

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Казанский государственный аграрный университет

Кафедра тракторы, автомобили и энергетические установки

Испытания автомобилей и тракторов

Часть I – Испытания тракторов

Учебное пособие для выполнения лабораторных и самостоятельных работ
студентами очного и заочного обучения направления подготовки 23.05.01
«Наземные транспортно-технологические средства»

Казань 2019

УДК 629.33+629.3.014.2-048.24(075.8)+ 629.3.018.7+ 629.3.018.2

Печатается по решению методического совета Казанского ГАУ (протокол №1 от 30.09.2019 г.)

Составители: К.А.Хафизов, профессор кафедры ТАиЭУ
Р.Н.Хафизов, доцент кафедры ТАиЭУ
А.А.Нурмиев, ст. преподаватель кафедры ТАиЭУ
С.А. Синицкий, доцент кафедры ТАиЭУ

Рецензенты:

профессор, заведующий кафедры «Дорожно-строительные машины»,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет, д.т.н.,
профессор Сахапов Р.Л.;

профессор кафедры эксплуатации и ремонта машин Казанского ГАУ, д.т.н.
Галиев И.Г.

Испытания автомобилей и тракторов. Часть I: Учебное пособие для выполнения лабораторных и самостоятельных работ студентами очного и заочного обучения направления подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» / К.А.Хафизов, Р.Н.Хафизов, А.А.Нурмиев, С.А.Синицкий. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2019 – 100 с.

Учебное пособие для выполнения лабораторных и самостоятельных работ студентами очного и заочного обучения направления подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», способствует формированию общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций. Содержат сведения для выполнения лабораторных работ по испытанию автомобилей и тракторов, а также задания для самостоятельной работы.

УДК 629.33+629.3.014.2-048.24(075.8)+ 629.3.018.7+ 629.3.018.2

© Казанский государственный аграрный университет, 2019 г.
© К.А.Хафизов, Р.Н.Хафизов, А.А.Нурмиев, С.А. Синицкий.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ И ПРОГРАММЫ ИСПЫТАНИЙ ТРАКТОРОВ	6
Лабораторная работа №1 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ С ПОМОЩЬЮ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ. ДАТЧИКИ И ПРИБОРЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРАКТОРОВ	11
Лабораторная работа №2 ТАРИРОВКА ДАТЧИКОВ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ ТРАКТОРА	25
Лабораторная работа №3 ТАРИРОВКА ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ ДВИЖИТЕЛЕЙ ТРАКТОРА НА ПОЧВУ	45
Лабораторная работа №4 ВНЕШНИЙ ОСМОТР ТРАКТОРА, ПОДГОТОВЛЕННОГО К ИСПЫТАНИЯМ	52
Лабораторная работа №5 СНЯТИЕ ТЯГОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРА НА ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ ПЕРЕДАЧАХ	55
Лабораторная работа №6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КОЛЕСА ТРАКТОРА НА ПОЧВУ	64
Лабораторная работа №7 ИЗМЕРЕНИЕ ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	71
ПРИЛОЖЕНИЯ	77
Приложение А ПРОГРАММА ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ, ПРИЕМОЧНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ, ПЕРИОДИЧЕСКИХ И СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ.....	77
Приложение Б ПРОГРАММА "ИССЛЕДОВАТЕЛЬ" (версия 5.00)	
Руководство по эксплуатации.....	85
ЛИТЕРАТУРА.....	98

ВВЕДЕНИЕ

При создании новых и модернизации старых конструкций автомобилей и тракторов большое значение имеют их испытания, по результатам которых находят технико-экономические показатели работы, соответствие требованиям стандартов, техническим условиям и нормам. При испытаниях определяют тягово-скоростные свойства, топливную экономичность, управляемость и устойчивость, показатели колебаний, вибраций и шумности, тормозные характеристики, параметры проходимости, долговечности, надежности автомобилей, тракторов и их узлов.

Развитие методов испытаний связано с совершенствованием измерительной и регистрирующей аппаратуры, устройств, предназначенных для обработки опытных данных, и созданием необходимых режимов исследований. Современные информационно-измерительные системы позволяют эффективно проводить исследования рабочих процессов автомобилей и тракторов в дорожных и лабораторных условиях.

Стандарты и нормы методов и условий проведения стендовых, полигонных и эксплуатационных испытаний широко используются при организации и планировании испытаний. При составлении программ испытаний устанавливают необходимое число образцов, режимы, длительность пробегов и работы под нагрузкой, число циклов нагрузок, дорожные и климатические условия.

Большое значение имеют форсированные испытания на стендах и на дорогах автомобильных и тракторных полигонов, в которых значительно сокращены сроки выполнения исследований. На стендах автомобили и тракторы, их узлы и детали подвергают различным видам нагружения, по уровням и числу циклов соответствующим эксплуатационным. Все большее внимание уделяют автоматизации работ.

Электронные автоматические устройства применяют для реализации программ нагрузочных режимов на стендах и при обработке полученных данных. С помощью ЭВМ, частотных анализаторов, корреляторов, а также различных специальных устройств можно ускорить обработку результатов испытаний, а кроме того, получить спектральные плотности процессов, корреляционные и другие функции.

Основной целью лабораторных занятий является ознакомление с методикой проведения лабораторных, полевых, дорожных и стендовых испытаний автомобилей (тракторов) и их агрегатов. В процессе выполнения лабораторных занятий должны формироваться общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

Лабораторные занятия способствуют приобретению студентами:

Знаний:

методы и способы самостоятельно или в составе группы осуществлять испытания автомобилей и тракторов, реализуя специальные средства и методы получения нового знания при проведении испытаний;

роль и место испытаний в процессе проектирования и доводки автомобилей, тракторов и комплексов на их базе; методы испытаний; методы обработки результатов испытаний;

методику и способы проведения испытаний автомобилей и тракторов.

Умений:

организовывать испытания автомобилей и тракторов, реализуя специальные средства и методы получения нового знания при проведении испытаний;

планировать проведение экспериментальных работ; готовить автомобили, тракторы и комплексы к проведению испытаний; пользоваться современной аппаратурой, стендами и научным оборудованием для проведения испытаний и обработки результатов;

проводить испытаний автомобилей и тракторов.

Навыков:

организации испытания автомобилей и тракторов, реализуя специальные средства и получения нового знания при проведении испытаний;

планирования эксперимента; техникой подготовки и проведения испытаний и экспериментальных исследований автомобилей и тракторов;

Порядок проведения испытаний соответствует существующим стандартам и рекомендациям учебных пособий:

Тракторы часть 4: Испытания.: учеб. пособие / С. М. Белов, А. С. Солонский. - Минск : Вышэйшая школа, 1986 - 182 с. : ил.;

Беляев В.П. Испытания автомобилей : учебное пособие. / В.П. Беляев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ , 2013. – 293 с

ВИДЫ И ПРОГРАММЫ ИСПЫТАНИЙ ТРАКТОРОВ

Виды и программы испытаний тракторов определяется стандартом ГОСТ 25836-83 «Виды и программы испытаний». Основные термины приведены в таблице 1

Таблица 1 – Термины по видам испытаний тракторов

Термины по видам испытаний	Пояснения
Исследовательские (поисковые)	Исследовательские испытания макетных образцов трактора, проводимые с целью обоснования оптимальных параметров, конструктивных и компоновочных схем, схем агрегатирования с машинами (технологическим оборудованием) перспективного тягово-энергетического средства
Периодические длительные	Периодические испытания, проводимые в объеме не менее половины нормативного ресурса
Периодические длительные государственные	Периодические длительные испытания, проводимые головной организацией по государственным испытаниям или специализированной испытательной организацией потребителя (заказчика), которой предоставлено право их проведения
Периодические кратковременные	Периодические испытания, проводимые в ограниченном по сравнению с периодическими длительными испытаниями объеме
Эксплуатационно-технологические испытания	Натурные функциональные испытания, проводимые с целью определения эксплуатационно-технологических показателей трактора
Тяговые испытания	Испытания, проводимые с целью определения тяговых показателей трактора
Тормозные испытания	Испытания, проводимые с целью определения показателей работы трактора при нагружении его двигателя с помощью тормозного устройства непосредственно или через механизм отбора мощности
Испытания на проходимость	Испытания, проводимые с целью определения показателей проходимости трактора в заданных условиях

Основные виды испытаний с указанием цели и задач приведены в таблице 2.

ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ПРОВЕДЕНИЮ

На стадии производства проводят: квалификационные испытания образцов установочной серии (первой промышленной партии) при наличии решения министерства (ведомства)-изготовителя о ее выпуске;

Таблица 2 – Виды испытаний тракторов

Вид испытаний	Объект испытаний	Цели и задачи испытаний	Головной исполнитель
1. Исследовательские (поисковые)	Макетные образцы	Обоснование параметров, конструктивных схем, компоновки, схем агрегатирования перспективного трактора; обоснование набора машин (технологического оборудования) к трактору; отработка технических требований и включение их в исходные требования потребителя и в техническое задание на разработку трактора	Исследовательские организации отрасли тракторостроения или потребителя (заказчика), организация-разработчик
2. Доводочные	Опытные образцы	Оценка влияния вносимых в конструкцию трактора изменений для достижения заданных значений показателей ее качества	Организация-разработчик
3. Предварительные испытания	Опытные образцы	В соответствии с ГОСТ 15.001 оценка экономической эффективности трактора с набором машин (технологическим оборудованием)	Испытательные организации отрасли тракторостроения и организация-разработчик
4. Приемочные государственные	Опытные образцы	В соответствии с ГОСТ 15.001; оценка экономической эффективности применения трактора с набором машин (технологическим оборудованием), а также выработка рекомендаций по отнесению трактора к категории качества	Для сельскохозяйственных и промышленных тракторов – головные организации по государственными испытаниям, а для тракторов остальных типов – головные организации по государственным испытаниям или специализированные испытательные организации потребителя (заказчика) при участии организации-разработчика и изготовителя под руководством приемочной комиссии
5. Эксплуатационные (опытная эксплуатация)	Опытная партия	Получение дополнительной (к результатам приемочных испытаний) информации по эксплуатационно-технологическим показателям и надежности	Специализированные испытательные организации потребителя при участии организации-разработчика
6. Квалификационные	Образцы установочной серии (первой промышленной партии)	В соответствии с ГОСТ 15.001	Предприятие-изготовитель с участием организации-разработчика

Вид испытаний	Объект испытаний	Цели и задачи испытаний	Головной исполнитель
7. Приемосдаточные	Серийные или отремонтированные образцы	Оценка при приемочном контроле соответствия требованиям технических условий на изготовление или ремонт и поставку потребителю	По ГОСТ 15.001
8. Периодические кратковременные:	Серийные образцы	Оперативный контроль качества и выявление производственных недостатков при изготовлении	Предприятие-изготовитель
9. Периодические длительные государственные	Серийные образцы	В соответствии с ГОСТ 15.001; получение объективной информации для аттестации трактора, в том числе по показателям надежности и для оценки эффективности мероприятий по устранению ранее выявленных недостатков	Головные организации по государственным испытаниям и (или) специализированные испытательные организации потребителя (заказчика) с участием предприятия-изготовителя
10. Периодические длительные	То же	То же	Предприятие-изготовитель с приглашением при необходимости потребителя (заказчика)
	Отремонтированные образцы	Контроль соответствия показателей трактора нормативно-технической документации на ремонт и стабильность качества ремонта	Головные организации по государственным испытаниям, специализированные испытательные организации потребителя (заказчика) с участием головного ремонтного предприятия или головное ремонтное предприятие
11. Типовые	Серийные образцы с реализованными конструктивно-технологическими мероприятиями	Оценка эффективности и целесообразности вносимых изменений в конструкцию или технологический процесс	Испытательные организации отрасли тракторостроения и организации-разработчики или специализированные испытательные организации потребителя (заказчика) с участием организации-разработчика
	Отремонтированные образцы	Оценка эффективности и целесообразности изменений, вносимых в технологию ремонта	Испытательные организации потребителя (заказчика)
12. Сертификационные	Серийные образцы	Определение показателей трактора в соответствии с нормативно-технической документацией для составления сертификата на трактор	Головной НИИ отрасли тракторостроения
13. Эксплуатационные (подконтрольная эксплуатация)	Серийные или отремонтированные образцы	Оценка надежности серийных (отремонтированных) образцов трактора в условиях эксплуатации у потребителя	По серийным образцам: с начала эксплуатации до гарантийного срока – специализированные организации потребителя (заказчика);

Вид испытаний	Объект испытаний	Цели и задачи испытаний	Головной исполнитель
			с начала эксплуатации до исчерпания моторесурса - предприятие-изготовитель; по отремонтированным образцам - головное ремонтное предприятие
14. Испытания на соответствие требованиям экспорта	Серийные образцы с конструктивными изменениями по требованию	В соответствии с ГОСТ 15.001	По ГОСТ 15.001

- приемосдаточные, периодические кратковременные (60- и 480-часовые), периодические длительные государственные (для сельскохозяйственных тракторов) или периодические длительные, а также сертификационные и эксплуатационные (подконтрольная эксплуатация) испытания серийных образцов;

- приемосдаточные, периодические кратковременные (60- и 480-часовые), периодические длительные государственные (для сельскохозяйственных тракторов), периодические длительные государственные и (или) периодические длительные (для лесопромышленных и промышленных тракторов), а также сертификационные и эксплуатационные (подконтрольная эксплуатация) испытания серийных образцов;

- сертификационные испытания с определением сертифицируемых характеристик (показателей), утверждаемых в установленном порядке.

- Отремонтированные образцы трактора подвергают приемосдаточным периодическим длительным, эксплуатационным (подконтрольная эксплуатация) и типовым испытаниям; необходимость проведения типовых испытаний определяет головное ремонтное предприятие.

Цели и задачи испытаний, а также головные исполнители – в соответствии с таблицей 2.

В соответствии с целями и задачами испытаний конкретных видов допускается совмещать испытания различных видов, например типовые с периодическими.

По согласованию между разработчиком (изготовителем) и заказчиком (потребителем) предварительные испытания отдельных моделей тракторов могут быть проведены по программе приемочных испытаний.

При получении положительных результатов проведенные испытания могут быть оформлены как приемочные государственные испытания.

По согласованию с потребителем (заказчиком) не проводят периодические кратковременные (60-часовые) испытания серийных образцов трактора четвертого и последующих годов выпуска при условии полного завершения отработки технологии

и достижения стабильного качества изготовления трактора.

Этапы разработки технического задания на проектирование — по ГОСТ 15.001*.

КОЛИЧЕСТВО ИСПЫТУЕМЫХ ОБРАЗЦОВ

Количество образцов, представляемых на испытания:

- при приемочных испытаниях сельскохозяйственных тракторов, разрабатываемых по заказу Минсельхозпрода РФ на средства государственного бюджета;

- при приемочных испытаниях тракторов других назначений и при испытаниях остальных видов устанавливаются разработчиком (изготовителем) по согласованию с заказчиком (при наличии) исходя из программы испытаний и обеспечения достоверности их результатов.

ПРОГРАММЫ ИСПЫТАНИЙ

Программы испытаний тракторов — в соответствии с приложениями А и Б.

Допускается проводить повторные предварительные испытания усовершенствованных по результатам ранее проведенных испытаний образцов трактора по сокращенным программам, предусматривающим определение показателей, по которым трактор не прошел испытания данного вида.

Программы исследовательских (поисковых) испытаний, доводочных, типовых, эксплуатационных (опытная эксплуатация) и на соответствие требованиям экспорта разрабатывают исходя из целей и задач научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых по конкретной модели трактора с определением соответствующих этим задачам показателей из числа приведенных в приложении А и при необходимости дополнительных данных и характеристик объекта испытаний.

Программу квалификационных испытаний трактора и его составных частей определяют предприятие-изготовитель и организация-разработчик в зависимости от изменений технологии изготовления трактора и его составных частей.

При приемосдаточных испытаниях должны быть выполнены работы в соответствии с пп. 1 - 3 приложения А и проверены показатели, установленные в технических условиях на конкретную модель трактора.

Техническую приемку тракторов с участием представителя заказчика от Министерства обороны проводят в объеме и по программе, согласованными с ним.

При эксплуатационных испытаниях (подконтрольная эксплуатация) проводят в соответствии с нормативно-технической документацией сбор информации по надежности тракторов при эксплуатации их у потребителя.

При этом следует регистрировать и определять показатели в соответствии с приложения А.

Лабораторная работа № 1 (4 часа)

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ С ПОМОЩЬЮ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДАТЧИКОВ И ПРИБОРОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРАКТОРОВ

Цель работы:

Получение информации и навыков использования датчиков и приборов для фиксации параметров тракторов при испытаниях.

Оборудование и приборы:

1. Датчик тягового усилия, датчики оборотов, датчики расхода топлива, датчики давления движителей трактора на почву, датчик температуры и др.
2. Измерительно-информационные комплексы для регистрации показаний датчиков, датчик температуры, ампервольтметр, термометр.

Общие сведения:

Датчики:

При испытании тракторов и автомобилей часто приходится измерять множество параметров техники: силу, расстояние, скорость, ускорение, давление и др.

Сегодня для измерения неэлектрических величин, путем их преобразования в электрические величины с последующей фиксацией приборами для измерения электрических величин используют различные датчики.

Датчики, или как их еще называют сенсоры, предназначены для измерения, регулировки и управления определенным устройством. Датчики могут измерять температуру, давление, расстояние, силу, частоту или ток. Часто, можно встретить и иное название датчиков - измерительный преобразователь.

Датчики также используются для системы автоматики. Здесь основная цель датчика - помощь в управлении различными технологическими процессами, для более эффективного управления механизмами, установками, машинами, которые требуют измерений разнообразных параметров. Рассмотрим некоторые датчики.



Датчик сил - эти датчики используются в промышленности, строительстве и сельском хозяйстве. Как и в иных датчиках, вся суть датчика силы состоит в том, что он преобразует силу в электрический сигнал. Всего, существует два основных вида датчиков силы - количественные и качественные. Количественные датчики подают сигнал в электрических единицах. Качественные датчики - пороговые устройства, которые определяют превышения заданного уровня силы.

Рисунок 1 - Датчик сил

Такие датчики используются для движущихся объектов.

Наиболее массовыми электрическими элементами, используемыми для измерения величины силы, являются резистивные и полупроводниковые тензометрические датчики, а также пьезоэлектрические преобразователи. Тензометрический датчик измеряет силу косвенным методом - путем измерения деформации калиброванного элемента, вызванной действием данной силы.

Резистивный тензодатчик представляет собой основание с закрепленным на нем резистивным элементом. Под действием силы основание с закрепленным элементом меняет свои размеры (сжимается или растягивается), следовательно, резистивный элемент также изменяет свое сопротивление. Вероятно, тензодатчик является наиболее известным преобразователем силы в электрическую величину.

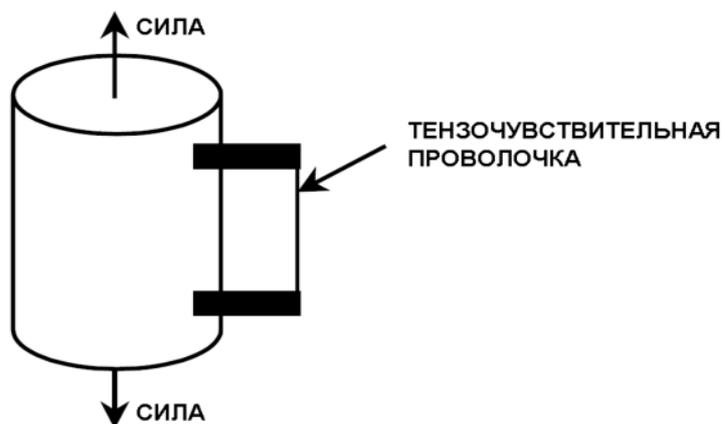
На рисунке 1 изображен не наклеиваемый тензодатчик, состоящий из проволоочки, натянутой между двумя стойками. Сила, воздействуя на проволоочку (площадью сечения - A , длиной - L с удельным сопротивлением - ρ , вызовет удлинение или сжатие последней, что приведет к пропорциональному увеличению или уменьшению ее сопротивления R :

$$R = \frac{\rho L}{A}, \quad (1)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = GF \frac{\Delta L}{L} \quad (2)$$

где GF - характеризует тензочувствительность (значение 2.0..4.5 - для металлов и более 150 для полупроводников).

Безразмерная величина $\Delta L/L$ является мерой силы, приложенной к проволоочке, и выражается в микрострейнах ($1 \mu s = 10^{-6}$ мкм/м), что является



тем же самым, что и миллионная часть (ppm) (в отечественной литературе применяется более естественный термин - ϵ од - единица относительной деформации, численно равный количеству микрострейн). Из равенства следует, что чем больше тензочувствительность, тем

Рисунок 2 - Схема движения сил

больше величина изменения сопротивления и, следовательно, выше чувствительность датчика.

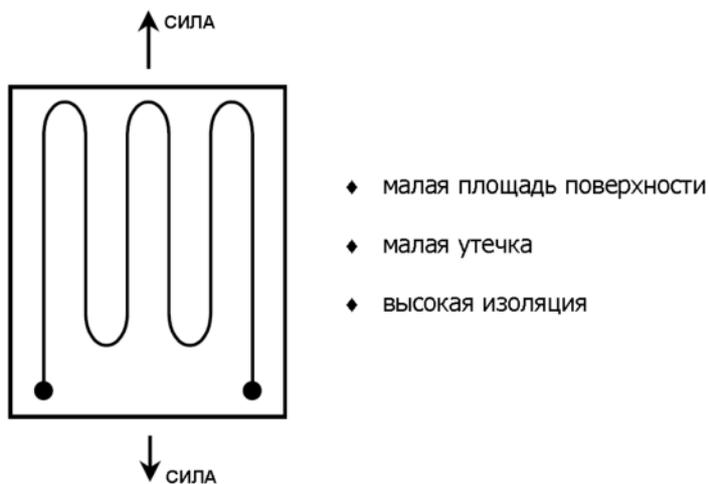


Рисунок 3 - Тензодатчик

Фольговые датчики являются наиболее популярной версией наклеиваемых тензодатчиков. Они изготавливаются методом фототравления и используют те же металлы, что и проволочные датчики (константан, нихром, сплав никеля с железом). Проволочные датчики имеют малую поверхность связи с образцом (основанием), что уменьшает токи утечки при высоких температурах и дает большее напряжение изоляции между чувствительным элементом и образцом. С другой стороны, фольговые чувствительные элементы имеют большое отношение площади поверхности к площади поперечного сечения (чувствительность) и более стабильны при критических температурах и длительных нагрузках. Большая площадь поверхности и малое поперечное сечение также обеспечивают хороший температурный контакт чувствительного элемента с образцом, что уменьшает саморазогрев датчика.

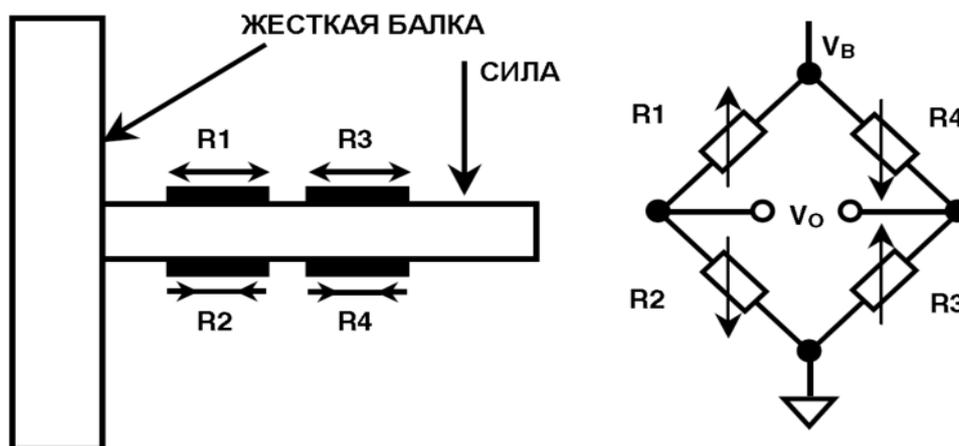


Рисунок 4 - Схема крепления тензодатчиков

Тензодатчики можно использовать для измерения силы, как показано на рисунке 4. Здесь приложенная сила слегка отклоняет консольную балку. Для измерения используются четыре тензорезистора, закрепленных на балке: два на верхней поверхности и два на нижней. Датчики включаются по полномостовой схеме. Данная схема дает максимум чувствительности и линейности и

Наклеиваемый тензодатчик состоит из тонкой проволочки или проводящей фольги, закрепленной на плоской пластине. Эта конструкция затем приклеивается на основание. Датчик обычно устанавливается так, чтобы его наиболее длинная сторона была ориентирована в направлении измеряемой силы. Обычно наклеиваемые датчики используются много чаще не наклеиваемых.

