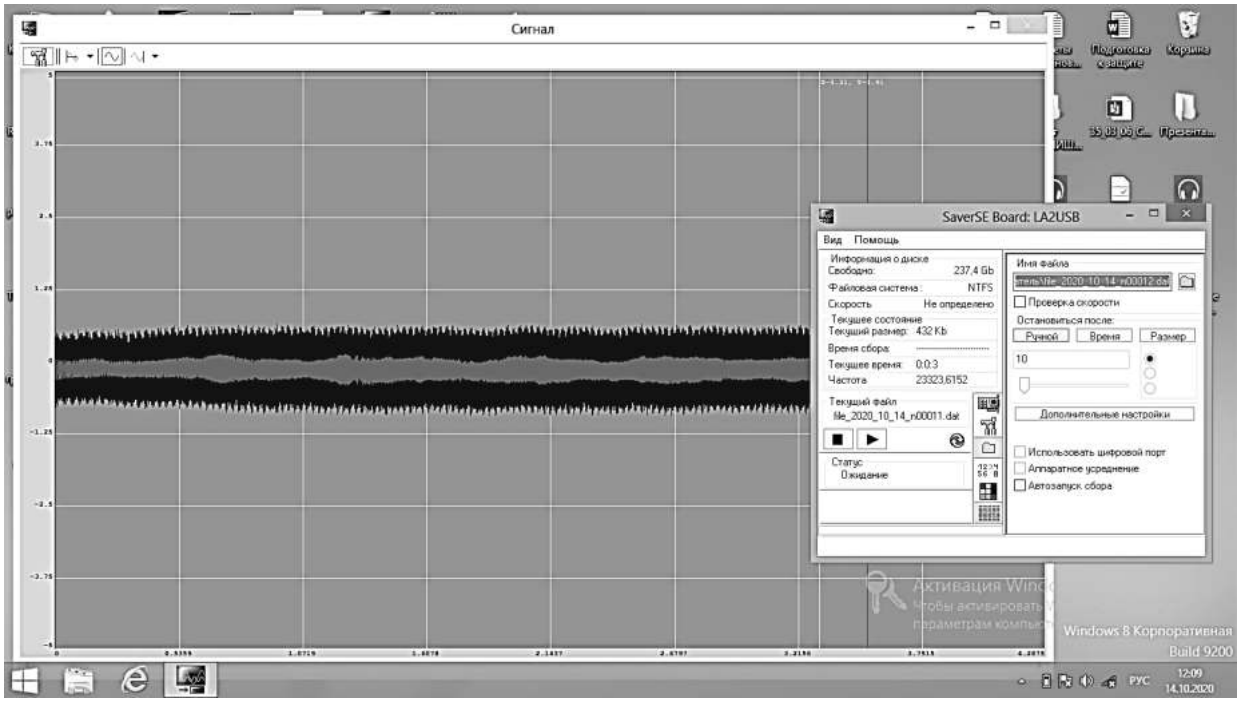


Рисунок 3.12 – Фрагмент записи сигналов датчиков оборотов коленчатого вала двигателя и путеизмерительного колеса

Перед записью сигналов от датчиков оборотов двигателя и путеизмерительного колеса (рисунок 3.12) по зависимостям (2.16), (2.17) в соответствии с максимальной частотой вращения коленчатого вала и количеством зубьев маховика двигателя, аналого-цифровой преобразователь настраивается на частоту опроса, достаточную для получения достоверных данных.



Рисунок 3.13 – Трактор МТЗ-80 с путеизмерительным колесом

Частота опроса, на которую настраивался АЦП для фиксации сигналов по двум каналам, составляла $\nu^2_{\min} = 46$ кГц.

Определение значений приведенной массы исследуемого трактора МТЗ-80 по предлагаемой методике (рисунки 3.13, 3.14) осуществлялось в соответствии с п. 2.4 и 2.5 на III, IV, V, VI, VII и VIII передачах на том же фоне (задискованная на глубину 8–10 см стерня озимой пшеницы).



Рисунок 3.14 – Трактор МТЗ-80 с универсальным нагрузочным устройством и путеизмерительным колесом

3.3 Результаты определения тягового сопротивления исследуемых сельскохозяйственных машин по стандартной методике

В соответствии с п. 3.1 по ГОСТ Р 54783-2011[43] и ГОСТ Р 52777-2007 (приложения Б1, Б2) определялись значения тягового сопротивления двух прицепных машин:

- измельчителя пожнивных остатков ИПО-4,5 «Ураган» (рисунок 3.1);
- культиватора для сплошной обработки почвы КПС-4 (рисунок 3.2).

На рисунке 3.15 представлен фрагмент записи сигналов, получаемых от датчика оборотов путеизмерительного колеса и динамометрического звена, по стандартной методике.

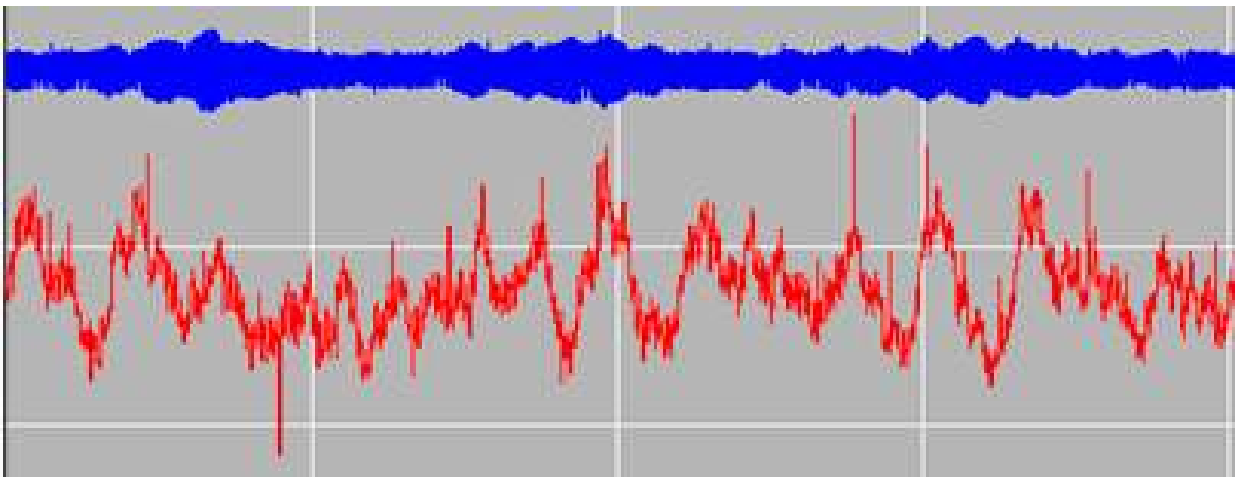


Рисунок 3.15 – Фрагмент записи сигналов, получаемых от датчика оборотов путеизмерительного колеса и динамометрического звена по стандартной методике

3.3.1 Результаты определения тягового сопротивления измельчителя пожнивных остатков ИПО-4,5 «Ураган» по стандартной методике

В соответствии с протоколом испытаний были получены следующие основные параметры исследуемого агрегата:

- агрегат: МТЗ-80 + ИПО-4,5 «Ураган»;
- рабочая ширина захвата: 4,5 м;
- фон: задискованная на глубину 8–10 см стерня озимой пшеницы;
- передача: VII;
- режим движения: установившийся (при максимальной подаче топлива);
- рабочая скорость: 10,0–10,5 км/ч (2,8–2,9 м/с);
- тяговое сопротивление машины: 7580–9490 Н;
- среднее значение тягового сопротивления: 8535 Н;
- среднеквадратичное отклонение тягового сопротивления: 312 Н;
- коэффициент вариации тягового сопротивления: 3,7%;
- степень неравномерности тягового сопротивления: 0,22.

3.3.2 Результаты определения тягового сопротивления культиватора для сплошной обработки почвы КПС-4 по стандартной методике

В соответствии с протоколом испытаний были получены следующие основные параметры исследуемого агрегата:

- агрегат: МТЗ-80 + КПС-4;
- рабочая ширина захвата: 4 м;
- фон: задискованная на глубину 8–10 см стерня озимой пшеницы;
- глубина обработки: 6–8 см;
- передача: VI;
- режим движения: установившийся (при максимальной подаче топлива);
- рабочая скорость: 8,3–8,8 км/ч (2,3–2,4 м/с);
- тяговое сопротивление машины: 8358–10873 Н;
- среднее значение тягового сопротивления: 9616 Н;
- среднеквадратичное отклонение тягового сопротивления: 415 Н;
- коэффициент вариации тягового сопротивления: 4,3%;
- степень неравномерности тягового сопротивления: 0,26.

3.4 Результаты определения тягового сопротивления исследуемых сельскохозяйственных машин по предлагаемой методике

В соответствии с протоколом испытания по предлагаемой методике проводились сразу после испытаний по стандартной методике на том же фоне, на той же передаче.

На рисунке 3.16 представлен фрагмент записи сигналов, получаемых от датчиков оборотов коленчатого вала двигателя трактора и путе-измерительного колеса, по предлагаемой методике.

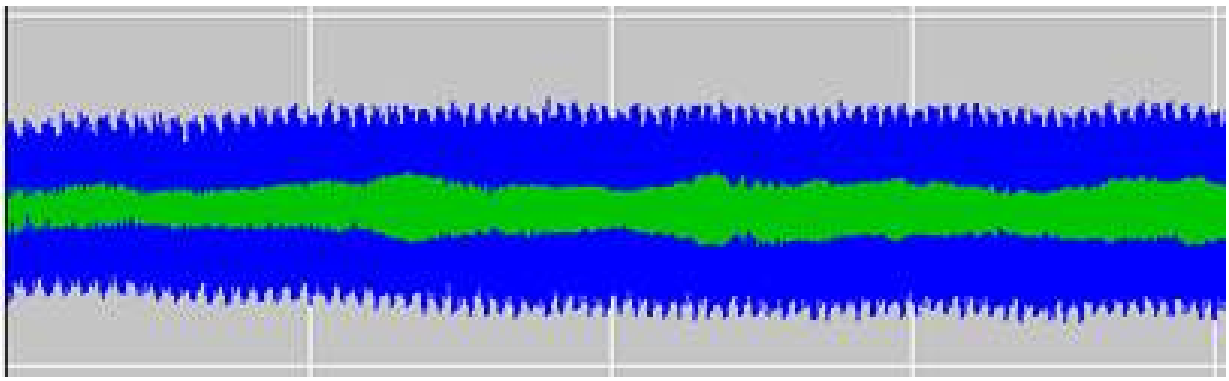


Рисунок 3.16 – Фрагмент записи сигналов, получаемых от датчиков оборотов коленчатого вала двигателя трактора и путеизмерительного колеса по предлагаемой методике

3.4.1 Результаты определения массы элементов исследуемых агрегатов

По результатам взвешивания на весах марки «Невские весы» имеем:

- эксплуатационная масса трактора МТЗ-80 с людьми (механизатором и оператором ИВК) и оборудованием для измерения составила $М_э = 3400$ кг;
- масса универсального нагрузочного устройства с двумя балластными элементами составила $М_{эт} = 400$ кг;
- масса измельчителя пожнивных остатков ИПО-4,5 «Ураган» составила $М_{ИПО-4,5} = 1040$ кг;
- масса культиватора для сплошной обработки почвы КПС-4 с боронами составила $М_{КПС-4} = 1080$ кг.

3.4.2 Результаты определения значений приведенной массы трактора МТЗ-80 на различных передачах

Результаты определения значений приведенной массы трактора МТЗ-80 по предлагаемой методике на примере VII передачи представлены в табличной форме (таблицы 3.1–3.5) и в виде графиков (рисунки 3.17–3.22) [50].

Таблица 3.1 – Результаты определения зависимости частоты вращения коленчатого вала двигателя от времени разгона трактора МТЗ-80 без нагрузочного устройства на VII передаче

№ изм.	Время, с	Частота вращения к/вала, об/мин
1	2	3
Повторность 1		
1	0	1119
2	0,40	1221
3	0,81	1404
4	1,19	1584
5	1,62	1743
6	2,03	1887
7	2,39	2002
8	2,82	2106
9	3,22	2211
10	3,58	2258
11	4,01	2295
12	4,46	2380
Повторность 2		
1	0	1067
2	0,44	1074
3	0,86	1151
4	1,23	1325
5	1,65	1518
6	2,09	1685
7	2,43	1832
8	2,71	1955
9	3,39	2064
10	3,52	2174
11	4,05	2267
12	4,43	2380
Повторность 3		
1	0	1104
2	0,38	1135
3	0,81	1260
4	1,92	1455
5	1,58	1626
6	2,11	1774
7	2,41	1913
8	2,89	2027
9	3,18	2130
10	3,56	2236

Окончание таблицы 3.1

1	2	3
11	4,02	2280
12	4,35	2380
Повторность 4		
1	0	1167
2	0,35	1173
3	0,72	1211
4	1,17	1336
5	1,57	1521
6	2,08	1685
7	2,45	1826
8	2,83	1955
9	3,22	2069
10	3,66	2168
11	4,08	2267
12	4,49	2380
Повторность 5		
1	0	1095
2	0,49	1134
3	0,81	1266
4	1,28	1466
5	1,67	1639
6	2,12	1786
7	2,47	1916
8	2,84	2034
9	3,29	2136
10	3,71	2230
11	3,91	2300
12	4,46	2380

По результатам таблицы 3.1 строились графики изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя от времени разгона трактора МТЗ-80 без нагрузочного устройства на VII передаче (по пяти повторностям и результирующая) (рисунок 3.17).

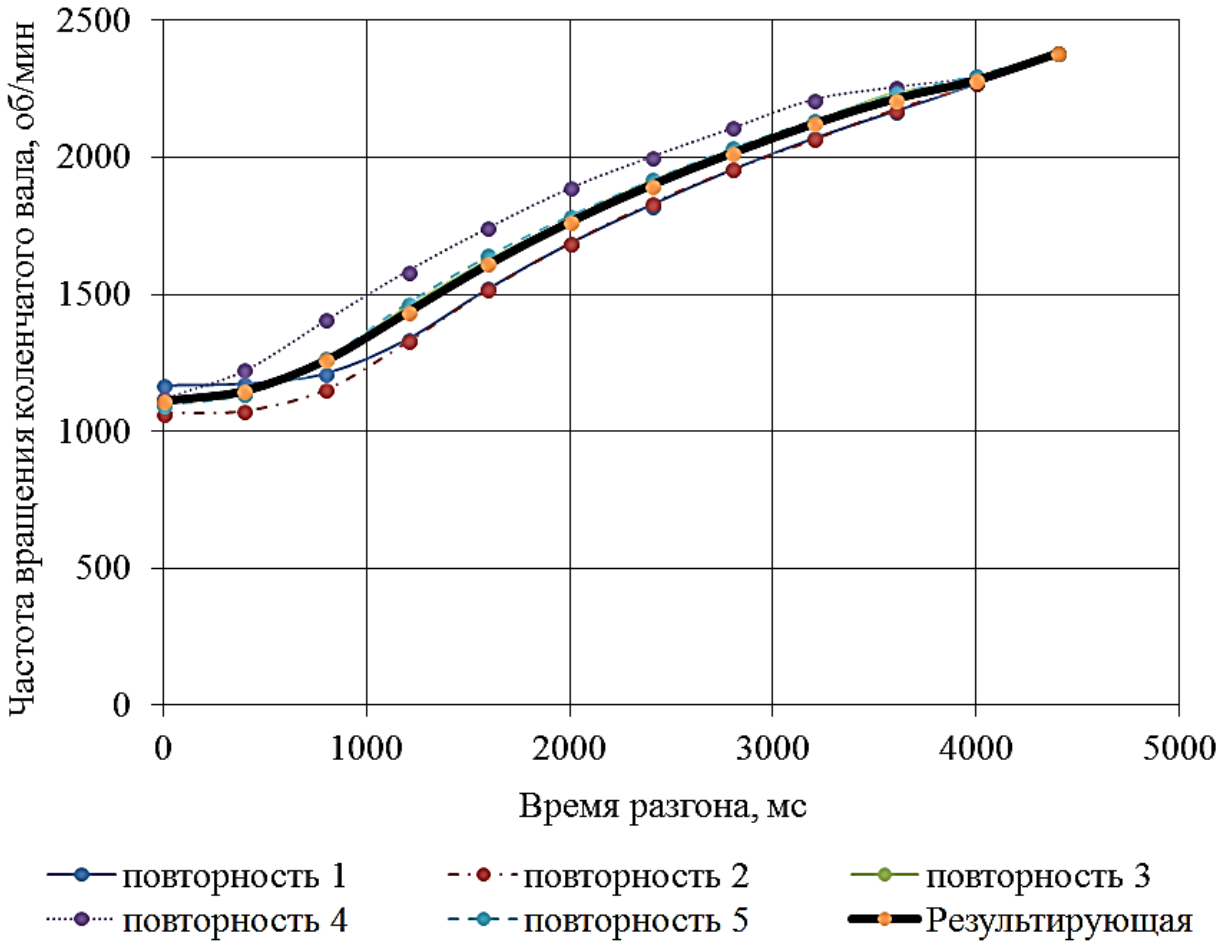


Рисунок 3.17 – Графики изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя от времени разгона трактора МТЗ-80 без нагрузочного устройства на VII передаче

Таблица 3.2 – Результаты определения зависимости частоты вращения коленчатого вала двигателя от времени разгона трактора МТЗ-80 с нагрузочным устройством на VII передаче

№ изм.	Время, с	Частота вращения к/вала, об/мин
1	2	3
Повторность 1		
1	0	1119
2	0,58	1221
3	1,21	1404
4	1,79	1584
5	2,41	1743
6	3,02	1887
7	3,64	2002

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
8	4,19	2106
9	4,81	2211
10	5,46	2256
11	6,09	2295
12	6,67	2380
Повторность 2		
1	0	1067
2	0,63	1074
3	1,28	1151
4	1,85	1325
5	2,44	1518
6	3,11	1685
7	3,65	1832
8	4,23	1955
9	4,88	2064
10	5,42	2174
11	6,06	2267
12	6,66	2380
Повторность 3		
1	0	1104
2	0,57	1135
3	1,24	1260
4	1,89	1455
5	2,35	1626
6	3,02	1774
7	3,52	1913
8	4,27	2027
9	4,81	2130
10	5,51	2236
11	6,11	2280
12	6,56	2380
Повторность 4		
1	0	1167
2	0,59	1173
3	1,21	1211
4	1,82	1336
5	2,53	1521
6	2,93	1685
7	3,72	1826
8	4,29	1955
9	4,88	2069

Окончание таблицы 3.2

1	2	3
10	5,41	2168
11	5,94	2267
12	6,63	2380
Повторность 5		
1	0	1095
2	0,56	1134
3	1,25	1266
4	1,74	1466
5	2,37	1639
6	2,89	1786
7	3,55	1916
8	4,29	2034
9	4,83	2136
10	5,45	2230
11	6,12	2300
12	6,51	2380

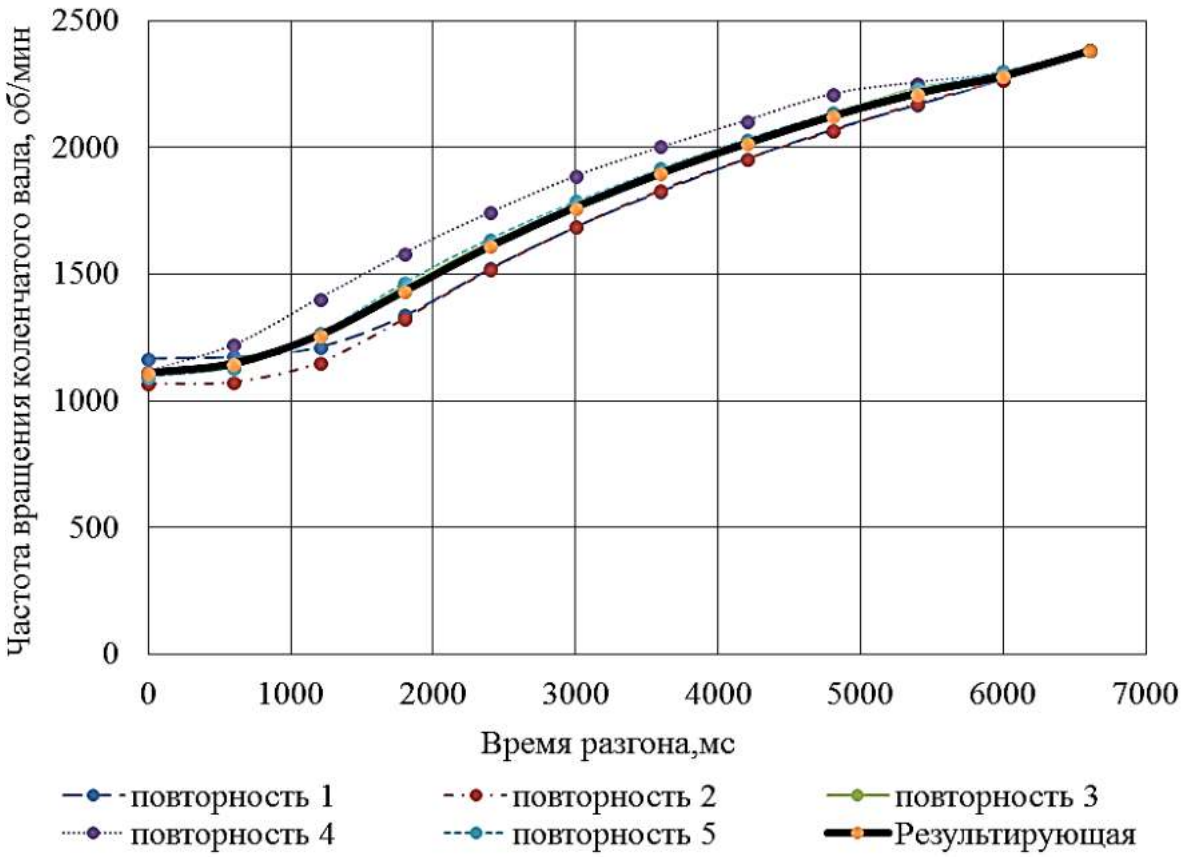


Рисунок 3.18 – Графики изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя от времени разгона трактора МТЗ-80 с нагрузочным устройством на VII передаче

По результатам таблицы 3.2 строились графики изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя от времени разгона трактора МТЗ-80 с нагрузочным устройством на VII передаче (по пяти повторностям и результирующая (рисунок 3.18).