обеспечивает, в первом приближении, компенсацию температурного дрейфа индивидуальных резисторов.

Тензодатчики являются низкоимпедансными устройствами (**импеданс** - это полное (комплексное) сопротивление (единица измерения – Ом) в двухполюсной электрической цепи при колебаниях переменного тока); поэтому они требуют значительной мощности возбуждения для получения приемлемых уровней выходного напряжения. Типовой тензомостовой датчик имеет (в общем случае) импеданс 350 Ом и специфицируется как устройство, имеющее чувствительность, выражаемую в милливольтгах полной шкалы на вольт напряжения возбуждения.

При возбуждении 10 В и коэффициенте преобразования 3 мВ/В, верхний предел (сигнал полной шкалы при номинальной нагрузке) составит 30 мВ. Выходной сигнал можно увеличить за счет большого возбуждения, однако существенным ограничением такого приема является эффект саморазогрева моста: увеличатся ошибки измерения и может даже произойти разрушение устройства.

Датчики частоты вращения валов

Для измерения частоты вращения валов используют самые разнообразные датчики. Датчики импульсные на герконах и магнитах, индуктивные датчики, датчики на эффекте холла и др.

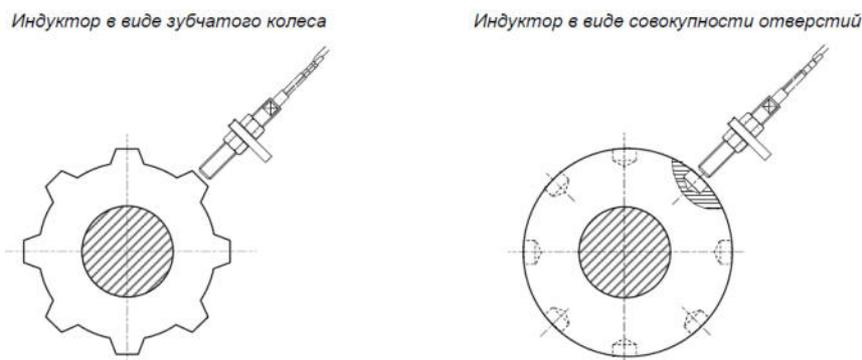
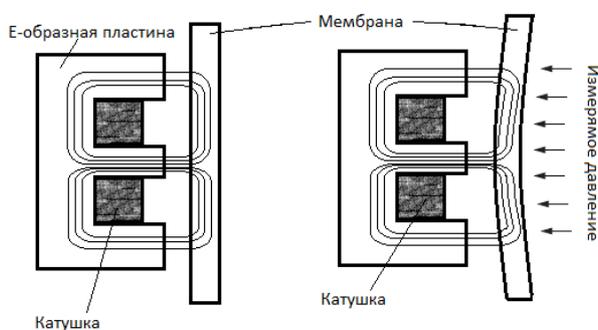


Рисунок 5 - Датчик частоты вращения валов



Датчик, в котором параметры зависят от давления исследуемого предмета – жидкости, газа и т.д. Каждый датчик давления состоит из корпуса, преобразователя и схемы обработки данных.

Рисунок 6 - Датчик давления

Датчики давления имеют разницу в диапазоне и точности измерения. Принцип действия такого датчика: датчик преобразовывает получаемое давление в один из электрических сигналов и выдает показатели. На рисунке 6

представлен магнитный датчик, а бывают: волоконно-оптические, оптоэлектронные, емкостные, ртутные, пьезоэлектрические, пьезорезонансные, резистивные и др.

Датчик расхода топлива (ДРТ)

Датчики расхода топлива (их также называют проточные датчики) имеют электромеханический принцип действия. Топливо, протекающее через камеру ДРТ, приводит в движение крыльчатку, вращение которой в свою очередь



преобразуется в электрические импульсы. ДРТ подключается к счетному входу терминала, а подсчитанное количество импульсов в программном обеспечении преобразуется к количеству израсходованных литров топлива. Однако, не все топливо, поступившее из бака к двигателю расходуется - некоторая его часть по обратному каналу возвращается в бак. Для правильного подсчета израсходованного топлива необходимо учитывать этот факт.

Возможны следующие варианты:

- Монтаж второго аналогичного ДРТ в обратный канал.

Рисунок 7 - Датчик расхода топлива

- Использование дифференциальных ДРТ, объединяющих в единой конструкции, два ДРТ для прямого и обратного каналов.
- Модернизация топливной системы, при которой топливо из обратного канала направляется снова к двигателю, а не в топливный бак.

Использование двух ДРТ (1-ый вариант) требует их точного подбора и согласования (число импульсов на 1 литр у них должно совпадать). В дифференциальном датчике данная задача решена изначально, к тому же обычно стоимость одного дифференциального датчика ниже, чем 2-ух обычных. Реализация третьего варианта на некоторых мобильных машинах может привести к падению мощности двигателя и увеличению расхода топлива. В любом случае, подбор датчиков расхода топлива и их монтаж на транспортное средство должен осуществлять специалист, хорошо знакомый с устройством и особенностями топливной системы конкретной модели автомобиля.

Датчик температуры

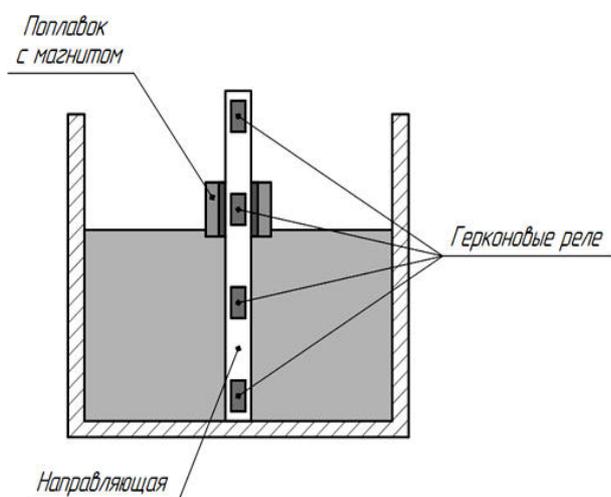


Это устройство, которое подает сигналы об изменении температуры путем замыкания или размыкания эклектических контактов. Такие датчики имеют разный диапазон действия, точность и помехоустойчивость. Датчики температуры бывают контактные и бесконтактные (акустические, пирометры или датчики инфракрасного излучения). Контактные датчики, при измерении температуры определённого вещества, должны непосредственно соприкасаться с ним.

Рисунок 8 - датчик температуры

Примером может служить термостат. Общее, что связывает все датчики, является принцип преобразования: температура преобразуется в электрическую величину и передаётся с датчика на измеритель электрического сигнала.

Основной датчик температуры - это термопара. Термопара представляет собой две проволоки из разных металлов, спаянных между собой. При разности температур между горячим и холодным концом в цепи возникает электрический ток. Величина этого электрического тока зависит от термоэлектрической силы термопары, составляет от 40 до 60 мкВ, в зависимости от материала термопары. Материал термопары может быть разным. Это могут быть никель-хромовые, хромоалюминиевые, железоникелевые, железо-константановые и т.д. Гораздо более простым способом измерения стало применение терморезисторов. Они работают на зависимости сопротивления материалов от внешней температуры. Металлические термометры сопротивления, в частности платиновые обладают очень высокой точностью и линейностью.



Датчик уровня материала

Датчики уровня - это специальные приспособления, которые показывают уровень жидкого или сыпучего вещества в определённую емкость по уровню ее поверхности. Датчики уровня бывают нескольких видов (по принципу действия и способу применения): поплавковые, радарные, ёмкостные и ультразвуковые.

Рисунок 9 - Датчик уровня материала

Одними из самых точных датчиков являются ультразвуковые и радарные, однако цена на такие датчики является самой высокой. Датчики уровня просты в использовании, имеют малые габариты и способны выдавать сигнал без перерывов, что делает их незаменимыми в агрессивных условиях. Одними из самых дешевых датчиков являются поплавковые датчики (рисунок 9). Они имеют подвижные элементы и требуют погружения в жидкость. Емкостные датчики не имеют подвижных элементов, однако очень зависимы от температурных изменений.

Фотоэлектрические датчики

Как их еще называют – «глаза на производстве». Эти датчики обнаруживают объекты без физического контакта. В них используется световой пучок, который либо отражается, либо прерывается от объекта.



Рисунок 10 - Датчик фотоэлектрический

Фотоэлектрический датчик имеет несколько видов: Т-тип (датчик на прерывание оптического луча), R-тип (датчик с отражением рефлектора), D-тип (отражение от объекта). В общем и целом, фотоэлектрические датчики являются уникальными устройствами, а их главной особенностью является бесконтактность. Однако высокая чувствительность к ударам и вибрациям, является значительным недостатком.

Измерительно-информационные комплексы (ИИС):

1. Виды и состав измерительных информационных комплексов

- Развитие ИИС привело к включению в их состав ЭВМ и созданию измерительных информационных комплексов (ИИК), которые имеют определенную структуру и обеспечивают получение, преобразование, накопление, обработку и выдачу измерительной, командной и другой информации в соответствующей форме, в том числе для воздействия на объект исследования.

ИИК представляет собой автоматизированное средство измерений электрических величин, на основе которого возможно создание ИИС путем присоединения ко входу ИИК датчиков с унифицированным

электрическим выходным сигналом и генерации программ обработки информации.

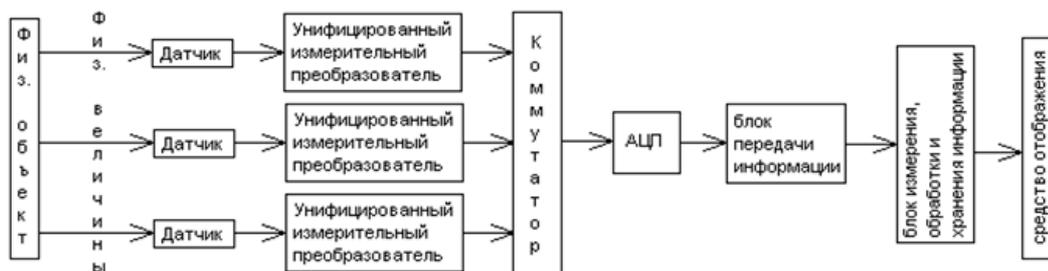


Рисунок 11 - Измерительно-информационные комплексы

Таким образом, ИИК – унифицированное ядро ИИС, выполняющее такие функции:

- прямые, не прямые и совокупные измерения электрических величин;
- управление процессом измерений и воздействие на объект измерений;
- представление результатов измерений оператору в заданном виде.

Для реализации этих функций ИИК обеспечивают:

- восприятие, преобразование и обработку электрических сигналов от первичных преобразователей или непосредственно от объекта измерений;
- управление средствами измерений и другими компонентами ИИК;

Таким образом, ИИК – унифицированное ядро ИИС, выполняющее такие функции:

- прямые, не прямые и совокупные измерения электрических величин;
- управление процессом измерений и воздействие на объект измерений;
- представление результатов измерений оператору в заданном виде.

Для реализации этих функций ИИК обеспечивают:

- восприятие, преобразование и обработку электрических сигналов от первичных преобразователей или непосредственно от объекта измерений;

- управление средствами измерений и другими компонентами ИИК;
- генерацию электрических сигналов для воздействия на объект исследований;
- оценку погрешности измерений (метрологическую диагностику).

ИИК создается методом проектной компоновки из системно сопряженных функциональных блоков и устройств, которые выпускаются серийно. Допускается модифицировать ИИК дополнением или заменой и технических, и программных компонентов.

Специфика ИИС накладывает свой отпечаток на характер требований, предъявляемых к электронному интерфейсу. Он должен, в первую очередь, обеспечивать гибкость системы, т.е. возможность ее быстрой перестройки, замены отдельных устройств, оперативного изменения их характеристик, подключения новых блоков. Для реализации этих требований современные стандарты на интерфейс, ориентированные на использование в ИИК, строятся с учетом принципов модульности, программной управляемости и магистральной организации.

Модульность предусматривает выполнение отдельных элементов интерфейса, осуществляющих определенные функциональные преобразования, в виде законченных функциональных модулей специального назначения. Совокупность таких модулей должна обеспечивать выполнение основной части задач сопряжения экспериментального оборудования и измерительной аппаратуры со всеми остальными частями ИИС, включая ЭВМ.

Программная управляемость модулей или автономных устройств ИИК означает такую их схемную реализацию, которая дает возможность программным путем, с помощью определенного набора команд, подаваемых от специального управляющего блока или ЭВМ, изменять их технические характеристики и алгоритм функционирования. Тем самым программная управляемость элементов ИИС позволяет оперативно изменять возможности всей системы в зависимости от конкретных требований.

Магистральный принцип организации предусматривает наличие общей системы электрических шин – магистрали, к которой подключаются отдельные модули, устройства, а также ЭВМ. Обращение к тому или иному устройству осуществляется путем указания его индивидуального адреса.

Наличие общей магистрали упрощает подключение новых модулей, дополнительных блоков, обеспечивая гибкость и мобильность ИИК.

Характеристики быстродействия каналов ИИК нормируются с указанием способа программного обращения к этим каналам, способа ввода измерительной информации в устройства памяти ЭВМ или процессора, а также с учетом вида используемого интерфейса.

Показатели надежности нормируются на основе расчета по стандартной методике (для гибких ИИК – для каждого варианта структуры).

Основные признаки ИИК :

- наличие комплекса нормируемых метрологических характеристик (МХ);

- блочно-модульная структура, измерительные и вычислительные компоненты которой являются серийные средства измерений и автоматизации (СИА);

- наличие процессора или ЭВМ;

- программное управление СИА, входящими в состав ИИК, от ЭВМ или процессора;

- использование типовых интерфейсов для обеспечения взаимодействия между агрегатными СИА.

По назначению ИИК подразделяются на типовые, проблемные и специализированные (таблица 1).

Таблица 1 - Классификация ИИК

Типовые	Проблемные	Специализированные
Для решения широкого круга задач автоматизации измерений, испытаний или исследований, независимо от области применения	Для решения широко распространенных, но специфических для конкретной области применения задач	Для решения уникальных задач автоматизации измерений, испытаний или исследований

2. Технические и программные компоненты ИИК

В состав ИИК входят технические и программные компоненты.

Основные технические компоненты *обеспечивают процесс измерения и обработку полученной информации. К ним относятся:*

- средства измерения физических величин (измерительные компоненты);

- модули ввода-вывода цифровых и релейных сигналов;

- средства вычислительной техники (вычислительные компоненты);

- меры текущего времени и его интервалов с нормированными характеристиками погрешности;

- средства представления информации персоналу.

Измерительные компоненты, кроме специфических требований, должны обеспечивать совместимость СИА друг с другом и с вычислительными компонентами.

Вспомогательными техническими компонентами являются следующие функционально и технически законченные технические средства обеспечения совместной работы основных технических компонентов, непосредственно не участвующие в процессе измерений:

- блоки электрического сопряжения измерительных компонентов между собой и с вычислительными компонентами (блоки интерфейсного сопряжения, контроллеры);

- коммутационные устройства, не являющиеся средствами измерения;
- специальные устройства буферной памяти;
- расширители интерфейсных линий;
- источники питания для вспомогательных компонентов.

Технические компоненты должны удовлетворять требованиям:

- конструктивной, энергетической и эксплуатационной совместимости;
- комплексов нормируемых метрологических характеристик.

Состав программных компонентов ИИК

Системное программное обеспечение (ПО) и общее прикладное ПО образуют математическое обеспечение ИИК и входят в комплект его поставки.

Системное ПО ИИК – это совокупность ПО ЭВМ (процессора) и дополнительных программных средств, обеспечивающих:

- управление и обмен измерительной информацией с измерительными компонентами;
- работу в диалоговом режиме с ИИК (при необходимости);
- проверку работоспособности отдельных компонентов и ИИК в целом;
- изменение и дополнение состава общего прикладного ПО.

Дополнительные программные средства создает разработчик ИИК, а обеспечивает ими потребителя – изготовитель ИИК.

Общее прикладное ПО ИИК представляет собой организованную совокупность программных модулей, реализующих:

- типовые алгоритмы обработки измерительной информации;
- типовые алгоритмы управления процессом измерений;
- метрологическое обслуживание ИИК (проверка, экспериментальное определение метрологических характеристик измерительных каналов, их метрологическая аттестация).

Эффективность использования ИИК в значительной степени определяется применяемым ПО, которое отличается от ПО общего назначения прежде всего наличием программных средств обмена информацией (драйверов) с измерительной периферией. Эти драйверы предназначены для: выдачи управляющих сигналов приборам и контроля за их текущим состоянием, а также для выдачи оператору диагностических сообщений и обеспечения обмена измерительной информацией.

Драйверы измерительной периферии должны быть согласованы с типовым ПО, в рамках которой предусматривается их функционирование и связь с интерфейсом обслуживаемых приборов.

Особенности измерительной периферии ИИК:

- разнообразие форматов представления измерительной информации;
- большой диапазон быстродействия приборов даже в пределах группы одинакового функционального назначения;
- большое количество передаваемой при обмене информации;
- различия в алгоритмах управления приборами;
- наличие специальных режимов работы.

Общее ПО разрабатывают на основе системного ПО в соответствии с утвержденными заказчиком техническими условиями на носителях информации используемых вычислительных компонентов и сопровождают эксплуатационной документацией по стандартам ЕСПД.

Следует подчеркнуть, что функционирование программных модулей, которые обрабатывают сигналы измерительной информации для получения результатов измерений (например, фильтрации, коррекции погрешности, введения поправок, масштабирования, вычисления функций, решения уравнений и т.п.) должно сопровождаться оценкой точности этих результатов в соответствии со стандартом.



Рассмотрим пример ИИС:. Измерительная информационная система СИ-302 (в дальнейшем ИИС) предназначена для использования в научно-исследовательских целях в лабораториях НИИ и ВУЗов, а также энергетической, эксплуатационно-технологической оценок машин и тяговых испытаний тракторов

Рисунок 12 - Измерительная информационная система СИ-302

в соответствии с национальными и международными стандартами ГОСТ Р 52777-2007. Обеспечивает прием дискретных и аналоговых сигналов от первичных преобразователей.

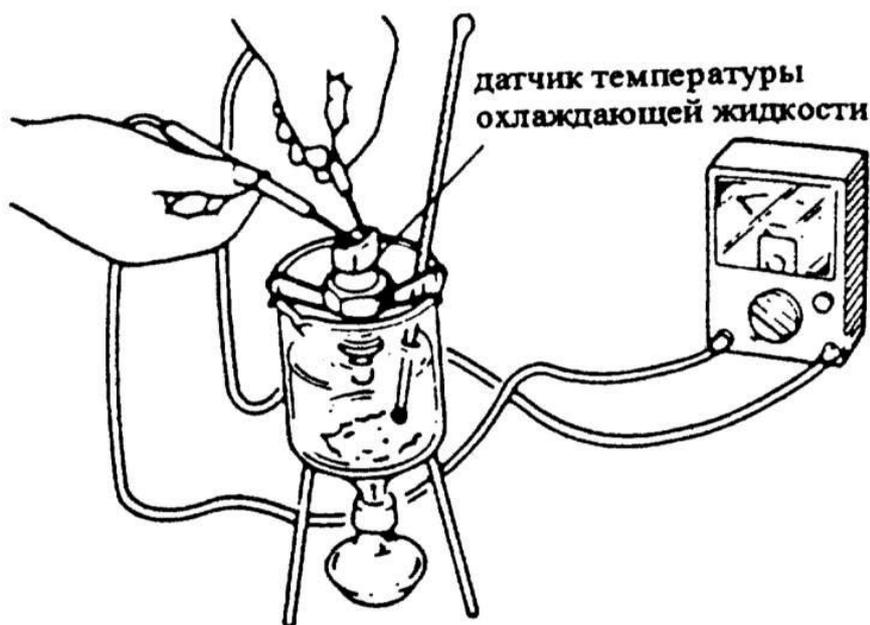


Рисунок 13 – Установка для проверки исправности терморезистора

Руководство по эксплуатации СИ-302 приведено в приложении Б.

Порядок выполнения лабораторной работы:

- 1) Используя приборы и оборудование, представленное на рисунке 1 провести измерения сопротивления терморезистора.
- 2) Заполнить протокол лабораторной работы (таблица 3);
- 3) Заполняется п. **Выводы** протокола лабораторной работы: выявляется исправность терморезистора.

Таблица 2 – Технические характеристики СИ-302

Наименование	Значение
Число входных каналов для тензодатчиков, шт.	4
- напряжение питания силоизмерительного датчика, В	от 0 до 10
- ток нагрузки на один канал, мА	не более 20
- сопротивление силоизмерительного датчика, Ом	не менее 100
- входное сопротивление, МОм	20
- разрядность АЦП, бит	24
- тип преобразования АЦП	сигма-дельта
- погрешность измерения, %	0,1
Число температурных каналов, шт.	6
- тип термопреобразователя сопротивления	ГОСТ 6651-94
Число дискретных входов, шт.	8
- напряжение логического нуля на входе, В	от 0 до 4
- напряжение логической единицы на входе, В	от 4 до 30
- входное сопротивление, МОм	0,5
Контрольные индикаторы дискретных каналов	есть
Число дискретных выходов, шт.	1
- тип дискретного выхода	открытый коллектор
- коммутируемое напряжение, В	30
- максимальный ток нагрузки, мА	30
Интерфейс связи с ПК	USB
Напряжение питания, В	от 10 до 30
Потребляемая мощность, Вт	не более 20
Рабочие условия эксплуатации:	
- температура окружающей среды, °С	от +5 до +50
Габаритные размеры, мм	200×280×80
Масса, кг	не более 2,0

Протокол к лабораторной работе №1

Дата выполнения _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О., рост, вес) _____

Условия проведения испытаний:

– климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

Характеристики объекта испытаний:

– марка, модель, год выпуска _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура

Экспериментальные данные и результаты выполнения обработки

Таблица 3 – Показатели термосопротивления в зависимости от температуры

Температура t, C°	Сопротивление $R, \text{Ом}$	Напряжение $U, \text{В}$	Сила тока $I, \text{А}$
25			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			

Построить три графика $R=f(t)$, $U=f(t)$, $I=f(t)$, сделать анализ и записать выводы.

Выводы по результатам выполнения лабораторной работы:

Дата _____

Подпись исполнителя _____

Подпись руководителя _____

Самостоятельная работа: Подготовить ответы на вопросы:

1. Чем является датчик и какие типы датчиков вы знаете?
2. На чем основано измерение силы?
3. Какие датчики числа оборотов врачающихся деталей вы можете назвать?
4. Виды и состав измерительных информационных комплексов?
5. Каково сопротивление силоизмерительного датчика, Ом для СИ-302?
6. Что такое тензочувствительность тензодатчика?
7. Что измеряется в микрострейнах?
8. Как работают тензорезисторы тензомоста и что такое импеданс тензомоста?

Лабораторная работа № 2

ТАРИРОВКА ДАТЧИКОВ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ ТРАКТОРА

Цель работы: Получение навыков проведения тарировки датчиков силы.

- 1.1 Ознакомится с проведением тарировки тензометрического звена.
- 1.2 Изучить лабораторную установку и подготовить ее к проведению эксперимента.
- 1.3 Выполнить тарировку тензометрического звена (провести эксперимент).
- 1.4 Заполнить журнал наблюдений, обработать экспериментальные данные.
2. Оборудование рабочего места.

2.1 Лабораторная установка: компьютер Pentium (R) CPU 3.00 GHz 2.99 ГГц; информационно-измерительный комплекс СИ-302.

2.2 Датчик тягового усилия на 30 кН.

2.3 Тарировочное устройство.