Таблица 3.3 – Результаты определения зависимости углового ускорения путеизмерительного колеса от времени разгона трактора МТЗ-80 без нагрузочного устройства на VII передаче

№ изм.	Время, с	Угловое ускорение путеизмерительного колеса, $с^{-2}$
1	2	3
Повторность 1		
1	0	3,10
2	0,47	13,80
3	0,78	17,10
4	1,24	16,10
5	1,56	16,90
6	1,98	15,80
7	2,41	12,10
8	2,72	15,09
9	3,18	13,78
10	3,59	13,82
11	3,96	12,21
12	4,41	0
Повторность 2		
1	0	0
2	0,43	1,18
3	0,72	10,86
4	1,26	16,40
5	1,53	17,00
6	2,00	16,10
7	2,42	15,90
8	2,73	13,10
9	3,21	15,00
10	3,55	14,80
11	3,99	10,90
12	4,40	0
Повторность 3		
1	0	0
2	0,42	4,40
3	0,70	16,02

Окончание таблицы 3.3

1	2	3
4	1,25	16,80
5	1,55	15,70
6	2,02	16,05
7	2,39	16,01
8	2,71	11,80
9	3,19	15,87
10	3,57	13,80
11	3,97	13,30
12	4,38	0
Повторность 4		
1	0	0,80
2	0,44	5,10
3	0,71	16,60
4	1,20	17,20
5	1,54	15,90
6	2,02	15,70
7	2,41	14,80
8	2,68	14,60
9	3,22	12,02
10	3,60	14,10
11	4,01	16,05
12	4,39	0
Повторность 5		
1	0	0,38
2	0,47	0,40
3	0,68	5,50
4	1,23	16,00
5	1,50	17,10
6	2,00	15,67
7	2,39	15,10
8	2,70	15,60
9	3,19	13,20
10	3,57	13,30
11	4,03	14,30
12	4,42	0

По результатам таблицы 3.3 строились графики изменения ускорения путеизмерительного колеса от времени разгона трактора МТЗ-80 без нагрузочного устройства на VII передаче (по пяти повторностям и результирующая) (рисунок 3.19).

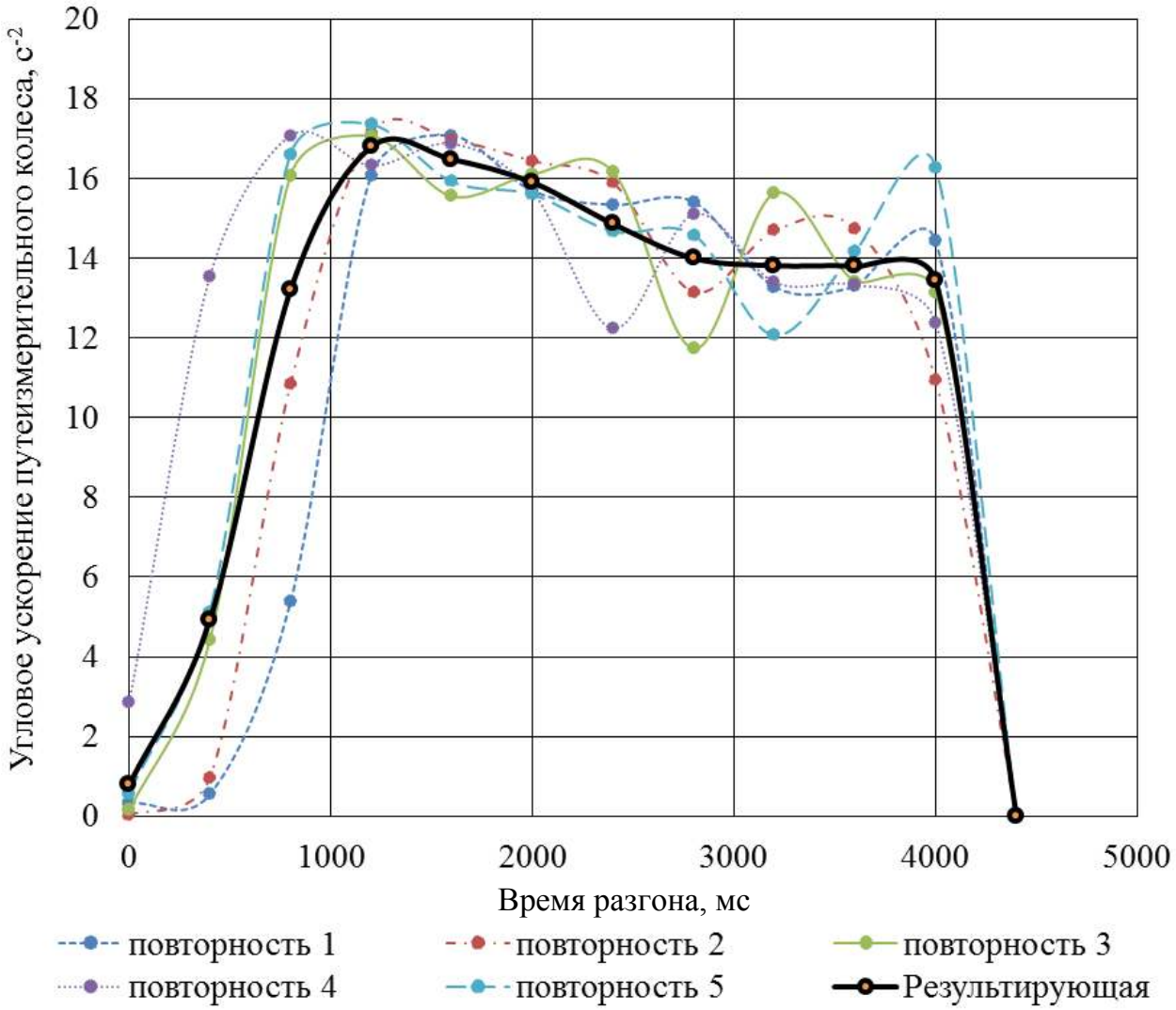


Рисунок 3.19 – Графики изменения углового ускорения путеизмерительного колеса от времени разгона трактора МТЗ-80 без нагрузочного устройства на VII передаче

Таблица 3.4 – Результаты определения зависимости углового ускорения путеизмерительного колеса от времени разгона трактора МТЗ-80 с нагрузочным устройством на VII передаче

№ изм.	Время, с	Угловое ускорение путеизмерительного колеса, $с^{-2}$
1	2	3
Повторность 1		
1	0	2,80
2	0,58	13,10
3	1,21	16,34
4	1,79	15,70
5	2,40	16,20
6	2,98	15,07
7	3,62	11,70
8	4,19	14,50
9	4,78	12,88
10	5,42	12,81
11	6,00	11,90
12	6,58	0
Повторность 2		
1	0	0,20
2	0,62	0,93
3	1,19	10,43
4	1,76	16,48
5	2,36	16,33
6	3,01	15,81
7	3,63	15,28
8	4,17	12,65
9	4,79	14,13
10	5,35	14,18
11	5,99	10,51
12	6,62	0
Повторность 3		
1	0	0,13
2	0,61	4,25
3	1,24	15,46
4	1,74	16,41
5	2,44	14,96
6	3,05	15,49
7	3,54	15,55
8	4,21	11,28
9	4,71	15,03

Окончание таблицы 3.4

1	2	3
10	5,36	12,90
11	6,09	12,64
12	6,60	0
Повторность 4		
1	0	0,32
2	0,51	0,53
3	1,94	5,17
4	1,73	15,46
5	2,47	16,43
6	3,12	15,09
7	3,68	14,75
8	4,31	14,82
9	4,89	12,77
10	5,51	12,79
11	6,11	13,87
12	6,66	0
Повторность 5		
1	0	0,54
2	0,57	4,93
3	1,23	15,98
4	1,88	16,69
5	2,49	15,31
6	2,92	15,00
7	3,51	14,11
8	4,29	14,03
9	4,86	11,60
10	5,45	13,62
11	6,06	15,65
12	6,69	0

По результатам таблицы 3.4 строились графики изменения ускорения путеизмерительного колеса от времени разгона трактора МТЗ-80 с нагрузочным устройством на VII передаче (по пяти повторностям и результирующая) (рисунок 3.20).

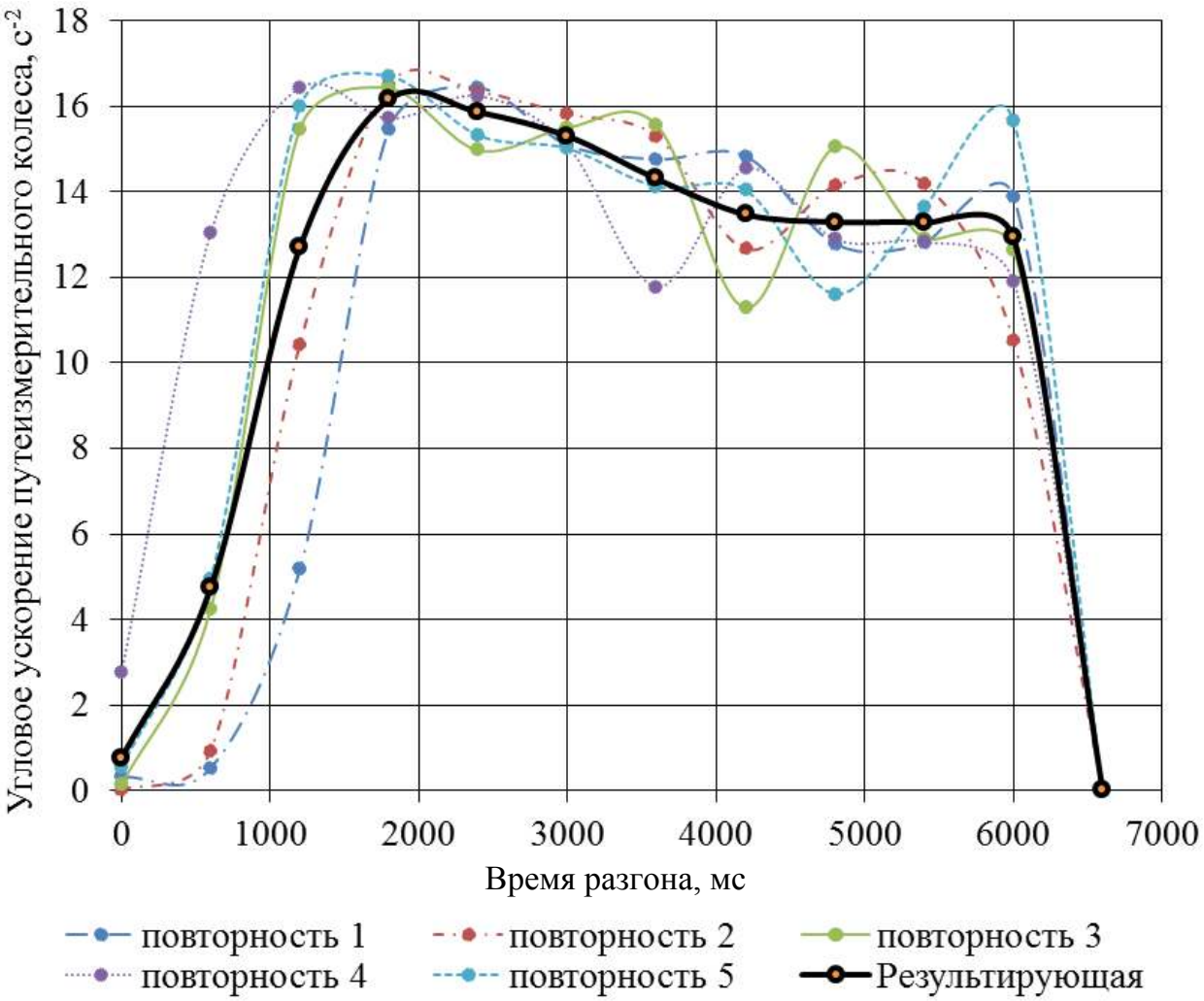


Рисунок 3.20 – Графики изменения углового ускорения путеизмерительного колеса от времени разгона трактора МТЗ-80 с нагрузочным устройством на VII передаче

В соответствии с п. 2.5, 2.7, совмещая графики зависимостей частоты вращения коленчатого вала ($n_{кв} = f(t)$) и углового ускорения путеизмерительного колеса ($(d\omega/dt)_{пк} = f(t)$) от времени разгона, определяли значения угловых ускорений путеизмерительного колеса, соответствующие номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя ($n_{кв\,ном} = 2200$ об/мин) при разгоне трактора без нагрузочного устройства (рисунок 3.21) и с нагрузочным устройством (рисунок 3.22).

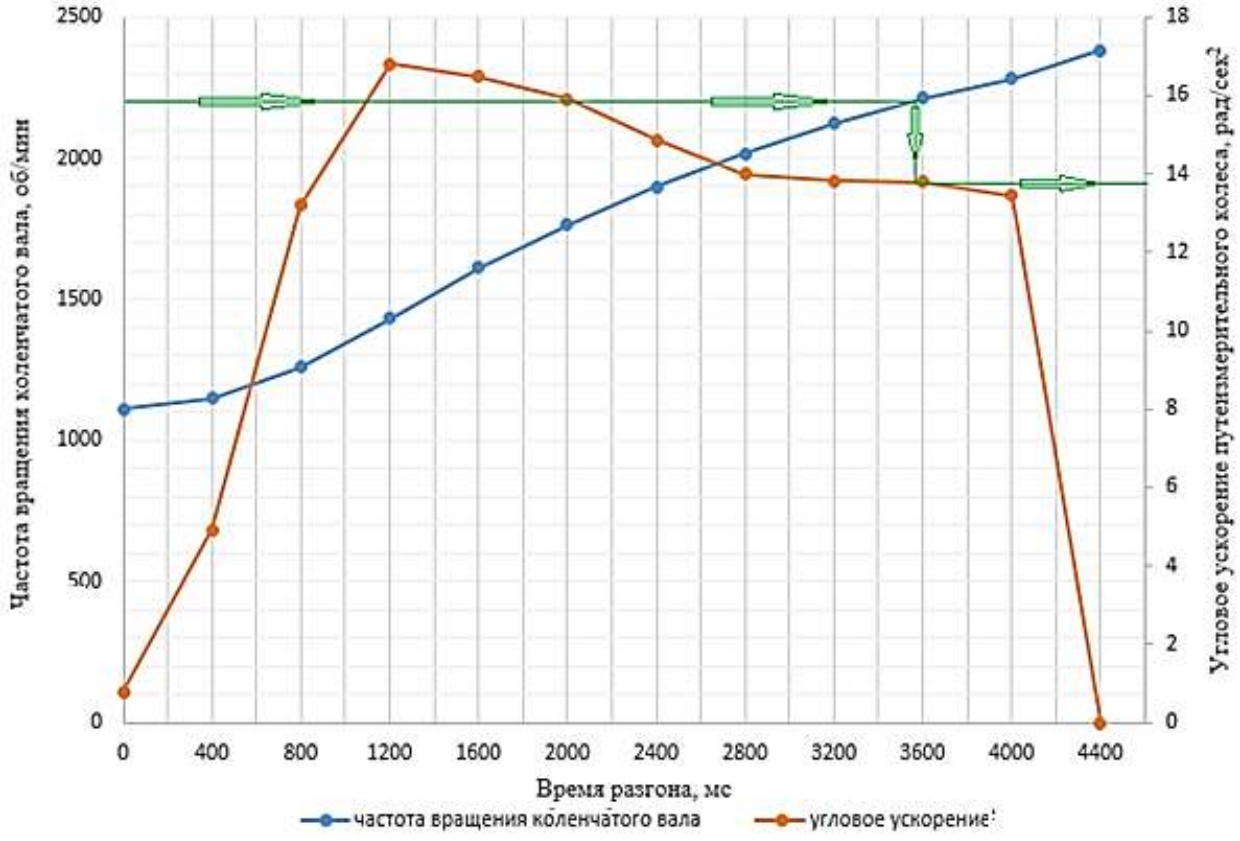


Рисунок 3.21 – Совмещенные графики изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя и углового ускорения путеизмерительного колеса от времени разгона трактора МТЗ-80 без нагрузочного устройства на VII передаче

Таким образом, значения углового ускорения путеизмерительного колеса, соответствующего номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя при разгоне трактора МТЗ-80 на VII передаче, составили без нагрузочного устройства $(d\omega/dt)^{VII}_{пк\ хх} = 13{,}8\ с^{-2}$, с нагрузочным устройством $(d\omega/dt)^{VII}_{пк\ эт} = 13{,}2\ с^{-2}$.

С учетом радиуса путеизмерительного колеса ($r_{пк}$ = 0,4 м) по формулам (2.13) и (2.14) в соответствии с п. 2.5 определялись значения ускорений трактора МТЗ-80 на VII передаче при соответствующих разгонах:

$$(dV/dt)^{VII}_{хх} = 13{,}8 \cdot 0{,}4 = 5{,}52\ м/с^2;$$

$$(dV/dt)^{VII}_{эт} = 13{,}2 \cdot 0{,}4 = 5{,}28\ м/с^2.$$

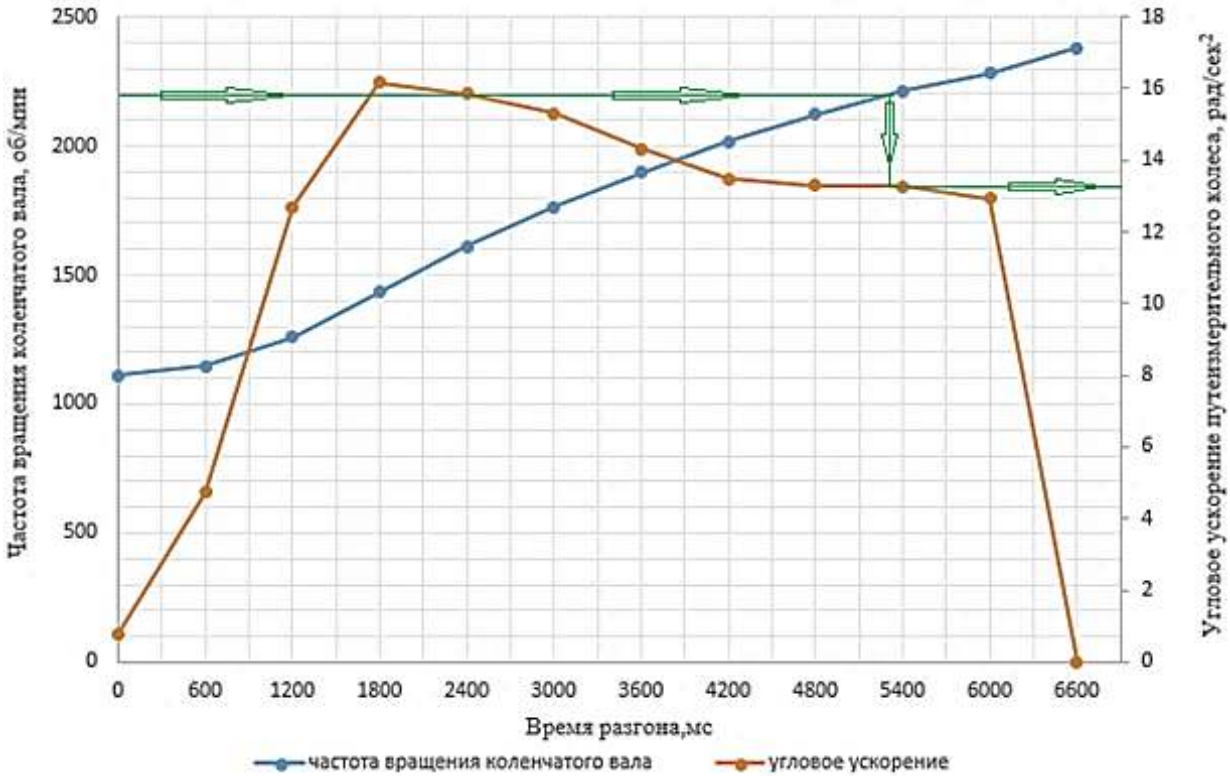


Рисунок 3.22 – Совмещенные графики изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя и углового ускорения путеизмерительного колеса от времени разгона трактора МТЗ-80 с нагрузочным устройством на VII передаче

Аналогично определись значения ускорения трактора МТЗ-80 при разгоне без нагрузочного устройства и с нагрузочным устройством на III, IV, V, VI и VIII передачах (таблица 3.5).

Затем по зависимости (2.12) с учетом массы навешенного нагрузочного устройства ($M_{эт} = 400$ кг) и коэффициента перекатывания трактора ($f = 0{,}07$) определялось значение приведенной массы трактора МТЗ-80 на VII передаче:

$$M_т^{VII} = \frac{400 \cdot 5{,}28 + 9{,}8 \cdot 0{,}07}{5{,}52 - 5{,}28} = 8803 \text{ кг}.$$

С учетом полученного значения приведенной массы трактора и его эксплуатационной массы ($M_э = 3400$ кг) определялось значение коэффициента учета вращающихся масс на VII передаче:

$$\Psi^{VII} = \frac{M_т}{M_э} = \frac{8803}{3400} = 2{,}59.$$

Аналогично определялись значения динамических показателей трактора МТЗ-80 на других передачах (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Результаты определения значений динамических показателей трактора МТЗ-80 на различных передачах

Показатели	Передачи					
	III	IV	V	VI	VII	VIII
$i_{тр}$	83,55	68,0	57,43	49,06	39,94	33,73
$(d\omega/dt)_{пк\ хх}$, $с^{-2}$	9,6	10,5	10,8	12,3	13,8	15,4
$(d\omega/dt)_{пк\ эт}$, $с^{-2}$	9,4	10,2	10,4	11,8	13,2	14,7
$(dV/dt)_{хх}$, $м/с^2$	3,84	4,20	4,32	4,92	5,52	6,16
$(dV/dt)_{эт}$, $м/с^2$	3,76	4,08	4,16	4,72	5,28	5,88
$M_т$, кг	18809	13605	10404	9443	8803	8402
Ψ	5,53	4,00	3,06	2,78	2,59	2,47

На рисунке 3.23 представлена зависимость значений приведенной массы трактора МТЗ-80 от передачи КПП (передаточных чисел трансмиссии).