Общие сведения о тензометрировании и тензодатчиках

Тензометрия (от лат. *tensus* - напряжённый, натянутый и греч. *metreo* - измеряю) - экспериментальное определение напряжённого состояния конструкций, основанное на измерении местных деформаций. При механической деформации материала его электрическое сопротивление изменяется. Этот эффект называется тензорезистивным эффектом. На основе этого эффекта реализованы тензодатчики, реагирующие на механическое напряжение σ :

$$\sigma = \frac{F}{\alpha} = E \frac{dl}{l}, \quad (1)$$

где E - модуль Юнга материала; F - приложенная сила, Н;

$dl/l = e$ - относительная деформация материала.

Рассмотрим цилиндрический проводник (провод), который растягивается с силой F . Объем провода v остается постоянным, при этом сечение уменьшается и длина увеличивается. Сопротивление проводника можно записать в виде:

$$R = \rho \cdot \frac{l^2}{v}, \quad (2)$$

где ρ - удельное сопротивление материала, Ом/м; v - объем провода, м³.

После дифференцирования получим выражение для определения чувствительности сопротивления к удлинению провода:

$$\frac{dR}{dl} = 2 \cdot \frac{\rho}{v} \cdot l. \quad (3)$$

Чувствительность повышается при увеличении длины провода и его удельного сопротивления и уменьшается при увеличении сечения провода. Относительное изменение сопротивления провода в зависимости от относительной деформации e можно записать в виде:

$$\frac{dR}{dL} = S_d \cdot e, \quad (4)$$

где S_d - коэффициент тензочувствительности. Для металлических проводов он лежит в пределах 2...6, а для полупроводников – 20...200.

Коэффициент тензочувствительности датчика:

$$S_d = \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_l}, \quad (5)$$

где ε_R - относительное изменение сопротивления проводника, ε_l - относительное изменение длины проводника.

$$\varepsilon_R = \frac{\Delta R}{R} \quad (6)$$

где ΔR - абсолютное изменение, R – сопротивление проводника.

$$\varepsilon_\ell = \frac{\Delta \ell}{\ell} \quad (7)$$

В конечном итоге:

$$S_d = 1 + 2\mu + m, \quad (8)$$

где μ – коэффициент Пуассона, m - коэффициент учета изменения электрических свойств материала датчика (важно для полупроводниковых тензодатчиков, для проволочных и фольговых не учитывается).

Например, рассмотрим тензосопротивление со следующими характеристиками представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики тензосопротивления материалов

Чувствительность (S_d):	2,0
Материал подложки	полиамид
Измерительная решетка	константовая фольга
База (длина измерительной решетки), мм	20; 50; 100; 150
Температурный коэффициент чувствительности 1/К	$115 \cdot 10^{-6}$
Температурный диапазон эксплуатации, °С	-70...+200 статические измерения -200...+200 динамические измерения
Номинальное сопротивление, Ом	120; 350; 700; 1000

На рисунке 1 представлены некоторые формы измерительных решеток тензорезисторов.

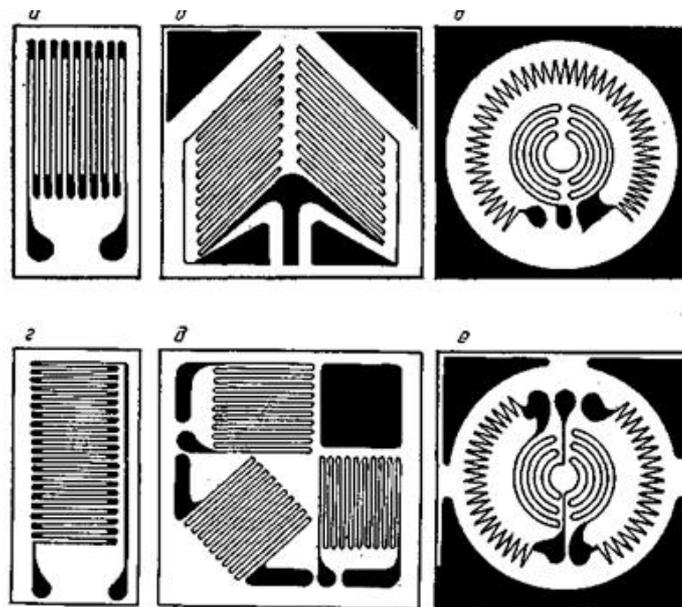
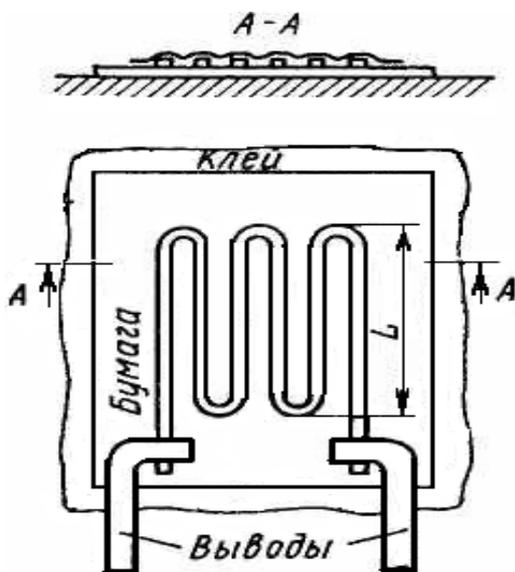


Рисунок 1 – Формы измерительных решеток тензорезисторов

Рассмотрим тензометрическую пластину для измерения силы.

К концам проволоки с помощью пайки или сварки присоединены выводы из медной фольги, с помощью которых датчик подключен в измерительную цепь. Сверху проволока также защищена от внешних воздействий тонкой бумагой. Тензодатчик приклеивают к испытываемой детали, благодаря чему деформацию детали воспринимает проволочная решетка. Длина детали, занимаемая проволокой, называется измерительной базой датчика L .



Для того чтобы получить наибольшее изменение сопротивления датчика, его надо расположить в направлении действия деформирующего усилия (сжатия или растяжения), т. е. направление измерительной базы должно совпадать с осью, по которой направлено усилие. Если же направления базы и усилия взаимно перпендикулярны, то деформация и изменение сопротивления очень малы. Если расположить несколько датчиков под углом друг к другу, то можно определить не только величину деформации, но и направление приложенных к детали усилий.

Рисунок 2 – Проволочный наклеиваемый тензодатчик

Приклейка датчика к детали - очень важная технологическая операция. Качество ее выполнения сильно влияет на точность и надежность работы тензодатчика. Перед приклейкой производят тщательную очистку и обезжиривание поверхности детали. Наиболее часто для приклейки используются бакелито-фенольные клеи: БФ-2 для температуры до 100 °С и кислой среды; БФ-4 для температуры до 60 °С и щелочной среды. Сушка проводится при повышенных температурах в течение часа. Для защиты от влаги используют парафиновые и другие покрытия. Разработаны специальные клеи (на кремнийорганической основе) и покрытия для использования тензодатчиков при температурах до 1000 °С.

При выборе измерительной схемы для тензодатчиков необходимо учитывать два обстоятельства. Во-первых, проволочные тензодатчики имеют малое относительное изменение сопротивления ($\Delta R/R$). Для увеличения чувствительности применяют мостовые схемы с двумя или четырьмя одинаковыми датчиками, наклеиваемыми на испытываемую деталь таким образом, что датчик, включенный в одно плечо моста, работает на сжатие, а датчик, включенный в смежное плечо моста, работает на растяжение. Во-вторых, необходимо принимать меры для компенсации температурной погрешности. Мостовая схема включения тензодатчиков с компенсацией температурной погрешности показана на рисунок 3, а.

Рабочий датчик с сопротивлением R_p наклеивается в направлении действия усилия, а другой - компенсационный - датчик с сопротивлением R_k наклеивается в перпендикулярном направлении. Датчики R_p и R_k находятся в одинаковых тепловых условиях. При деформации детали изменяется сопротивление только датчика R_p . А при изменении температуры в одинаковой степени изменяются сопротивления R_p и R_k . Поэтому при деформации нарушается баланс моста ($R_1 \cdot R_k = R_1 \cdot R_p$) и появляется выходной сигнал ΔU , пропорциональный усилию или деформации. При изменении температуры баланс моста не нарушается.

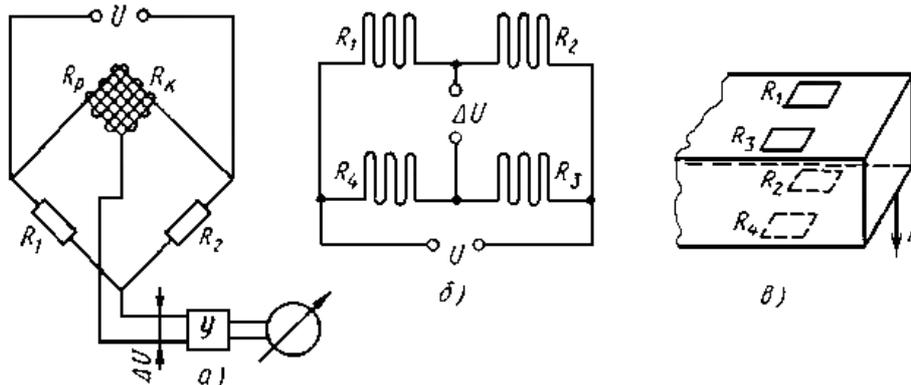


Рисунок 3 – Схемы включения и места крепления тензодатчиков

На рисунке 3, б показана мостовая схема включения тензодатчиков повышенной чувствительности, а на рисунке 3, в показаны места крепления тензодатчиков. В противоположные плечи моста R_1 и R_3 включены датчики, работающие на растяжение (приклеенные к верхней поверхности изгибающейся под действием силы F пластины). А в плечи моста R_2 и R_4 включены датчики, работающие на сжатие (приклеенные к нижней поверхности пластины). Условие баланса моста ($R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$) при деформации пластины нарушается весьма сильно: R_1 и R_3 увеличиваются, R_2 и R_4 уменьшаются. Поэтому выходной сигнал мостовой схемы ΔU значительно больше, чем при одном изменяющемся плече моста. Чувствительность при этом повышается примерно в четыре раза. Одновременно такая схема обеспечивает и температурную компенсацию.

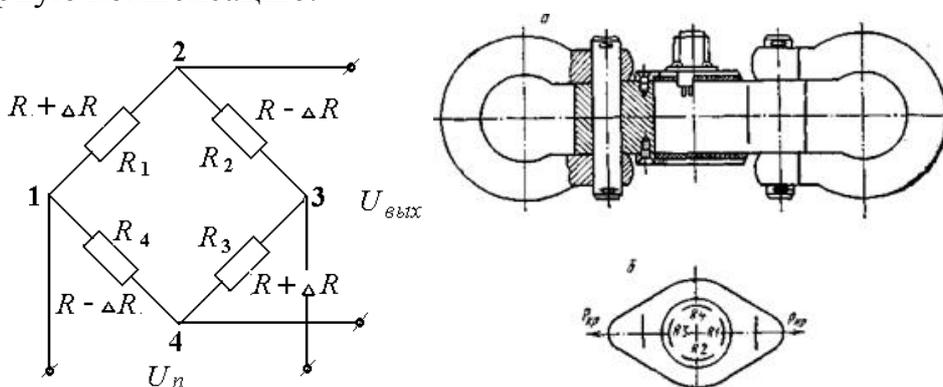


Рисунок 4 – Мостовая схема для обоснования величины выходного напряжения, для кольцевого тензозвена измерения тягового усилия трактора

Формула для определения величины выходного напряжения $U_{вых}$ имеет вид:

$$U_{вых} = U_{II} S_T \frac{\Delta \ell}{\ell}, \quad (9)$$

где U_{II} – напряжение подведенного электрического тока.

По конструктивным параметрам тензодатчики подразделяются на датчики с малой базой ($L=0,4 \times 4$ мм); со средней базой ($L = 4-25$ мм); с большой базой ($L > 25$ мм). Активное сопротивление датчиков с малой базой 5...100 Ом, со средней базой 100...400 Ом, с большой базой до 1000 Ом. Ширина датчиков от 3 до 60 мм. Длина выводов датчиков составляет 20–80 мм. Относительная чувствительность проволочных тензодатчиков зависит от материала проволоки: для константана $S_d = 1,9...2,1$, для элинвара $S_d = 6...8,5$ (таблица 2).

Фольговые тензодатчики изготавливают методом фотохимического травления. Решетка такого датчика выполняется из разных сплавов (медь с никелем, серебро с золотом и др.), которые обеспечивают достаточную чувствительность и в то же время имеют надежное сцепление (адгезию) с изоляционной основой, на которой выполняется датчик.

Таблица 2 – Характеристики сплавов для проволочных тензодатчиков

Материал (его состав)	Относительная чувствительность	Температурный коэффициент сопротивления, $1/^\circ\text{C}$	Удельное сопротивление, Ом мм ² /м	ТермоЭДС в паре с медью, мкВ/ $^\circ\text{C}$	Предел прочности	Температурный коэффициент линейного расширения, $1/^\circ\text{C}$
Константан (медь, никель)	1,9-2,1	$(-5 \div +5) 10^{-5}$	0,46-0,50	47	650	14-15
Нихром (никель, хром)	2,0	$(15 \div 17) 10^{-5}$	0,9-1,7	25	-	14
Железохромалюминиевый сплав	2,8-2,9	$(0,7 \div 2) 10^{-5}$	1,35-1,55	5-6	1200	-
Манганин (медь, марганец, никель)	0,47-0,5	$(-3 \div +2) 10^{-5}$	0,4-0,45	2	-	16-18
Хромель (никель, железо, хром)	2,5	$(10 \div 50) 10^{-5}$	0,7-1,1	16	-	14,8

Пленочные тензодатчики изготавливают путем напыления слоя германия, теллура, висмута или сульфида свинца на эластичное изоляционное основание из слюды или кварца.

В отличие от проволочных, фольговые и пленочные тензодатчики имеют решетку не круглого, а прямоугольного сечения с очень большим отношением ширины к высоте. По сравнению с проволочными они имеют ряд преимуществ. Благодаря большой площади соприкосновения токопроводящих полосок датчика с деталью обеспечиваются хорошие условия теплоотдачи. Это позволяет в несколько раз повысить плотность тока фольговых датчиков и в десятки раз — плотность тока пленочных датчиков (до 10^3 А/мм²). Благодаря большому отношению периметра сечения плоской полосы к площади ее сечения улучшается восприимчивость к деформации и точность ее измерения. Чувствительность пленочных датчиков достигает 50. Благодаря увеличенному сечению концов фольговой и пленочной решетки увеличивается надежность пайки (или приваривания) выводов датчика.

Фольговые датчики имеют толщину проводящего покрытия 3...15 мкм. Сопротивление фольговых датчиков находится в пределах от 30 до 300 Ом. Фотохимический способ позволяет выполнить любой рисунок решетки, что также является достоинством фольговых датчиков. На рисунке 5 показаны различные типы фольговых тензодатчиков: *а* — предназначен для измерения линейных перемещений; *б* — розетка из двух датчиков, позволяющая измерять деформации в двух взаимно перпендикулярных направлениях; *в* — датчик, предназначенный для наклеивания на мембрану и измерения давления.

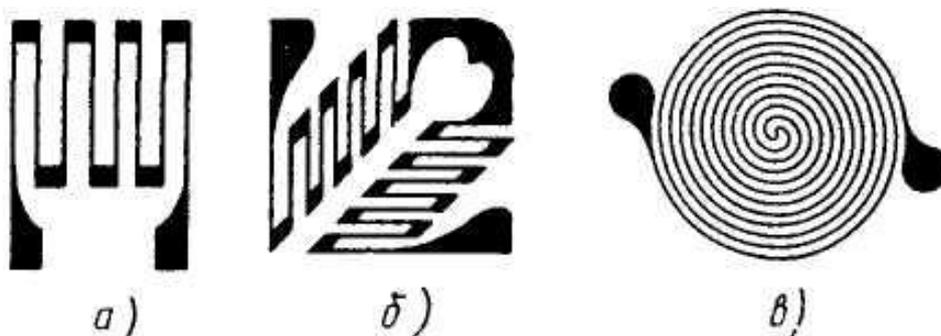


Рисунок 5 – Фольговые тензодатчики

В **полупроводниковых тензодатчиках** используются кристаллические полупроводниковые материалы. Принцип действия их такой же, как и у проволочных тензодатчиков: изменение активного сопротивления из-за механической деформации самого проводника и изменения удельного сопротивления. Но если в металлических проводниках главным является изменение размеров, то в металлических полупроводниках главным является изменение удельного сопротивления.

Расчет мостовой схемы с тензодатчиками выполняется на основе следующих исходных данных: максимальное усилие F ; чувствительность S_0 ; сопротивление датчика R_0 ; сопротивление измерительного прибора, или

входное сопротивление усилителя R_{np} ; допустимый ток элементов схемы I ; размеры испытуемой детали и модуль упругости E ее материала.

Эскиз крепления тензодатчика на консольной балке шириной b и толщиной h показан на рисунке 6.

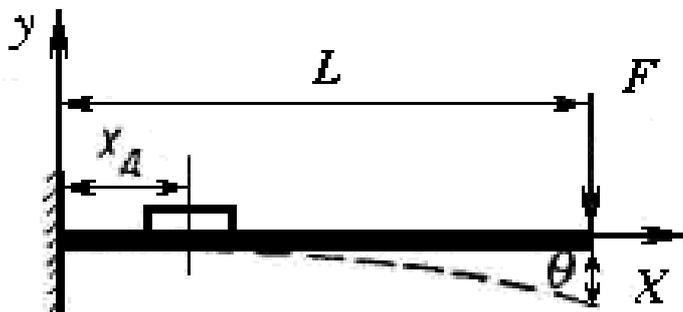


Рисунок 6 – Крепление тензодатчика на консольной балке

Расчет выполняется в последовательности, приведенной в приложении А.

Если невозможно обеспечить требуемую точность измерения, то применяют методы тарировки (градуировки) измерительного прибора по образцовому прибору.

Порядок проведения тарировки тягового тензозвена по образцовому динамометру

1. Включить лабораторную установку.
2. Нагрузить тяговое звено усилием от 0 до 120 единиц по образцовому динамометру, с шагом 20 ед. методом «нагрузки-разгрузки». Каждому значению приложенной нагрузки определить показания СИ-302 и заполнить таблицу 2 протокола испытаний.
3. Построить тарировочный график и рассчитать коэффициент перевода показаний прибора СИ 302 в силу $K_p = \dots$ Н/ед.ПП.
4. Сделать вывод и заключения.



Для тарировки датчика тягового сопротивления изготовлено приспособление, представленные на рисунке 7.

Тарировка тягового динамометра организована согласно рекомендованным методикам и требованиям инструкции измерительного комплекса СИ-302 т.е. при 6-ти нагрузках и разгрузках с трехкратной повторностью. Образцовым динамометром выбран динамометр – ДС-3.

Рисунок 7 – Приспособление для тарировки тягового тензозвена

Протокол к лабораторной работе №2

Дата выполнения _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О., рост, вес) _____

Условия проведения испытаний:

– климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

Характеристики объекта испытаний:

– марка, модель, год выпуска _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура _____

Экспериментальные данные и результаты выполнения обработки

Таблица 3 – Тарировочные данные тензодатчика

Показания образцового динамометра	Сила, Н	Показания прибора СИ 302			Коэффициент масштабирования K_n , Н/ед.ПП
		среднее за три нагрузки	среднее за три разгрузки	среднее в целом	
0					
20					
40					
60					
80					
100					

Коэффициент перевода показаний прибора СИ 302 в силу $K_n =$ _____
Н/ед.ПП

Построить тарировочный график, сделать анализ и записать выводы.

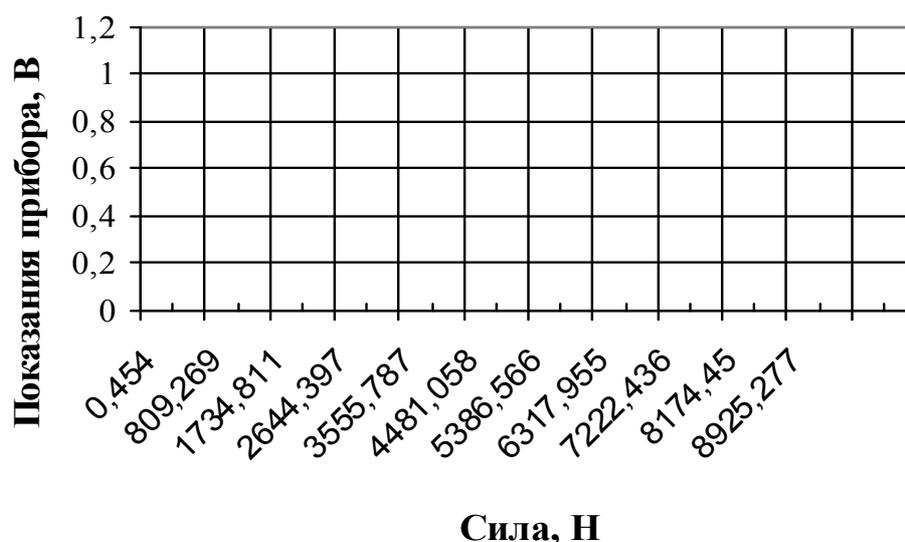


Рисунок 8 – Тарировочный график тягового тензозвена

Выводы по результатам выполнения лабораторной работы: _____

Дата _____

Подпись исполнителя _____

Подпись руководителя _____

Самостоятельная работа:

Подготовить ответы на вопросы:

1. Почему у проволочного тензодатчика с изменением линейных размеров меняется сопротивление электрическому току?
2. Что такое коэффициент тензочувствительности – как его определяют?
3. Что такое коэффициент учета изменения электрических свойств материала датчика, когда его игнорируют?
4. Какие материалы используют для изготовления проволочных тензодатчиков и их характеристики?
5. Что такое образцовый динамометр?
6. Прядок проведения тарировки тензодатчика силы?
7. Что такое коэффициент Пуассона – как его определяют?

А1. Электрические измерения неэлектрических величин

В системах автоматики сигналы управления зависят от различных неэлектрических и электрических величин, характеризующих данный производственный процесс. Информация об этих величинах должна быть получена от датчика и сформирована в виде некоторого сигнала. Наиболее удобно использовать электрический сигнал. По сравнению с другими сигналами (например, механическими, пневматическими, световыми, звуковыми) электрический сигнал обладает целым комплексом преимуществ: возможностью передачи на большие расстояния, простотой преобразования и усиления, возможностью ввода в ЭВМ. Поэтому электрические методы измерения неэлектрических величин получили широкое распространение. Они должны обеспечивать высокую точность преобразования неэлектрической величины в электрический сигнал и быстро реагировать на ее изменение.

Информация о контролируемой неэлектрической величине получается с помощью датчика. Следует отметить, что многие неэлектрические величины удобно предварительно преобразовывать в механическое перемещение, а затем уже с помощью датчика перемещения получить электрический сигнал. Например, в перемещение преобразуются такие неэлектрические величины, как давление (с помощью упругой мембраны), температура (с помощью биметаллической пластины), уровень жидкости (с помощью поплавка), усилие (с помощью пружины). Практически большинство неэлектрических величин сравнительно несложно преобразовать в перемещение. Поэтому в автоматике широкое распространение получили датчики перемещения. Если можно сразу превратить неэлектрическую величину в электрический сигнал, то используются датчики непосредственного преобразования (например, термосопротивления и термопары). Итак, от датчика получен электрический сигнал, несущий информацию о неэлектрической величине. Этот сигнал представляет собой изменение активного сопротивления, или индуктивности, или напряжения, или тока, или какого-либо другого электрического параметра. Чтобы измерить этот параметр, нужен соответствующий электроизмерительный прибор. А для согласования сигнала датчика с электроизмерительным прибором необходима измерительная схема. Таким образом, **схема электрического измерения неэлектрической величины** может быть представлена на рисунке А1. Каждый элемент схемы обладает чувствительностью S и сопротивлением Z . Все они могут питаться от источника электроэнергии (на рисунке А1 источник питания не показан). Датчик преобразует входную неэлектрическую величину x в электрический параметр y (сопротивление, напряжение или др.). Чувствительность датчика

$S_{\delta} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$. Измерительная схема преобразует изменение одного электрического параметра y в другой электрический параметр z .

Чувствительность измерительной схемы $S_{cx} = \frac{\Delta z}{\Delta y}$. Электроизмерительный прибор дает показания (α) (например, в виде отклонения стрелки на шкале), пропорциональные параметру z .

Чувствительность прибора. Чувствительность, обеспечиваемая при электрическом методе измерения неэлектрической величины x .

$$S = \frac{\Delta \alpha}{\Delta z} = S_{\partial} \cdot S_{cx} \cdot S_{np}$$

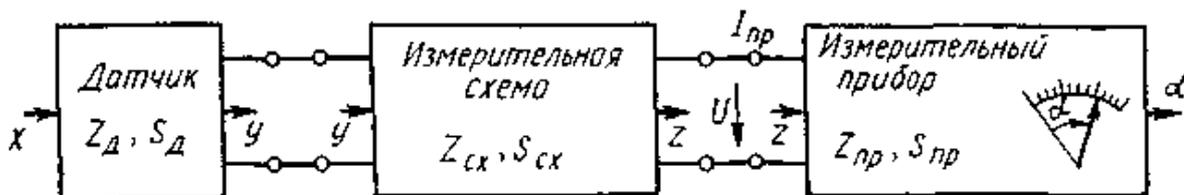


Рисунок А1 – Структурная схема электрического измерения неэлектрической величины

Чувствительность прибора будем полагать величиной заданной и неизменной. А вот чувствительность измерительной схемы можно существенно изменять выбором, как самой схемы, так и ее элементов. Различают два режима работы измерительной схемы.

1. Внутреннее сопротивление прибора Z_{np} значительно больше выходного сопротивления измерительной схемы Z_{cx} : $Z_{np} \gg Z_{cx}$. В этом случае показания прибора зависят от напряжения на выходе схемы и поэтому для такого режима определяют чувствительность по напряжению (полагая $\Delta z = \Delta U$):

$$S_{cxU} = \frac{\Delta U}{\Delta y} \quad (1)$$

Внутреннее сопротивление прибора соизмеримо с выходным сопротивлением измерительной схемы. Прибор реагирует на изменение силы тока I_{np} . Для такого режима определяют чувствительность по току:

$$S_{cxI} = \frac{\Delta I_{np}}{\Delta y} \quad (2)$$

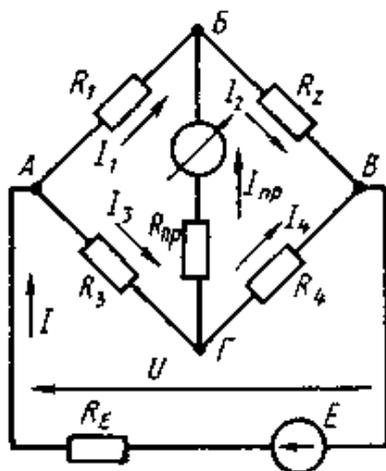
Очень часто в качестве измерительного прибора используется миллиамперметр. В дальнейшем будем рассматривать именно чувствительность по току.

Существующие методы электрических измерений можно в основном разделить на два класса: непосредственной оценки и сравнения. При непосредственной оценке измерительная схема выполняет лишь функции преобразования выходного сигнала датчика, например, усиливает его или согласует выходное сопротивление датчика с входным сопротивлением прибора. Этот метод прост, но применяется сравнительно редко, так как ему свойственны значительные погрешности (особенно при изменении напряжения

питания датчика). Метод сравнения обеспечивает более высокую точность и чувствительность. При этом используются мостовые, дифференциальные и компенсационные схемы измерения.

А2. Мостовая измерительная схема постоянного тока

Принципиальная схема одинарного моста постоянного тока (рисунок А2) состоит из четырех резисторов с активными сопротивлениями R_1 , R_2 , R_3 и R_4 , которые соединены в замкнутый четырехугольник $АВВГ$. Входящие в схему резисторы R_1 – R_4 называют плечами или ветвями моста. Плечи можно обозначать и буквами, например, плечо $АВ$. В четырехугольнике $АВВГ$ можно выделить две диагонали: $АВ$ и $ВГ$. В диагональ $ВГ$ моста включен измерительный прибор, имеющий активное сопротивление R_{np} . В диагональ $АВ$ включен источник питания с ЭДС E и внутренним сопротивлением R_E .



Можно подобрать сопротивления плеч моста так, чтобы потенциалы точек B и G , между которыми включен измерительный прибор, были одинаковы. В этом случае ток в цепи прибора I_{np} отсутствует ($I_{np} = 0$). Процесс подбора таких сопротивлений, обеспечивающих $I_{np} = 0$, называется уравниванием или балансировкой моста. Условие равновесия моста может быть получено на основании законов Кирхгофа, записанных для токов в плечах моста с учетом принятых на рисунке А2 направлений токов:

Рисунок А2 – Мостовая измерительная схема

$$I_1 \cdot R_1 - I_3 \cdot R_3 = 0; \quad I_2 \cdot R_2 - I_4 \cdot R_4 = 0$$

откуда

$$I_1 \cdot R_1 = I_3 \cdot R_3 \quad (3)$$

$$I_2 \cdot R_2 = I_4 \cdot R_4 \quad (4)$$

Разделив (3) на (4), получим

$$\frac{I_1 \cdot R_1}{I_2 \cdot R_2} = \frac{I_3 \cdot R_3}{I_4 \cdot R_4} \quad (5)$$

Так как в уравновешенном мосте ток в цепи прибора $I_{np} = 0$, то $I_1 = I_2$, $I_3 = I_4$ и равенство (5) имеет вид

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

или

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3 \quad (6)$$

т. е. **условие равновесия** моста можно сформулировать так: произведения сопротивлений противоположащих плеч должны быть равны.

С помощью мостовой схемы можно измерить неизвестное сопротивление R_x , включив его в одно из плеч моста, например, в плечо $B\Gamma$ вместо резистора R_4 . При трех известных сопротивлениях R_1, R_2, R_3 неизвестное сопротивление $R_x = R_2 \cdot R_3 / R_1$. Уравновешивание моста может быть достигнуто изменением либо одного сопротивления (R_2), либо отношения двух сопротивлений ($R_x = R_3 / R_1$). В уравновешенных мостах измерительный прибор должен быть очень чувствительным, он должен реагировать на малые токи. Именно по показаниям этого прибора и фиксируется равновесие моста. Поэтому в уравновешенных мостах в качестве измерительного прибора используется обычно гальванометр.

Кроме **уравновешенных** существуют так называемые **неуравновешенные** (или небалансные) мосты, в которых $I_{np} \neq 0$ и измеряемое сопротивление R_x определяется именно по отклонению стрелки прибора, т. е. по величине I_{np} , поскольку $I_{np} = f(R_x)$.

В качестве измерительного прибора в неуравновешенных мостах используются амперметры (так как токи невелики, то обычно мили- или микроамперметры). Уравновешенные мосты требуют ручной или автоматической балансировки, в то время как неуравновешенные мосты не требуют регулировки при каждом измерении. Поэтому неуравновешенные мосты проще, их чаще используют для электрических измерений неэлектрических величин.

На основании законов Кирхгофа могут быть получены выражения для тока в диагонали моста, содержащей измерительный прибор, через напряжение питания U :

$$I_{np} = U \cdot \frac{R_1 \cdot R_4 - R_2 \cdot R_3}{M} \quad (7)$$

через ток питания I :

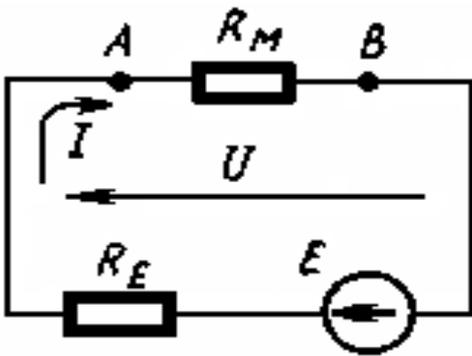
$$I_{np} = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_4 - R_2 \cdot R_3}{N} \quad (8)$$

$$\text{где } M = (R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4) \cdot R_{np} + R_1 \cdot R_2 \cdot (R_3 + R_4) + R_3 \cdot R_4 \cdot (R_1 + R_2) \quad (9)$$

$$N = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) \cdot R_{np} + (R_1 + R_3) \cdot (R_2 + R_4) \quad (10)$$

Кстати, из (7) или (8), приравнявая I_{np} нулю, можно вывести уже полученное нами условие равновесия моста (6).

Сложное соединение сопротивлений R_1 — R_4, R_{np} в мостовой схеме можно преобразовать в эквивалентное сопротивление R_M — входное сопротивление моста по диагонали питания AB . Эквивалентная схема моста показана на рисунке А3. В зависимости от соотношения R_M и R_E различают **низкоомные и высокоомные мостовые измерительные схемы**.



Если $R_M \ll R_E$, то мост называется низкоомным. В таких мостах изменение сопротивления плеч почти не влияет на ток питания I , т. е. можно считать, что $I \approx \text{const}$.

При расчете низкоомных мостов обычно используют уравнение (8).

Если $R_M \gg R_E$, то мост называется высокоомным. В этом случае постоянной величиной можно считать напряжение на

Рисунок А3 – Эквивалентная схема моста

зажимах моста $U = E - I R_E \approx \text{const}$. При расчете высокоомных мостов обычно используют уравнение (7).

Разделив (7) на (8), получим выражение для входного сопротивления моста

$$R_M = \frac{U}{I} = \frac{M}{N} \quad (11)$$

А3. Чувствительность мостовой схемы

Чувствительность уравновешенного моста определяется как отношение приращения тока в измерительной диагонали ΔI_{np} к вызвавшему его изменению сопротивления одного из плеч моста (например, R_x на рис. 2): $S_{cx} = \frac{\Delta I_{np}}{\Delta R_1}$. В

уравновешенном мосте $I_{np} = 0$. После изменения R_1 на ΔR_1 ток прибора $I_{np} = \Delta I_{np}$ определяется по (7) или (8):

$$\Delta I_{np} = U \cdot \frac{(R_1 + \Delta R_1) \cdot R_4 - R_2 \cdot R_3}{M} = I \cdot \frac{(R_1 + \Delta R_1) \cdot R_4 - R_2 \cdot R_3}{N}$$

Преобразуем числитель этого выражения, учитывая условие равновесия $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$:

$$(R_1 + \Delta R_1) \cdot R_4 - R_2 \cdot R_3 = R_1 \cdot R_4 + \Delta R_1 \cdot R_4 - R_2 \cdot R_3 = \Delta R_1 \cdot R_4$$

Следовательно, $\Delta I_{np} = \frac{U \cdot \Delta R_1 \cdot R_4}{M} = \frac{I \cdot \Delta R_1 \cdot R_4}{N}$ и чувствительность

уравновешенного моста по току

$$S_{cx} = \frac{U \cdot R_4}{M} = \frac{I \cdot R_4}{N} \quad (12)$$

В некоторых случаях (например, в мостах с автоматическим уравновешиванием) входным сигналом мостовой схемы служит напряжение в измерительной диагонали $БГ$. Тогда следует определять чувствительность по напряжению:

$$S_{cxU} = \frac{\Delta I_{np}}{\Delta R_1} = \frac{\Delta U_{np} \cdot R_{np}}{\Delta R_1} = \frac{U \cdot R_4 \cdot R_{np}}{M} = \frac{I \cdot R_4 \cdot R_{np}}{N} \quad (13)$$

Оценим влияние сопротивлений плеч моста на чувствительность мостовой уравновешенной схемы. Для этого удобно выразить сопротивления всех плеч моста относительно измеряемого сопротивления R_1

Положим $R_2 = m \cdot R_1$; $R_3 = n \cdot R_1$; $R_{np} = q \cdot R_1$. Так как в уравновешенном мосту $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$, то $R_4 = m \cdot n \cdot R_1$. Подставим значения сопротивлений в (12).

1. Для высокоомного моста (полагая $U = \text{const}$)

$$\begin{aligned}
 S_{cx} &= \frac{U \cdot R_4}{M} = \\
 &= \frac{U \cdot m \cdot n \cdot R_1}{(R_1 + m \cdot R_1) \cdot (n \cdot R_1 + m \cdot n \cdot R_1) \cdot q \cdot R_1 + m \cdot R_1^2 \cdot (n \cdot R_1 + m \cdot n \cdot R_1) + n^2 \cdot m \cdot R_1^2 \cdot (R_1 + m \cdot R_1)} = \\
 &= \frac{U \cdot m \cdot n \cdot R_1}{R_1^3 \cdot (1+m)^2 \cdot n \cdot q + R_1^3 \cdot m \cdot n \cdot (1+m) + R_1^3 \cdot n^2 \cdot m \cdot (1+m)} = \\
 &= \frac{U \cdot m \cdot n \cdot R_1}{R_1^3 \cdot (1+m) \cdot n \cdot [(1+m) \cdot q + m + n \cdot m]} = \\
 &= \frac{U \cdot m \cdot n \cdot R_1}{R_1^3 \cdot (1+m) \cdot n \cdot m \cdot \left[\left(\frac{1}{m} + 1 \right) \cdot q + 1 + n \right]} = \\
 &= U \cdot \frac{1}{R_1^2 \cdot (1+m) \cdot \left[\left(\frac{1}{m} + 1 \right) \cdot q + 1 + n \right]}
 \end{aligned} \tag{14}$$

или

$$S_{cx} = \frac{U}{R_1^2} \cdot f(m, n, q) \tag{15}$$

где

$$f(m, n, q) = \frac{1}{(1+m) \cdot \left[\left(\frac{1}{m} + 1 \right) \cdot q + 1 + n \right]} \tag{16}$$

Анализ уравнения (15) показывает, что чувствительность возрастает с увеличением напряжения питания и уменьшением сопротивлений плеч моста. Эти выводы достаточно очевидны. При этом следует иметь в виду, что с уменьшением сопротивлений мост уже не будет высокоомным и к нему неприменимо уравнение (15). Менее очевидно, но представляет большой интерес влияние коэффициентов n , m , q . Рассмотрим функцию (16). При уменьшении n чувствительность схемы увеличивается. При неизменных коэффициентах n и q чувствительность моста максимальна при

$$m = \sqrt{q \cdot (1 + q + n)} \tag{17}$$

Уравнение (17) можно получить, продифференцировав $f(m, n, q)$ по m и приравняв $\frac{df(m, n, q)}{dm}$ нулю.

На рисунке А4, а показаны номограммы для случая $U = \text{const}$, с помощью которых можно определить m и n , т. е. сопротивления мостовой схемы. По виду кривых можно судить о том, что при известном и достаточно большом диапазоне изменения значений m и n чувствительность мостовой схемы изменяется незначительно. Чувствительность низкоомного моста (при $I = \text{const}$)

$$S_{cx} = \frac{I \cdot R_4}{N} = \frac{I \cdot m \cdot n \cdot R_1}{(R_1 + m \cdot R_1 + n \cdot R_1 + m \cdot n \cdot R_1) \cdot q \cdot R_1 + (R_1 + n \cdot R_1) \cdot (m \cdot R_1 + m \cdot n \cdot R_1)} = \frac{I}{R_1} \cdot \frac{m \cdot n}{(1 + m + n + m \cdot n) \cdot q + (m + 2 \cdot m \cdot n + m \cdot n^2)}$$

или

$$S_{cx} = \frac{1}{R_1} \cdot \varphi(m, n, q) \quad (18)$$

где

$$\varphi(m, n, q) = \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{n}\right) \cdot \left[q \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right) + 1 + n\right]} \quad (19)$$

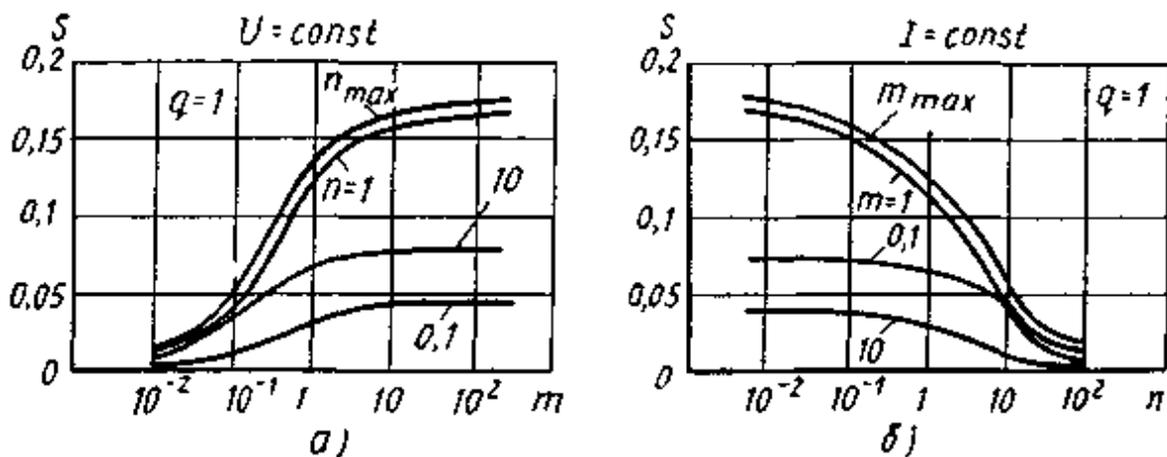


Рисунок А4 – Номограммы к расчету чувствительности мостовой схемы

Анализ уравнения (19) показывает, что при увеличении m чувствительность схемы возрастает. При неизменных значениях m и q чувствительность моста максимальна при

$$n = \sqrt{q \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right) + 1} \quad (20)$$

Уравнение (20) можно получить продифференцировав $\varphi(m, n, q)$ по n и приравняв $d\varphi(m, n, q)/dn$ нулю. Номограммы для случая $I = \text{const}$ показаны на рисунке А4, б.

Рассмотрим теперь чувствительность неуравновешенного моста. Датчики с изменяющимся сопротивлением R можно включить в разные плечи моста. Рассмотрим различные варианты подключения датчиков (рисунок А5).

1. Чаще всего используется простая (рисунок А5, а) схема равноплечего ($R_2 = R_3 = R_4 = R_0$) моста с одним датчиком $R_1 = R_0 \pm \Delta R$, где R_0 — сопротивление датчика, соответствующее начальному значению измеряемой неэлектрической величины.

Воспользуемся уравнением (8) для определения изменения тока через измерительный прибор:

$$\begin{aligned} \Delta I_{np} &= I \cdot \frac{(R_0 \pm \Delta R) \cdot R_0 - R_0^2}{(R_0 \pm \Delta R + 3 \cdot R_0) \cdot R_{np} + (R_0 \pm \Delta R + R_0) \cdot 2 \cdot R_0} = \\ &= I \cdot \frac{R_0^2 \pm \Delta R \cdot R_0 - R_0^2}{4 \cdot R_0 \cdot R_{np} \pm \Delta R \cdot R_{np} + 4 \cdot R_0^2 \pm 2 \cdot \Delta R \cdot R_0} = I \cdot \frac{\pm \Delta R \cdot R_0}{4 \cdot R_0 \cdot R_{np} \pm \Delta R \cdot R_{np} + 4 \cdot R_0^2 \pm 2 \cdot \Delta R \cdot R_0} \end{aligned}$$

Для малых приращений ΔR можно пренебречь в знаменателе слагаемыми $\Delta R \cdot R_{np}$ и $2 \cdot \Delta R \cdot R_0$ по сравнению с другими слагаемыми

$$\Delta I_{np} = \frac{\pm \Delta R \cdot I}{4 \cdot (R_{np} + R_0)}$$

Чувствительность схемы

$$S_{cx} = \frac{\Delta I_{np}}{\Delta R} = \frac{I}{4 \cdot (R_{np} + R_0)} = S_0 \quad (21)$$

Примем чувствительность моста с одним датчиком за исходную S_0 и выразим чувствительность всех других вариантов мостовых схем через S_0

На схеме рисунке А5, б одинаковые датчики с изменяющимся сопротивлением $R_0 + \Delta R$ включены в противоположные плечи моста. В этом случае приращение тока в измерительном приборе

$$\Delta I_{np} = \frac{\Delta R \cdot I}{2 \cdot (R_{np} + R_0)}$$

т. е. чувствительность $S_{cx} = 2 \cdot S_0$ увеличивается вдвое. Такое же увеличение чувствительности получается в схеме рисунке А5, в, где второй датчик включен не в противоположное, а в соседнее плечо и его сопротивление не увеличивается, а уменьшается: $R_0 - \Delta R$. В схемах по рисунку А5, а—в чувствительность непостоянна, т. е. зависимость $I_{np} = f(\Delta R)$ нелинейна.

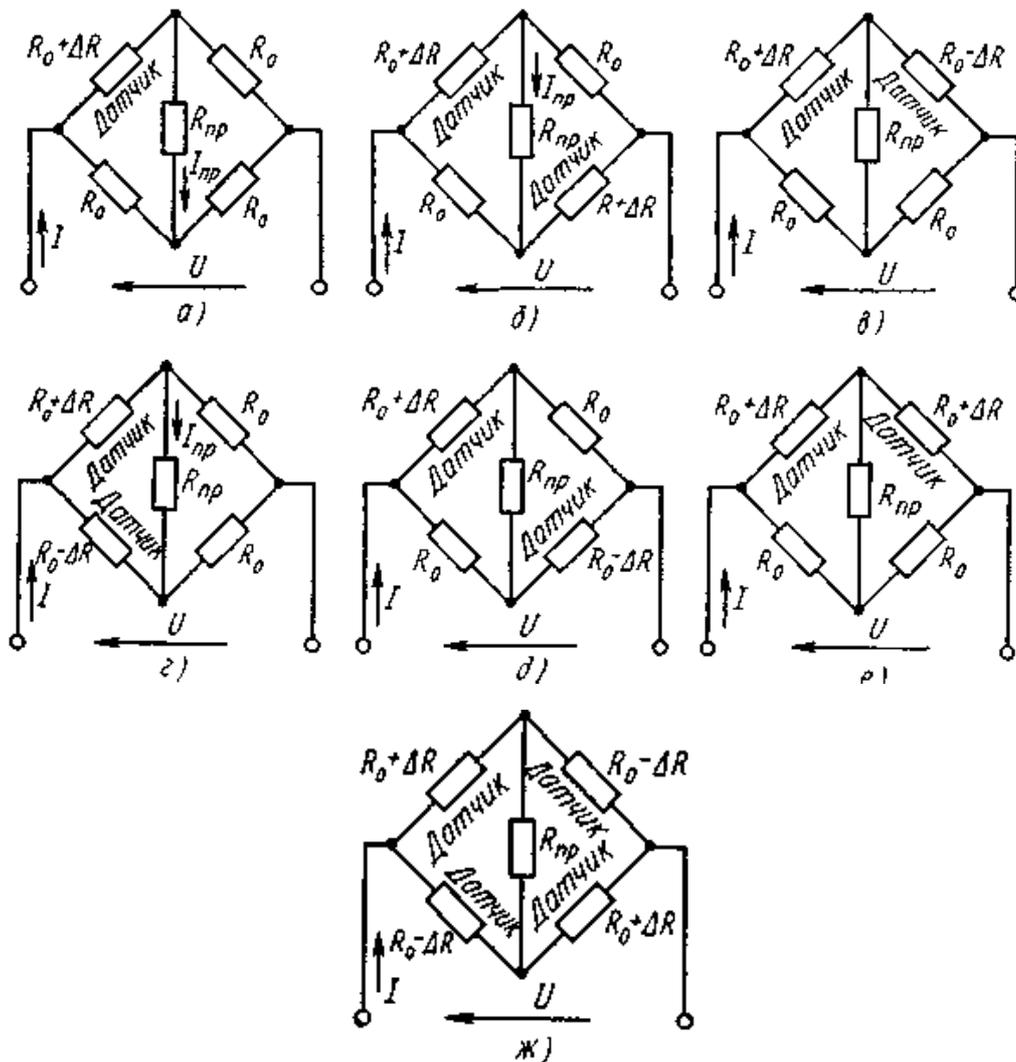


Рисунок А5 – Варианты включения датчиков в мостовую схему

Если датчики с изменяющимися сопротивлениями включить в соседние плечи моста по схеме на рисунке А5, з ($R_0 + \Delta R$ — в плечо R_1 , а $R_0 - \Delta R$ — в плечо R_3), то чувствительность его по-прежнему в два раза больше ($S_{cx} = 2 \cdot S_0$), а зависимость $I_{np} = f(\Delta R)$ близка к линейной в довольно широких пределах. Недостаток схемы в том, что если датчиками являются сопротивления с подвижным контактом, то питание к схеме подводится именно через этот подвижный контакт, что снижает надежность схемы.