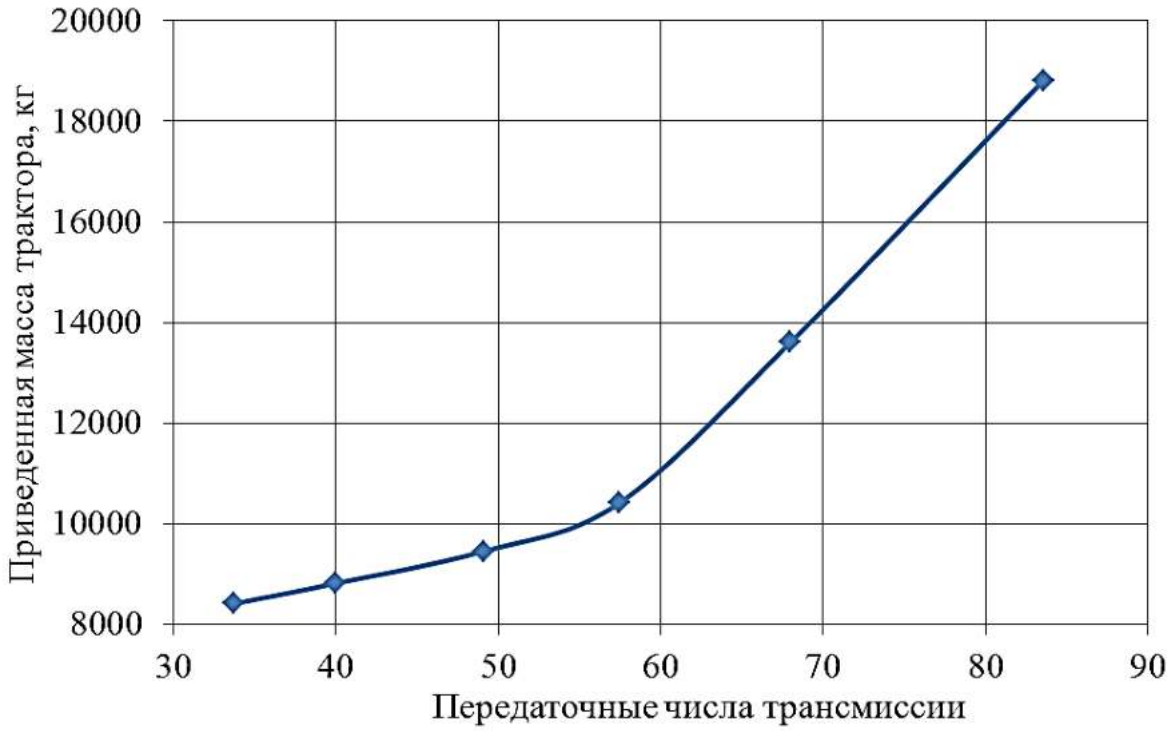


Рисунок 3.23 – Зависимость значений приведенной массы трактора МТЗ-80 от передачи КПП (передаточных чисел трансмиссии)

3.4.3 Результаты определения тягового сопротивления измельчителя пожнивных остатков ИПО-4,5 «Ураган» по предлагаемой методике

Разгоны исследуемого агрегата (МТЗ-80 + ИПО-4,5 «Ураган») выполнялись на задискованной на глубину 8–10 см стерне озимой пшеницы на VII передаче.

В соответствии с методикой (п. 3.2) получили графики зависимостей частоты вращения коленчатого вала ($n_{кв} = f(t)$) и углового ускорения путеизмерительного колеса ($(d\omega/dt)_{пк} = f(t)$) от времени разгона исследуемого агрегата (МТЗ-80 + ИПО-4,5 «Ураган») на VII передаче.

Затем, совмещая графики зависимостей частоты вращения коленчатого вала ($n_{кв} = f(t)$) и углового ускорения путеизмерительного колеса ($(d\omega/dt)_{пк} = f(t)$) от времени разгона, определяли значения угловых ускорений путеизмерительного колеса, соответствующие номинальной

частоте вращения коленчатого вала двигателя ($n_{кв\ ном} = 2200$ об/мин) при разгоне исследуемого агрегата на соответствующей передаче.

Значение углового ускорения путеизмерительного колеса, соответствующего номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя при разгоне исследуемого агрегата на VII передаче, составило $(d\omega/dt)^{VII}_{пк\ раб} = 10{,}2$ с$^{-2}$.

С учетом радиуса путеизмерительного колеса ($r_{пк}$ = 0,4 м) по формуле (2.15) определили значение ускорений исследуемого агрегата на VII передаче:

$$(dV/dt)^{VII}_{раб} = 10{,}2 \cdot 0{,}4 = 4{,}08 \text{ м/с}^2.$$

Затем по формуле (2.6) определили значения тягового сопротивления измельчителя пожнивных остатков ИПО-4,5 «Ураган» на VII передаче:

$$R^{VII}_{ИПО-4,5} = 8803 \cdot 5{,}52 - 8803 \cdot 4{,}08 - 1040 \cdot 4{,}08 = 8433{,}1 \text{ Н}.$$

Результаты определения тягового сопротивления ИПО-4,5 «Ураган» по задискованной на глубину 8–10 см стерне озимой пшеницы на VII передаче по предлагаемой методике представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты определения динамических показателей агрегата МТЗ-80 + ИПО-4,5 «Ураган» по задискованной на глубину 8–10 см стерне озимой пшеницы на VII передаче

Показатель	Значение
$M_т$, кг	8803
$(d\omega/dt)_{пк\ хх}$, с$^{-2}$	13,8
$(dV/dt)_{хх}$, м/с^2	5,52
$M_{ИПО-4,5}$, кг	1040
$(d\omega/dt)_{пк\ раб}$, с$^{-2}$	10,2
$(dV/dt)_{раб}$, м/с^2	4,08
$R_{ИПО-4,5}$, Н	8433,1

Таким образом, усредненная (по пяти повторностям) величина тягового сопротивления измельчителя пожнивных остатков ИПО-4,5 «Ураган», полученная по предлагаемой методике, составила 8433,1 Н.

3.4.4 Результаты определения тягового сопротивления культиватора для сплошной обработки почвы КПС-4 по предлагаемой методике

Разгоны исследуемого агрегата (МТЗ-80 + КПС-4) выполнялись на задискованной на глубину 8–10 см стерне озимой пшеницы на VI передаче на глубину 6–8 см.

В соответствии с методикой (п. 3.2) получили графики зависимостей частоты вращения коленчатого вала ($n_{кв} = f(t)$) и углового ускорения путеизмерительного колеса ($(d\omega/dt)_{пк} = f(t)$) от времени разгона исследуемого агрегата (МТЗ-80 + КПС-4) на VI передаче.

Затем, совмещая графики зависимостей частоты вращения коленчатого вала ($n_{кв} = f(t)$) и углового ускорения путеизмерительного колеса ($(d\omega/dt)_{пк} = f(t)$) от времени разгона, определяли значения угловых ускорений путеизмерительного колеса, соответствующие номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя ($n_{кв\,ном} = 2200$ об/мин) при разгоне исследуемого агрегата на соответствующей передаче.

Значение углового ускорения путеизмерительного колеса, соответствующего номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя при разгоне исследуемого агрегата на VI передаче, составило $(d\omega/dt)^{VI}_{пк\,раб} = 8{,}8$ с$^{-2}$.

С учетом радиуса путеизмерительного колеса ($r_{пк}$ = 0,4 м) по формуле (2.15) определили значение ускорения исследуемого агрегата на VI передаче:

$$(dV/dt)^{VI}_{раб} = 8{,}8 \cdot 0{,}4 = 3{,}52 \text{ м/с}^2.$$

Затем по формуле (2.6) определили значения тягового культиватора для сплошной обработки почвы КПС-4 на VI передаче на глубину 6–8 см:

$$R_{КПС-4}^{VI} = 9443 \cdot 4{,}92 - 9443 \cdot 3{,}52 - 1080 \cdot 3{,}52 = 9419 \text{ Н}.$$

Результаты определения тягового сопротивления КПС-4 по задискованной на глубину 8–10 см стерне озимой пшеницы на VI передаче на глубину 6–8 см по предлагаемой методике представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Результаты определения динамических показателей агрегата МТЗ-80 + КПС-4 по задискованной на глубину 8–10 см стерне озимой пшеницы на VI передаче на глубину 6–8 см

Показатель	Значение
$M_т$, кг	9443
$(d\omega/dt)_{пк\ хх}$, $с^{-2}$	12,3
$(dV/dt)_{хх}$, $м/с^2$	4,92
$M_{КПС-4}$, кг	1080
$(d\omega/dt)_{пк\ раб}$, $с^{-2}$	8,8
$(dV/dt)_{раб}$, $м/с^2$	3,52
$R_{КПС-4}$, Н	9419

Таким образом, усредненная (по пяти повторностям) величина тягового сопротивления культиватора для сплошной обработки почвы КПС-4, полученная по предлагаемой методике, составила 9419 Н.

3.5 Результаты хронометража операций при определении тягового сопротивления по стандартной и предлагаемой методикам

Операции по определению тягового сопротивления исследуемых сельскохозяйственных машин по стандартной и предлагаемой методикам осуществлялись двумя работниками (механизатором и оператором ИВК).

В таблице 3.8 представлены результаты хронометража операций по определению тягового сопротивления исследуемых машин по стандартной и предлагаемой методикам.

Таблица 3.8 – Результаты хронометража операций по определению тягового сопротивления исследуемых машин по стандартной и предлагаемой методикам

Наименование этапа	Трудоемкость, чел.-ч	
	Стандартная методика	Предлагаемая методика
1. Подготовительный	2,0	1,0
2. Основной	3,0	2,0
3. Заключительный	1,0	1,0
Суммарная трудоёмкость операций	6,0	4,0

Таким образом, суммарная трудоемкость определения тягового сопротивления исследуемой машины по стандартной методике составила 6,0 чел.-ч, а по предлагаемой методике – 4,0 чел.-ч, что в 1,5 раза меньше.

3.6 Результаты вычисления погрешностей определения тягового сопротивления по стандартной и предлагаемой методикам

Согласно ГОСТ Р 55223-2012 [45] относительная погрешность измерения тягового сопротивления рабочей машины динамометрированием составляет $\Delta_{R_м} = 1{,}9\%$.

При максимальной частоте вращения коленчатого вала (двигатель Д-240) 2355 об/мин время цикла составляет 0,051 сек. При частоте опроса одного канала 11500 Гц относительная погрешность измерения времени цикла равна:

$$\Delta_{t_ц} = {}^{1}\!/_{\nu \cdot t_ц} \cdot 100\% = 0{,}17\%.$$

Относительная погрешность определения угловой скорости равна:

$$\Delta_\omega = \Delta_{t_ц} = 0{,}17\%.$$

Относительная погрешность определения углового ускорения равна:

$$\Delta_\varepsilon = 2 \cdot \Delta_\omega = 0{,}34\%.$$

Относительная погрешность определения массы трактора и рабочей машины на весах марки «Невские весы» составляет 0,6%.

Тогда относительная погрешность определения тягового сопротивления рабочей машины по предлагаемой методике в соответствии с формулой (2.24) равна:

$$\Delta_{R_м} = \sqrt{3 \cdot (\Delta_\varepsilon^2 + \Delta_{M_м}^2)} = \sqrt{3 \cdot (0{,}34^2 + 0{,}6^2)} = 1{,}19\%.$$

Таким образом, относительная погрешность определения тягового сопротивления рабочей машины по стандартной методике составила 1,9%, а по предлагаемой методике – 1,19%.

3.7 Результаты оценки адекватности значений тягового сопротивления по стандартной и предлагаемой методикам

Оценка адекватности значений тягового сопротивления исследуемых сельскохозяйственных машин, полученных по стандартной и предлагаемой методикам, осуществлялась по критерию Стьюдента по формулам (2.25), (2.26) и (2.27).

Верхняя и нижняя границы доверительного интервала значений тягового сопротивления измельчителя пожнивных остатков ИПО-4,5 «Ураган», полученных по стандартной методике:

$$y_в = \bar{y} + t_\alpha \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 8535 + 2{,}57 \cdot \frac{312}{\sqrt{5}} = 8894 \text{ Н};$$

$$y_н = \bar{y} - t_\alpha \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 8535 - 2{,}57 \cdot \frac{805}{\sqrt{5}} = 8176 \text{ Н}.$$

Значение тягового сопротивления ИПО-4,5 «Ураган» $R_{ИПО-4,5} = 8433{,}1$ Н, полученное по предлагаемой методике, попадает в доверительный интервал.

Верхняя и нижняя границы доверительного интервала значений тягового сопротивления культиватора для сплошной обработки почвы КПС-4, полученных по стандартной методике:

$$y_в = \bar{y} + t_\alpha \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 9616 + 2{,}57 \cdot \frac{415}{\sqrt{5}} = 10093 \text{ Н};$$

$$y_н = \bar{y} - t_\alpha \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 9616 - 2{,}57 \cdot \frac{415}{\sqrt{5}} = 9139 \text{ Н}.$$

Значение тягового сопротивления культиватора КПС-4 $R_{КПС-4} = 9419$ Н, полученное по предлагаемой методике, попадает в доверительный интервал.

Полученные результаты показывают, что значения тягового сопротивления исследуемых сельскохозяйственных машин, полученные по стандартной и предлагаемой методикам, адекватны с доверительной вероятностью 95%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ существующих методик и средств определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин показал, что всем им присущи определенного вида недостатки: либо они не удовлетворяют достаточной точности, либо сложны по конструктивному исполнению или требуют сложной измерительно-регистрирующей аппаратуры и высокой трудоемкости обработки результатов измерений, либо неуниверсальны для всех типов машин. Наибольший интерес представляет методика определения тягового сопротивления, основанная на оценке динамических качеств элементов машинно-тракторного агрегата при разгоне, однако она требует совершенствования и разработки дополнительных частных методик и средств их реализующих.

2. Теоретически обоснованы и разработаны частные методики (патенты РФ № 2612950, 2620983, 2679523) в рамках совершенствования методики, основанной на оценке динамических качеств элементов машинно-тракторного агрегата при разгоне, а также скомплектован измерительно-вычислительный комплекс, включающий технические, аппаратные и программные средства, позволяющие определять тяговое сопротивление всех типов сельскохозяйственных машин в эксплуатационных условиях.

3. Производственная проверка разработанной методики и измерительно-вычислительного комплекса при исследовании динамических показателей измельчителя пожнивных остатков ИПО-4,5 «Ураган» и культиватора для сплошной обработки почвы КПС-4, агрегатируемых с трактором МТЗ-80, показала, что:

- средние значения тягового сопротивления исследуемых машин, полученные по стандартной методике (ГОСТ Р 52777-2007), составили соответственно 8535 Н и 9616 Н;

- значения приведенной массы трактора МТЗ-80, полученные по предлагаемой методике, составили от 8402 кг на VIII передаче до 18809 кг на III передаче;
- средние значения тягового сопротивления исследуемых машин, полученные по предлагаемой методике, составили соответственно 8433 Н и 9419 Н;
- значения тягового сопротивления исследуемых машин, полученные по стандартной и предлагаемой методикам, адекватны по критерию Стьюдента с доверительной вероятностью 95%;
- значения трудоемкости операций по определению тягового сопротивления исследуемых машин, полученные по стандартной и предлагаемой методикам, составили соответственно 6,0 и 4,0 чел-ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев Л.Е. Основы расчета оптимальных и допускаемых режимов работы машинно-тракторных агрегатов / Л.Е. Агеев. – Л.: Колос, 1978. – 296 с.

2. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента / Ю.П. Адлер. – М.: Металлургия, 1968. – 157 с.

3. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.Б. Грановский. – М.: Наука, 1970. – 279 с.

4. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Марков, Ю.В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 278 с.

5. Аллилуев В.А. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка / В.А. Аллилуев, А.Д. Ананьин, В.М. Михлин. – М.: Агропромиздат, 1991.

6. Ананьин А.Д. Диагностика и техническое обслуживание машин / А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов, А.В. Неговора, А.С. Иванов. – М.: Академия, 2008. – 428 с.

7. Ананьин А.Д. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник для студ. учреждений высш. образования / А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2015. – 416 с.

8. Арженовский А.Г. Совершенствование организации технического сервиса, методов и средств функционального оперативного диагностирования мобильных энергетических средств в агропромышленном комплексе: дис. д-ра техн. наук / А.Г. Арженовский. – Зерноград, 2020. – 335 с.

9. Арженовский А.Г. Методы определения энергетических и топливно-экономических показателей МТА / А.Г. Арженовский // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2017. – № 6. – С. 36–40.

10. Арженовский А.Г. Ресурсосберегающие методы испытания двигателей, тракторов и сельскохозяйственных машин / А.Г. Арженовский, Н.В. Валуев, В.П. Забродин // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – № 4 (40). – С. 47–51.

11. Арженовский А.Г. Разработка и комплектование измерительно-вычислительного комплекса для определения динамических и топливно-экономических показателей МТА / А.Г. Арженовский // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – № 2 (42). – С. 26–33.

12. Арженовский А.Г. Повышение эффективности функционирования машин и оборудования АПК управлением надежностью их систем / А.Т. Лебедев, А.А. Серегин, А.Г. Арженовский // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – № 2 (46). – С. 4–11.

13. Артеменко Н.А. Экономическая эффективность использования сельскохозяйственной техники / Н.А. Артеменко. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.

14. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1975. – 639 с.

15. Арютов Б.А. Разработка методов повышения эффективности механизированных производственных процессов по условиям их функционирования в растениеводстве: автореф. дис. д-ра техн. наук / Б.А. Арютов. – Мичуринск, 2009. – 36 с.

16. Бельских В.И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйственной техники / В.И. Бельских. – М.: Колос. – 1975. – 592 с.

17. Бельских В.И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйственной техники / В.И. Бельских. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 575 с.

18. Бершицкий Ю.И. Проектирование и оценка эффективности технического оснащения производства продукции растениеводства: автореф. дис. д-ра техн. наук / Ю.И. Бершицкий. – Зерноград, 2000. – 40 с.

19. Болтинский В.Н. Научные основы повышения рабочих скоростей машинно-тракторных агрегатов / В.Н. Болтинский // Труды ВИМ. – М.: ВИМ, 1988. – Т. 116. – 184 с.

20. Большев Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. – М.: Наука, 1983. – 416 с.

21. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. – Ч. 2: Динамика системы материальных точек / Н.Н. Бухгольц. – М.: Наука, 1969. – 332 с.

22. Бышов Н.В. Перспективы технической эксплуатации мобильных средств сельскохозяйственного производства: монография / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, С.В. Тимохин и др. – Рязань: ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева», 2015. – 192 с.

23. Варнаков В.В. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения / В.В. Варнаков, В.В. Стрельцов, В.Н. Попов, В.Ф. Карпенков. – М.: КолосС, 2004. – 253 с.

24. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин. – М.: Колос, 1973. – 195 с.

25. Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г.В. Веденяпин, Ю.К. Киртбая, М.П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 341 с.

26. Великанов К.М. Расчет экономической эффективности новой техники: справочник / К.М. Великанов, В.Ф. Власов. Г.А. Краюхин и др.; под общ. ред. К.М. Великанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1990. – 448 с.

27. Вентцель А.Д. Курс теории случайных процессов / А.Д. Вентцель. – М.: Наука, 1975. – 320 с.

28. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. – М.: Статистика, 1974. – 192 с.

29. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных / В.Г. Вольф. – М.: Колос, 1966. – 254 с.

30. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2003. – 480 с.

31. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для втузов / В.Е. Гмурман. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1977. – 479 с.

32. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей: учебник / Б.В. Гнеденко. – Изд. 9-е, испр. – М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 448 с.

33. Голинкевич Т.А. Прикладная теория надежности / Т.А. Голинкевич. – М.: Высшая школа, 1977. – 160 с.

34. Голубев И.Г. Опыт импортозамещения запасных частей зарубежной сельскохозяйственной техники / И.Г. Голубев, П.И. Носихин. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 32 с.

35. Голубев И.Г. Отечественные и мировые тенденции в системе технического сервиса / И.Г. Голубев, В.Д. Митракова // Вестник РГАЗУ: научный журнал. – 2007. – № 2. – С. 10–12.

36. Горячкин В.П. Собрание сочинений: в 3 т. Т. 3 / В.П. Горячкин. – М.: Колос, 1968. – 384 с.

37. Горячкин В.П. Земледельческая механика / В.П. Горячкин. – ПСС, Т. I–VII. – М.: Сельхозгиз, 1937–1949.

38. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2011. – 23 с.

39. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2009. – 10 с.

40. ГОСТ 20915-75. Сельскохозяйственная техника. Методы определений условий испытаний. – М.: Стандартинформ, 1976. – 8 с.

41. ГОСТ 52777-2007. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. – М.: Стандартинформ, 2008. – 8 с.

42. ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: Стандартинформ, 2008. – 9 с.

43. ГОСТ Р 54783-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2012. – 20 с.

44. ГОСТ Р 54784-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки технических параметров. – М.: Стандартинформ, 2012. – 10 с.

45. ГОСТ Р 55223-2012. Динамометры. Общие метрологические и технические требования. – М.: Стандартинформ, 2013. – 45 с.

46. Гурский Е.И. Теория вероятностей с элементами математической статистики / Е.И. Гурский. – М.: Высшая школа. – 1971. – 328 с.

47. Гуськов А.В. Надежность технических систем и техногенный риск: учебник / А.В. Гуськов, К.Е. Милевский. – Новосибирск: НГТУ, 2007. – 417 с.

48. Даглдиян А.А. Совершенствование методики определения приведенной массы трактора при определении сопротивления сельскохозяйственных машин / А.А. Даглдиян, А.Г. Арженовский, С.В. Асатурян, Д.С. Козлов, Е.Р. Щусь // Международный технико-экономический журнал. – 2016. – № 5. – С. 74–75.

49. Даглдиян А.А. Совершенствование методики определения сопротивления рабочих машин / А.А. Даглдиян, А.Г. Арженовский, С.В. Асатурян, Д.С. Козлов, Е.Р. Щусь // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – № 2 (38). – С. 47–51.

50. Даглдиян А.А. Результаты определения ускорения и приведенной массы трактора МТЗ-80 / А.А. Даглдиян, А.Г. Арженовский, С.В. Асатурян, Д.С. Козлов, Е.Р. Щусь // Тракторы и сельхозмашины. – 2018. – № 3. – С. 79–86.

51. Даглдиян А.А. К методике определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин / А.А. Даглдиян, А.Г. Арженовский, С.В. Асатурян, Д.С. Козлов, Е.Р. Щусь // Активная Честолюбивая

Интеллектуальная Молодежь – Сельскому Хозяйству: научный журнал АЧИМСХ. – Зерноград, 2016. – № 1. – С. 5–8.

52. Даглдиян А.А. Совершенствование методики определения ускорения трактора при определении сопротивления сельскохозяйственных машин / А.А. Даглдиян, А.Г. Арженовский, С.В. Асатурян, Д.С. Козлов, Е.Р. Щусь // Международный научный журнал. – 2017. – № 2. – С. 81–84.

53. Даглдиян А.А. Методика и результаты экспериментальных исследований по определению динамических показателей трактора МТЗ-80 / А.А. Даглдиян, А.Г. Арженовский, С.В. Асатурян, Д.С. Козлов, Е.Р. Щусь // Молодая наука аграрного Дона: сб. науч. тр. студентов и молодых ученых. – Зерноград, 2018. – № 2. – Т. 2. – С. 174–180.

54. Даглдиян А.А. Разработка и комплектование универсального устройства для определения приведенной массы тракторов / А.А. Даглдиян, А.Г. Арженовский, А.А. Лукашов, Д.С. Козлов // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: материалы XV Международной научно-практической конференции. – Ставрополь, 2019. – С. 358–363.

55. Даглдиян А.А. Обзор методов и средств определения основных параметров тракторов / А.А. Даглдиян, А.Г. Арженовский, Д.С. Козлов, Н.Е. Бондаренко // Вопросы эксплуатации и технического сервиса энергетических установок, транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых исследователей. – Зерноград, 2022. – С. 12–13.

56. Даглдиян А.А. Совершенствование методики определения динамических качеств тракторов при их выбеге / А.А. Даглдиян, А.Г. Арженовский, Д.С. Козлов, Н.Е. Бондаренко // Вопросы эксплуатации и технического сервиса энергетических установок, транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых исследователей. – Зерноград, 2022. – С. 30–31.

57. Даглдиян А.А. Совершенствование средств определения динамических качеств тракторов при их выбеге / А.А. Даглдиян, А.Г. Арженовский, Д.С. Козлов, Н.Е. Бондаренко // Вопросы эксплуатации и технического сервиса энергетических установок, транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых исследователей. – Зерноград, 2022. – С. 32–33.

58. Дорохов А.С. Технический сервис в системе инженерно-технического обеспечения АПК / А.С. Дорохов, Ю.В. Катаев // Нивы России. – 2016. – № 10 (143).

59. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

60. Драгайцев В.И. Методика экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве / В.И. Драгайцев, Н.М. Морозов и др. – М.: ВНИИ экономики сельского хозяйства, 2010. – 146 с.

61. Ерохин М.Н. Инженерные методы оценки и контроля надежности сельскохозяйственной техники: монография / М.Н. Ерохин, Р.С. Судаков. – М.: МСХА, 1991. – 67 с.

62. Ерохин М.Н. Принципы повышения надежности и эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники (на примере картофеле-уборочных комбайнов): дис. д-ра техн. наук в форме научного доклада / М.Н. Ерохин. – М.: МГАУ, 1994. – 76 с.

63. Жалнин Э.В. Аксиоматизация земледельческой механики (начальные положения) / Э.В. Жалнин. – М.: ВИМ, 2002. – 204 с.

64. Ждановский Н.С. Бестормозные испытания тракторных двигателей / Н.С. Ждановский. – Л.: Машиностроение, 1966. – 177 с.

65. Ждановский Н.С. К разработке диагностических измерительных систем для машин / Н.С. Ждановский, В.А. Аллилуев, Р.С. Ермолов // Записки Ленингр. с.-х. ин-та. – 1973. – Т. 229. – С. 10–15.

66. Железная Е.В. Повышение экономической эффективности технологических процессов в растениеводстве / Е.В. Железная // Техника и оборудование для села. – 2010. – № 3. – С. 30–33.

67. Зангиев А.А. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка / А.А. Зангиев, А.Н. Скороходов. – М.: КолосС, 2006. – 320 с.

68. Зангиев А.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / А.А. Зангиев, А.В. Шпилько, А.Г. Левшин. – М.: КолосС, 2007. – 320 с.

69. Змановский В.А. Исследование переходных процессов ДВС / В.А. Змановский, В.М. Лившиц, Вик. А. Змановский // Вопросы диагностики и обслуживания машин. – Новосибирск, 1968. – С. 216–227.

70. Змановский В.А. Метод оценки мощности двигателя при работе трактора / В.А. Змановский // Тракторы и сельхозмашины. – 1970. – № 3. – С. 25–27.

71. Иофинов С.А. Определение эксплуатационных параметров и показателей работы агрегатов при вероятностном характере исследуемых величин / С.А. Иофинов, Б.Л. Минцберг // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1971. – № 12. – С. 42–46.

72. Иофинов С.А. Приборы для контроля и учета показателей работы тракторных агрегатов / С.А. Иофинов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1968. – № 6. – С. 1–6.

73. Иофинов С.А. Приборы для учета и контроля работы тракторных агрегатов (теория, проектирование и расчет) / С.А. Иофинов, Х.М. Райхлин. – Л.: Машиностроение, 1972. – 224 с.

74. Камбулов С.И. Динамические показатели рабочего органа для мелкой обработки почвы / С.И. Камбулов, И.В. Божко, Г.Г. Пархоменко, О.С. Бабенко // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 3 (31). – С. 67–75.

75. Камбулов С.И. Результаты исследований по определению оптимальных параметров рабочего органа для мелкой обработки почвы /

С.И. Камбулов, И.В. Божко, О.С. Бабенко, Г.Г. Пархоменко // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24. – № 3. – С. 33–39.

76. Камбулов С.И. Определение качественных показателей рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы / С.И. Камбулов, Г.Г. Пархоменко, И.В. Божко, В.И. Пахомов // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 1 (29). – С. 123–131.

77. Камбулов С.И. Агротехнические и энергетические показатели почвообрабатывающих рабочих органов / Г.Г. Пархоменко, И.В. Божко, С.И. Камбулов, В.И. Пахомов // Инженерные технологии и системы. – 2021. – Т. 31. – № 1. – С. 109–126.

78. Камбулов С.И. Технологические аспекты разуплотнения почвы / С.И. Камбулов, В.Б. Рыков, Е.И. Трубилин, В.В. Колесник // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 153. – С. 193–201.

79. Камбулов С.И. Условия равновесия сельскохозяйственных машин для основной обработки почвы / С.И. Камбулов, И.В. Божко, Г.Г. Пархоменко // Инженерные технологии и системы. – 2019. – Т. 29. – № 4. – С. 578–593.

80. Камбулов С.И. Эффективность использования комбинированных агрегатов при подготовке почвы под озимые / С.И. Камбулов, В.Б. Рыков, В.В. Колесник, Е.И. Трубилин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 149. – С. 31–38.

81. Камбулов С.И. Повышение уровня функционирования сельскохозяйственных почвообрабатывающих машин путем обоснования параметров стойки рабочего органа / С.И. Камбулов, В.Б. Рыков, И.В. Божко, В.В. Колесник // Тракторы и сельхозмашины. – 2018. – № 1. – С. 9–16.

82. Косульников Р.А. Особенности разгона МТА на базе колесного трактора с автоматическим подключением переднего ведущего моста /

Р.А. Косульников, С.Д. Фомин, А.А. Карсаков, Е.А. Назаров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – 1 (65). – С. 418–427.

83. Косульников Р.А. Устройства для экспериментального определения нагруженности рабочих органов МТА методом тензометрирования / А.Ф. Рогачев, А.А. Карсаков, Р.А. Косульников, Д.С. Гапич // Научная жизнь. – 2020. – Т. 15. – № 7 (107). – С. 980–990.

84. Косульников Р.А. Повышение эксплуатационных показателей МТА при динамическом характере нагружения / Р.А. Косульников, Д.С. Гапич, А.А. Карсаков и др. // Сельский механизатор. – 2020. – № 12. – С. 5–7.

85. Косульников Р.А. Ускоренный метод исследования машинно-тракторного агрегата / Н.Г. Кузнецов, Р.А. Косульников и др. // Сельский механизатор. – 2019. – № 7. – С. 6–7.

86. Косульников Р.А. Снижение тягового сопротивления сельскохозяйственных машин за счет минимализации его колебаний при обработке тяжелосуглинистых почв / А.Н. Цепляев, Р.А. Косульников, В.А. Цепляев и др. // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2019. – № 2 (90). – С. 14–19.

87. Косульников Р.А. Формирование крюковой нагруженности трактора в составе машинно-тракторного агрегата / Р.А. Косульников, А.А. Карсаков, С.Д. Фомин, В.А. Привалов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1 (53). – С. 371–377.

88. Косульников Р.А. Метод повышения точности измерения точности тягового сопротивления в навесном устройстве трактора / Р.А. Косульников, А.А. Карсаков, С.Д. Фомин, Е.А. Назаров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1 (49). – С. 326–333.

89. Косульников Р.А. Проблемные вопросы повышения энерго-эффективности МТА с упругозакреплёнными рабочими органами / Д.С. Гапич, В.А. Эвиев, Р.А. Косульников и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1 (49). – С. 312–318.

90. Кравченко В.А. Влияние УДМ в силовой передаче энергетического средства класса 1,4 на динамические процессы в звеньях машинно-тракторного агрегата / В.А. Кравченко, Л.В. Кравченко, С.Е. Сенькевич, В.В. Журба, В.В. Дурягина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 177. – С. 104–113.

91. Кравченко В.А. Влияние УДМ в силовой передаче энергетического средства класса 1,4 на буксование его движителей при работе в составе МТА / В.А. Кравченко, Л.В. Кравченко, С.Е. Сенькевич, В.В. Журба, В.В. Дурягина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 178. – С. 119–128.

92. Кравченко В.А. Технико-экономические показатели МТА на базе мобильного энергетического средства тягового класса 1,4 с упруго-демпфирующим механизмом в силовой передаче / В.А. Кравченко, Л.В. Кравченко, С.Е. Сенькевич, В.В. Журба, В.В. Дурягина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 179. – С. 55–64.

93. Кравченко В.А. Влияние на качество выполнения работ машинно-тракторными агрегатами, агрегатируемыми мобильными энергетическими средствами тягового класса 1,4 с УДМ в силовой передаче / В.А. Кравченко, Л.В. Кравченко, С.Е. Сенькевич, В.В. Журба, В.В. Дурягина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 180. – С. 72–82.

94. Кравченко В.А. Результаты испытаний основных сельскохозяйственных агрегатов с упругодемпфирующим механизмом в силовой передаче мобильного энергетического средства класса 1,4 / В.А. Кравченко, Л.В. Кравченко // Вестник аграрной науки Дона. – 2022. – Т. 15. – № 3 (59). – С. 15–25.

95. Кравченко В.А. Эффективность пахотного агрегата на базе трактора класса 5 с УДМ в трансмиссии при автоматическом переключении передач / В.А. Кравченко, Л.В. Кравченко // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – № 1 (45). – С. 39–45.

96. Кравченко В.А. Результаты исследования процесса разгона МТА с различными механизмами включения трансмиссии трактора класса 5 / В.А. Кравченко // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – № 3 (47). – С. 67–73.

97. Кравченко В.А. Поэтапный разгон МТА с упругодемпфирующим механизмом в трансмиссии трактора тягового класса 5 / В.А. Кравченко, В.С. Курасов // Сельский механизатор. – 2018. – № 10. – С. 6–7.

98. Левшин А.Г. Разработка методов повышения эффективности использования мобильных сельскохозяйственных агрегатов как человеко-машинных систем: автореф. дис. д-ра техн. наук / А.Г. Левшин. – М.: МГАУ, 2009. – 39 с.

99. Лившиц В.М. Способы контроля топливно-энергетических показателей МТА в эксплуатационных условиях: метод. рекомендации / В.М. Лившиц; ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. СибИМЭ; подгот. В.М. Лившиц и др. – Новосибирск, 1988. – 86 с.

100. Лившиц В.М. Повышение эффективности эксплуатационного контроля в системе технического обслуживания сельскохозяйственной техники (методы и средства): дис. д-ра техн. наук / В.М. Лившиц. – Новосибирск, 1984. – 441 с.

101. Липкович И.Э. Человеко-машинные системы в агроинженерной сфере растениеводства: механико-эргономические основы создания и функционирования / И.Э. Липкович. – Ростов-на-Дону: Терра, 2004. – 612 с.

102. Липкович Э.И. Проблемы комплектования АПК базовыми техническими средствами / Э.И. Липкович // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – № 8.

103. Лысыч М.Н. Обзор конструкций тензометрических установок для изучения силовых параметров рабочих органов почвообрабатывающих орудий / М.Н. Лысыч, М.Л. Шабанов, П.В. Захаров // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – С. 6–10.

104. Мелешик Н.Н. Повышение эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов путем оптимизации инерционных вращающихся масс двигателя: дис. канд. техн. наук / Н.Н. Мелешик. – Зерноград, 1995. – 221 с.

105. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

106. Мельников С.В. Планирование эксперимента сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. – Л.: Колос. 1980. – 168 с.

107. Михлин В.М. Прогнозирование технического состояния машин / В.М. Михлин. – М.: Колос, 1976. – 288 с.

108. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 1: Методология. Организация. Терминология / Под ред. А.И. Рембезы. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.

109. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 2: Математические методы в теории надежности и эффективности / Под ред. Б.В. Гнеденко. – М.: Машиностроение, 1987. – 280 с.

110. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 3: Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.

111. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 4: Методы подобия в надежности / В.А. Мельников и др.; под ред. В.А. Мельникова, Н.А. Северцева. – М.: Машиностроение, 1987. – 280 с.

112. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 5: Проектный анализ надежности / Б.И. Бельчич и др.; под ред. В.И. Патрушева и А.И. Рембезы. – М.: Машиностроение, 1988. – 316 с.

113. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 6: Экспериментальная отработка и испытания / И.З. Аронов и др.; под общ. ред. Р.С. Судакова, О.И. Тескина. – М.: Машиностроение, 1989. – 376 с.

114. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 7: Качество и надежность в производстве / И.З. Аронов и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 280 с.

115. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 8: Эксплуатация и ремонт / Под ред. В.И. Кузнецова, Е.Ю. Барзиловича. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.

116. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 9: Техническая диагностика / И.М. Синдеев и др.; под общ. ред. В.В. Клюева, П.П. Пархоменко. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.

117. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 10: Справочные данные по условиям эксплуатации и характеристикам надежности / Ю.З. Веденеев и др.; под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Машиностроение, 1990. – 336 с.

118. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве: сборник. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 316 с.

119. Орманджи К.С. Контроль качества полевых работ: справочник / К.С. Орманджи, И.Г. Голубев. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 191 с.

120. Орсик Л.С. Основные приоритеты технической политики в АПК / Л.С. Орсик // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001. – № 3. – С. 3–5.

121. Пат. 314088 СССР 1 G 01 L 23/08. Прибор для измерения мощности / Змановский В.А., Лившиц В.М., Змановский В.А.; заявитель и патентообладатель Сиб. филиал науч.-исслед. ин-та механизации и электрификации сел. хоз-ва. – № 1352310/24-6; заявл. 24.07.69, Бюл. № 27. – С.153.

122. Пат. 391427 СССР 1 G01 L 3/10 Способ определения мощности двигателя / Змановский В.А., Змановский В.А.; заявитель и патентообладатель Сиб. филиал науч.-исслед. ин-та механизации и электрификации сел. хоз-ва. – № 1646471/18-10; заявл. 13.04.71, Бюл. № 31. – С. 128.

123. Пат. 2679523 РФ, МПК G01L 5/13 (2006.01), G01M 17/007 (2006.01). Способ определения силы сопротивления рабочих машин / Арженовский А.Г., Асатурян С.В., Несмиян А.Ю., Хижняк В.И., Даглдиян А.А., Козлов Д.С., Лукашов А.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет». – № 2017143738; заявл. 13.12.2017; опубл. 11.02.2019, Бюл. № 5. – 6 с.

124. Пат. 2147748 РФ, МПК G01P 3/56 (2000.01), G01P 15/00 (2000.01). Устройство для измерения ускорения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания / Щетинин Н.В., Арженовский А.Г., Жирков М.В., Алексенко М.Н.; заявитель и патентообладатель Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. – № 98121723/28; заявл. 02.12.1998; опубл. 20.04.2000, Бюл. № 11. – 5 с.

125. Пат. 2250469 РФ, МПК G01P 15/00 (2000.01). Устройство для измерения ускорения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания / Щетинин Н.В., Арженовский А.Г.; заявитель и патентообладатель Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. – № 2003124095/28; заявл. 31.07.2003; опубл. 20.04.2005, Бюл. № 11. – 5 с.

126. Пат. 2329510 РФ, МПК G01P 15/00 (2006.01). Устройство для измерения ускорения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания на всем диапазоне скоростей / Щетинин Н.В., Арженовский А.Г., Мальцев Д.О.,

Казаков Д.В., Асатурян С.В., Микрюков С.Н.; заявитель и патентообладатель Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. – № 2007108605/28; заявл. 07.03.2007; опубл. 20.07.2008, Бюл. № 20. – 5 с.

127. Пат. 2679523 РФ, СПК G01M17/007 (2006.01), G01L5/13 (2006.01). Способ определения силы сопротивления рабочих машин / Арженовский А.Г., Асатурян С.В., Несмиян А.Ю., Хижняк В.И., Даглдиян А.А., Козлов Д.С., Лукашов А.А; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Донской ГАУ. – № 2017143738; заявл. 13.12.2017; опубл. 11.02.19, Бюл. № 5. – 7 с.

128. Пат. 2612950 РФ, МПК G01L 5/13 (2006.01). Способ определения силы сопротивления рабочих машин / Арженовский А.Г., Асатурян С.В., Чичиланов И.И., Черемисин Ю.М., Даглдиян А.А., Должиков В.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет. – № 2015152717; заявл. 08.12.2015; опубл. 14.03.2017, Бюл. № 8. – 5 с.

129. Пат. 2620983 РФ, МПК G01L 5/13 (2006.01), G01M 17/007 (2006.01). Способ определения силы сопротивления рабочих машин / Арженовский А.Г., Асатурян С.В., Чичиланов И.И., Черемисин Ю.М., Даглдиян А.А., Должиков В.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет. – № 2015154356; заявл. 17.12.2015; опубл. 30.05.17, Бюл. № 16. – 5 с.

130. Пат. 2115902 RU 7 G 01 L 5/13, G 01 M 17/007. Способ измерения сопротивления сельскохозяйственных машин / Щетинин Н.В.; заявитель и патентообладатель Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. – № 96101695; заявл. 30.01.98; опубл. 20.07.1998, Бюл. № 20. – 5 с.

131. Пат. 2178157 RU 7 G 01 L 5/13, G 01 M 17/007. Способ измерения сопротивления сельскохозяйственных машин / Щетинин Н.В.; заявитель и патентообладатель Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. – № 99126385; заявл. 15.12.99; опубл. 10.01.2002, Бюл. № 1. – 5 с.

132. Пат. 2396535 РФ, МПК G 01 M 17/007. Гидромеханическое устройство для тяговых испытаний машин / Хабардин В.Н., Хабардин С.В., Чубарева М.В., Шелкунова Н.О., Пивкин И.В., Мерзляков А.В.; заявитель и патентообладатель Иркут. гос. с.-х. акад. – № 2009134572/11; заявл. 15.09.09; опубл. 10.08.10, Бюл. № 22. – 25 с.

133. Патрахальцев Н.Н. Неустановившиеся режимы работы двигателей внутреннего сгорания: монография / Н.Н. Патрахальцев. – М.: Изд-во РУДН, 2009. – 380 с.

134. Пелихов А.В. Повышение производительности машинно-тракторных агрегатов на основе эффективного использования установленной мощности двигателей энергонасыщенных тракторов: дис. д-ра техн. наук / А.В. Пелихов. – Челябинск, 1997.

135. Пучин Е.А. Методические основы разработки и внедрение ресурсосберегающих технологий технического обслуживания сельскохозяйственной техники: автореф. д-ра техн. наук / Е.А. Пучин. – М., 1998. – 46 с.

136. Пучин Е.А. Надежность технических систем / Е.А. Пучин, О.Н. Дидманидзе, П.П. Лезин, Е.А. Лисунов, И.Н. Кравченко. – М.: УМЦ «Триада», 2005. – 353 с.

137. Пучин Е.А. Надежность технических систем: учебник / Е.А. Пучин и др.; под общ. ред. Е.А. Пучина, О.Н. Дидманидзе. – М.: УМЦ Триада, 2005. – 351 с.

138. Радченко Ю.Г. Способ определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин и орудий в условиях эксплуатации: дис. канд. техн. наук / Ю.Г. Радченко. – Новосибирск, 1984.

139. Свид. 2009615659. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Программа для определения энергетических показателей дизельных двигателей на переходных режимах / Арженовский А.Г., Асатурян С.В., Чичиланов И.И.; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная

академия». – № 2009614513; заявл. 18.08.2009; зарегистрировано 2009, Реестр программ для ЭВМ. – 11 с.: ил.

140. Северный А.Э. Руководство по техническому диагностированию при техническом обслуживании и ремонте тракторов и сельскохозяйственных машин / А.Э. Северный, Д.С. Буклагин, В.М. Михлин. – М.: Информагротех, 2001. – 252 с.

141. Соловьев Р.Ю. Ресурсосбережение при техническом сервисе сельскохозяйственной техники / Р.Ю. Соловьев, С.А. Горячев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 2.

142. Стратегия машинно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции России на период до 2020 года (проект). – М.: ВИМ, 2013.

143. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года: Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537.

144. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России до 2020 года. – М., 2011.

145. Терских И.П. Функциональная диагностика машинно-тракторных агрегатов / И.П. Терских. – Иркутск, 1987. – 312 с.

146. Терских И.П. Научные основы функциональной диагностики эксплуатационных параметров машинно-тракторных агрегатов: автореф. дис. д-ра техн. наук / И.П. Терских. – Ленинград, 1973. – 52 с.

147. Технико-экономическая оценка эффективности новой техники: учебное пособие. – М.: РГОТУПС, 2002. – 84 с.

148. Технологические карты по диагностированию и прогнозированию остаточного ресурса сельскохозяйственных машин. – Новосибирск, 2000. – 166 с.