При включении датчиков по схемам, показанным на рисунке А5, д, е, изменение сопротивления одновременно в обоих плечах не приводит к изменению тока в измерительном приборе, т. е. $S_{cx} = 0$. Такое подключение датчиков является ошибочным.

Если включить четыре одинаковых датчика во все четыре плеча моста так, как показано на рисунке А5, ж, то изменение тока в измерительном приборе

$$\Delta I_{np} = \frac{\Delta R \cdot I}{R_{np} + R_0}. \text{ При этом обеспечивается максимальная чувствительность}$$

$$S_{cx} = 4 \cdot S_0$$

А4. Методика расчета мостовой схемы с тензодатчиками

Расчет мостовой схемы с тензодатчиками выполняется на основе следующих исходных данных: максимальное усилие F ; чувствительность S_δ ; сопротивление датчика S_δ ; сопротивление измерительного прибора, или входное сопротивление усилителя, R_{np} ; допустимый ток элементов схемы I ; размеры испытуемой детали и модуль упругости E ее материала.

Эскиз крепления тензодатчика на консольной балке шириной b и толщиной h показан на рисунке А6.

Расчет выполняется в такой последовательности:

1. Прогиб балки под действием силы F , приложенной на расстоянии L от места закрепления

$$\theta = \frac{-F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot J} \quad (15)$$

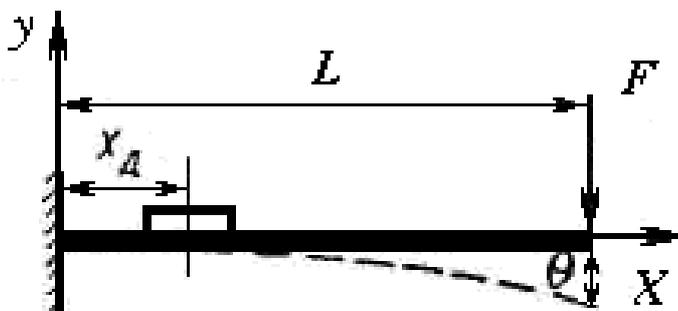


Рисунок А6 – Крепление тензодатчика на консольной балке

где J — осевой момент инерции; $J = \frac{b \cdot h^3}{12}$

2. Относительное удлинение балки:

$$\lambda = \frac{6 \cdot L \cdot F}{E \cdot b \cdot h^2} \quad (16)$$

3. Относительное изменение сопротивления датчика:

$$\varepsilon = \frac{\Delta R}{R} = S_\delta \cdot \lambda \quad (17)$$

4. Общая чувствительность измерения:

$$S_{из} = \frac{\Delta \alpha}{R \cdot \varepsilon} \quad (18)$$

где $\Delta \alpha$ — используемая шкала прибора. Желательно использовать всю шкалу прибора, что позволит полностью реализовать точность измерительного прибора.

5. Необходимая чувствительность мостовой схемы: для схемы с двумя датчиками

$$S_{cx} = \frac{S_{из}}{2 \cdot S_{np}} \quad (19 \text{ а})$$

для схемы с четырьмя датчиками

$$S_{cx} = \frac{S_{из}}{4 \cdot S_{np}} \quad (19 \text{ б})$$

где S_{np} - чувствительность измерительного прибора.

6. Затем по методике, находим функцию коэффициентов m , n , q , которые выражают соотношение сопротивлений плеч моста и измерительного прибора:

$$f(m, n, q) = \frac{S_{cx} \cdot R_0^2}{U} \quad (20)$$

7. Определяем коэффициенты q и m : $q = R_{np}/R_0$; $m = 1$ (для двух датчиков).

8. Необходимое значение коэффициента n находим по номограмме, построенной для полученных значений q и m . Полученное значение чувствительности сопоставляется с формулой (20), и решается вопрос об использовании всей шкалы прибора.

Значение коэффициента n не должно превышать определенного предела, при котором ток не превышает допустимого значения при напряжении питания мостовой схемы U .

9. При измерении динамических деформаций частота питания должна быть в 5...10 раз выше частоты измеряемой деформации. При измерении деформаций частотой более 1 кГц мост обычно питают постоянным током.

10. Если невозможно обеспечить требуемую точность измерения, то применяют методы тарировки (градуировки) измерительного прибора по образцовому прибору.

Лабораторная работа №3

ТАРИРОВКА ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ ДВИЖИТЕЛЕЙ ТРАКТОРА НА ПОЧВУ

Цель работы: Получение навыков проведения тарировки датчиков давления движителей трактора на почву.

Оборудование и приборы:

1. Датчик давления движителя трактора на почву.
2. Тарировочное устройство с измерительно-информационным комплексом.

Общие сведения

Двигатели тракторов оказывают негативное влияние на почву, ухудшая его физико-механические свойства (плотность, твердость, скважность и др.). Это приводит к снижению урожайности зерновых и др. культур. Оптимальная плотность суглинистых почв для зерновых культур находится в пределах 1,1-1,3 г/см² (110-130 Н/м²). По следам трактора К-744Р4 плотность почвы может возрасти в несколько раз, по сравнению с оптимальным его значением. Поэтому, при конструировании тракторов и их эксплуатации в условиях производства, необходимо стремиться снижать давление двигателей мобильных машин на почву. Для измерения давления двигателей тракторов используют датчики давления, сигналы которых зависят и от характеристик почвы. Для повышения точности измерений необходимо проводить тарировку датчиков давления на специальных приспособлениях, используя в них почву с характеристиками, свойственными производственным условиям проведения испытания трактора.

При проведении экспериментальных исследований системы «трактор – колесо – почва» соблюдаются требования стандарта ГОСТ 26953-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия двигателей на почву». Массу, создающую статическую нагрузку на почву единичным колесным двигателем, испытываемой техники определяют по ГОСТ 23734-98 «Тракторы промышленные. Методы испытаний». Допускаемые погрешности определения измеряемых величин - по ГОСТ 7057-2001 «Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний». Отклонение от плоскостности поверхностей весового устройства и площадки в пределах габарита по длине и ширине техники при ее установке на платформу весов и площадку одновременно не должно быть более 10 мм. Условия проведения экспериментов определялись по ГОСТ 20915-75 «Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний (с Изменением N 1)».

Для измерения давления двигателя трактора на почву используют различные датчики давления на грунт (месдозы), возможно использование извлекаемых датчиков давления на грунт «Тензо-М».

При этом основное отличие от существующих решений - тензорезисторный преобразователь давления размещен в корпусе, имеющем форму заточенного клина (рисунок 1), что позволяет вводить датчик в грунт из шурфа посредством гидравлического домкрата. Такая установка датчика снимает необходимость долгого ожидания для снятия напряжения почвы около датчика после закапывания ее в почву. Технические данные датчика приведены в таблице 1.

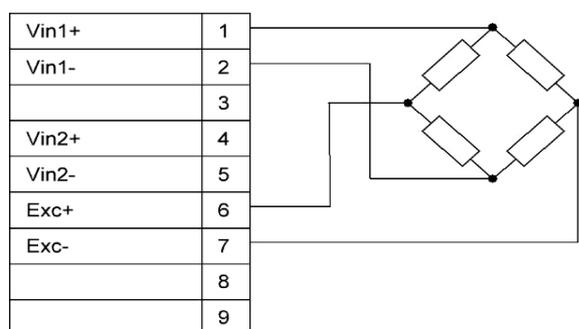


Рисунок 1 – Внешний вид датчика измерения давления на грунт

Таблица 1 – Технические характеристики датчика давления Тензо-М

Номинальное изменяемое давление, атм.	5, 10
Размер датчика, мм.	17 x 90 x 270
Рабочий диапазон температур, град С,	от минус 50 до плюс 50
Защищенность от воздействия внешней среды	IP68 (герметическое)

Выходным сигналом датчика является рабочий коэффициент передачи (РКП) при номинальной нагрузке (размерность РКП мВ/В). Номинальное расчетное значение РКП 1 мВ/В. Это означает, что если мы приложим к датчику номинальное давление грунта 5 или 10 кгс/см² (5×10^5 - 10×10^5 Н/м²), то при напряжении питания 10 В будем иметь выходное напряжение 1 мВ/В x 10 В = 10 мВ.



Напряжение питания подается на зеленый и черный выводы кабеля, а выходное напряжение снимается с белого и красного выводов кабеля.

Рисунок 2 – Схема подключения датчика давления к разъему измерительной системы

Одновременно в почву устанавливаем 3 датчика на разную глубину $h=10$ см, $h=20$ см, $h=30$ см. Повторность измерений трехкратная. Трактор, после установки датчиков давления в почву с соответствующим агрофоном и характеристиками почвы, должен проходить серединой колеса над центром датчика. Для этого, после установки датчиков, производим отметку их местоположения.

Перед испытаниями датчики давления на грунт (месдозы) градуируют в специальном приспособлении (обычно — в баке, в котором создается контролируемое распределенное давление воды или воздуха, или в грунте). Для

каждой месдозы строят градуировочный график, который должен быть прямолинеен при создании и снятии нагрузки и не иметь петель. Повторность нагружения и снятия нагрузки на датчик не менее, чем трехкратная. Погрешность измерений не должна превышать 5...10 %.

Передача давления на мембрану сильно зависит от вида грунта и его механических характеристик. На песке, глине, суглинке мы будем иметь разные показания прибора при одном и том же давлении.

Специалисты по грунтам настоятельно рекомендуют определять реальную чувствительность датчика в реальном грунте, нагружая образец грунта с введенным в него датчиком давления на гидравлическом прессе.

Таким образом при градуировке месдоз на грунте он должен быть того же состава и той же влажности, что и принятый в опытах.

Исследования работы месдоз показали взаимосвязь между результатами измерений, механическими параметрами месдоз и деформируемостью грунта. При одинаковой деформируемости месдозы и грунта погрешность измерений минимальна. Создание месдозы, обладающей идентичными грунтовой среде деформативными характеристиками и одновременно стабильными динамометрическими свойствами, представляет значительные трудности. Для уменьшения влияния переменного модуля деформации грунта необходимо применять приборы, модуль деформации которых в 5...10 раз больше модуля деформации грунта. В этом случае месдоза будет иметь постоянную погрешность, которая учитывается тарировкой.

Устройство для тарировки тензодатчиков давления приведено на рисунке 3. Тарировочные данные приведены в приложении В.

Величина относительной погрешности для жестких месдоз прямо пропорциональна отношению их высоты h к диаметру D . Для уменьшения погрешности необходимо стремиться к применению месдоз с минимально возможной относительной высотой.

Например, для жесткой месдозы при отношении $h/D=0,1$ экспериментально установлено, что давление в песке будет измеряться с постоянной погрешностью около 13%.

При измерении контактных давлений, если модуль деформации месдозы больше модуля деформации ограждающей конструкции (например, при заложении металлических месдоз в стенки деревянных конструкций), возникает значительная концентрация давлений в грунте у измерительного прибора и, наоборот, в случае недостаточно жесткой месдозы измеренное давление будет ниже действующего на ограждающую конструкцию.

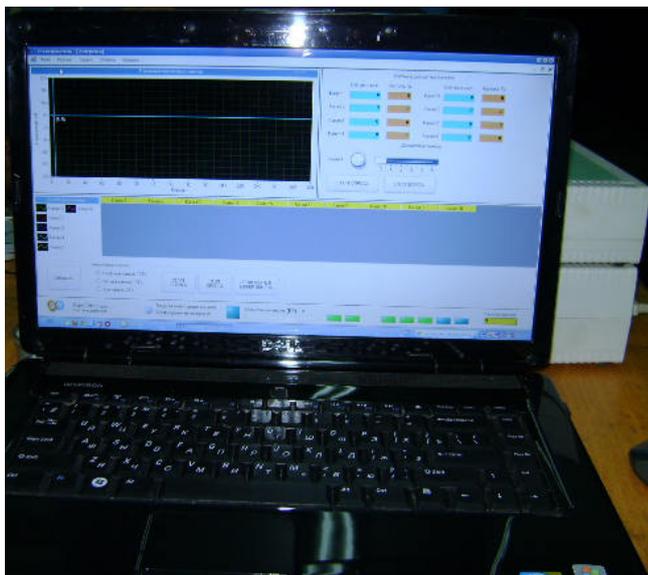


Рисунок 3 – Устройство для тарировки тензодатчиков давления

Имея данные о деформативных свойствах мембраны, грунта и ограждающей конструкции, величину ожидаемой погрешности можно определить расчетным путем.

Жесткость мембранной мембраны можно значительно повысить с помощью гидравлического преобразователя (между двумя различными по диаметру мембранами помещается замкнутая прослойка жидкости). Такое конструктивное усовершенствование мембранной мембраны позволяет увеличить ее жесткость без снижения чувствительности; погрешность измерения давлений независимо от вида грунта находится в пределах 5...7%.

Регистрация давления грунта осуществляется измерительной системой «СИ 302».

Порядок проведения лабораторной работы:

1. Установить датчик давления на тарировочный стенд, согласно рисунку 3;
2. Подсоединить разъем датчика к измерительному комплексу СИ-302.
3. Заполнить емкость тарировочного устройства землей, подготовить устройство к работе, установив домкрат и образцовый динамометр;
4. Включить комплекс СИ-302, согласно инструкции в приложении В.
5. Провести балансировку тензодатчиков;
6. Начать измерения – увеличивая давление по образцовому динамометру со 100 до 500 кгс;
7. Записывать показания измерительного комплекса при загрузке и разгрузке датчика давления при одних и тех же значениях показаний индикатора образцового динамометра, используя среднее значение показаний измерительного комплекса рассчитать коэффициент масштабирования.
8. Оформить протокол испытаний.

Протокол к лабораторной работе №3

Дата выполнения _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О.) _____

Условия проведения испытаний:

– климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

Характеристики объекта испытаний:

– марка, модель, год выпуска _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура _____

Экспериментальные данные и результаты выполнения обработки

Таблица 2 – Данные тарировки датчика для измерения давления на почву

№	Показания прибора, В		Показания индикатора образцового динамометра, кг	Сила давления, Н	Давление на датчик (q), Н/м ²	Коэф. перевода показаний прибора в давление на датчик $K_{q,сп}$
	нагрузка	разгрузка				
1			100	980	18148	
2			200	1960	36296	
3			300	2940	54444	
4			400	3920	72592	
5			500	4900	90740	
Среднее значение коэффициента перевода показаний прибора в давление на датчик $K_{q, Н/м^2}$						

Среднее значение коэффициента перевода показаний прибора в давление на датчик $K_q = \dots\dots\dots$ Н/м².

Построить тарировочный график, сделать анализ и записать выводы.



Рисунок 4 – График тарировки датчика давления колеса на грунт

Выводы по результатам выполнения лабораторной работы: _____

Дата _____

Подпись исполнителя _____

Подпись руководителя _____

Самостоятельная работа: Подготовить ответы на вопросы:

1. Что такое месдоза и как она устроена?
2. От чего зависит величина относительной погрешности для жестких месдоз?
3. Преимущества датчиков «Тензо- М» перед другими датчиками?
4. Как правильно подключить провода датчика давления «Тензо- М» к разъему измерительного прибора?
5. Описать методику измерения давления движителей мобильных машин на почву согласно ГОСТ 26953-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву»?
6. Порядок проведения тарировки тензодатчика давления движителей трактора на почву?

Лабораторная работа № 4

ВНЕШНИЙ ОСМОТР ТРАКТОРА, ПОДГОТОВЛЕННОГО К ИСПЫТАНИЯМ

Цель работы: Получение навыков проведения внешнего осмотра трактора с целью выявления его готовности к испытаниям.

Оборудование и приборы:

1. Укомплектованный трактор «Беларус МТЗ-320.4М».

Основные понятия и определения:

Согласно требованиям стандарта ГОСТ 25836-83 «Виды и программы испытаний», проводится предварительный осмотр трактора с целью выявления его готовности к испытаниям, и определяются совокупность показателей, приведенных в таблице 1. Прием трактора на испытания осуществляется согласно ГОСТ 28305-89 МАШИНЫ И ТРАКТОРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ И ЛЕСНЫЕ. Правила приемки на испытания.

Таблица 1 – Проверка показателей трактора и его готовности к испытаниям

Вид испытаний – учебное
Содержание программы испытаний, определяемые показатели
1. Первичная техническая экспертиза: комплектность трактора
комплектность прилагаемых к трактору запасных частей, инструментов, принадлежностей, материалов, технической и сопроводительной
отсутствие (наличие) видимых повреждений отдельных деталей и сборочных единиц, арматуры, декоративных изделий, уплотнений и обшивок, течей в
качество выполнения сборки, сварных швов, окраски и т. д.
наличие пломб в местах, подлежащих опломбированию
заполнение заправочных емкостей
2. Опробование работы двигателя на холостом ходу: исправность системы
показания приборов, контролирующей работу системы охлаждения и смазки и системы электрооборудования при работе двигателя без нагрузки на
отсутствие (наличие) стуков и шумов, свидетельствующих о неисправности
3. Опробование трактора на холостом ходу: правильность действия органов
управления и средств сигнализации
отсутствие стуков и шумов в системах и агрегатах при работе без нагрузки

Порядок выполнения лабораторной работы:

1) Установить трактор на площадке и провести перечень работ, перечисленных в таблице 1.

- 4) Заполняется протокол лабораторной работы (таблица 2);
- 5) Заполняется п. **Выводы** протокола лабораторной работы: выявляется готовность трактора к испытаниям.

Протокол к лабораторной работе №4

Дата выполнения _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О., рост, вес) _____

Условия проведения испытаний:

– климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

– **Характеристики объекта испытаний:**

– марка, модель, год выпуска _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура _____

Экспериментальные данные и результаты выполнения обработки

Таблица 2 – Результаты проверки готовности трактора к испытаниям

Вид испытаний – учебное	
Содержание программы испытаний, определяемые показатели	Описание показателей
1. Первичная техническая экспертиза: комплектность трактора	
2. Комплектность прилагаемых к трактору запасных частей, инструментов, принадлежностей, материалов, технической и	
3. Отсутствие (наличие) видимых повреждений отдельных деталей и сборочных единиц, арматуры, декоративных изделий, уплотнений и обшивок, течей в местах соединений и сальниковых уплотнений	
4. Качество выполнения сборки, сварных швов, окраски и т. д.	
5. Наличие пломб в местах, подлежащих опломбированию	
6. Заполнение заправочных емкостей	

7. Опробование работы двигателя на холостом ходу: исправность системы пуска	
8. Показания приборов, контролирующих работу системы охлаждения и смазки и системы электрооборудования при работе двигателя без нагрузки на минимальной и максимальной частотах вращения	
9. Отсутствие (наличие) стуков и шумов, свидетельствующих о неисправности	
10. Опробование трактора на холостом ходу: правильность действия органов управления и средств сигнализации	
11. Отсутствие стуков и шумов в системах и агрегатах при работе без нагрузки	

Дата _____

Выводы по результатам выполнения лабораторной работы: _____

Подпись исполнителя _____

Подпись руководителя _____

Самостоятельная работа: Подготовить ответы на вопросы:

9. Как определяется комплектность трактора?
10. Как проверить исправность системы пуска двигателя, что к ней относится?
11. Какие указательные приборы использованы на тракторе?
12. Что входит в средства сигнализации и как их проверить?

Лабораторная работа № 5 (4 часа)

СНЯТИЕ ТЯГОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРА НА ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ ПЕРЕДАЧАХ

Цель работы: Изучить методику, аппаратуру и измерительное оборудование, используемое при тяговых испытаниях; провести испытания и построить тяговую характеристику трактора.

Оборудование и приборы:

1. Укомплектованный измерительным оборудованием трактор для тягового испытания «Беларус МТЗ-320.4М».
2. Автомобиль ГАЗ – 3309 – для создания тяговой нагрузки на трактор.

Основные понятия и определения:

Согласно стандарта ГОСТ 25836-83 «ВИДЫ И ПРОГРАММЫ ИСПЫТАНИЙ», проводятся тяговые испытания трактора для определения его тяговосцепных качеств, производительности и экономичности по типовой методике. В результате этих испытаний обычно определяют экспериментальные тяговые характеристики трактора на различных почвенных фонах. Типовые испытания могут проходить как серийные тракторы, так и тракторы, которые модернизируют или вновь ставят на производство. Измеряемые показатели согласно таблицы 1.

Согласно ГОСТ 30745-2001 (ИСО 789-9-90) Тракторы сельскохозяйственные. Определение тяговых показателей, имеются требования к испытанию трактора.

Общие требования

Перед испытаниями трактор должен быть обкатан в соответствии с рекомендациями изготовителя в объеме, допускающем последующую полную загрузку трактора по мощности.

Комплектация трактора должна соответствовать указанной изготовителем в руководстве по эксплуатации для использования на работах, требующих максимального тягового усилия.

Типоразмеры шин и давление в них должны соответствовать рекомендациям изготовителя, высота почв зацепов должна быть не менее 65% от номинальной, а шаг гусеницы не должен превышать номинальный более чем на 3%.

Температура окружающего воздуха в период снятия тяговой характеристики должна быть (23 ± 7) °С.

Температура охлаждающей жидкости и моторного масла должна соответствовать указанной в руководстве по эксплуатации трактора конкретной модели.

Таблица 1 – Программа тяговых испытаний трактора и определяемые показатели

Содержание программы испытаний. определяемые показатели	Предварительные	Приемочные государ.	Сертификационные
1. Тяговые испытания			
1.1. Определяемые показатели			
1.1.1. Тяговая характеристика на основных рабочих	X	X	X
1.1.2. Номинальное тяговое усилие	X	X	
1.1.3. Скорости движения переднего и заднего ходов на каждой передаче при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя и отсутствии буксования (колесных тракторов на треке с бетонным или асфальтовым покрытием. гусеничных тракторов — на глинистом треке)	X	X	X
1.1.4. Наибольшая тяговая МОЩНОСТЬ	X	X	
1.1.5. Условный тяговый к. и. д. трактора	X	X	
1.1.6. Тяговое усилие при наибольшей тяговой мощности	X	X	
1.1.7. Скорость движения при наибольшей тяговой мощности	X	X	
1.1.8. Буксование движителей при наибольшей тяговой мощности	X	X	
1.1.9. Скорость движения трактора при номинальном тяговом усилии	X	X	
1.1.10. Буксование движителей при номинальном тяговом усилии	X	X	
1.1.11. Максимальные силы тяги при допустимых уровнях бук-	X	X	
1.1.12. Удельный расход топлива при наибольшей тяговой мощности	X	X	
1.2. Программа тяговых испытаний тракторов конкретных типов			
1.2.1. Тяговые испытания колесного трактора в комплектации, соответствующей его основному назначению, с определением показателей в соответствии с п. 9.1 таблицы:			
на треке с бетонным (асфальтовым) покрытием	X	X	
на стерне колосовых (для сельскохозяйственных тракторов)	X	X	
на поле, подготовленном под посев (для сельскохозяйственных	X	X	
на глинистом треке (для лесопромышленных и лесохозяйственных тракторов)	X	X	

При отсутствии таких указаний температура охлажденной жидкости на выходе из двигателя и моторного масла в поддоне двигателя или перед масляным радиатором должна быть в диапазоне от 85 до 95 °С.

Питание двигателя осуществляется через расходомер из его топливного бака. Во время измерения показателей топливный бак должен быть заполнен на $(60 \pm 10)\%$.

Подсоединение устройства для измерения топлива не должно изменять давление перед топливоподкачивающим насосом более чем на 10 кПа.

Порядок испытаний

Тяговые показатели определяют нагружением трактора силой, приложенной к сцепному устройству.

Почвенные фоны, на которых проводят испытания, приведены в таблице 2 (только для асфальтового покрытия, остальные см. стандарт ГОСТ 30745-2001). Допускается проводить испытания на подвижной поверхности (например, на вращающемся барабане или испытательном стенде с бесконечной лентой), если результаты испытаний соответствуют полученным при испытаниях колесных тракторов на бетонной поверхности, а гусеничных тракторов - на глинистом треке.