149. Тишанинов Н.П. Методы и средства повышения технологического эффекта при эксплуатации сельскохозяйственной техники: автореф. дис. д-ра техн. наук / Н.П. Тишанинов. – Саратов, 1994.

150. Тойберт Т. Оценка точности результатов измерений / Т. Тойберт; пер. с нем. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 88 с.

151. Тырнов Ю.А. Повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов совершенствованием систем контроля режимов их работы: дис. д-ра техн. наук / Ю.А. Тырнов. – Тамбов, 2001.

152. Устройство измерительное ИМД-ЦМ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации: Инструкции по техническому диагностированию дизелей 2.781.802 Д. – Москва, 1989. – 82 с.

153. Федоренко В.Ф. Современные информационные технологии при испытаниях сельскохозяйственной техники: науч. аналит. обзор / В.Ф. Федоренко, Н.В. Трубицын. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 140 с.

154. Фере Н.Е. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка / Н.Е. Фере, В.З. Бубнов, А.В. Еленев, Л.М. Пильщиков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1978. – 256 с.

155. Хабардин В.Н. Современные направления развития технического обслуживания машин / В.Н. Хабардин // Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – № 5. – С. 28–30.

156. Хабатов Р.Ш. Научные основы прогнозирования оптимальных параметров и состава машинно-тракторного парка для комплексной механизации сельскохозяйственного производства: автореф. дис. д-ра техн. наук / Р.Ш. Хабатов. – Л.; Пушкин, 1971.

157. Черепанов С.С. Использование и надежность сельскохозяйственной техники / С.С. Черепанов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 236 с.

158. Черноиванов В.И. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства / В.И. Черноиванов, А.А. Ежевский, В.Ф. Федоренко: монография. – М.: ФГБНУ «Россинформагротех», 2012. – 284 с.

159. Черноиванов В.И. Модернизация – основа повышения технического уровня эксплуатируемых машин и оборудования / В.И. Черно-

иванов, А.Э. Северный, М.А. Халфин, Н.З. Хисметов и др. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 472 с.

160. Черноиванов В.И. Модернизация сельскохозяйственных машин, находящихся в эксплуатации: монография / В.И. Черноиванов, Д.И. Есаков, А.Э. Северный и др. – М.: ГОСНИТИ, 2003.

161. Черноиванов В.И. Ресурсосбережение при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники / В.И. Черноиванов, А.Э. Северный, М.А. Халфин. – М.: Информагротех, 2003. – 420 с.

162. Черноиванов В.И. Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства / В.И. Черноиванов, А.А. Ежевский, В.Ф. Федоренко: научн. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Россинформагротех», 2010. – 292 с.

163. Шпилько А.В. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч. 1 / А.В. Шпилько, В.И. Драгайцев, Н.М. Морозов. – М.: М-во сел. хоз-ва и продов. РФ, 1998.

164. Шпилько А.В. Методика определения экономической эффективности технологий сельскохозяйственной техники. Ч. 2 / А.В. Шпилько, В.И. Драгайцев, Н.М. Морозов. – М.: М-во сел. хоз-ва и продов. РФ, 1998.

165. Шпилько А.В. Экономическая эффективность механизации сельскохозяйственного производства / А.В. Шпилько, В.И. Драгайцев, Н.М. Морозов и др. – М., 2001. – 346 с.

166. Шхвацабая Г.Я. Приборы и методы их применения при испытаниях и исследованиях тракторов и сельскохозяйственных машин / Г.Я. Шхвацабая. – Тбилиси: Мецниереба, 1967. – 238 с.

167. Agarwal A.K. Effect of Biodiesel Utilization of Wear of Vital Parts in Compression Ignition Engine / A.K. Agarwal, J. Bijwe, L.M. Das // Transactions of the ASME. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – 2003. – Vol. 125. – № 2. – P. 604–611.

168. Agarwal A.K. Wear Assessment in a Biodiesel Fueled Compression Ignition Engine / A.K. Agarwal, J. Bijwe, L.M. Das // Transactions of the ASME. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – 2003. – Vol. 125. – № 3. – P. 820–826.

169. Ashley S. Testing vehicle inertia / S. Ashley // Mechanical Engineering. – 1995. – № 117. – P.17–19.

170. Dagldiyan A. Operational management of reliability of technical systems in the agro-industrial complex / A. Dagldiyan, A. Lebedev, A. Arzhenovskiy, V. Zhurba, S. Asaturyan // XIV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2021». Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Ser.: Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – P. 79–87.

171. Fukano Y. In – Cylinder Combustion in a Natural Gas Fueled Spark Ignition Engine Probed by High Speed Schlieren Method and its Dependence on Engine Specifications / Y. Fukano, H. Hisaki, S. Kida et al. // SAE Technical Paper Series. – 1999. – № 1999-01-1493.

172. Hashimoto K. Evalution of Ignition Quality of LPG with Cetane Number Improver / K. Hashimoto, H. Otha, T. Hirasawa et al. // SAE Technical Paper Series. – 2002. – № 2002-01-0870.

173. Ikilic C. Investigation of the Effect of Sunflower Oil Methyl Esther on the Performance of a Diesel Engine / C. Ikilic, H. Yucesu // Energy Sources. – 2006. – Vol. 27. – № 13. – P. 1225–1234.

174. MAN B&W Diesel: Stationary Engine /MAN B&W Diesel A/S. – 2005. – Reg. № 39661314.

175. Myo T. Diesel Combustion Characteristics of Coconut Oil Methyl Ester / T. Myo, K. Hamasaki, E. Kinoshita, M. Kitte // Transactions of the JSME. Ser. B. – 2006. – Vol. 72. – № 715. – P. 846–851.

176. Wegrzyn J. Liquefid Natural Gas for Trucks and Buses / J. Wegrzyn, M. Gurevich // SAE Technical Paper Series. – 2000. – № 2000-01-2210.

177. Zehn Prozent Biokraftstoff fur Alle // Verein Deutscher Ingenieure. VDINachrichten. – 2005. – Jg. 59. – № 47. – 8 p.

Приложения

Приложение А

Патенты на изобретения

А1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2612950

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАБОЧИХ МАШИН

Патентообладатель: ***Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Донской ГАУ) (RU)***

Авторы: ***Арженовский Алексей Григорьевич (RU), Асатурян Сергей Вартанович (RU), Чичиланов Илья Иванович (RU), Черемисин Юрий Михайлович (RU), Даглдиян Аршалуйс Ардашесович (RU), Должиков Валерий Викторович (RU)***

Заявка № **2015152717**
Приоритет изобретения **08 декабря 2015 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **14 марта 2017 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **08 декабря 2035 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 612 950**(13) **C1**

(51) МПК
G01L 5/13 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2015152717, 08.12.2015**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.12.2015

Дата регистрации:
14.03.2017

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **08.12.2015**

(45) Опубликовано: **14.03.2017 Бюл. № 8**

Адрес для переписки:
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Ленина, 21, Азово-Черноморский инженерный институт - филиал ФГБОУ ВП "Донской Государственный аграрный университет" в г. Зерограде

(72) Автор(ы):
Арженовский Алексей Григорьевич (RU),
Асатурян Сергей Вартанович (RU),
Чичиланов Илья Иванович (RU),
Черемисин Юрий Михайлович (RU),
Даглдиян Аршалуйс Ардашесович (RU),
Должиков Валерий Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Донской ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2178157 C2 10.01.2002. RU 2115902 C1 20.07.1998. RU 2140627 C1 27.10.1999.**

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАБОЧИХ МАШИН

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к сельскохозяйственному приборостроению. При реализации способа при движении трактора без нагрузки за счет снижения подачи топлива достигают частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту. Мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной. При достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора прибором типа ИМД измеряют угловое ускорение коленчатого вала. Аналогично измеряют ускорение коленчатого вала при разгоне трактора с дополнительной (эталонной) массой, а также при разгоне трактора с сельскохозяйственной машиной. По формулам, полученным из уравнений движения трактора без нагрузки и с дополнительной (эталонной) массой, определяют приведенную массу трактора. По формулам, полученным из уравнений движения трактора без нагрузки и с сельскохозяйственной машиной, определяют силу сопротивления рабочей машины. Технический результат заключается в упрощении измерения и снижении трудоемкости.

RU 2612950 C1

RU 2612950 C1

RUSSIAN FEDERATION

(19) **RU** (11) **2 612 950**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
G01L 5/13 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2015152717, 08.12.2015**

(24) Effective date for property rights:
08.12.2015

Registration date:
14.03.2017

Priority:
(22) Date of filing: **08.12.2015**

(45) Date of publication: **14.03.2017** Bull. № **8**

Mail address:
347740, Rostovskaya obl., g. Zernograd, ul. Lenina, 21, Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut - filial FGBOU VP "Donskoj Gosudarstvennyj agrarnyj universitet" v g. Zernograde

(72) Inventor(s):
Arzhenovskij Aleksej Grigorevich (RU),
Asaturyan Sergej Vartanovich (RU),
Chichilanov Ilya Ivanovich (RU),
Cheremisin Yurij Mikhajlovich (RU),
Dagldiyan Arshalujs Ardashesovich (RU),
Dolzhikov Valerij Viktorovich (RU)

(73) Proprietor(s):
Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet" (FGBOU VO Donskoj GAU) (RU)

(54) METHOD OF DETERMINING RESISTANCE POWER OF WORKING MACHINES

(57) Abstract:

FIELD: agriculture.

SUBSTANCE: invention relates to agriculture, in particular, to agricultural instrument engineering. In implementation of the method, in the tractor motion without load by reducing the fuel supply, the crankshaft speed is achieved, corresponding to maximum torque. The fuel supply is instantly increased to the maximum. When the rated crankshaft speed of the engine is achieved during acceleration of the tractor, the angular acceleration of the crankshaft is measured with a device of IMD type. The crankshaft acceleration at the tractor acceleration with an additional (reference) weight is similarly measured, as well as at the tractor acceleration with an agricultural machine. Using formulas derived from the equations of the tractor motion without load and with an additional (reference) weight, the reduced weight of the tractor is determined. Using the formulas derived from the equations of the tractor motion without load and with an agricultural machine, the resistance power of the working machine is determined.

EFFECT: invention enables to simplify the measurement and to reduce complexity.

RU 2612950 C1

RU 2612950 C1

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к сельскохозяйственному приборостроению.

Известен способ определения сопротивления рабочих машин путем измерения силы взаимодействия трактора и рабочих машин, заключающийся в том, что при рабочем ходе трактора за счет снижения подачи топлива достигают минимальной частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту, мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной, при достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора измеряют угловое ускорение коленчатого вала и из уравнений движения трактора и рабочих машин определяют силу сопротивления рабочих машин [Патент РФ №2115902, кл. G01M 17/007, 1998 - аналог].

К недостаткам способа относятся необходимость определения номинального крутящего момента двигателя и сопротивления перекатыванию трактора при его холостом ходе путем динамометрирования, что является сложным и трудоемким процессом.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому способу является способ определения сопротивления рабочих машин, заключающийся в том, что при рабочем ходе трактора за счет снижения подачи топлива достигают частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту. Мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной. При достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора измеряют угловое ускорение коленчатого вала. Аналогично измеряют ускорение коленчатого вала при разгоне трактора без рабочих машин и по формулам, полученным из уравнений движения трактора и рабочих машин, определяют силу сопротивления рабочих машин [Патент РФ №2178157, кл. G01M 17/007, 2002 - прототип].

Недостатком данного способа является сложность и трудоемкость существующих методов определения приведенной массы трактора.

Задачей настоящего изобретения является упрощение измерения и снижение трудоемкости определения приведенной массы трактора.

Поставленная задача достигается тем, что выполняется дополнительный разгон трактора, догруженного известной (эталонной) массой, с измерением углового ускорения коленчатого вала при номинальной частоте вращения, что позволит определить приведенную массу трактора по формуле

$$M_т = \frac{M_{эт} \cdot ((dV/dt)_{эт} + g \cdot f)}{(dV/dt)_{хх} - (dV/dt)_{эт}}$$

где $M_{эт}$ - дополнительная (эталонная) масса, которой догружается трактор;

$(dV/dt)_{хх}$ - ускорение трактора при разгоне без нагрузки;

$(dV/dt)_{эт}$ - ускорение трактора при разгоне с дополнительной (эталонной) массой;

g - ускорение свободного падения;

f - коэффициент перекатывания трактора.

Ускорение трактора при его разгоне без нагрузки и с дополнительной (эталонной) массой связано с соответствующим угловым ускорением коленчатого вала двигателя зависимостями

$$(dV/dt)_{хх} = \frac{(d\omega/dt)_{хх} \cdot r_к \cdot (1 - \delta)}{i_{тр}}$$

$$(dV/dt)_{эт} = \frac{(d\omega/dt)_{эт} \cdot r_к \cdot (1 - \delta)}{i_{тр}}$$

где $(d\omega/dt)_{хх}$ - ускорение коленчатого вала двигателя при разгоне трактора без нагрузки;

$(d\omega/dt)_{эт}$ - ускорение коленчатого вала двигателя при разгоне трактора с дополнительной (эталонной) массой;

$r_к$ - радиус качения;

δ - коэффициент буксования трактора;

$i_{тр}$ - общее передаточное число трансмиссии.

Коэффициент буксования трактора δ определяется по тяговой характеристике трактора на соответствующем фоне на соответствующей передаче при заданной частоте вращения коленчатого вала двигателя или измеряется одновременно.

Предлагаемый способ осуществляется следующим образом. При движении трактора без нагрузки за счет снижения подачи топлива достигают частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту. Мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной. При достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора прибором типа ИМД измеряют угловое ускорение коленчатого вала. Аналогично измеряют ускорение коленчатого вала при разгоне трактора с дополнительной (эталонной) массой, а также при разгоне трактора с сельскохозяйственной машиной.

По формулам, полученным из уравнений движения трактора без нагрузки и с дополнительной (эталонной) массой, определяют приведенную массу трактора по формуле

$$M_т = \frac{M_{эт} \cdot ((dV/dt)_{эт} + g \cdot f)}{(dV/dt)_{хх} - (dV/dt)_{эт}}$$

Определив значение приведенной массы трактора по формулам, полученным из уравнений движения трактора без нагрузки и с сельскохозяйственной машиной, определяют силу сопротивления рабочей машины по формуле

$P_с = M_т \cdot (dV/dt)_{хх} - M_т \cdot (dV/dt)_{раб} - M_{схм} \cdot (dV/dt)_{раб}$,

где $(dV/dt)_{раб}$ - ускорение трактора при разгоне с сельскохозяйственной машиной;

$M_{схм}$ - масса (приведенная) сельскохозяйственной машины.

Ускорение трактора при его разгоне с сельскохозяйственной машиной связано с угловым ускорением коленчатого вала двигателя зависимостью

$$(dV/dt)_{раб} = \frac{(d\omega/dt)_{раб} \cdot r_к \cdot (1 - \delta)}{i_{тр}}$$

(57) Формула изобретения

Способ определения силы сопротивления рабочих машин, включающий измерение силы взаимодействия трактора и рабочих машин за счет того, что при движении трактора путем снижения подачи топлива достигают минимальной частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту, мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной, при достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора без нагрузки и при

движении трактора с рабочей машиной, измеряют угловое ускорение коленчатого вала, отличающийся тем, что выполняется дополнительный разгон трактора, догруженного известной (эталонной) массой, с измерением углового ускорения коленчатого вала при номинальной частоте вращения, что позволит определить приведенную массу трактора по формуле

$$M_т = \frac{M_{эт} \cdot ((dV/dt)_{эт} + g \cdot f)}{(dV/dt)_{хх} - (dV/dt)_{эт}}$$

где $M_{эт}$ - дополнительная (эталонная) масса, которой догружается трактор;

$(dV/dt)_{хх}$ - ускорение трактора при разгоне без нагрузки;

$(dV/dt)_{эт}$ - ускорение трактора при разгоне с дополнительной (эталонной) массой;

g - ускорение свободного падения;

f - коэффициент перекатывания трактора.

$$(dV/dt)_{хх} = \frac{(d\omega/dt)_{хх} \cdot r_к \cdot (1 - \delta)}{i_{тр}}$$

$$(dV/dt)_{эт} = \frac{(d\omega/dt)_{эт} \cdot r_к \cdot (1 - \delta)}{i_{тр}}$$

где $(d\omega/dt)_{хх}$ - ускорение коленчатого вала двигателя при разгоне трактора без нагрузки;

$(d\omega/dt)_{эт}$ - ускорение коленчатого вала двигателя при разгоне трактора с дополнительной (эталонной) массой;

$r_к$ - радиус качения;

δ - коэффициент буксования трактора;

$i_{тр}$ - общее передаточное число трансмиссии,

чтобы по полученному значению приведенной массы трактора определить силу сопротивления рабочей машины.

А2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2620983

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАБОЧИХ МАШИН

Патентообладатель: ***Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Донской ГАУ) (RU)***

Авторы: ***Арженовский Алексей Григорьевич (RU), Асатурян Сергей Вартанович (RU), Чичиланов Илья Иванович (RU), Черемисин Юрий Михайлович (RU), Даглдиян Аршалуйс Ардашесович (RU), Должиков Валерий Викторович (RU)***

Заявка № **2015154356**
Приоритет изобретения **17 декабря 2015 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **30 мая 2017 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **17 декабря 2035 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 620 983** (13) **C1**

(51) МПК
G01L 5/13 (2006.01)
G01M 17/007 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2015154356, 17.12.2015**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.12.2015

Дата регистрации:
30.05.2017

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **17.12.2015**

(45) Опубликовано: **30.05.2017** Бюл. № **16**

Адрес для переписки:
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Ленина, 21, Азово-Черноморский инженерный институт - филиал ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" в г. Зерограде

(72) Автор(ы):
Арженовский Алексей Григорьевич (RU),
Асатурян Сергей Вартанович (RU),
Чичиланов Илья Иванович (RU),
Черемисин Юрий Михайлович (RU),
Даглдиян Аршалуйс Ардашесович (RU),
Должиков Валерий Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Донской ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2178157 C2 10.01.2002. RU 2115902 C1 20.07.1998. SU 1643974 A1 23.04.1991.**

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАБОЧИХ МАШИН

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к сельскохозяйственному приборостроению. При движении трактора без нагрузки за счет снижения подачи топлива достигают частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту. Мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной. При достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора измеряют угловое ускорение путеизмерительного колеса. Аналогично измеряют угловое ускорение путеизмерительного колеса при разгоне трактора с сельскохозяйственной машиной. По формулам, полученным из уравнений движения трактора без нагрузки и с сельскохозяйственной машиной, определяют силу сопротивления рабочей машины. Технический результат заключается в упрощении измерений и снижении их трудоемкости.

RU 2620983 C1

RU 2620983 C1

RUSSIAN FEDERATION



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 620 983**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
G01L 5/13 (2006.01)
G01M 17/007 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2015154356, 17.12.2015**

(24) Effective date for property rights:
17.12.2015

Registration date:
30.05.2017

Priority:
(22) Date of filing: **17.12.2015**

(45) Date of publication: **30.05.2017** Bull. № **16**

Mail address:
347740, Rostovskaya obl., g. Zernograd, ul. Lenina, 21, Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut - filial FGBOU VO "Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet" v g. Zernograde

(72) Inventor(s):
Arzhenovskij Aleksej Grigorevich (RU),
Asaturyan Sergej Vartanovich (RU),
Chichilanov Ilya Ivanovich (RU),
Cheremisin Yurij Mikhajlovich (RU),
Dagldiyan Arshalujs Ardashesovich (RU),
Dolzhikov Valerij Viktorovich (RU)

(73) Proprietor(s):
Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet" (FGBOU VO Donskoj GAU) (RU)

(54) METHOD FOR DETERMINING THE POWER RESISTANCE OF WORKING MACHINES

(57) Abstract:

FIELD: machine engineering.

SUBSTANCE: when the tractor without load by reducing the fuel flow reaches the engine speed corresponding to maximum torque. Instantly increase the supply of fuel to the maximum. When reaching the rated speed of the engine crankshaft while the tractor acceleration measured the angular acceleration of the distance measuring wheel. Similarly, the angular acceleration of distance measuring wheel is measured while the tractor is accelerating with the agricultural machine. Using formulas derived from the equations of motion of the tractor without load and with the agricultural machine, determine the strength of the resistance of the working machine.

EFFECT: simplifying measurement and reducing labor intensity.

RU 2620983 C1

RU 2620983 C1

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к сельскохозяйственному приборостроению.

Известен способ определения сопротивления рабочих машин путем измерения силы взаимодействия трактора и рабочих машин, заключающийся в том, что при рабочем ходе трактора за счет снижения подачи топлива достигают минимальной частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту, мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной, при достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора измеряют угловое ускорение коленчатого вала и из уравнений движения трактора и рабочих машин определяют силу сопротивления рабочих машин [Патент РФ №2115902, кл. G01M 17/007, 1998 - аналог].

К недостаткам способа относятся необходимость определения номинального крутящего момента двигателя и сопротивления перекатыванию трактора при его холостом ходе путем динамометрирования, что является сложным и трудоемким процессом.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому способу является способ определения сопротивления рабочих машин, заключающийся в том, что при рабочем ходе трактора за счет снижения подачи топлива достигают частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту. Мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной. При достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора измеряют угловое ускорение коленчатого вала. Аналогично измеряют ускорение коленчатого вала при разгоне трактора без рабочих машин и по формулам, полученным из уравнений движения трактора и рабочих машин, определяют силу сопротивления рабочих машин [Патент РФ №2178157, кл. G01M 17/007, 2002 - прототип].

Недостатком данного способа является сложность и трудоемкость определения ускорения трактора.

Задачей настоящего изобретения является упрощение измерения и снижение трудоемкости определения ускорения трактора.

Поставленная задача достигается тем, что к трактору присоединяется путеизмерительное колесо с возможностью фиксации его углового ускорения во время разгона трактора.

Предлагаемый способ осуществляется следующим образом. При движении трактора без нагрузки за счет снижения подачи топлива достигают частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту. Мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной. При достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора измеряют угловое ускорение путеизмерительного колеса. Аналогично измеряют угловое ускорение путеизмерительного колеса при разгоне трактора с сельскохозяйственной машиной.

По формулам, полученным из уравнений движения трактора без нагрузки и с сельскохозяйственной машиной, определяют силу сопротивления рабочей машины по формуле

$$P_c=M_т\cdot(dV/dt)_{хх}-(M_т+M_{схм})\cdot(dV/dt)_{раб}$$

где $M_т$ - приведенная масса трактора;

$M_{схм}$ - масса (приведенная) сельскохозяйственной машины;

$(dV/dt)_{хх}$ - ускорение трактора при разгоне без нагрузки;

$(dV/dt)_{раб}$ - ускорение трактора при разгоне с сельскохозяйственной машиной;

Ускорение трактора при его разгоне без нагрузки и с сельскохозяйственной машиной связано с угловым ускорением путеизмерительного колеса зависимостями

$(dV/dt)_{xx}=(d\omega/dt)_{xx}\cdot r_к$

$(dV/dt)_{раб}=(d\omega/dt)_{раб}\cdot r_к$

где $(d\omega/dt)_{xx}$ - угловое ускорение путеизмерительного колеса при разгоне трактора без нагрузки;

$(d\omega/dt)_{раб}$ - угловое ускорение путеизмерительного колеса при разгоне трактора с сельскохозяйственной машиной;

$r_к$ - радиус путеизмерительного колеса.

Тогда силу сопротивления рабочей машины определяют по формуле

$P_c=M_т\cdot(d\omega/dt)_{xx}\cdot r_к-(M_т+M_{схм})\cdot(d\omega/dt)_{раб}\cdot r_к$.

(57) Формула изобретения

Способ определения силы сопротивления рабочих машин, включающий измерение силы взаимодействия трактора и рабочих машин за счет того, что при движении трактора путем снижения подачи топлива достигают минимальной частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту, мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной, отличающийся тем, что при достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора без нагрузки и при движении трактора с рабочей машиной измеряют угловое ускорение путеизмерительного колеса, присоединенного к трактору, а силу сопротивления рабочих машин определяют по формуле

$P_c=M_т\cdot(d\omega/dt)_{xx}\cdot r_к-(M_т+M_{схм})\cdot(d\omega/dt)_{раб}\cdot r_к$,

где $M_т$ - приведенная масса трактора;

$M_{схм}$ - масса (приведенная) сельскохозяйственной машины;

$(d\omega/dt)_{xx}$ - угловое ускорение путеизмерительного колеса при разгоне трактора без нагрузки;

$(d\omega/dt)_{раб}$ - угловое ускорение путеизмерительного колеса при разгоне трактора с сельскохозяйственной машиной;

$r_к$ - радиус путеизмерительного колеса.

А3

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2679523

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАБОЧИХ МАШИН

Патентообладатель: ***Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Донской ГАУ) (RU)***

Авторы: ***Арженовский Алексей Григорьевич (RU), Асатурян Сергей Вартанович (RU), Несмиян Андрей Юрьевич (RU), Хижняк Владимир Иванович (RU), Даглдиян Аршалуйс Ардашесович (RU), Козлов Дмитрий Сергеевич (RU), Лукашов Антон Алексеевич (RU)***

Заявка № **2017143738**

Приоритет изобретения **13 декабря 2017 г.**

Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **11 февраля 2019 г.**

Срок действия исключительного права на изобретение истекает **13 декабря 2037 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 679 523**(13) **C1**

(51) МПК
G01M 17/007 (2006.01)
G01L 5/13 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01M 17/007 (2006.01); G01L 5/13 (2006.01)

(21)(22) Заявка: **2017143738, 13.12.2017**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.12.2017

Дата регистрации:
11.02.2019

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **13.12.2017**

(45) Опубликовано: **11.02.2019** Бюл. № **5**

Адрес для переписки:
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Ленина, 21, Азово-Черноморский инженерный институт - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственный аграрный университет" в г. Зерограде

(72) Автор(ы):
Арженовский Алексей Григорьевич (RU),
Асатурян Сергей Вартанович (RU),
Несмиян Андрей Юрьевич (RU),
Хижняк Владимир Иванович (RU),
Даглдиян Аршалуйс Ардашесович (RU),
Козлов Дмитрий Сергеевич (RU),
Лукашов Антон Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Донской ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2178157 C2, 10.01.2002. RU 2115902 C1, 20.07.1998. UA 82732 U, 12.08.2013. WO 2015187455 A1, 10.12.2015.**

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАБОЧИХ МАШИН

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к способу определения силы сопротивления рабочих машин. Дополнительно при движении трактора без нагрузки и догруженного эталонной массой при максимальной частоте вращения коленчатого вала отключают подачу топлива. В процессе выбега при достижении номинальной частоты вращения прибором типа ИМД измеряют отрицательные угловые ускорения коленчатого вала. По формулам, полученным из уравнений движения выбега трактора без нагрузки и с дополнительной эталонной массой, определяют приведенную массу трактора. По формулам, полученным из уравнений движения разгона трактора без нагрузки и с сельскохозяйственной машиной, определяют силу сопротивления рабочей машины. Достигается повышение точности определения приведенной массы трактора.

RU 2679523 C1

RU 2679523 C1

RUSSIAN FEDERATION

(19) **RU** (11) **2 679 523**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
G01M 17/007 (2006.01)
G01L 5/13 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
G01M 17/007 (2006.01); G01L 5/13 (2006.01)

(21)(22) Application: **2017143738, 13.12.2017**

(24) Effective date for property rights:
13.12.2017

Registration date:
11.02.2019

Priority:
(22) Date of filing: **13.12.2017**

(45) Date of publication: **11.02.2019** Bull. № **5**

Mail address:
347740, Rostovskaya obl., g. Zernograd, ul. Lenina, 21, Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut - filial federalnogo gosudarstvennogo byudzhetnogo obrazovatelnogo uchrezhdeniya vysshego obrazovaniya "Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet" v g. Zernograde

(72) Inventor(s):
Arzhenovskij Aleksej Grigorevich (RU),
Asaturyan Sergej Vartanovich (RU),
Nesmiyan Andrej Yurevich (RU),
Khizhnyak Vladimir Ivanovich (RU),
Dagldiyan Arshalujs Ardashesovich (RU),
Kozlov Dmitrij Sergeevich (RU),
Lukashov Anton Alekseevich (RU)

(73) Proprietor(s):
Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet" (FGBOU VO Donskoj GAU) (RU)

(54) METHOD FOR DETERMINING THE FORCE OF RESISTANCE OF WORKING MACHINES

(57) Abstract:

FIELD: agriculture.

SUBSTANCE: invention relates to agriculture, in particular to a method for determining the resistance force of working machines. Additionally, when the tractor is moving without load and loaded with a reference mass at maximum crankshaft rotation speed, the fuel supply is cut off. During the overrun process, when the nominal rotational speed is reached, an IMD-type device measures negative angular accelerations of the crankshaft. According to the formulas obtained from the equations of motion of the tractor coasting without load and with an additional reference mass, determine the reduced mass of the tractor. According to the formulas obtained from the equations of motion of acceleration of the tractor without load and with an agricultural machine, determine the resistance force of the working machine.

EFFECT: increase in the accuracy of determining the reduced mass of the tractor is achieved.

1 cl

RU 2679523 C1

RU 2679523 C1

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к сельскохозяйственному приборостроению.

Известен способ определения сопротивления рабочих машин, заключающийся в том, что при рабочем ходе трактора за счет снижения подачи топлива достигают минимальной частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту, мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной. При достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора измеряют угловое ускорение коленчатого вала. Аналогично измеряют ускорение коленчатого вала при разгоне трактора без рабочих машин и по формулам, полученным из уравнений движения трактора и рабочих машин, определяют силу сопротивления рабочих машин [Патент РФ №2178157, кл. G01M 17/007, 2002 - аналог].

Недостатком данного способа является сложность и трудоемкость существующих методов определения приведенной массы трактора.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому способу является способ определения сопротивления рабочих машин, заключающийся в том, при движении трактора без нагрузки за счет снижения подачи топлива достигают минимальной частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту, мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной. При достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора измеряют угловое ускорение коленчатого вала. Аналогично измеряют ускорение коленчатого вала при разгоне трактора с дополнительной эталонной массой, а также при разгоне трактора с сельскохозяйственной машиной и по формулам, полученным из уравнений движения трактора без нагрузки, с дополнительной эталонной массой и с сельскохозяйственной машиной, определяют силу сопротивления рабочей машины [Патент РФ №2612950, кл. G01L 5/13, 2017 - прототип].

Недостатком данного способа является невысокая точность определения приведенной массы трактора, обусловленная влиянием на величину угловых ускорений коленчатого вала двигателя при разгоне трактора с дополнительной эталонной массой и без, неравномерности работы двигателя, давления наддува (у двигателей с турбонаддувом), характера воздействия на рычаг подачи топлива, а также буксования ходового аппарата.

Задачей настоящего изобретения является повышение точности определения приведенной массы трактора.

Поставленная задача достигается тем, что дополнительно при движении трактора без нагрузки и догруженного известной эталонной массой при максимальной частоте вращения коленчатого вала отключают подачу топлива и в процессе выбега при достижении номинальной частоты вращения измеряют отрицательные угловые ускорения коленчатого вала, что позволит определить приведенную массу трактора по формуле

$$M_т = \frac{M_{эт} \cdot \left(\left(-dV/dt \right)_{эт} + g \cdot f \right)}{\left(-dV/dt \right)_{хх} - \left(-dV/dt \right)_{эт}}$$

где $M_{эт}$ - дополнительная эталонная масса, которой догружается трактор;

$\left(-dV/dt\right)_{xx}$ - отрицательное ускорение трактора при выбеге без нагрузки;

$\left(-dV/dt\right)_{эт}$ - отрицательное ускорение трактора при выбеге с дополнительной эталонной массой;

g - ускорение свободного падения;

f - коэффициент сопротивления перекатывания трактора.

Отрицательные ускорения трактора при его выбеге без нагрузки и с дополнительной эталонной массой связаны с соответствующим отрицательными угловыми ускорениями коленчатого вала двигателя зависимостями

$$\left(-dV/dt\right)_{xx} = \frac{\left(-d\omega/dt\right)_{xx} \cdot r_к}{i_{тр}}$$

$$\left(-dV/dt\right)_{эт} = \frac{\left(-d\omega/dt\right)_{эт} \cdot r_к}{i_{тр}}$$

где $\left(-d\omega/dt\right)_{xx}$ - отрицательное угловое ускорение коленчатого вала двигателя при выбеге без нагрузки;

$\left(-d\omega/dt\right)_{эт}$ - отрицательное угловое ускорение коленчатого вала двигателя при выбеге с дополнительной эталонной массой;

$r_к$ - радиус качения (ходового аппарата);

$i_{тр}$ - общее передаточное число трансмиссии. Предлагаемый способ осуществляется следующим образом. При движении трактора без нагрузки за счет увеличения подачи топлива достигают максимальной частоты вращения коленчатого вала. Отключают подачу топлива и в процессе выбега по достижении номинальной частоты вращения

коленчатого вала двигателя прибором типа ИМД измеряют отрицательное угловое ускорение коленчатого вала. Аналогично измеряют отрицательное угловое ускорение коленчатого вала при выбеге трактора с дополнительной эталонной массой. По формулам, полученным из уравнений движения выбега трактора без нагрузки и с дополнительной эталонной массой определяют приведенную массу трактора.

Затем при движении трактора без нагрузки за счет снижения подачи топлива достигают частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту. Мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной. При достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора прибором типа ИМД измеряют угловое ускорение коленчатого вала. Аналогично измеряют ускорение коленчатого вала при разгоне трактора с сельскохозяйственной машиной и из уравнений движения разгона трактора без нагрузки и с сельскохозяйственной машиной с учетом приведенной массы трактора, определяют силу сопротивления рабочей машины по формуле

$$P_c = M_т \cdot \left(dV/dt\right)_{xx} - M_т \cdot \left(dV/dt\right)_{раб} - M_{схм} \cdot \left(dV/dt\right)_{раб}$$

где $\left(dV/dt\right)_{xx}$ - ускорение трактора при разгоне без нагрузки;

$\left(dV/dt\right)_{раб}$ - ускрение трактора при разгоне с сельскохозяйственной машиной;

$M_{схм}$ - приведенная масса сельскохозяйственной машины.

Ускорения трактора при его разгоне без нагрузки и с сельскохозяйственной машиной связаны с соответствующими угловыми ускорениями коленчатого вала двигателя зависимостями

$$\left(dV/dt\right)_{xx} = \frac{\left(d\omega/dt\right)_{xx} \cdot r_к \cdot (1-\delta)}{i_{тр}}$$

$$\left(dV/dt\right)_{раб} = \frac{\left(d\omega/dt\right)_{раб} \cdot r_к \cdot (1-\delta)}{i_{тр}}$$

где $\left(d\omega/dt\right)_{xx}$ - угловое ускорение коленчатого вала двигателя при разгоне трактора без нагрузки;

$\left(d\omega/dt\right)_{раб}$ - угловое ускорение коленчатого вала двигателя при разгоне трактора с сельскохозяйственной машиной;

δ - коэффициент буксования ходового аппарата трактора.

Коэффициент буксования ходового аппарата трактора δ определяется по тяговой характеристике трактора на соответствующем фоне на соответствующей передаче при заданной частоте вращения коленчатого вала двигателя или измеряется одновременно.

(57) Формула изобретения

Способ определения силы сопротивления рабочих машин, включающий измерение силы взаимодействия трактора и рабочих машин за счет того, что при движении трактора путем снижения подачи топлива достигают минимальной частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту, мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной, при достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора без нагрузки и при движении трактора с рабочей машиной измеряют угловые ускорения коленчатого вала, отличающийся тем, что дополнительно при движении трактора без нагрузки и догруженного известной эталонной массой при максимальной частоте вращения коленчатого вала отключают подачу топлива и в процессе выбега при достижении номинальной частоты вращения измеряют отрицательные угловые ускорения коленчатого вала, что позволит определить приведенную массу трактора по формуле

$$M_т = \frac{M_{эт} \cdot \left(\left(-dV/dt\right)_{эт} + g \cdot f\right)}{\left(-dV/dt\right)_{xx} - \left(-dV/dt\right)_{эт}}$$

где $M_{эт}$ - дополнительная (эталонная) масса, которой догружается трактор;

$\left(-dV/dt\right)_{xx}$ - отрицательное ускорение трактора при выбеге без нагрузки;

$\left(-{}^{dV}/_{dt}\right)_{эт}$ - отрицательное ускорение трактора при выбеге с дополнительной (эталонной) массой;

g - ускорение свободного падения;

f - коэффициент сопротивления перекатывания трактора;

$$\left(-{}^{dV}/_{dt}\right)_{xx} = \frac{\left(-{}^{d\omega}/_{dt}\right)_{xx} \cdot r_к}{i_{тр}}$$

$$\left(-{}^{dV}/_{dt}\right)_{эт} = \frac{\left(-{}^{d\omega}/_{dt}\right)_{эт} \cdot r_к}{i_{тр}}$$

где $\left(-{}^{d\omega}/_{dt}\right)_{xx}$ - отрицательное угловое ускорение коленчатого вала двигателя при выбеге без нагрузки;

$\left(-{}^{d\omega}/_{dt}\right)_{эт}$ - отрицательное угловое ускорение коленчатого вала двигателя при выбеге с дополнительной (эталонной) массой;

$r_к$ - радиус качения (ходового аппарата);

$i_{тр}$ - общее передаточное число трансмиссии;

чтобы по полученному значению приведенной массы трактора определить силу сопротивления рабочей машины.

Приложение Б

Стандарты

Б1

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54783— 2011

Испытания сельскохозяйственной техники

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2012

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным научным учреждением «Российский научно-исследовательский институт по испытанию сельскохозяйственных технологий и машин» (ФГНУ «РосНИИТиМ»)

2 ВНЕСЕН Министерством сельского хозяйства Российской Федерации

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 995-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2012

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Виды и цели испытаний 2
5 Типовая программа испытаний 3
6 Порядок приемки изделия на испытания 4
7 Подготовка изделия к испытаниям 4
8 Порядок проведения испытаний 5
9 Оформление результатов испытаний 5
Приложение А (обязательное) Форма рабочей программы-методики 7
Приложение Б (обязательное) Перечень документации, предоставляемой с изделием на испытания 9
Приложение В (обязательное) Формы актов приемки и обкатки изделия 10
Приложение Г (рекомендуемое) Номенклатура оценочных показателей по видам оценок 12
Библиография 19

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Испытания сельскохозяйственной техники

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Testing of agricultural machinery. Basic principles

Дата введения — 2012—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на тракторы, самоходные сельскохозяйственные машины, прицепы и полуприцепы тракторные, машины (прицепные, полуприцепные, навесные, полунавесные, монтируемые), на оборудование для растениеводства и животноводства, технологические комплексы и механизированные линии по послеуборочной обработке и хранению урожая, для переработки сельскохозяйственного сырья, для лесного хозяйства, на приспособления, оборудование и их составные части (в дальнейшем изделия) и устанавливает виды, цели испытаний и типовую программу испытаний, правила приемки и подготовку изделия к испытанию, порядок проведения и оформления результатов испытаний.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 12.1.019—2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ Р 41.86—99 (Правила ЕЭК ООН № 86) Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения сельскохозяйственных и лесных тракторов в отношении установки устройств освещения и световой сигнализации

ГОСТ Р 51920—2002 Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Внешний шум. Нормы и методы оценки

ГОСТ Р 52489—2005 (ИСО 7724-1:1984) Материалы лакокрасочные. Колориметрия. Часть 1. Основные положения

ГОСТ Р 52746—2007 Прицепы и полуприцепы тракторные. Общие технические требования

ГОСТ Р 52777—2007 Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки

ГОСТ Р 52778—2007 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки

ГОСТ Р 53055—2008 Машины сельскохозяйственные и лесохозяйственные с электроприводом. Общие требования безопасности

ГОСТ Р 53056—2008 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки

ГОСТ Р 53489—2009 Система стандартов безопасности труда. Машины сельскохозяйственные навесные и прицепные. Общие требования безопасности

ГОСТ Р 54784—2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки технических параметров

ГОСТ Р МЭК 60204-1—2007 Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования

Издание официальное

ГОСТ 2.601—2006 Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы

ГОСТ 12.1.004—91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.005—88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.2.002—91 Система стандартов безопасности труда. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности

ГОСТ 12.2.003—91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.0—75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.019—2005 Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.042—91 Система стандартов безопасности труда. Машины и технологическое оборудование для животноводства и кормопроизводства. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.120—2005 Система стандартов безопасности труда. Кабины и рабочие места операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности

ГОСТ ИСО 14269-2—2003 Тракторы и самоходные машины для сельскохозяйственных работ и лесоводства. Окружающая среда рабочего места оператора. Часть 2. Метод испытаний и характеристики систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

ГОСТ ИСО 14269-5—2003 Тракторы и самоходные машины для сельскохозяйственных работ и лесоводства. Окружающая среда рабочего места оператора. Часть 5. Метод испытания системы герметизации

ГОСТ 16504—81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 24444—87 Оборудование технологическое. Общие требования монтажной технологичности

ГОСТ 27388—87 Эксплуатационные документы сельскохозяйственной техники

ГОСТ 31191.1—2004 (ИСО 2631-1:1997) Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования

ГОСТ 31192.2—2005 (ИСО 5349-2:2001) Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Требования к проведению измерений на рабочих местах

ГОСТ 31319—2006 (ЕН 14253:2003) Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 16504, а также следующий термин с соответствующим определением:

3.1 испытания: Экспериментальное определение качественных и количественных характеристик изделия при его функционировании.

4 Виды и цели испытаний

4.1 Испытательные организации (испытательные центры — ИЦ) проводят следующие основные виды испытаний изделий:

- приемочные;
- квалификационные;
- типовые;

- периодические;
- предварительные.

Испытательные организации могут проводить и другие виды испытаний по соглашению сторон.

4.1.1 Приемочные испытания проходят опытные образцы изделий на соответствие техническому заданию (ТЗ) или проекту технических условий (ТУ) и нормативной документации (НД) по стандартизации для определения целесообразности постановки их на производство.

4.1.2 Квалификационные испытания проходят образцы изделий установочной серии или первой промышленной партии на соответствие ТУ и НД с целью оценки готовности предприятия к выпуску продукции данного типа.

4.1.3 Типовые испытания проходят усовершенствованные, модернизированные образцы изделий на соответствие требованиям ТУ для оценки эффективности и целесообразности изменений, внесенных в конструкцию или технологический процесс.

4.1.4 Периодические испытания проходят образцы изделий серийного производства на соответствие ТУ и НД с целью контроля стабильности качества продукции и возможности продолжения ее выпуска.

4.1.5 Предварительные испытания проходят новые экспериментальные образцы для определения показателей качества на соответствие ТЗ и для решения вопроса о целесообразности предъявления изделия на приемочные испытания.

4.2 Испытания проводят в условиях реальной эксплуатации изделий или максимально приближенных к ним в пределах значений, оговоренных технической документацией на изделие.

4.3 Испытания конкретных видов изделий проводят в соответствии с методами, изложенными в национальных стандартах, стандартах организации и руководящих документах.

5 Типовая программа испытаний

5.1 Типовая программа испытаний включает виды оценок в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 — Типовой перечень оценок, выполняемых при испытаниях изделия

Вид оценки	Вид испытаний				
	Приемочные	Квалификационные	Типовые	Периодические	Предварительные
1 Технических параметров (техническая экспертиза)	+	+	+	+	+
2 Функциональных показателей	+	—	+	—	+
3 Энергетическая	+	+	+	—	+
4 Безопасности и эргономичности конструкции изделия	+	+	+	+	+
5 Эксплуатационно-технологическая	+	+	+	+	+
6 Надежности	+	+	+	+	+
7 Экономическая	+	—	+	—	—

Примечания

1 Знак «+» означает — оценка проводится, знак «—» — не проводится.

2 Типовые испытания, как правило, проводят по специальной программе, включающей виды оценок, на которые повлияли изменения конструкции изделия.

5.2 На основании типовой программы испытательная организация составляет рабочую программу-методику для испытания конкретного изделия, в которой с учетом его особенностей указывает перечень определяемых показателей по каждому виду оценки, режимы, условия и место испытаний, средства измерений и оборудование, обеспечивающие точность, достоверность и воспроизводимость результатов испытаний.

Форма рабочей программы-методики приведена в приложении А.

5.2.1 В рабочую программу-методику в зависимости от целей и задач испытаний должны быть включены показатели, предусмотренные ТЗ или ТУ и другой НД, и даны ссылки на стандарты, в которых изложены методы их определения.