Таблица 2 - Почвенные фоны для проведения испытаний

Почвенный фон	Тип трактора	Неплоскостность поверхности и в пределах габаритных размеров трактора, мм, не более	Уклон плоскости, прилегающей к поверхности фона, в пределах габаритного размера трактора, %, не более		Влажность почвы по ГОСТ 20915 , %	Твердость фона по ГОСТ 20915 , МПа (кгс/см ²)	Число ударов плотномера, шт. (Твердость фона - по ГОСТ 23734)
			вдоль движения	поперек движения			
1 Трек с асфальто-бетонным или термокадамовым покрытием	Колесный	10	1	1	-	-	-
Примечания							
1 Бетон, асфальт или термокадам должны быть очищены от грязи и следов масла.							

Измерения начинают после обеспечения стабильного режима работы трактора.

Положение органов управления регулятором частоты вращения коленчатого вала двигателя должно соответствовать полной подаче топлива.

Тяговая нагрузка при испытаниях на почвенных фонах на каждой передаче должна измеряться последовательно от нуля до максимального значения. Число ступеней нагрузки должно быть достаточным для определения максимальной мощности.

Максимальное тяговое усилие должно ограничиваться началом неустойчивой работы двигателя или буксованием, предельное значение которого должно быть: на треках не более 7% - для гусеничных и 15% - для колесных тракторов и гусеничных с эластичной (резиновой) гусеницей, а на почвенных фонах - 15% и 30% соответственно.

Измерения проводят при поддержании заданного тягового усилия в течение не менее 20 с или времени, необходимого для прохождения расстояния не менее 20 м, в зависимости от того, какое время больше. На режимах максимальной тяговой мощности на каждой передаче расход топлива измеряют за время прохождения трактором не менее 100 м.

Максимальная тяговая мощность должна быть определена не менее чем на шести передачах, начиная с передачи, соответствующей скорости движения трактора около 16 км/ч, и заканчивая передачей, на которой допускается развивать максимальное тяговое усилие, не превышая указанный предел буксования.

Если трактор имеет трансмиссию с гидротрансформатором, который может быть заблокирован оператором, то испытания проводят как с работающим, так и с заблокированным трансформатором.

Измеряемые параметры и пределы основных погрешностей применяемых средств измерений должны соответствовать указанным в ГОСТ 30745-2001.

До начала и после испытаний по определению тяговых показателей проводят испытания по определению мощности двигателя через ВОМ в соответствии с [ГОСТ 30747](#).

Результаты измерений обрабатывают с целью определения основных тяговых показателей: тяговых усилий, скорости, тяговой мощности, расхода топлива, удельного расхода топлива, буксования и условного тягового КПД.

Результаты испытаний оформляют в виде протокола.

Тяговые характеристики должны быть приведены в виде таблиц или графиков.

Расчет тяговых показателей проводят по формулам:

1. Среднее усилие на крюке трактора $P_{кр.ср.}$, Н

$$D_{ед.нб.} = n_p \cdot m_p, \quad (1)$$

где n_p - среднее значение показания прибором (ПП) сигнала от датчика тягового усилия;

m_p - масштаб (1 ед. ПП = m_p , Н).

2. Среднюю скорость трактора $V_{ср}$, м/с, за время t , с рассчитывают по формуле:

$$V_{нб} = \frac{n_s \cdot m_s}{t}, \quad (2)$$

где n_5 - количество импульсов от «пятого» колеса; m_5 - масштаб «пятого» колеса.

3. Буксование трактора

$$\delta = \frac{n_{\text{н.д.}} \cdot m_{\text{д.}} - n_5 \cdot m_5}{n_{\text{н.д.}} \cdot m_{\text{д.}}}, \quad (3)$$

где

$$n_{\text{н.д.}} = \frac{n_{\text{в.д.}} + n_{\text{р.д.}}}{2},$$

$n_{\text{н.д.}}$ - среднее количество импульсов ведущих колес;

$m_{\text{д.}}$ - масштаб ведущих колес.



Рисунок 1 – Фрагменты трактора тензолаборатории

4. Среднюю тяговую мощность $N_{\text{ср.}}$, кВт, рассчитывают по формуле

$$N_{\text{ср.}} = \frac{D_{\text{ср.}} \cdot V_{\text{н.д.}}}{1000}, \quad (4)$$

5. Тяговый КПД трактора $\eta_{\text{тяг.}}$

$$\eta_{\text{тяг.}} = \frac{N_{\text{ср.}}}{N_{\text{д.}}}, \quad (5)$$

где $N_{\text{д.}}$ – текущее значение мощности двигателя, соответствующее $N_{\text{кр.}}$, т.к. измерение $N_{\text{ср.}}$ затруднительно, пользуются показателем условное тяговое КПД трактора, которое вычисляется по формуле:

$$\eta_{\text{у.т.}} = \frac{N_{\text{ср.}}}{N_{\text{д.}}}, \quad (6)$$

6. Часовой расход топлива $G_{\text{ч}}$, кг/ч, рассчитывают по формуле:

$$G_{\text{ч}} = n_G \cdot m_G, \quad (7)$$

где n_G – показание прибора расхода топлива;

m_G – масштаб расходомера.

7. Удельный расход топлива на единицу мощности на крюке $g_{\text{кр}}$, кг/(кВт·ч), рассчитывают по формуле:

$$g_{\text{эд.}} = \frac{G_T}{N_{\text{эд.}}}, \quad (8)$$

Для двигателей постоянной мощности максимальную мощность двигателей принимают по регулярной характеристике при частоте вращения, соответствующей режиму максимальной тяговой мощности на данной передаче.

Порядок выполнения лабораторной работы:

- 1) Изучить стандарты на испытание тракторов, по учебникам, методическим пособиям разделы по испытанию тракторов. Изучить методы, способы и средства, используемые для измерения параметров и их регистрации .
- 2) Изучить методику, порядок проведения и аппаратуру, используемую при тяговых испытаниях трактора. Проводимое тяговое испытание - учебное, испытывается трактор «Беларус МТЗ-320.4» на 3 - передаче.
- 3) Записать в рабочей тетради измеряемые параметры, описать как и чем они измеряются и как регистрируются.
- 4) Подготовить таблицу:
 - для записи показаний приборов (Таблица 1 – см. протокол испытаний);
 - для результатов расчетов (Таблица 2 – см. протокол испытаний);
- 5) Выбрать участок для испытаний, разметить в нем мерный участок длиной 50 м (для учебных целей достаточно) и участки для разворотов и подготовить приборы.
- 6) Проверить работу приборов и оборудования, распределить обязанности испытателей (включение и выключение приборов, подачи сигналов, запись в протокол и др).
- 7) Подать сигнал к троганию (гудок), тракторист трогает трактор на 3- ей передаче, подача топлива полная, автомобиль - на нейтральной, все готовы включить приборы.
- 8) В момент прохождения задним колесом трактора начала мерного участка подается второй сигнал (гудок) для включения приборов, начинаются замеры. В конце мерного участка, когда задние колеса трактора сравняются с флажками конца испытательного участка - подается ещё один сигнал на выключение приборов, прекращение замеров.
- 9) Движение прекращается - производится снятие показаний приборов и

запись в таблицу (№1). После этого приборы обнуляются и готовятся к следующему замеру на этом же режиме в обратном направлении.

10) Разворот, сигнал к включению приборов и замеры. Далее на автомобиле последовательно включаются передачи: 4, 3, 2, 1, 1 с торможением (до перегрузки тракторного двигателя). Всего будет 6 двукратных замеров.

11) Испытания закончить, технику установить в гараж.

12) Провести расчеты, заполнить таблицу №2 (смотри протокол испытаний) и построить тяговую характеристику трактора:

$$V, N_{кр}, b, G_T, g_{кр}, \eta_{тяг.усл} = f(P_{кр}).$$

13) Заполняется протокол лабораторной работы;

14) Заполняется п. **Выводы** протокола лабораторной работы: выявляется готовность трактора к испытаниям.

Протокол к лабораторной работе №5

Дата испытания _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О.) _____

Условия проведения испытаний:

– климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

Характеристики объекта испытаний:

– марка, модель, год выпуска _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура _____

**Экспериментальные данные и результаты выполнения
обработки**

Таблица 3 – Показания приборов

Передача в КПП - ГАЗ - 3309	Показания измерительного прибора ЭМА-П и расходомера топлива				
	Число импульсов правого колеса, $n_{пр}$	Число импульсов левого колеса, $n_{лев}$	Число импульсов пятого колеса, n_5	Число импульсов динамометра, n_p	Число импульсов расходомера топлива, n_G
Нейтраль → ←					
4 передача					
3 передача					
2 передача					
1 передача					
1 передача с торможением					

Таблица 4 – Результаты расчетов показателей трактора по показаниям измерений

Передача в КПП - ГАЗ - 3309	$P_{кр},$ Н	$V,$ м/с	δ	$N_{кр},$ кВт	$G_T,$ кг/ч	$g_{кр},$ г/квт.ч	$\eta_{тяг.ус}$ л
Нейтраль							
4 передача							
3 передача							
2 передача							
1 передача							
1 передача с торможением							

Дата _____

Выводы по результатам выполнения лабораторной работы: _____

Подпись исполнителя _____

Подпись руководителя _____

Самостоятельная работа: Подготовить ответы на вопросы:

1. Как определяется условный и тяговый КПД трактора?
2. Что такое коэффициент использования веса и от каких факторов он зависит?
3. Изобразите тяговую характеристику трактора со ступенчатой механической трансмиссией. Для решения каких задач ее используют?
4. Какая связь тяговой характеристики трактора с регуляторной характеристикой его двигателя?
5. Какие способы и приборы используются при измерении усилия на крюке?
6. Как с помощью тяговой характеристики определить производительность?
7. Назовите показатели топливной экономичности трактора и способы повышения этой экономичности.
8. С какой целью и как проводят тяговые испытания трактора?
9. Какая измерительная аппаратура применяется при тяговых испытаниях трактора, как определяются показатели этих испытаний?
10. Для чего применяют «пятое» колесо? Чем его можно заменить?
11. Как связаны между собой удельные расходы – g_e и $g_{кр}$?
12. Почему с увеличением $P_{кр}$ тяговый КПД трактора сначала растет, а затем снижается?

Лабораторная работа №6 (4 часа)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КОЛЕСА ТРАКТОРА НА ПОЧВУ

Цель работы: Получение навыков проведения испытаний по определению влияния ходовой части трактора на почву

Оборудование и приборы:

1. Трактор «Беларус МТЗ-320.4М».
2. Твердомер почвы, измерительный комплекс СИ-302, датчики давления на почву «Тензо-М».

Общие сведения

При проведении экспериментальных исследований системы колесо – почва должны соблюдаться требования стандарта ГОСТ 26953-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву». Массу, создающую статическую нагрузку на почву единичным колесным движителем, испытываемой техники определяют по ГОСТ 23734-98 «Тракторы промышленные. Методы испытаний». Допускаемые погрешности определения измеряемых величин - по ГОСТ 7057-2001 «Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний». Отклонение от плоскостности поверхностей весового устройства и площадки в пределах габарита по длине и ширине техники при ее установке на платформу весов и площадку одновременно не должно быть более 10 мм.

Установка для определения статической нагрузки одного колеса на почву приведена на рисунке 1.

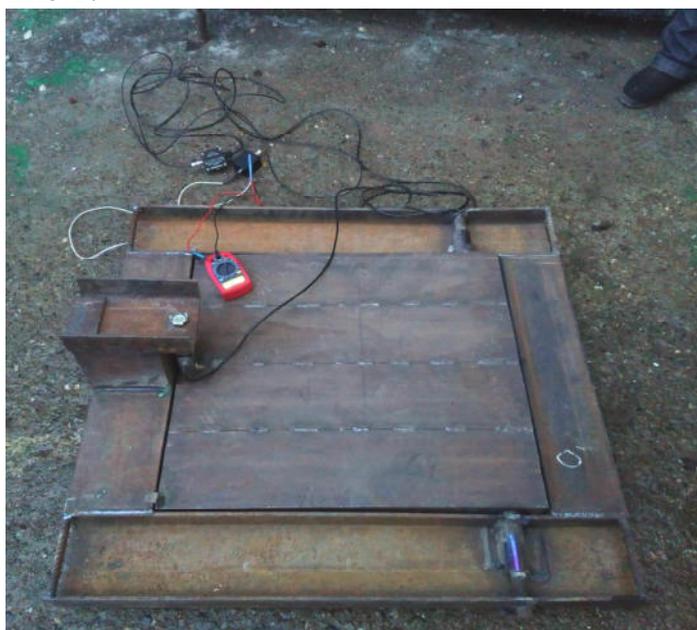


Рисунок 1 – Установка для определения статической нагрузки одного колеса на почву

Условия проведения экспериментов определяются по ГОСТ 20915-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний».

Для измерения давления движителя трактора на почву можно использовать извлекаемые датчики давления на грунт «Тензо М».

Основное отличие от существующих решений - тензорезисторный преобразователь давления размещен в корпусе, имеющем форму заточенного клина (лопаты – рисунок 2), что позволяет вводить датчик в грунт из шурфа посредством гидравлического домкрата.



Рисунок 2 – Внешний вид датчика для измерения давления на грунт

Такая установка датчика исключает необходимость долгого ожидания для снятия напряжения почвы около датчика после закапывания ее в почву. Технические данные датчика приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики датчика давления Тензо-М

Номинальное изменяемое давление, атм.	5, 10
Размер датчика, мм.	17 x 90 x 270
Рабочий диапазон температур, град С,	от минус 50 до плюс 50
Защищенность от воздействия внешней среды	IP68 (герметическое)

Выходным сигналом датчика является рабочий коэффициент передачи (РКП) при номинальной нагрузке (размерность РКП мВ/В). Номинальное расчетное значение РКП 1 мВ/В. Это означает, что если мы приложим к датчику номинальное давление грунта 10 кгс/см², то при напряжении питания 10 В будем иметь выходное напряжение 1мВ/В × 10 В = 10 мВ.

Схема подключения датчика давления к разъему измерительной системы приведена на рисунке 3.

Одновременно в почву устанавливаем 3 датчика на глубину h=20 см на разных участках будущего следа колеса трактора. Повторность измерений трехкратная. Трактор, после установки датчиков давления в почву должен

проходить серединой колеса над центром центрального датчика. Для этого, после установки датчиков, производим отметку их местоположения.

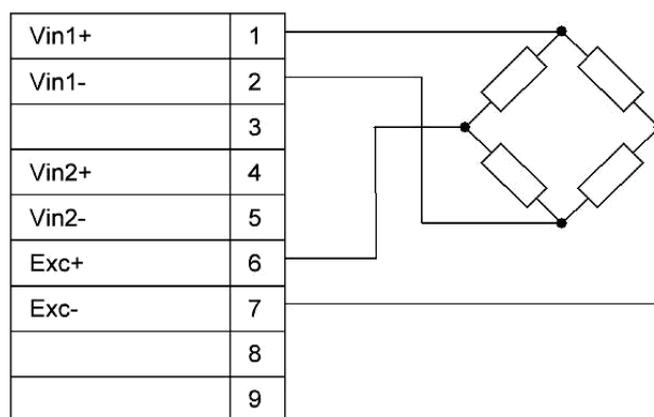


Рисунок 3 – Схема подключения датчика давления к разъему измерительной системы

Напоминаем, что при градуировке месдоз на грунте он должен быть того же состава, что и принятый в опытах.

Регистрация давления грунта осуществляется измерительной системой «СИ 302», которая обеспечивает прием дискретных и аналоговых сигналов от первичных преобразователей любого типа.

Система отличается компактными размерами, широким диапазоном напряжения питания и мощным программным обеспечением, работающим в среде Windows. Система может гибко конфигурироваться в соответствии с требованиями заказчика. Связь между электронным блоком и компьютером осуществляется через USB-интерфейс. В полный комплект системы входит ноутбук с программным обеспечением.

Для функционирования системы СИ 302 предназначена программа «Исследователь».

Программа «Исследователь» функционирует в среде "Windows XP/Vista/7" и предназначена для реализации функциональных возможностей измерительной информационной системы СИ 302. Она может отображать в реальном времени на дисплее значения измеряемых и рассчитываемых физических величин.

Система может работать с датчиками давления или любыми аналоговыми датчиками с выходным напряжением ± 15 мВ.

На кафедре Тракторы, автомобили и энергетические установки Казанского ГАУ проводились исследования по выявлению параметров трактора, его движителя и свойств почвы на величину максимального давления колеса трактора на почву и получены ряд зависимостей. В частности:

$$q_{max} = 3.46p_w - 7.4493Bp_w/D + 0.075552H - 0.23353(p_n p_w D^3)/M,$$

где q_{max} – максимальное давление колеса на почву, кН/м^2 ; ρ_w – давление воздуха в шинах, Н/м^2 ; D – диаметр колеса, м; M – вес трактора, приходящийся на одно колесо, кг; B – ширина профиля колеса, м; H – твёрдость почвы, Па; ρ_n – плотность почвы, кг/м^3 ; V – скорость трактора, м/с.

На рисунке 4 изменение максимального давления колеса на почву отображается интенсивностью изменения цвета поверхности куба. Чем больше давление колеса на почву, тем в более интенсивный ярко-красный цвет окрашена поверхность куба. С уменьшением диаметра, ширины профиля и увеличением нагрузки на колесо максимальное давление колеса на почву увеличивается. Изменение максимального давления колеса на почву при изменении ширины профиля колеса и его диаметра показано на рисунке 5.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Подготовить на поле опорное основание в грунтовом котловане длиной около одного метра, шириной равной двойной ширине шины трактора и глубиной не менее 0,21 м. Влажность грунта в основании котлована в слое 0—10 см не более 0,5 НВ (НВ – наименьшая влагоемкость).

2. На дно траншеи по ее продольной оси устанавливают не менее трех датчиков давлений. Датчики засыпают почвой, вынутой из котлована, и создают, путем уплотнения, необходимую твердость почвы, контролируя ее твердомером.

3. Датчики подключают к измерительной системе, проводят балансировку тензомостов всех датчиков.

4. Проезжают вдоль оси котлована передними и задними колесами трактора, измеряют показания тензодатчиков давления. Повторность опытов с одним заданным значением параметра – трехкратное.

5. Меняем выбранный параметр или режим работы трактора или свойство почвы (давление в шинах, диаметр шины, ширину профиля шины, скорость трактора, вертикальную нагрузку на ось, твердость почвы и др), проводим новую серию опытов.

6. Заполняем протокол испытаний, строим графики, делаем выводы.

Протокол к лабораторной работе №6

Дата выполнения _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О.) _____

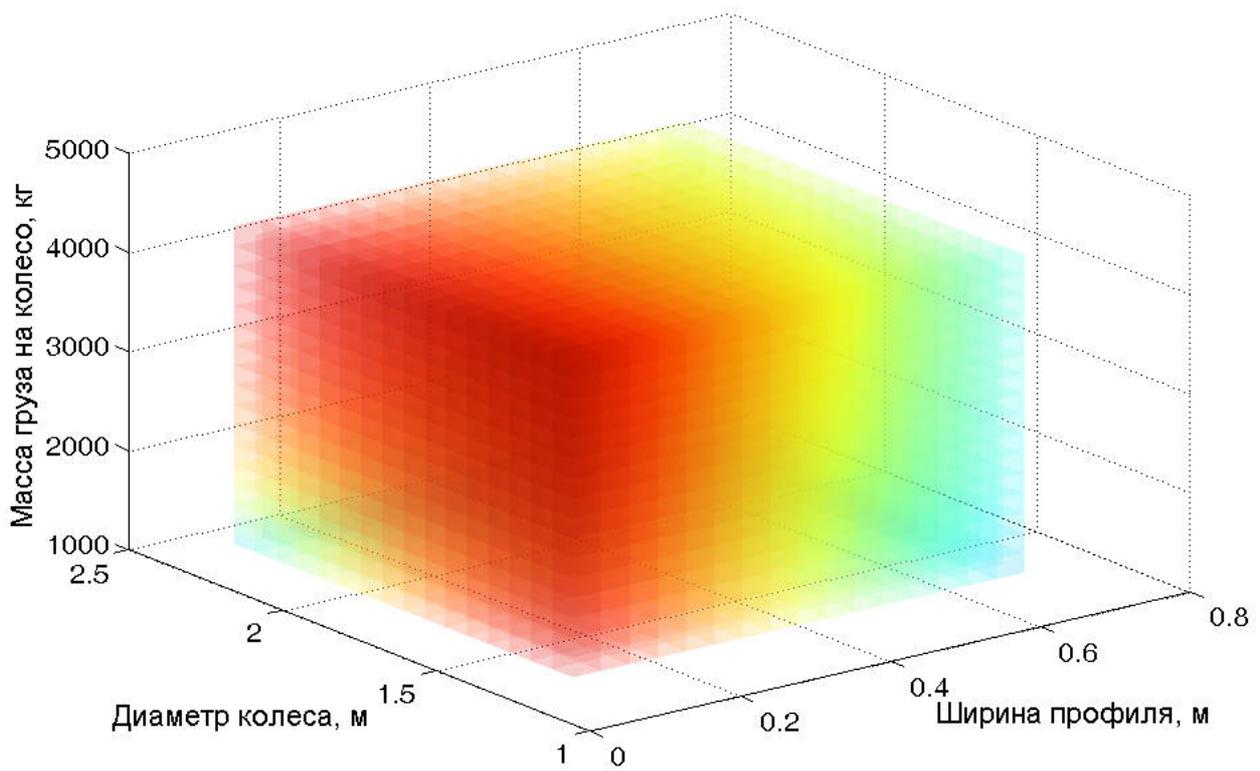


Рисунок 4 – Изменение максимального давления колеса на почву при изменении ширины профиля, диаметра колеса и массы груза, приходящейся на колесо

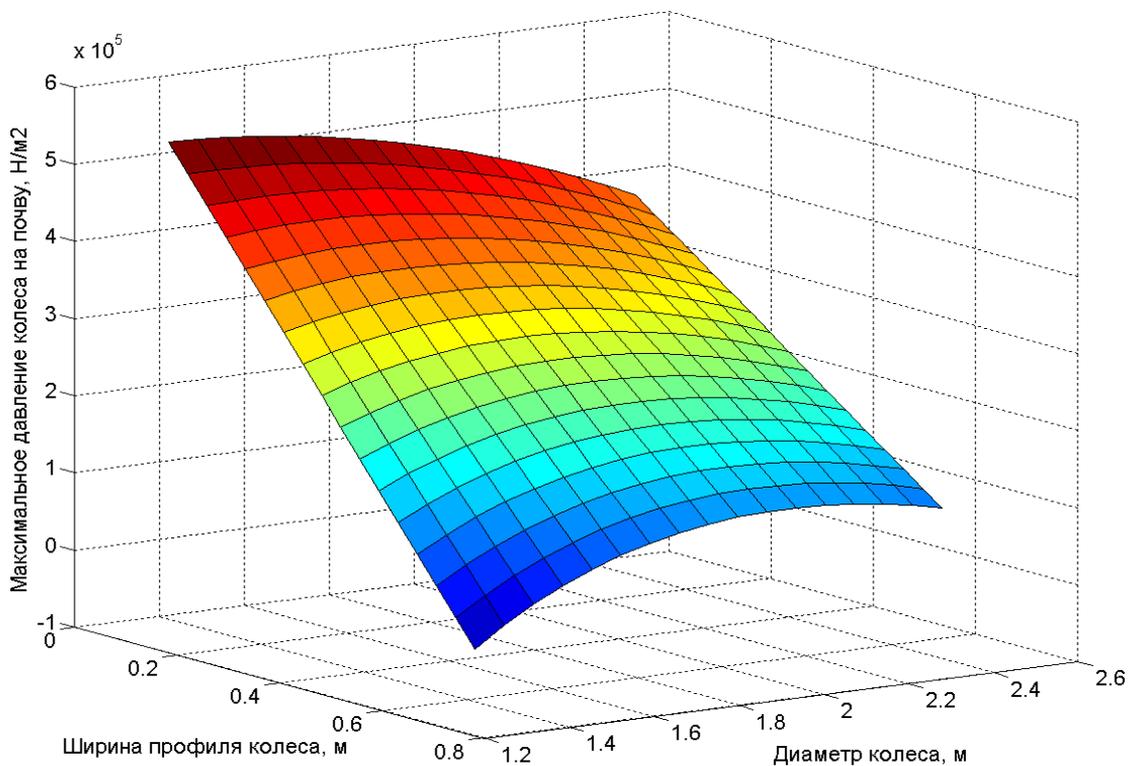


Рисунок 5 – Изменение максимального давления колеса на почву при изменении ширины профиля колеса и его диаметра

Условия проведения испытаний:

– климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

Характеристики объекта испытаний:

– марка, модель, год выпуска _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура _____

Экспериментальные данные и результаты выполнения обработки

Экспериментальные данные занести в таблицу 2.