5.2.2 Если номенклатура показателей в технической документации недостаточна для принятия решения по результатам испытаний и разработчик не предоставил недостающие показатели, то рабочую программу-методику дополняют необходимыми показателями в зависимости от назначения и принципа действия изделия (раздел А.2, приложение А).

5.2.3 В рабочую программу-методику испытаний зарубежной техники, предоставленной без ТЗ или ТУ, включают определение показателей, предусмотренных национальными стандартами общих технических требований и ТУ на машины аналогичного назначения, а также требованиями отечественных технологий.

5.2.4 Рабочая программа-методика согласовывается с представителем предприятия-изготовителя или разработчика изделия и утверждается руководителем испытательной организации.

6 Порядок приемки изделия на испытания

6.1 Изделие предоставляют на испытания не позднее чем за 15 дней до наступления агротехнических сроков выполнения работ с документацией согласно приложению Б.

6.2 Изделие принимают специалисты испытательной организации при участии представителя разработчика (изготовителя).

6.3 При приемке изделия проверяют комплектность его поставки в соответствии с технической документацией.

6.4 Досборку или монтаж изделия, поступившего отдельными упаковочными местами, проверку и оценку его сохранности при транспортировании, а также определение трудоемкости сборочных работ проводят по действующей НД [1].

6.5 Предварительную оценку безопасности конструкции выполняют внешним осмотром изделия в процессе приемки. При этом должно быть проверено:

а) наличие:

- видимых течей рабочих жидкостей через уплотнения, повреждений деталей, арматуры, декоративных изделий;
- блокировок, средств сигнализации;
- ограждения опасных узлов и механизмов;
- надписей по технике безопасности;
- мест и устройств для зачаливания;
- устройств, предохраняющих деформацию кабины изделия при опрокидывании;
- лестниц, площадок для ног и ограждений сидений;

б) безопасность входа и выхода с рабочего места;

в) уровень заполнения емкостей рабочими жидкостями.

Работоспособность блокировок, средств сигнализации и ограждений проверяют на холостом ходу.

6.6 По результатам предварительной оценки безопасности к испытаниям не допускают изделия, в конструкции которых имеются несоответствия требованиям безопасности, представляющие реальную угрозу для жизни и здоровья обслуживающего персонала.

6.7 Акт приемки изделия на испытания составляют по форме В.1 (приложение В).

7 Подготовка изделия к испытаниям

7.1 При подготовке изделия к испытаниям необходимо соблюдать следующие требования:

- техническое состояние изделия должно отвечать требованиям ТЗ (или ТУ) и руководству по эксплуатации;
- изделие должно быть сагрегатировано с соответствующими энергетическими средствами, удовлетворять требованиям безопасности;
- энергетические средства и электроприводы сельскохозяйственных агрегатов должны соответствовать нормативам, установленным технической документацией на конкретные типы изделий;
- техническое и технологическое обслуживание агрегатов следует проводить персоналом с использованием технических средств, предусмотренных руководством по эксплуатации;

- до начала испытаний изделие должно быть обкатано и отрегулировано в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.2 Продолжительность обкатки должна соответствовать требованиям руководства по эксплуатации, но составлять не менее 0,5 ч основного времени, если в руководстве время не указано.

Результаты обкатки изделия оформляют по форме В.2 (приложение В).

7.3 Рабочую программу-методику составляют по 4.2.

7.4 Место проведения испытаний выбирает испытательная организация.

7.5 Оценку монтажной технологичности проводят по ГОСТ 24444.

7.6 Средства измерений и испытательное оборудование должны соответствовать правилам и [2], [3].

8 Порядок проведения испытаний

8.1 Оценка технических параметров изделия

Оценку технических параметров изделия проводят по ГОСТ Р 54784.

8.2 Оценка функциональных показателей

8.2.1 Оценку функциональных показателей проводят по стандартам на методы испытания конкретных типов изделий.

8.2.2 Перечень определяемых показателей устанавливают в рабочей программе-методике в соответствии с 4.2.

8.3 Энергетическая оценка

Номенклатуру показателей и методы энергетической оценки определяют по ГОСТ Р 52777.

8.4 Оценка безопасности и эргономичности изделия

8.4.1 Номенклатура основных оценочных показателей, в зависимости от типа испытуемого изделия, представлена в таблицах Г.1, Г.2 (приложение Г).

8.4.2 Оценку безопасности и эргономичности изделий в зависимости от типа изделий проводят по ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.005, ГОСТ Р 12.1.019, ГОСТ 12.2.002, ГОСТ ИСО 14269-2, ГОСТ ИСО 14269-5, ГОСТ 31319, ГОСТ 31191.1, ГОСТ 31192.2, ГОСТ Р 52489, ГОСТ Р МЭК 60204-1, ГОСТ Р 41.86, ГОСТ Р 51920, ГОСТ Р 52746 на соответствие ТЗ или ТУ, техническим регламентам, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.019, ГОСТ 12.2.042, ГОСТ Р 53055, ГОСТ Р 53056, ГОСТ Р 53489, ГОСТ 12.2.120, правилам [4].

8.5 Оценка надежности

8.5.1 Испытания на надежность проводят в условиях реальной эксплуатации или ускоренно по действующей НД [5]. Перечень определяемых показателей устанавливают в рабочей программе-методике в соответствии с 4.2.

8.5.2 Номенклатура показателей надежности приведена в таблице Г.3 (приложение Г).

8.6 Эксплуатационно-технологическая оценка

8.6.1 Номенклатуру показателей и методы эксплуатационно-технологической оценки устанавливают по ГОСТ Р 52778.

8.6.2 Условия испытаний, виды работ должны соответствовать требованиям ТЗ или ТУ.

8.7 Экономическая оценка

Номенклатуру показателей и методы экономической оценки определяют по ГОСТ Р 53056.

9 Оформление результатов испытаний

9.1 По результатам испытаний изделий оформляют протокол по установленной форме, который должен содержать объем информации, достаточный для оценки результатов испытаний и подготовки выводов по испытуемому изделию.

9.2 Протокол испытаний должен включать:

- введение (заводские номера испытуемых изделий, год изготовления, дату поступления на испытания, объем работы, особенности испытаний);

- характеристику испытуемого изделия (назначение, краткое техническое описание, техническую характеристику, особенности конструкции);

- условия испытаний;
- результаты испытаний по каждому виду оценки и их анализ;
- заключение и выводы по результатам испытаний.

В приложении к протоколу приводят перечень отказов изделия за период испытаний и используемых средств измерений.

9.3 Протокол испытаний подписывается руководителем испытательной организации, главным инженером, заведующим ведущей лаборатории, ведущим инженером и согласовывается с представителем организации разработчика (изготовителя).

Приложение А
(обязательное)

Форма рабочей программы-методики

_____
наименование испытательной организации

_____
наименование лаборатории, проводящей испытания

_____

Ведущий инженер _____

_____

_____

Код ОКП _____

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель испытательной организации

_____
подпись, фамилия, инициалы

«___» _____

СОГЛАСОВАНО*

Рабочая программа-методика испытаний

_____
вид испытаний

_____
наименование и марка изделия

Изготовитель _____

Срок поступления изделия: план _____ фактически _____

Срок проведения испытания: начало _____ окончание _____

Планируемая наработка _____

Срок предоставления протокола _____

Срок сдачи протокола на оформление _____

Цель испытаний _____

Аналог для сравнения _____

Место проведения испытаний _____

Агрегатирование _____

Условия проведения испытаний (по ТЗ или ТУ) _____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

* Согласование проводят с вышестоящей организацией при испытании изделия по специальной (сокращенной) программе.

А.1 Определяемые показатели

Наименование показателя	Значение показателя по ТЗ, ТУ, НД	Метод определения (ГОСТ, СТО АИСТ и др.)	Средство измерения, его погрешность	Исполнитель

А.2 Дополнительные показатели

Наименование показателя	Значение показателя по ТЗ, ТУ, НД	Метод определения (ГОСТ, СТО АИСТ и др.)	Средство измерения, его погрешность	Исполнитель

Главный инженер (зам. руководителя испытательной организации) _____
подпись, фамилия, инициалы

Руководитель отдела (лаборатории) _____
подпись, фамилия, инициалы

Ведущий инженер _____
подпись, фамилия, инициалы

Метролог _____
подпись, фамилия, инициалы

_____
подписи, фамилии, инициалы руководителей подразделений, которые будут участвовать в испытаниях

СОГЛАСОВАНО:
Представитель предприятия-изготовителя (разработчика) _____
подпись, фамилия, инициалы

Приложение Б
(обязательное)

Перечень документации, предоставляемой с изделием на испытания

Б.1 С опытным образцом изделия в испытательную организацию предоставляют следующую техническую документацию:

- комплект сборочных чертежей изделия и его составных частей;
- схемы*: монтажные — электрическая, гидравлическая, пневматическая;
  принципиальные — технологическая, кинематическая, электрическая;
- копию ТЗ или заменяющей его НД;
- проект ТУ;
- протокол предварительных (заводских) испытаний с заключением о соответствии изделия требованиям ТЗ;
- руководство по эксплуатации, включающее техническое описание и инструкцию по эксплуатации, техническому обслуживанию, монтажу, пуску, регулировке и обкатке изделия на месте его применения по ГОСТ 2.601, ГОСТ 27388;
- графики характеристик двигателей внутреннего сгорания, электродвигателей, насосов, компрессоров и других изделий в соответствии со стандартами на методы испытаний;
- перечень изменений, внесенных в конструкцию изделия по сравнению с ранее испытанным образцом;
- проект цены изделия на момент проведения испытаний;
- проект оптовой цены изделия;
- строительно-монтажную документацию;
- технический ресурс изделия.

По требованию испытательной организации должна предоставляться карта микрометража основных изнашиваемых деталей.

Б.2 С серийными образцами в испытательную организацию предоставляют следующую документацию:

- технический паспорт;
- ТУ;
- руководство по эксплуатации, включающее техническое описание и инструкцию по эксплуатации, техническому обслуживанию, монтажу, пуску, регулировке и обкатке изделия на месте применения по ГОСТ 2.601, ГОСТ 27388;
- мероприятия по устранению недостатков, ранее выявленных при испытаниях и хозяйственной проверке;
- перечень конструкционно-технологических изменений сборочных единиц и деталей с пояснительной запиской;
- комплектовочную ведомость и упаковочный(ые) лист(ы);
- отпускную цену на момент проведения испытаний.

Б.3 По требованию испытательной организации предприятие, поставившее изделие на приемочные испытания, должно предоставить каталог деталей и сборочных единиц по ГОСТ 2.601 и чертежи на любые детали в течение 10 дней со дня получения запроса.

---

* Могут быть предоставлены отдельно или включены в руководство по эксплуатации.

Приложение В
(обязательное)

Формы актов приемки и обкатки изделия

Ф о р м а В.1 — Акт приемки опытного / серийного образца изделия на испытания

Утверждаю
Главный инженер испытательной организации

_____

«___» _____ 20___ г.

1 Место и дата приемки _____
2 Изготовитель изделия _____
3 Наименование и марка изделия _____ код ОКП _____
4 Заводской номер _____
5 Марка и номер двигателя _____
6 Получено (в собранном или разобранном виде) _____
7 Число мест _____
8 Комплектность изделия _____
9 Внешнее состояние изделия _____
качество окраски, наружные повреждения,
_____
коррозия, качество монтажа и т. д.
10 Соответствие требованиям безопасности _____
_____
_____
_____
11 Отказы, дефекты и повреждения, выявленные при проверке на холостом ходу (стуки, шумы и т.д.)
_____
_____
12 Комплектность инструмента и запасных частей _____
13 Комплектность документации _____
паспорт, руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию)
_____
14 Общая оценка и заключение о приемке изделия _____
_____
_____
15 Хозяйственный номер изделия _____

Руководитель отдела (лаборатории) _____
подпись, фамилия, инициалы

Ведущий инженер _____
подпись, фамилия, инициалы

Инженер по оценке безопасности конструкции _____
подпись, фамилия, инициалы

Представитель предприятия-
изготовителя (или разработчика) _____
подпись, фамилия, инициалы

Ф о р м а В.2 — Акт обкатки изделия

Наименование и марка изделия _____

Заводской номер: изделия _____

двигателя _____

Дата начала обкатки _____

Наработка (показания мотосчетчика) на начало (окончание) обкатки _____

Механизатор _____

Ответственный за обкатку _____

Дата обкатки	Режим и условия обкатки (показания регистрирующих приборов)	Время работы на передачах (режимах), ч	Продолжительность обкатки на каждой передаче (режиме), ч	Замеченные дефекты и повреждения	Способ устранения дефектов и повреждений
1	2	3	4	5	6

Заключение (анализ результатов, замечания по обкатке агрегатов и систем) _____

_____

_____

_____

_____

Руководитель отдела (лаборатории) _____

подпись, фамилия, инициалы

Ведущий инженер _____

подпись, фамилия, инициалы

Механизатор _____

подпись, фамилия, инициалы

Представитель предприятия-изготовителя (или разработчика) _____

подпись, фамилия, инициалы

Приложение Г
(рекомендуемое)

Номенклатура оценочных показателей по видам оценок

Таблица Г.1 — Номенклатура основных оценочных показателей безопасности и эргономичности конструкции мобильных изделий

Наименование показателя	Тип изделия											
	Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные	Жатки рядковые самоходные, комбайны зерноуборочные, машины для уборки подсолнечника и льна и сахарной самоходные	Комбайны кукурузоуборочные, картофелеуборочные и свеклоуборочные, машины для уборки корнеплодов	Машины полунавесные и прицепные, полунавесные и навесные, монтируемые	Сеялки тракторные, сажалки	Разбрасыватели органических удобрений	Машины для внесения минеральных удобрений	Опрыскиватели и протравливатели аппараты	Погрузчики сельскохозяйственные	Прицепы и полуприцепы тракторные	Машины и оборудование для разделки корма	Косилки тракторные, косилки-плющилки, косилки-измельчители, комбайны силосоуборочные	Средства транспортные специальные и тракторы технологические для животноводства и кормопроизводства
1 Общие требования к безопасности конструкции узлов и агрегатов, специфические требования к изделию	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Требования к обеспечению безопасности при монтаже, транспортировании и хранении	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Цвета сигнальные и знаки безопасности	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4 Требования к средствам доступа на рабочее место	+	+	+	+ [1)]	+ [1)]	+	+ [1)]	+ [1)]	—	—	+	+	+
5 Наличие предупреждающих надписей и знаков безопасности	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6 Требования к системе символов для обозначения органов управления и средств отображения информации	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7 Требования к наличию и конструкции защитных ограждений	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8 Требования к системе блокировки и предупредительной сигнализации	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Продолжение таблицы Г.1

Наименование показателя	Тип изделия													
	Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные	Жатки рядковые самоходные, комбайны зерноуборочные, машины для уборки проса и риса в сарах самоходные	Комбайны кукурузоуборочные, картофелеуборочные и свеклоуборочные, машины для уборки корнеплодов	Машины полуприцепные и прицепные, полунавесные и навесные, монтируемые	Сеялки тракторные, сажалки	Разбрасыватели органических удобрений	Машины для внесения минеральных удобрений	Опрыскиватели и запромывные аппараты	Погрузчики сельскохозяйственные	Прицепы и полуприцепы тракторные	Машины и оборудование для разделки корма	Косилки тракторные, косилки-плющилки, косилки-измельчители, косилки силосоуборочные	Средства транспортные специальные и тракторы технологические для животноводства и кормопроизводства
9 Требования к обеспечению безопасности операций по очистке	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10 Требования к исключению возможности самопроизвольного включения (выключения) рабочих органов	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11 Требования к обзорности зон наблюдения	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12 Пожаробезопасность	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+
13 Взрывобезопасность	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+
14 Безопасность присоединения	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15 Статическая устойчивость	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+
16 Нагрузка на управляемые колеса	+	+	+	+ [2]	+ [2]	+ [2]	+ [2]	+ [2]	+	+ [2]	+	+	+
17 Требования к наличию внешних световых приборов, их расположению	+	+	+	+ [3]	+ [3]	+ [3]	+ [3]	+ [3]	+ [3]	+	+	+	+
18 Требования к освещенности рабочих зон	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
19 Эффективность действия тормозных систем	+	+	+	+	—	—	+	+	+	+	+	+	+
20 Люфт рулевого колеса	+	+	+	—	—	—	—	+ [4]	+	—	—	—	+
21 Требования к оборудованию кабин	+	+	+	+ [5]	—	—	—	+ [5]	—	—	—	+ [5]	+ [5]

Продолжение таблицы Г.1

Наименование показателя	Тип изделия																		
	Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные	Жатки рядковые самоходные, комбайны зерноуборочные, машины для уборки проса и проса в сидах самоходные	Комбайны кукурузоуборочные, картофелеуборочные и свеклоуборочные, машины для уборки корнеплодов	Машины полунрицепные и прицепные, полунавесные и навесные, манипуляные	Сеялки тракторные, сажалки	Разбрасыватели органических удобрений	Машины для внесения минеральных удобрений	Опрыскиватели и зароснительные аппараты	Погрузчики сельскохозяйственные	Прицепы и полуприцепы тракторные	Машины и оборудование для разгрузки кормов	Косилки тракторные, косилки-плющилки, косилки-измельчители, комбайны силосоуборочные	Средства транспортные специальные и тракторы технологические для животноводства и кормопроизводства					
22 Рабочее пространство для оператора	+	+	+	+[5]	+	+	+	+[5]	+	+	+	+	+						
23 Размеры и расположение органов управления	+	+	+	+[5]	+	+	+	+[5]	+	+	+	+	+						
24 Силы сопротивления перемещению органов управления и регулировки	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
25 Требования к сидению оператора	+	+	+	+[5]	—	—	—	+[5]	—	—	—	—	—						
26 Температура воздуха на рабочем месте оператора	+	+	+	+[5]	+[6]	—	—	+[5]	—	—	—	—	—						
27 Относительная влажность воздуха на рабочем месте оператора	+	+	+	+[5]	+[6]	—	—	+[5]	—	—	—	—	—						
28 Скорость движения воздуха на рабочем месте оператора	+	+	+	+[5]	+[6]	—	—	—	—	—	—	—	—						
29 Концентрация пыли в зоне дыхания оператора	+	+	+	+[5]	+	—	—	—	—	—	—	—	+						
30 Концентрация окиси углерода в зоне дыхания оператора	+	+	+	+[5]	—	—	—	—	—	—	—	—	+						
31 Уровень звука, шума на рабочем месте оператора	+	+	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—	+						
32 Уровень звука внешнего шума	+[7]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+[7]						

Окончание таблицы Г.1

Наименование показателя	Тип изделия									
	Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные	Жатки рядковые самоходные, комбайны зерноуборочные, машины для уборки подсолнечника и льна в сборе самоходные	Комбайны кукурузоуборочные, картофелеуборочные и свеклоуборочные, машины для уборки корнеплодов	Машины полуприцепные и прицепные, полуприцепные и навесные, монтируемые	Сеялки тракторные, сажалки	Разбрасыватели органических удобрений	Машины для внесения минеральных удобрений	Опрыскиватели и аэрозольные аппараты	Погрузчики сельскохозяйственные	Прицепы и полуприцепы тракторные
33 Общая вибрация на рабочем месте оператора	+	+	+	—	+	—	—	+	—	—
34 Локальная вибрация на рабочем месте оператора	+	+	+	—	+	—	—	+	—	—

Наименование показателя	Тип изделия		
	Машины и оборудование для разделки корнеклубнеплодов	Косилки тракторные, косилки-плющилки, косилки-измельчители, комбайны силосоуборочные	Средства транспортные специальные и тракторы технологические для животноводства и кормопроизводства
33 Общая вибрация на рабочем месте оператора	—	+	+
34 Локальная вибрация на рабочем месте оператора	—	+	+

1) Оценивают удобство доступа к местам заправки и обслуживания (очистки и т. п.).
2) Для прицепных машин не определяется.
3) Оценивается наличие дублирующих световых сигналов, если машина в транспортном положении закрывает приборы световой сигнализации энергосредства.
4) Для самоходных опрыскивателей.
5) Только для машин, оборудованных кабиной.
6) Для сажалок, оборудованных рабочим местом.
7) Только для колесных тракторов.

Примечание — Знак «+» означает —показатель определяют; знак «—» — не определяют.