Построить график $q_{max} = f(p_w)$, сделать анализ и записать выводы.



Рисунок 6 – График зависимости максимального давления колеса трактора на почву от давления в шинах колеса

Выводы по результатам выполнения лабораторной работы: _____

Таблица 2 – Экспериментальные данные

№ опы та	Фон Поля	В, м	D, м	H, Н/м ² (Па)	p _w , Н/м ² (Па)	M _{коль} , кг	Показания прибора и значение Q _{max} по опытам						Q _{max} - среднее
							1-ая повт		2-ая повт		3-ая повт		
							ПП	Q _{max}	ПП	Q _{max}	ПП	Q _{max}	
1	После вспашки	0,284	0,913	10·10 ⁵	1,0·10 ⁵	760							
2	После вспашки	0,284	0,913	10·10 ⁵	1,2·10 ⁵	760							
3	После вспашки	0,284	0,913	10·10 ⁵	1,4·10 ⁵	760							
4	После вспашки	0,284	0,913	10·10 ⁵	1,6·10 ⁵	760							
5	После вспашки	0,284	0,913	10·10 ⁵	1,8·10 ⁵	760							
6	После вспашки	0,284	0,913	10·10 ⁵	2,0·10 ⁵	760							

Дата _____

Подпись исполнителя _____

Подпись руководителя _____

Самостоятельная работа: Подготовить ответы на вопросы:

1. Изучить ГОСТ 26955-86 «Нормы воздействия движителей на почву» – выявить допустимое значение давления колесных движителей на почву?
2. Перечислить параметры трактора, его движителя и свойства почвы, которые влияют на величину максимального давления колеса трактора на почву?
3. Изучить ГОСТ 26953-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву». Выявить, как определяется среднее давление колесного движителя на почву и максимальное давление?

Лабораторная работа №7

ИЗМЕРЕНИЕ ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ по ГОСТ 17.2.2.05 и ГОСТ 17.2.2.02)

Цель работы: Получение навыков проведения проверки на токсичность отработавших газов.

Оборудование и приборы:

1. Трактор «Беларус МТЗ-320.4М».
2. Газоанализатор, дымомер.

Общие сведения

Стандарт устанавливает нормы и методы измерения дымности отработавших газов автомобилей (далее дымность) на режимах свободного ускорения и максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя (далее - максимальная частота вращения).

Измерение дымности проводят не реже чем при техническом обслуживании № 2, после ремонта и регулировки узлов и систем автомобиля, влияющих на дымность, после заводской обкатки новых и капитально отремонтированных автомобилей, а также при годовых технических осмотрах и выборочной проверке технического состояния автомобилей на линии.

Дымность дизельных двигателей не должна превышать норм, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Норма дымности дизельных двигателей

Режим измерения дымности	Дымность, % не более
Свободное ускорение для автомобилей с дизелями: без наддува	40
с наддувом	50
Максимальная частота вращения	15

Методы испытаний

Условия измерений

1. Выпускная система автомобиля не должна иметь неплотностей, вызывающих утечку отработавших газов и подсос воздуха.

2. Перед проведением измерений двигатель должен быть прогрет до температуры охлаждающей жидкости или моторного масла (для двигателей с воздушным охлаждением), при которой разрешается начинать движение автомобиля.

3. На автомобилях с механической коробкой передач измерение проводят при нейтральном положении рычага переключения передач. На автомобилях с автоматической коробкой передач измерение проводят при установке избирателя скорости на нейтральное положение.

Приборы

1. Дымность должна измеряться приборами, работающими на принципе просвечивания отработавших газов и отвечающими требованиям, изложенным в приложении.

2. Подготовку, обслуживание и использование дымомера следует проводить в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации на дымомер. Дымомер должен быть проверен.

Проведение измерений

1. Прибор следует подключить к выпускной системе автомобиля и нажатием педали подачи топлива установить максимальную частоту вращения вала дизеля. Продолжительность работы на данном режиме должна обеспечивать температуру отработавших газов, входящих в прибор, соответствующую требованиям инструкции по эксплуатации прибора. После этого отпустить педаль.

2. Измерение на режиме свободного ускорения следует производить при 10-кратном повторении цикла частоты вращения вала дизеля от минимальной до максимальной быстрым, но плавным нажатием педали подачи топлива до упора с интервалом не более 15 секунд. Замер показателей следует производить при последних четырех циклах по максимальному отклонению стрелки прибора.

За результат измерения дымности принимают среднее арифметическое значение по четырем циклам. Измерения считают точными, если разность в показаниях дымности последних четырех циклов не превышает 6 единиц измерения по шкале прибора.

3. Измерение в режиме максимальной частоты вращения следует проводить при стабилизации показаний прибора (размах колебаний стрелки прибора не должен превышать 6 единиц измерения по шкале прибора) не позднее чем через 60 с после измерений по п.2.

За результат измерения следует принимать среднее арифметическое значение от крайних значений диапазона допустимых колебаний.

4. Измерение дымности у автомобиля с отдельной выпускной системой следует проводить в каждой из выпускных труб отдельно. Оценку дымности проводят по максимальному значению.

5. Колебание стрелки прибора не должно превышать $\pm 3\%$ от всей шкалы прибора. За результат измерения следует принимать среднее арифметическое значение, определенное по крайним показаниям.

6. Результаты измерений следует занести в таблицу, указанную в протоколе испытаний.

Протокол к лабораторной работе №7

Дата выполнения _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О.) _____

Условия проведения испытаний:

– климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

Характеристики объекта испытаний:

– марка, модель, год выпуска _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура _____

Экспериментальные данные и результаты выполнения обработки

Таблица 2 – Результаты измерения дымности дизельного двигателя

Дата	Причина измерения	РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЫМНОСТИ																		
		до регулировки					после регулировки													
		Режим сводного ускорения					режим макс. частоты вращения вала	Режим сводного ускорения					режим макс. частоты вращения вала							
		1	2	3	4	Ср. ариф.		1	2	3	4	Ср. ариф.								

Сделать анализ полученных результатов на соответствие нормам токсичности и записать выводы.

Выводы по результатам выполнения лабораторной работы: _____

Дата _____

Подпись исполнителя _____

Подпись руководителя _____

Самостоятельная работа: Подготовить ответы на вопросы:

1. На каких режимах работы транспортного средства определяется дымность?
2. Какова периодичность измерения дымности?
3. Какова норма дымности дизельных двигателей?

ПРИЛОЖЕНИЕ А: Обязательное

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРИБОРУ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

1. Принцип измерения основан на оценке значения поглощения света в мерном объеме отработавшего газа.
2. Эффективная длина просвечивания слоя отработавшего газа - 0,43 м.
3. Шкала прибора должна быть линейной с диапазоном измерения 0-100% и с возможностью считывания значения дымности с точностью не менее 1%.
4. Источник света - лампа накаливания с цветовой температурой в диапазоне от 2800 до 3250 К.
5. Фотоэлемент - со спектральной чувствительностью, аналогичной кривой чувствительности глаза с максимумом чувствительности в диапазоне 550...570 Нм, при этом только менее 4% этой максимальной чувствительности могут находиться ниже 430 и выше 680 нм.
6. Основная приведенная погрешность, проверяемая нейтральными светофильтрами по всей шкале, - 2,5%.
7. Дополнительная погрешность показаний от загрязнения лампы и фотоэлемента дымомера при проведении пяти испытаний не должна превышать 5%.
8. Пробоотборный шланг должен быть длиной $(2,5 \pm 0,5)$ м.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б: Рекомендательное

ИЗМЕРИТЕЛИ ДЫМНОСТИ МД-01. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Измерители дымности МД-01 предназначены для измерений натурального показателя ослабления светового потока и коэффициента ослабления светового потока при определении дымности отработавших газов дизельных двигателей транспортных средств.

Измерители дымности применяются на станциях автотехобслуживания, в органах автоинспекции, в автохозяйствах при контроле за техническим состоянием дизельных двигателей и их регулировании.

ОПИСАНИЕ

Принцип действия прибора основан на измерении интенсивности светового потока, прошедшего через задымленный участок измерительного канала определенной длины, называемый эффективной базой дымомера.

В состав измерителя дымности входят: оптический блок, дистанционный блок управления, пробоотборный зонд.

Отбор газовой пробы осуществляется с помощью пробоотборного зонда.

В качестве источника света измерителя дымности используется лампа накаливания с цветовой температурой в диапазоне 2800...3250 К.

Фотоэлемент измерителя дымности имеет спектральную характеристику, аналогичную кривой дневного зрения человеческого глаза в диапазоне от 430 до 680 нм.

Эффективная база измерителя дымности равна 0,43 м.

Снимаемый с фотоприемника сигнал характеризует степень поглощения однородного по плотности дыма, сигнал обрабатывается микропроцессором и отображается в форме натурального показателя ослабления светового потока K, m^{-1} или коэффициента ослабления светового потока $N, \%$ на дисплее прибора.

Кроме того, вывод результатов измерения производится на печатающее устройство, встроенное в блок дистанционного управления. Измеритель дымности снабжен последовательным интерфейсом RS 232 для работы в компьютерной сети.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон измерений дымности:

основная шкала - натуральный показатель ослабления светового потока K, m^{-1} 0...9,99

вспомогательная шкала - коэффициент ослабления светового потока $N, \%$ 0...99,9

Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, % ± 2

Каналы измерения частоты вращения коленчатого вала (200-6000 мин) дизельных двигателей и температуры масла в двигателе (0-120°C) работают в режиме индикатора.

Время прогрева, мин. не более 10

Время непрерывной работы, ч. не менее 8

Габаритные размеры, мм

оптический блок (ширина x высота x длина) не более 620x120x200

блок управления (ширина x высота x длина) не более 200x100x60

Масса, кг

оптический блок не более 6

блок управления не более 1,2

- Электропитание: от сети переменного тока

напряжение, В 220+10;-15

частота, Гц 50+1 или

автомобильного аккумулятора напряжением, В 12+1,8

Потребляемая мощность, В-А

в режиме ожидания не более 10

в режиме измерения не более 40

Срок службы, лет не менее 5

Средняя наработка на отказ, ч. не менее 5000

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица А1 – ПРОГРАММА ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ, ПРИЕМОЧНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ, ПЕРИОДИЧЕСКИХ И СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Содержание программы испытаний, определяемые показатели	Предварительные	Приемочные	Периодические кратко ременные		Периодические длительные государственные и длительные	Сертификационные
		государственные	60-часовые	480-часовые		
1. Первичная техническая экспертиза: комплектность трактора	X	X	X	X	X	X
комплектность прилагаемых к трактору запасных частей, инструментов, принадлежностей, материалов, технической и сопроводительной документации	X	X	X	X	X	X
отсутствие (наличие) видимых повреждений отдельных деталей и сборочных единиц, арматуры, декоративных изделий, уплотнений и обшивок, течей в местах соединений и сальниковых уплотнений	X	X	X	X	X	X
качество выполнения сборки, сварных швов, окраски и т. д.	X	X	X	X	X	X
наличие пломб в местах, подлежащих опломбированию	X	X	X	X	X	X
заполнение заправочных емкостей	X	X	X	X	X	X
2. Опробование работы двигателя на холостом ходу: исправность системы пуска	X	X	X	X	X	X
показания приборов, контролирующих работу системы охлаждения и смазки и системы электрооборудования при работе двигателя без нагрузки на минимальной и максимальной частотах вращения	X	X	X	X	X	X
отсутствие (наличие) стуков и шумов, свидетельствующих о неисправности	X	X	X	X	X	X
3. Опробование трактора на холостом ходу: правильность действия органов управления и средств сигнализации	X	X	X	X	X	X
отсутствие стуков и шумов в системах и агрегатах при работе без нагрузки	X	X	X	X	X	X

продолжение таблицы А1

Содержание программы испытаний, определяемые показатели	Предварительные	Приемочные государственные	Периодические кратковременные		Периодические длительные государственные и длительные	Сертификационные
			60-часовые	4SI)-часовые		
4. Обкатка двигателя и трактора в соответствии с технической документацией на трактор	X	X	X	X	X	X
5. Определение конструктивных параметров технической характеристики трактора: линейных и угловых размеров трактора	X	X				
вместимости емкостей конструктивной (сухой) и эксплуатационной массы	X	X				
	X	X			X	X
распределение эксплуатационной массы по осям колесного трактора	X	X				X
координат центра тяжести при эксплуатационной массе	X	X				X
среднего условного давления движителей на почву	X	X				
ширины колеи	X	X				
радиусов поворота трактора:						
минимального	X	X				X
габаритного	X	X				X
дорожного просвета	X	X				X
6. Тормозные испытания						
6.1. Показатели работы на Вом						
6.1.1. Максимальная мощность при регламентированной частоте вращения коленчатого вала двигателя и соответствующий ей удельный расход топлива						
	X	X	X	X	X	X
6.1.2. Показатели работы в зависимости от частоты вращения и на частичных нагрузках под воздействием регулятора при положении органов управления регулятором частоты вращения, соответствующем полной подаче топлива						
	X	X			X	X
6.1.3. Показатели при стандартной или регламентированной для работы с агрегируемыми машинами частоте вращения хвостовика ВОМ						
	X	X			X	X
6.1.4. Оценочный удельный расход топлива по методике ГОСТ 18509						
	X	X			X	

продолжение таблицы А1

Содержание программы испытаний, определяемые показатели	Предварительные	Приемочные государственные	Периодические кратковременные		Периодические длительные государственные и длительные	Сертификационные
			60-часовые	480-часовые		
6.1.5. Показатели работы на наиболее экономичном режиме						X
6.2. Показатели работы двигателя, установленного на тракторе или снятого с него, но в той же комплектации, что и на тракторе						
6.2.1. Регуляторная характеристика	X	X		X	X	X
6.2.2. Частичные регуляторные характеристики	X	X				
6.2.3. Нагрузочные характеристики	X	X				
6.2.4. Характеристика холостого хода		X				
6.2.5. Характеристика устойчивости		X				X
6.2.6. Корректорный коэффициент запаса крутящего момента	X	X		X	X	
6.2.7. Оценочный удельный расход топлива	X	X		X	X	
6.2.8. Относительный расход масла на угар	X	X		X	X	
6.3. Распределение определяемых показателей по конкретным образцам трактора						
6.3.1. Показатели в соответствии:						
с пп. 6.1.1—6.1.4, 6.2.1, 6.2.2, 6.2.6—6.2.8 таблицы						
с пп. 6.1.1—6.1.4, 6.2.1—6.2.3 и 6.2.6—6.2.8 таблицы	X					
с пп. 6.1.1—6.1.4 и 6.2 таблицы (определяют после 150 моточасов работы на одном из образцов трактора, не проходящем испытания на надежность)		X				
6.3.2. Показатели в соответствии с п. 6.2.1 таблицы (определяют на образцах трактора, проходящих тяговые и эксплуатационно-технологические испытания до начала и после окончания каждого из этих испытаний)	X	X				X
6.3.3. Показатели в соответствии с п. 6.1.1 таблицы (определяют в конце испытаний)			X			

продолжение таблицы А1

Содержание программы испытаний, определяемые показатели	Предварительные	Приемочные государственные	Периодические кратковременные		Периодические длительные государственные и	Сертификационные
			60-часовые	480-часовые		
6.3.4. Показатели в соответствии с пп. 6.1.1 и 6.1.2, 6.2.1 и 6.2.6 таблицы (определяют после 150 моточасов работы и в конце испытаний)				X		
6.3.5. Показатели в соответствии с пп. 6.2.1 и 6.2.6—6.2.8 таблицы (определяют на образцах, проходящих длительные испытания на надежность после 150 моточасов работы, через каждые 1000 моточасов работы, а также в конце испытаний)	X	X			X	
6а. Определение природоохранных показателей по ГОСТ 17.2.2.05 и ГОСТ 17.2.2.02:						
удельного выброса оксидов азота	X	X			X	X
удельного выброса оксида углерода (II)	X	X			X	X
удельного выброса углеводородов	X	X			X	X
дымности на установившихся режимах	X	X			X	X
дымности на режиме свободную ускорения	X	X			X	X
(Введен дополнительно, Изм. № 3).						
7. Определение пусковых качеств двигателя, установленного на тракторе	X	X				
8. Испытания гидравлической системы навесного устройства и гидравлической системы отбора мощности						
8.1. Определяемые показатели						
8.1.1. Давление в гидросистеме(ах), соответствующее автоматическому возврату рычага распределителя в нейтральное положение (для сельскохозяйственных и лесопромышленных тракторов)	X	X		X	X	
8.1.2. Грузоподъемность навесной системы (технологического оборудования) (для сельскохозяйственных и лесопромышленных тракторов)	X	X			X	X

продолжение таблицы А1

Содержание программы испытаний, определяемые показатели	Предварительные	Приемочные государственные	Периодические кратковременные		Периодические длительные государственные	Сертификационные
			60-часовые	4Х0-часовые		
8.1.3. Условный объемный коэффициент гидросистемы навесного устройства	X	X			X	
8.1.4. Давление рабочей жидкости перед предохранительным клапаном при подъеме (перемещении) груза с максимальной массой (для сельскохозяйственных и лесопромышленных тракторов) и технологического оборудования (для промышленных тракторов)	X	X		X	X	
8.1.5. Максимальная мощность гидравлической системы отбора мощности	X	X			X	
8.1.6. Время перемещения навесного устройства (технологического оборудования) с грузом (для сельскохозяйственных и лесопромышленных тракторов) и без груза из крайних положений (из нижнего в верхнее), соответствующих полному ходу поршня гидроцилиндра	X	X		X	X	
8.1.7. Время опускания груза (для сельскохозяйственных и лесопромышленных тракторов)	X	X		X	X	
8.1.8. Рабочий ход оси подвеса, соответствующий полному ходу поршни (для сельскохозяйственных и лесопромышленных тракторов). Высота перемещения оси подвеса, соответствующая полному ходу поршня (для промышленных тракторов)	X	X		X	X	
8.1.9. Стабильность положения поднятого груза (для сельскохозяйственных и лесопромышленных тракторов)	X	X		X	X	
8.2. Распределение определяемых показателей по конкретным образцам трактора, проходящим одновременно испытания соответствующего вида						
8.2.1. Показатели в соответствии с и. 8.1 таблицы (определяют на одном из образцов трактора, не проходящем испытания на надежность)	X	X				

Содержание программы испытаний, определяемые показатели	Предварительные	Приемочные государственные	Периодические кратковременные		Периодические длительные государственные и	Сертификационные
			60-часовые	480-часовые		
8.2.2. Показатели в соответствии с пп. 8.1.1—8.1.4, 8.1.6 и 8.1.9 (определяют на образцах, проходящих длительные испытания на надежность после 150 моточасов работы и через каждые 1000 моточасов работы, а также в конце испытаний)	X	X			X	
9. Тяговые испытания						
9.1. Определяемые показатели						
9.1.1. Тяговая характеристика на основных рабочих передачах	X	X				X
9.1.2. Номинальное тяговое усилие	X	X				
9.1.3. Скорости движения переднего и заднего ходов на каждой передаче при номинальной частоте вращения коленчатой вала двигателя и отсутствии буксования (колесных тракторов на треке с бетонным или асфальтовым покрытием. гусеничных тракторов — на глинистом треке)	X	X				X
9.1.4. Наибольшая тяговая МОЩНОСТЬ	X	X				
9.1.5. Условный тяговый к. и. д. трактора	X	X				
9.1.6. Тяговое усилие при наибольшей тяговой мощности	X	X				
9.1.7. Скорость движения при наибольшей тяговой мощности	X	X				
9.1.8. Буксование движителей при наибольшей тяговой мощности	X	X				
9.1.9. Скорость движения трактора при номинальном тяговом усилии	X	X				
9.1.10. Буксование движителей при номинальном тяговом усилии	X	X				
9.1.11. Максимальные силы тяги при допустимых уровнях буксования	X	X				
9.1.12. Удельный расход топлива при наибольшей тяговой мощности	X	X				

продолжение таблицы А1

Содержание программы испытаний, определяемые показатели	Предварительные	Приемочные государственные	Периодические кратковременные		Периодические длительные государственные и длительные	Сертификационные
			60-часовые	480-часовые		
9.2. Программа тяговых испытаний тракторов конкретных типов						
9.2.1. Тяговые испытания колесного трактора в комплектации, соответствующей его основному назначению, с определением показателей в соответствии с п. 9.1 таблицы:						
на треке с бетонным (асфальтовым) покрытием	X	X				
на стерне колосовых (для сельскохозяйственных тракторов)	X	X				
на поле, подготовленном иод посев (для сельскохозяйственных тракторов)	X	X				
на глинистом треке (для лесопромышленных и лесохозяйственных тракторов)	X	X				
по мерзлому суглинку (для промышленных тракторов в исполнениях ХУ и ХЛ по ГОСТ 15150)	X	X				
9.2.2. Тяговые испытания колесного трактора с балластированием сю до массы, соответствующей максимальной грузоподъемности шин ведущих колес, с определением показателей в соответствии с п. 9.1 таблицы:						
на треке с бетонным (асфальтовым) покрытием	X	X				X
на стерне колосовых (для сельскохозяйственных факторов)	X	X				
на поле, подготовленном иод посев (для сельскохозяйственных тракторов)	X	X				X
9.2.3. Тяговые испытания гусеничного трактора в комплектации, соответствующей основному назначению, с определением показателей в соответствии с п. 9.1 таблицы:						
на глинистом фкс:						
для сельскохозяйственных тракторов	X					X
для лесохозяйственных тракторов	X	X				X

Содержание программы испытаний, определяемые показатели	Предварительные	Приемом* ные государственные	Периодические кратковременные		Периодические длительные государственные и длительные	Сертификационные
			60-часовые	480*часовые		
на стэрнс колосовых (для сельскохозяйственных тракторов)	X	X				
на поле, подготовленном под посев (для сельскохозяйственных тракторов)	X	X				X
по мерзлому суглинку (для промышленных тракторов в исполнениях ХУ и ХЛ по ГОСТ 15150)	X	X				
9.2.4. Испытания по оценке устойчивости тяговых показателей (тягового усилия, скорости движения, тяговой мощности, буксования, частоты вращения коленчатого вала двигателя, массового расхода топлива, удельного расхода топлива, соответствующих условиям испытаний и заданной нагрузке):						
колесного трактора при массе, соответствующей основной комплектации, на греке с бетонным покрытием при работе по 5 ч на режимах:						
а) передаче, на которой получена наибольшая мощность с постоянной тяговой нагрузкой, равной 0,75 нагрузки при наибольшей тяговой мощности						X
б) с постоянной нагрузкой, соответствующей 15 %-ному буксованию на максимальной высокой передаче, на которой обеспечивается работа двигателя с частотой вращения, близкой к регламентированной						X
гусеничного трактора в комплектации, соответствующей сто основному назначению, на глинистой указанной дороге (треке) при работе в течение 10 ч на передаче, на которой получена наибольшая тяговая мощность, при тяговой нагрузке 0,75 тягового усилия при наибольшей тяговой мощности						X
9.2.5. Испытания трактора в комплектации, соответствующей основному назначению с определением максимального тягового усилия при допустимом буксовании на сухой укатанной грунтовой дороге	*	*				

**ПРОГРАММА
"ИССЛЕДОВАТЕЛЬ"
(версии 5.00)
Руководство по эксплуатации**

СОДЕРЖАНИЕ

1 ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ И НАЗНАЧЕНИЕ.....	87
2 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ	88
3 ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ	90
4 ПОРЯДОК РАБОТЫ.....	94

Введение

Настоящее **Руководство по эксплуатации** предназначено для ознакомления обслуживающего персонала с программой "Исследователь" (версия 5.5).