Таблица Г.2 — Показатели безопасности и эргономичности конструкции стационарных машин

Наименование показателя	Тип изделия												
	Установки для сушки табака	Машины с.-х. с электроприводом, линии первичной обработки с.-х. продукции, в т. ч. электростатическая комплексы	Машины для строительства комплексов, подъема и очистки валов на фермах	Машины для разделки корнов	Машины и оборудование для доения и транспортирования молока	Машины и оборудование для первичной обработки молока	Машины и оборудование для ухода за животными и очистки животноводческих помещений, оборудование для отопления и регулирования микроклимата, электрообогреватели, теплогенераторы, электроизгороди, электропастухи	Машины и оборудование для стрижки животных и первичной обработки шерсти	Машины и оборудование для вирощивания и содержания птицы	Машины и оборудование для заготовки консервированных и сочных кормов	Кормоприборники, измельчители корнов, смесители кормов	Запарники-смесители, котлы-парообразователи	Транспортеры для животноводческих и птицеводческих ферм
1 Общие требования к безопасности конструкции узлов и агрегатов, специфические требования к машине	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Требования к обеспечению безопасности при монтаже, транспортировании и хранении	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Цвета сигнальные и знаки безопасности	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4 Требования к средствам доступа на рабочее место	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5 Наличие предупреждающих надписей и знаков безопасности	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6 Требования к системе символов для обозначения органов управления и средств отображения информации	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7 Требования к наличию и конструкции защитных ограждений	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8 Требования к системе блокировки и предупредительной сигнализации	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9 Требования к обеспечению безопасности операций по очистке	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Продолжение таблицы Г.2

Наименование показателя	Тип изделия												
	Установки для сушки табака	Машины с.-х. с электроприводом, линии первичной обработки с.-х. продуктов, в т. ч. зерноочистительно-сушильные комплексы	Машины для стригальных холодцов, подъема и очистки волы на фермах	Машины для разлачи кормов	Машины и оборудование для доения и транспортирования молока	Машины и оборудование для первичной обработки молока	Машины и оборудование для ухода за животными и очистки животноводческих помещений, оборудование для отопления и регулирования микроклимата, электроветеринарии, электроизгороди, электропастухи	Машины и оборудование для стрижки животных и первичной обработки шерсти	Машины и оборудование для выращивания и содержания птицы	Машины и оборудование для заготовки консервированных и сочных кормов	Кормоцдробилки, измельчители кормов, смесители кормов	Запарники-смесители, котлы-парообразователи	Транспортеры для животноводческих и птицеводческих ферм
10 Требования к исключению возможности самопроизвольного включения (выключения) рабочих органов	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11 Требования к обзорности зон наблюдения	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12 Электробезопасность	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13 Радиопомехи	+	+	+	—	—	+	+	—	+	+	+	+	—
14 Биологическая безопасность	—	—	—	+	—	+	+	—	+	—	—	—	—
15 Пожаробезопасность	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	+	+	+
16 Взрывобезопасность	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	+	—	—
17 Требования к наличию внешних световых приборов, их расположению	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18 Требования к освещенности рабочих зон	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19 Эффективность действия тормозных систем	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20 Рабочее пространство для оператора	+	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—

Окончание таблицы Г.2

Наименование показателя	Тип изделия												
	Установки для сушки табака	Машины с.-х. с электроприводом, линии первичной обработки с.-х. продукции, в т. ч. звукоизолированные кабины	Машины для строительства комодиев, подъема и очистки воды на фермах	Машины для раздачи корма	Машины и оборудование для доения и транспортирования молока	Машины и оборудование для первичной обработки молока	Машины и оборудование для ухода за животными и очистки животноводческих помещений, оборудование для освещения и регулирования микроклимата, электровентиляторы, теплогенераторы, электроизгороди, электропастухи	Машины и оборудование для стрижки животных и первичной обработки шерсти	Машины и оборудование для вырацивания и содержания птицы	Машины и оборудование для заготовки консервированных и сочных кормов	Кормоприготовления, измельчители кормов, смесители кормов	Загрузчики-смесители, котлы-парообразователи	Транспортеры для животноводческих и птицеводческих ферм
21 Размеры и расположение органов управления	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
22 Силы сопротивления перемещению органов управления и регулировки	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
23 Температура воздуха на рабочем месте оператора	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24 Относительная влажность воздуха на рабочем месте оператора	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25 Концентрация пыли в зоне дыхания оператора	+	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	—
26 Концентрация окиси углерода в зоне дыхания оператора	+	+*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27 Уровень звука, шума на рабочем месте оператора	+	+	—	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+
28 Общая вибрация на рабочем месте оператора	—	+	—	+	—	—	+	+	—	—	+	—	—

* Для сушилок.

Примечание — Знак «+» означает — показатель определяют; знак «—» — не определяют.

Таблица Г.3 — Номенклатура показателей надежности

Наименование показателя	Вид испытаний				
	приемочные	квалификационные	типовые	периодические	предварительные
Наработка на отказ, ч	+	+	+	+	+
Наработка на отказ I, II, III групп сложности, ч	+	+	+	+	+
Трудоемкость ежесменного технического обслуживания (оперативная трудоемкость ежесменного технического обслуживания), чел.-ч	+	+	—	—	+
Удельная суммарная трудоемкость технических обслуживаний (удельная суммарная оперативная трудоемкость технических обслуживаний), чел.-ч	+	+	—	—	—
Удельная суммарная трудоемкость текущих ремонтов (удельная суммарная оперативная трудоемкость текущих ремонтов), чел.-ч	+	+	+	+	—
Коэффициент готовности: - с учетом организационного времени - по оперативному времени	+ +	+ +	+ +	+ +	— —
Перечень отказов и повреждений (помещают в приложении к протоколу)	+	+	+	+	+

Примечания

1 Знак «+» означает: показатель определяют; знак «—» — не определяют.

2 При типовых испытаниях показатели приспособленности к техническому обслуживанию оценивают, если внесенные изменения в конструкцию или технологию изготовления оказывают на них влияние.

Библиография

[1] СТО АИСТ 2.21—2007 Испытания сельскохозяйственной техники. Монтажепригодность. Номенклатура показателей и методы оценки

[2] Правила по метрологии ПР 50.2.006—94 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений

[3] Правила по метрологии ПР 50.2.009—94 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений

[4] СП 4282—87 Санитарные правила по устройству тракторов и сельскохозяйственных машин

[5] СТО АИСТ 2.8—2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Надежность. Методы оценки показателей

УДК 631.3.001.8(083.744) ОКС 65.060 Г99

Ключевые слова: испытания, технические условия, техническое задание, стандарт, вид испытаний, вид оценки, сельскохозяйственная техника, протокол

Редактор *Е.Г. Кузнецова*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *В.Г. Гришунина*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 14.02.2012. Подписано в печать 11.03.2012. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Ариал. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,20. Тираж 99 экз. Зак. 210.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

Б2

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 52777— 2007

ТЕХНИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ

Методы энергетической оценки

Издание официальное

БЗ 8—2005/163

Москва
Стандартинформ
2008

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным научным учреждением «Российский научно-исследовательский институт по испытанию сельскохозяйственных технологий и машин» (ФГНУ «РосНИИТиМ»)

2 ВНЕСЕН Министерством сельского хозяйства Российской Федерации

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 ноября 2007 г. № 301-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2008

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Общие положения 2
5 Показатели энергетической оценки и методы их определения 2
Приложение А (рекомендуемое) Формы результатов испытаний 6

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТЕХНИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ

Методы энергетической оценки

Agricultural machinery.
Methods of power estimation

Дата введения — 2008—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на:

- самоходные сельскохозяйственные машины с приводом от двигателя внутреннего сгорания;
- стационарные агрегаты, состоящие из сельскохозяйственных машин, выполняющих технологические операции стационарно с приводом от двигателя внутреннего сгорания или вала отбора мощности трактора, асинхронных электродвигателей;
- сельскохозяйственные машины навесные, полунавесные и прицепные, присоединяемые к трактору.

Стандарт устанавливает номенклатуру энергетических показателей и общие методы их определения при испытаниях вышеперечисленных типов машин.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 7057—2001 Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний

ГОСТ 18509—88 Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний

ГОСТ 20915—75 Сельскохозяйственная техника. Методы определений условий испытаний

ГОСТ 24057—88 Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки машинных комплексов, специализированных и универсальных машин на этапе испытаний

ГОСТ 27388—87 Эксплуатационные документы сельскохозяйственной техники

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **технологическая операция:** Направленное воздействие на почву, растение, сельскохозяйственную продукцию и другой технологический материал с целью достижения заранее намеченного изменения их свойств, состояния или формы.

3.2 **сельскохозяйственная машина:** Машина или орудие, осуществляющие воздействие на почву, растение, сельскохозяйственную продукцию и другой технологический материал.

Издание официальное

3.3 **самоходная сельскохозяйственная машина:** Сельскохозяйственная машина, имеющая в своем составе источник энергии и привод на ходовое устройство и рабочие механизмы.

3.4 **стационарный агрегат:** Сельскохозяйственный агрегат, выполняющий технологические операции стационарно от двигателя внутреннего сгорания (ДВС) или от вала отбора мощности (ВОМ) трактора, асинхронных электрических двигателей.

3.5 **машинно-тракторный агрегат:** Сельскохозяйственный агрегат, состоящий из трактора и присоединяемых к нему сельскохозяйственных машин.

3.6 **трактор:** Самоходная машина на колесном или гусеничном ходу, приводимая в движение установленным на ней двигателем, предназначенная для приведения в действие присоединяемых к ней сельскохозяйственных машин (навесных, прицепных или полунавесных) и привода стационарных машин (агрегатов).

3.7 **энергетическая оценка:** Определение затрат энергии, потребляемой сельскохозяйственной машиной или агрегатом на выполнение технологических операций.

3.8 **технологический цикл:** Совокупность циклически повторяющихся и последовательно совершаемых технологических операций.

4 Общие положения

4.1 Энергетическую оценку сельскохозяйственных машин и агрегатов проводят с целью определения затрат энергии на выполнение технологических операций.

4.2 Энергетическую оценку сельскохозяйственных машин и агрегатов проводят на режимах работы, при которых устойчиво выполняются технологические операции, при этом количество режимов должно устанавливаться стандартами на машины конкретных типов.

4.3 Условия проведения энергетической оценки сельскохозяйственных машин и стационарных агрегатов должны соответствовать техническому заданию (ТЗ), техническим условиям (ТУ), методы определения — по ГОСТ 20915.

4.4 При отсутствии в стандартах на машины конкретных типов вариантов режимов работы энергооценку проводят на режимах, при которых устойчиво выполняется технологический процесс, при этом режимов должно быть не менее трех.

4.5 Средства измерений должны быть поверены или калиброваны в соответствии с требованиями национальных стандартов.

4.6 Результаты испытаний записывают в форму А.1 (приложение А).

5 Показатели энергетической оценки и методы их определения

5.1 Показатели энергетической оценки

5.1.1 При энергетической оценке сельскохозяйственных машин и стационарных агрегатов с приводом от двигателя внутреннего сгорания или трактора определяют следующие показатели:

- часовой расход топлива;
- мощность, потребляемую сельскохозяйственной машиной или стационарным агрегатом;
- удельные энергозатраты;
- тяговое сопротивление навесных, полунавесных и прицепных сельскохозяйственных машин, присоединяемых к трактору;
- мощность, потребляемую на привод рабочих органов навесных, полунавесных и прицепных сельскохозяйственных машин, присоединяемых к трактору.

5.1.2 При энергетической оценке стационарных агрегатов с приводом от асинхронных электрических двигателей определяют следующие показатели:

- активную и реактивную мощности, потребляемые стационарным агрегатом;
- средний коэффициент мощности;
- удельные энергозатраты.

5.2 Величины, измеряемые при испытаниях

5.2.1 Показатели энергетической оценки определяют по результатам измерений, полученных при испытаниях. На каждом режиме работы сельскохозяйственной машины или агрегата должны быть выполнены не менее четырех измерений каждой величины, продолжительностью не менее 20 с.

5.2.2 При определении показателей энергетической оценки самоходной сельскохозяйственной машины или стационарного агрегата с приводом от двигателя внутреннего сгорания или трактора измеряют:

- время измерения;
- количество топлива, израсходованного за время измерения;
- длину пути, пройденного самоходной машиной за время измерения.

5.2.3 При определении показателей энергетической оценки навесных, полунавесных или прицепных сельскохозяйственных машин, присоединяемых к трактору, измеряют:

5.2.3.1 Для сельскохозяйственных машин без привода рабочих органов от трактора:

- время измерения;
- тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины при выполнении технологических операций;
- длину пути, пройденного сельскохозяйственной машиной за время измерения.

5.2.3.2 Для сельскохозяйственных машин с приводом рабочих органов от вала отбора мощности трактора дополнительно:

- крутящий момент вала отбора мощности;
- частоту вращения вала отбора мощности.

5.2.3.3 Для сельскохозяйственных машин с гидравлическим приводом от трактора на рабочие органы дополнительно к показателям по 5.2.3.1:

- расход рабочей жидкости, поступающей в механизмы привода рабочих органов;
- перепад давлений рабочей жидкости между входящей и выходящей линиями гидравлического привода.

5.2.4 Допустимые погрешности измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование показателя	Относительная погрешность измерения
Время измерения	± 0,2 с
Длина пути, пройденная сельскохозяйственной машиной	± 1,0 %
Частота вращения	± 1,0 %
Тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины	± 2,5 %
Количество израсходованного топлива за время измерения	± 1,5 %
Крутящий момент	± 2,5 %
Давление рабочей жидкости	± 2,0 %
Расход рабочей жидкости	± 2,0 %

5.2.5 Информацию о месте и дате испытаний, условиях и режимах работы, марке испытуемой машины, результатах измерений регистрируют на носителе информации или заносят в журнал испытаний.

5.3 Определение мощности, потребляемой самоходной сельскохозяйственной машиной или стационарным агрегатом

5.3.1 Мощность, потребляемая самоходной сельскохозяйственной машиной или стационарным агрегатом с приводом от двигателя внутреннего сгорания или трактора определяют по зависимости эксплуатационной мощности двигателя, машины, трактора от часового расхода топлива, полученной при определении его регуляторной характеристики.

5.3.1.1 Регуляторную характеристику двигателя определяют по ГОСТ 7057 и ГОСТ 18509.

Регуляторную характеристику двигателя следует определять перед проведением испытаний с установленным на сельскохозяйственных машинах или агрегатах устройством для измерения расхода топлива.

5.3.1.2 По регуляторной характеристике и загрузке двигателя внутреннего сгорания более чем 100 % из двух значений мощности, полученных при одинаковом часовом расходе топлива, выбирается то, которое соответствует измеренной частоте вращения коленчатого вала $n_{дв}$.

5.3.1.3 Часовой расход топлива $G_т$, кг/ч, вычисляют по формулам

$$G_т = 3{,}6\,\frac{m_т}{t}, \quad (1)$$

$$G_т = 3{,}6\,\frac{V_т\rho}{t}, \quad (2)$$

где $m_т$ — масса топлива, израсходованного двигателем самоходной сельскохозяйственной машины или трактора за время измерения, г;

t — время измерения, с;

$V_т$ — объем топлива, израсходованного двигателем самоходной сельскохозяйственной машины или трактора за время измерения, см^3;

ρ — плотность топлива при стандартной температуре, г/см^3.

5.3.2 Мощность, потребляемую навесными, полунавесными, прицепными, сельскохозяйственными машинами, присоединяемыми к трактору $N_м$, кВт, вычисляют по формулам:

- для сельскохозяйственных машин без привода рабочих органов от трактора

$$N_м = 10^{-3}Rv, \quad (3)$$

где R — тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, Н;

v — поступательная скорость движения сельскохозяйственной машины, м/с;

- для сельскохозяйственных машин с приводом рабочих органов от вала отбора мощности трактора

$$N_м = 10^{-3}Rv + N_{ВОМ}, \quad (4)$$

где $N_{ВОМ}$ — мощность привода рабочих органов от ВОМ, кВт;

- для сельскохозяйственных машин с гидравлическим приводом от трактора на рабочие органы

$$N_м = 10^{-3}Rv + N_г, \quad (5)$$

где $N_г$ — мощность гидравлического привода на рабочие органы, кВт.

5.3.3 Допускается мощность, потребляемую навесными, полунавесными и прицепными сельскохозяйственными машинами $N_м$, кВт, вычислять по формуле

$$N_м = N_{т.а} - N_{т.с}, \quad (6)$$

где $N_{т.а}$ — мощность, затрачиваемая машинно-тракторным агрегатом при выполнении технологических операций, кВт;

$N_{т.с}$ — мощность, потребляемая на самопередвижение трактора, кВт.

В этом случае при испытаниях дополнительно измеряют:

- частоту вращения коленчатого вала двигателя трактора, с$^{-1}$;

- объем топлива, израсходованного двигателем машинно-тракторного агрегата и трактора при движении его без сельскохозяйственной машины, см^3.

Мощности $N_{т.а}$ и $N_{т.с}$ определяют по величинам часового расхода топлива $G_{т.а}$ и $G_{т.с}$ методом, изложенным в 5.3.1.

5.4 Определение мощности, потребляемой на привод рабочих органов навесных, полунавесных, прицепных сельскохозяйственных машин, присоединяемых к трактору.

5.4.1 Для сельскохозяйственных машин с приводом рабочих органов от ВОМ трактора $N_{ВОМ}$, кВт, вычисляют по формуле

$$N_{ВОМ} = 1{,}047 \cdot 10^{-4} M_{ВОМ}\, n_{ВОМ}, \quad (7)$$

где $M_{ВОМ}$ — крутящий момент на хвостовике вала отбора мощности, Н · м;

$n_{ВОМ}$ — частота вращения хвостовика вала отбора мощности, об/мин.

5.4.2 Для сельскохозяйственных машин с гидравлическим приводом рабочих органов $N_г$, кВт, вычисляют по формуле

$$N_г = \Delta p\, Q_ж, \quad (8)$$

где Δp — перепад давлений между входящей и выходящей гидравлическими линиями привода, МПа;

$Q_ж$ — расход рабочей жидкости, дм^3/с.

5.5 Определение показателей энергетической оценки сельскохозяйственных машин или агрегатов с циклическим режимом работы.

5.5.1 Среднюю мощность за время цикла $N_{м.ср}$, кВт, вычисляют по формуле

$$N_{м.ср} = \frac{\sum_{i=1}^{l} N_{м_i} t_i}{t_ц}, \quad (9)$$

где $N_{м_i}$ — мощность, потребляемая сельскохозяйственной машиной или агрегатом при выполнении технологической операции, кВт;

t_i — время одной технологической операции, с;

$t_ц$ — время технологического цикла, с;

l — число технологических операций в цикле.

5.5.2 Мощность наиболее энергоемкой операции цикла $N_{м_{max}}$, кВт, вычисляют по формуле

$$N_{м_{max}} = N_{м_{i\,max}}. \quad (10)$$

5.6 Поступательную скорость движения сельскохозяйственной машины v, м/с, вычисляют по формуле

$$v = \frac{S}{t}, \quad (11)$$

где S — длина пути, пройденного сельскохозяйственной машиной за время измерения, м.

5.7 Определение тягового сопротивления навесных, полунавесных или прицепных сельскохозяйственных машин, присоединяемых к трактору

5.7.1 Тяговое сопротивление навесных, полунавесных или прицепных сельскохозяйственных машин определяют прямым или косвенным измерением.

5.7.2 При определении мощности, потребляемой сельскохозяйственной машиной, по расходу топлива тяговое сопротивление $R_м$, Н, вычисляют по формуле

$$R_м = 10^3 \frac{(N_{т.а} - N_{вом} - N_{т.с})}{v}. \quad (12)$$

5.7.3 Тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины $R_м$, Н, вычисляют по формуле

$$R_м = R_{т.а} - R_{т.с}, \quad (13)$$

где $R_{т.а}$ — тяговое сопротивление машинно-тракторного агрегата при выполнении технологических операций, Н;

$R_{т.с}$ — тяговое сопротивление трактора при его движении без сельскохозяйственной машины, Н.

5.8 Удельные энергозатраты $E_{уд}$, МДж/га, МДж/т · км, МДж/кг, сельскохозяйственной машины, агрегата вычисляют по формулам:

- для сельскохозяйственных машин и агрегатов с приводом от двигателя внутреннего сгорания или трактора

$$E_{уд} = \frac{N_м}{W_о} 3{,}6, \quad (14)$$

где $W_о$ — производительность машины, агрегата за час основного времени, га/ч;

- для сельскохозяйственных агрегатов с приводом рабочих органов от асинхронных двигателей

$$E_{уд} = \frac{W_{ha}}{M} 3{,}6, \quad (15)$$

где W_{ha} — количество активной энергии, затраченной на выполнение технологического процесса, кВт · ч;

M — масса полученной продукции, кг ($м^3$).

Производительность за час основного времени и массу продукции определяют по ГОСТ 24057.

5.9 Средний коэффициент мощности $\cos \varphi_{ср}$ вычисляют по формуле

$$\cos \varphi_{ср} = \frac{W_{ha}}{\sqrt{W_{ha}^2 + W_{hp}^2}}, \quad (16)$$

где W_{hp} — количество реактивной энергии, квар · ч.

5.10 Результаты испытаний сельскохозяйственных машин или агрегатов по определению показателей энергетической оценки записывают в формы А.1 и А.2 (приложение А).

Приложение А
(рекомендуемое)

Формы результатов испытаний

Ф о р м а А.1 — Показатели, определяемые при энергетической оценке сельскохозяйственных машин с приводом от двигателя внутреннего сгорания или трактора

Наименование показателя	Значение показателя
Режим работы: - скорость движения, км/ч - ширина захвата, м - глубина хода рабочих органов, см - производительность, га/ч (т/ч, т · км/ч) и др. в зависимости от типа машины	
Расход топлива, кг/ч Мощность, потребляемая машиной, агрегатом, кВт Удельные энергозатраты машины, МДж/га (МДж/т, МДж/т · км) Тяговое сопротивление машин, Н Мощность, затрачиваемая на привод рабочих органов, кВт	

Ф о р м а А.2 — Показатели, определяемые при энергетической оценке сельскохозяйственных агрегатов с приводом рабочих органов от асинхронных двигателей

Наименование показателя	Значение показателя
Производительность за час основного времени, кг/ч, $м^3$/ч Количество активной энергии, затраченной на выполнение технологического процесса, кВт · ч Количество реактивной энергии, затраченной на выполнение технологического процесса, квар · ч Удельные энергозатраты агрегата, МДж/кг (МДж/$м^3$) Средний коэффициент мощности	

УДК 631.3.001.4:006.354 ОКС 65.060.01 Г99 ОКСТУ 4709

Ключевые слова: энергетические показатели, сельскохозяйственные машины, агрегат, мощность, расход топлива, тяговое сопротивление, частота вращения вала двигателя, скорость движения, удельные энергозатраты, асинхронный электропривод, электродвигатель, коэффициент мощности

Приложение В

Справочные данные по некоторым двигателям тракторов

Марка трактора	Двигатель		Номинальные значения			Максимальные обороты	Момент инерции	Кол-во зубьев маховика
	Марка	Условное обозначение	мощности	оборотов	ускорения			
			кВт	об/мин	$с^{-2}$	об/мин	$кг \cdot м^2$	шт
К-701	ЯМЗ-240 Б	12Ч 13/14	198,6	1900	273	2035	3,66	115
К-700	ЯМЗ-238 НБ	8ЧН 13/14	158	1700	168	1820	5,29	115
Т-150 К	СМД-62	6ЧН 13/11,5	121,4	2100	116	2270	4,76	112
ДТ-75 М	А-41	4Ч 12/14	66,2	1750	167	1870	2,16	104
МТЗ-80 (82)	Д-240	4Ч 11/12,5	58,8	2200	180	2355	1,42	144
ЮМЗ-6	Д-65	4Ч 11/13	44,1	1750	132	1870	1,82	132

Научное издание

Арженовский Алексей Григорьевич

МЕТОДИКА И СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

Редактор Н.П. Лучинкина
Верстка Н.В. Гвоздик
Художественный редактор С.П. Вдовикина

Подписано в печать 16.02.2024 г.
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 10,2. Тираж 500 экз. Заказ № 5.

Отдел информационных технологий и издательской деятельности
Азово-Черноморского инженерного института
ФГБОУ ВО Донской ГАУ
347740, г. Зерноград Ростовской области, ул. Советская, 15.