В настоящем **Руководстве по эксплуатации** приняты нижеприведённые обозначения и сокращения.

- АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
- НСХ – номинальная статическая характеристика;
- ТС – термопреобразователь сопротивления;
- ТСМ – термопреобразователь сопротивления медный;
- ТСП – термопреобразователь сопротивления платиновый;
- МТА – тракторный агрегат

Примечание: скриншоты, приведённые в данном **Руководстве** могут незначительно отличаться от соответствующих окон реальной программы, установленной на Вашей информационной измерительной системе.

1 Требования к системе и назначение

1.1 Программа "Исследователь (версия 5.00)" (тестовая версия) (в дальнейшем "Программа") функционирует на персональном компьютере в среде "Windows XP/Vista/7". Требования к аппаратному обеспечению:

- процессор 1,5 GHz или выше;
- ОЗУ 2 Гбайт или выше;
- рабочее разрешение экрана не менее 1366×768 точек;
- наличие одного свободного USB-порта (или Com-порта)
- обязательно наличие установленной системы .Net Framework 4.00

Во время работы программы управляющий компьютер должен быть подключён к измерительной информационной системе СИ302 через кабель последовательного интерфейса.

1.2. Программа выполняет следующие основные функции:

- позволяет производить конфигурирование функциональной схемы измерительных информационных системы СИ302 и установку программируемых рабочих параметров;
- производит измерение физических параметров контролируемых входными первичными преобразователями с учётом нелинейности их НСХ;
- осуществляет обработку и сохранение на жёстком диске полученных от первичных преобразователей параметров.

Таблица Б1 – Входные первичные преобразователи

Наименование и НСХ	Диапазон контроля	Разрешающая способность	Предел основной приведённой погрешности
Термопреобразователи сопротивления по ГОСТ Р 6651-94			
ТСМ 50М W ₁₀₀ =1,426	-50 °С...+200 °С	0,1 °С	0,25%
ТСМ 50М W ₁₀₀ =1,428	-200 °С...+200 °С	0,1 °С	
ТСМ 100М W ₁₀₀ =1,426	-50 °С...+200 °С	0,1 °С	
ТСМ 100М W ₁₀₀ =1,428	-200 °С...+200 °С	0,1 °С	
ТСП 50П W ₁₀₀ =1,385	-200 °С...+750 °С	0,1 °С	
ТСП 50П W ₁₀₀ =1,391	-200 °С...+750 °С	0,1 °С	
ТСП 100П W ₁₀₀ =1,385	-200 °С...+750 °С	0,1 °С	

2 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Программа "Исследователь" предназначена для сбора, обработки, сохранения и предоставления оператору информации с первичных преобразователей.

Программа может работать в режиме проведения опыта с регистрацией усреднённых показателей по аналоговым и температурным каналам, подсчётом импульсов дискретных каналов и расчётом в реальном режиме времени показателей энергетической оценки сельскохозяйственных машин и тяговых испытаний тракторов в соответствии с ГОСТ Р 52777-2007 и ГОСТ Р 52778-2007.

В режиме проведения опыта в реальном режиме времени рассчитываются и отображаются следующие показатели:

- длительность проведения опыта;
- пройденный путь;
- скорость;
- буксование;
- часовой расход топлива;
- тяговое усилие на крюке;
- крутящий момент на ВОМ;
- частота вращения коленвала двигателя;
- значение температуры по 6 каналам.

В режиме простых измерений фиксируются все данные по аналоговым и дискретным каналам в виде графиков. Эти данные можно перенести в другие программы (MS Excel, Mathcad и др.) для дальнейшей обработки.

Программа представляет собой окно-контейнер, в котором запускаются окна различных режимов (Рисунок 1).

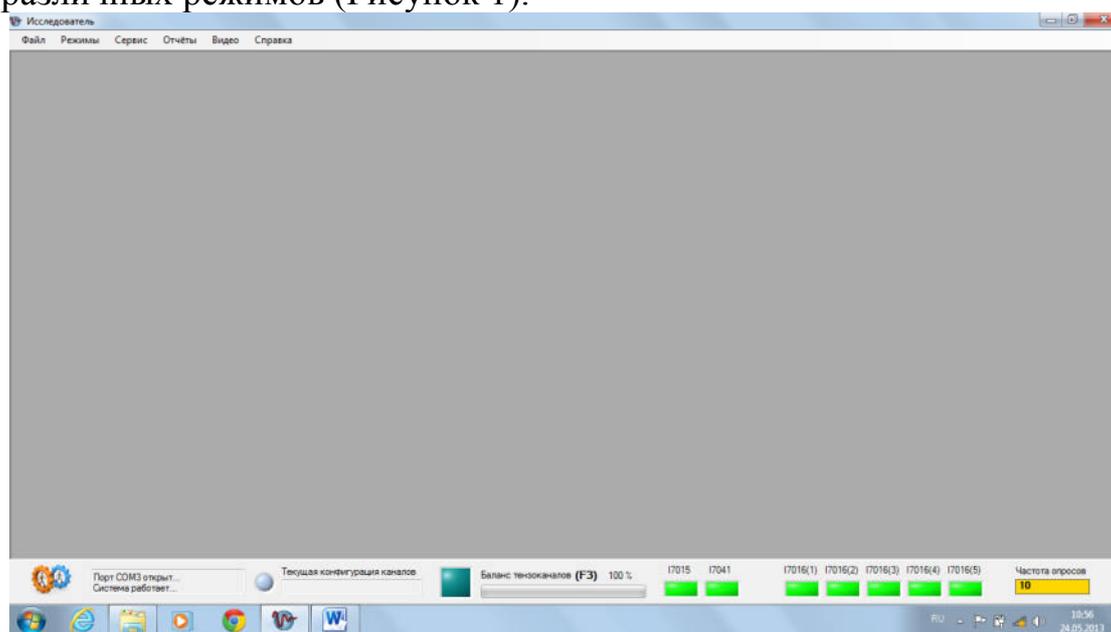


Рисунок Б1 – Главное окно программы «Исследователь»

В нижней части окна расположена строка состояния. В строке состояния отображается следующая информация (Рисунок 2):

1. Номер активного последовательного порта и его состояние (открыт/закрыт);
2. Имя файла конфигурации каналов
3. Индикатор изменения конфигурации каналов;
4. Индикаторы состояния аппаратных модулей системы;
5. Кнопка-индикатор запуска баланса (компенсации нуля аналоговых каналов);
6. Индикатор прогресса баланса.



Рисунок Б2 – Строка состояния

В верхней части окна расположена строка выпадающего меню. Меню состоит из следующих элементов:

- файл;
- режимы;
- сервис;
- отчёты;
- видео;
- справка.

Меню «Файл» содержит следующие пункты:

- «Открыть конфигурацию». Предназначен для загрузки в программу файла конфигурации каналов, содержащем информацию о назначении каналов и их калибровочных коэффициентах.

- «Сохранить конфигурацию». Сохранение текущего файла конфигурации.

- «Сохранить конфигурацию как». Открывает диалоговое окно сохранения файла конфигурации с другим именем.

- «Сохранить калибровку как». Открывает диалоговое окно для сохранения таблицы калибровки аналогового канала в формате XML.

- «Выход». Завершает работу с программой.

- Меню «Режимы» содержит следующие пункты:

- «Измерения сигналов». Запускает режим фиксации сигналов по каналам без дополнительной обработки.

- «Опыт». Запускает режим проведения опыта для получения тяговых показателей трактора или энергетических показателей МТА в соответствии с ГОСТ Р 52777-2007 и ГОСТ Р 52778-2007.

- «Калибровка датчиков пути и колёс». Запускает режим калибровки датчиков пути и ведущих колёс.

- «Калибровка тензометрических датчиков». Запускает режим калибровки и определения погрешности тензометрических датчиков.

Меню «Сервис» содержит следующие пункты:

- «Настройка параметров опыта». Запускает окно настройки параметров отображения виртуальных приборов при энергетической оценки и тяговых испытаниях.

- «Конфигурация каналов». Запускает окно конфигурации каналов.

- «Общие параметры системы». Запускает окно настройки параметров взаимодействия с программы с аппаратной частью системы СИ302.

Меню «Видео» запускает окно с изображением от подключенной USB-видеокамеры. Если к системе не подключено ни одной камеры – этот пункт меню не отображается.

Пункт меню «Справка» открывает справку о программе и информацию о версии.

3 Подготовка к работе

3.1 Подготовка системы

Первичные преобразователи подключаются к модулю согласования МС-5 при помощи кабелей. Первичные преобразователи дискретного типа подключаются через разъёмы "Дискретные каналы", тензопреобразователи – тензочаналы, термопреобразователи сопротивления – температурные каналы. Схемы подключения первичных преобразователей различного типа приведены в руководстве по эксплуатации системы СИ302. Модули согласования подключаются к электронному блоку с помощью двух кабелей через разъёмы. Кабель питания подключается к соответствующему разъёму системы и источнику питания 12В.

Переведите выключатель «Питание» системы СИ302 в положение «Вкл».

На управляющем компьютере запустите программу "Исследователь".

3.2 Конфигурация каналов

Для корректного отображения результатов измерений на виртуальных приборах и правильного расчёта показателей при проведении тяговых испытаний и энергетической оценки испытываемой техники программа позволяет корректировать, сохранять и загружать набор коэффициентов. Этот набор хранится в виде отдельного файла конфигурации с расширением .ini.

Вся информация о типе подключенных к системе первичных преобразователей, их калибровочных коэффициентах и измеряемых ими величинах хранится в файле конфигурации.

После запуска программы загружается последний рабочий файл конфигурации. Имя файла отображается в панели состояния.

Для редактирования или просмотра параметров конфигурации каналов выберите пункт меню «Сервис»→ «Конфигурация каналов». Откроется окно правки параметров конфигурации каналов (Рисунок 3).

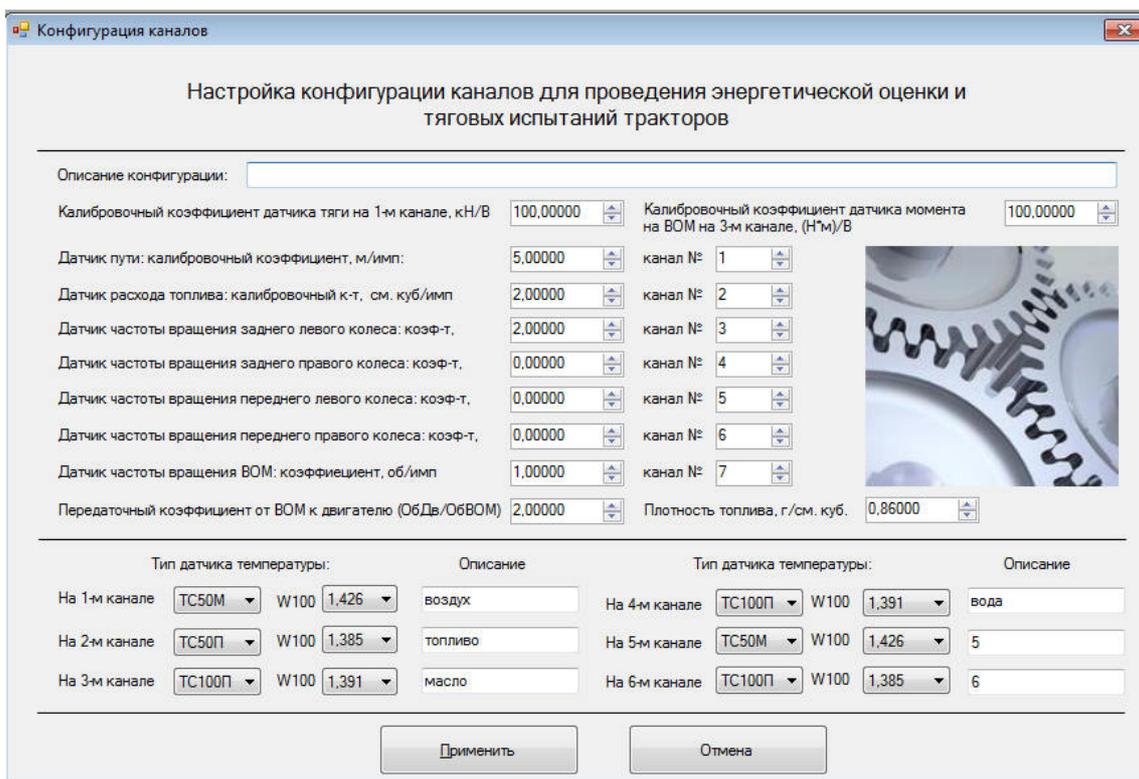


Рисунок Б3 – Окно настройки параметров конфигурации первичных преобразователей

Для изменения коэффициента или номера канала достаточно исправить цифру напротив соответствующей надписи в окне конфигурации каналов. Для активации внесённых изменения нажать кнопку "Применить". Для отказа – кнопку "Отмена".

После применения изменённой конфигурации загорится синим цветом индикатор изменения конфигурации на панели состояния (Рисунок 2).

Сохранить файл конфигурации можно выбрав пункт меню «Файл»→ «Сохранить конфигурацию», или щёлкнуть мышкой на индикаторе.

Если необходимо сохранить файл конфигурации под другим именем необходимо выбрать пункт меню «Файл»→ «Сохранить конфигурацию как». В появившемся диалоговом окне ввести новое имя файла конфигурации и нажать кнопку «Сохранить».

3.3 Компенсация нуля тензометрических каналов (балансировка)

Процедура компенсации нуля – это определение коэффициента для точной программной корректировки нуля на аналоговом канале.

Перед компенсацией нуля необходимо полностью разгрузить все подключенные к системе тензодатчики.

Запуск процедуры компенсации осуществляется нажатием клавиши "F3" на клавиатуре или щелчком мыши на индикаторе баланса на панели состояния.

Примечание. Балансировка каналов не запускается при запущенном режиме «Опыт» с включенным опросом каналов.

3.4 Калибровка преобразователей усилия (тензодатчика)

Преобразователи усилия следует установить на градуировочной установке, подсоединить к аппаратуре, разгрузить и провести компенсацию нуля соответствующего канала.

Выполнить следующие действия:

- а) Выбрать пункт меню «Режимы» → "Калибровка тензометрических датчиков". Появится окно калибровки (Рисунок 4);
- б) Выбрать номер опрашиваемого аналогового канала;
- в) Выбрать длительность опроса канала (по умолчанию – 5 сек);
- г) В графе «Усилии» в таблице выставить значения величин нагрузки в кН или Нм для датчика определения момента на ВОМ;
- г) Последовательно нагружая и разгружая преобразователь усилия, снять калибровочную характеристику тензодатчика (три опыта по 10 точек). Запуск измерения осуществляется кнопкой "Пуск" на экране или клавишей "F5" на клавиатуре. Результаты измерения высвечиваются в окошке «Значения, мВ» и вручную или с помощью кнопки "Вставить" на окне занесутся в калибровочную таблицу;

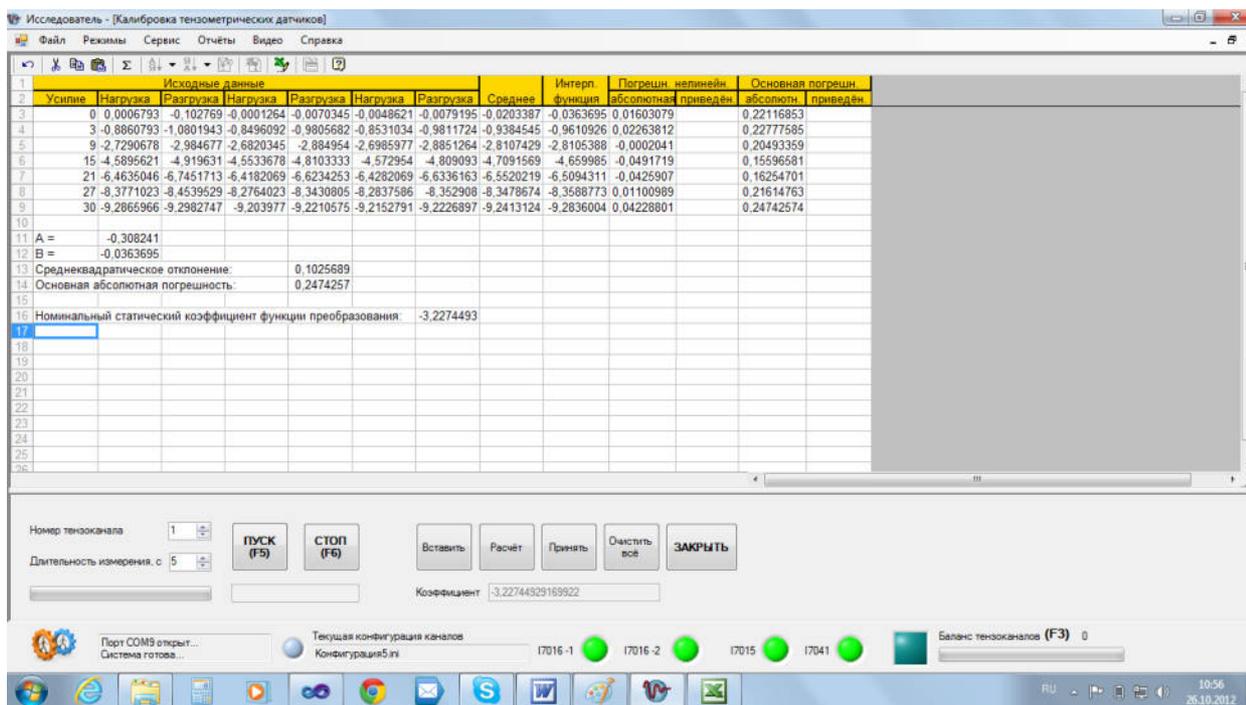


Рисунок Б4 - Окно калибровки преобразователей усилия

- д) Нажать кнопку "Расчёт" на экране для получения номинального статистического коэффициента функции преобразования и погрешности канала;
- е) Кнопкой "Принять" на экране запомнить значение коэффициента для соответствующего канала;
- ж) Закреть окно кнопкой "Закреть".

3.5 Калибровка датчиков пути и ведущих колёс

Калибровка датчиков заключается в определении цены одного импульса датчика расстояния (5-е колесо или радарный датчик с дискретным выходом), а также в определении коэффициентов ведущих колёс для определения буксовой при проведении опыта.

Для калибровки дискретных датчиков необходимо выбрать пункт меню «Режимы»→ "Калибровка датчиков пути и колёс" (Рисунок 5).

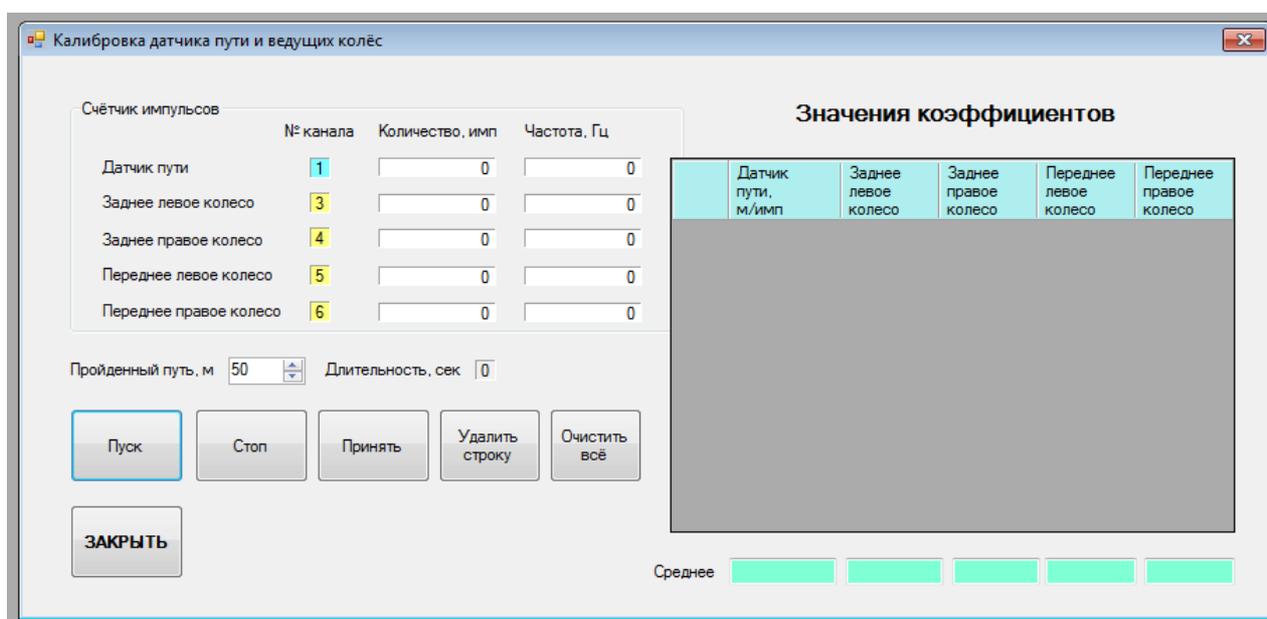


Рисунок Б5 - Калибровка датчиков пути и ведущих колёс

Для проведения калибровки необходимо проехать на постоянной скорости некоторое расстояние, например, 50 или 100 метров. Это расстояние укажите в поле "Расстояние". При установившемся движении трактора без нагрузки при прохождении отметки начала дистанции запустите калибровку кнопкой "Пуск" и остановите кнопкой "Стоп" при прохождении отметки конца дистанции.

Опыт повторяется несколько раз. При этом автоматически вычисляется среднее значение коэффициентов датчика пути и ведущих колёс.

Полученные коэффициенты можно принять нажатием кнопки "Принять". Закрывать окно можно кнопкой "Закрывать".

4 ПОРЯДОК РАБОТЫ

4.1 Подготовка к работе

Непосредственно перед проведением измерений с использованием аппаратуры СИ302 нужно подготовить систему в следующей последовательности:

- Подключенные к аппаратуре тензодатчики (или другие преобразователи усилия) должны быть откалиброваны до начала опыта в соответствии с п. 3.4. Величина калибровки должна фигурировать в текущем файле конфигурации. Её можно занести вручную перед опытом или она может быть занесена в файл конфигурации во время калибровки. Если измерять усилие в данном опыте нет необходимости можно внести цифру "0".

- Калибровку дискретных каналов в соответствии с п. 3.5. для определения расчётных коэффициентов буксования нужно провести непосредственно перед началом опытов (например, при тяговых испытаниях на асфальтобетоне). Если такой возможности нет (например, при энергооценке с/х машин может быть неизвестна заранее скорость, при которой будет проводиться опыт) можно указать в конфигурации каналов коэффициенты всех ведущих колёс равными "0", а калибровку провести на "холостых проходах" позже и записать полученные коэффициенты. В таком случае буксование автоматически рассчитываться не будет.

- Внести если необходимо в конфигурацию каналов цену деления одного импульса расходомера топлива и ВОМ, а также передаточное отношение от ВОМ к двигателю. Расходомер топлива калибруется один раз в год. Если нет необходимости сразу получать расход топлива, обороты ВОМ или обороты двигателя можно в файле конфигурации поставить "0".

Примечание. Если нет необходимости расчёта какого-либо показателя – в конфигурации каналов можно поставить цифру "0" для этого показателя.

4.2 Режим «Измерения сигналов»

Этот режим предназначен для проведения измерений за промежуток времени. При этом производится запись показателей по тензометрическим каналам (Рисунок 6).

Кнопка «Пуск» запускает опыт. Кнопка «Стоп» останавливает. После нажатия на кнопку "Пуск" счётчики дискретных каналов обнуляются и аппаратура переходит в режим измерений. После нажатия на кнопку "Стоп" полученные данные добавляются в виде строки в таблицу. По дискретным каналам накапливается сумма импульсов по каналам за период, по тензометрическим каналам записываются измеренные значения в милливольтках. Транслировать полученные данные в буфер обмена, можно по нажатию кнопки «Копировать в буфер обмена».



Рисунок Б6 – Режим измерения сигналов

4.3 Проведение энергетической оценки и тяговых испытаний

Опыт производится следующим образом:

- Убедиться, что все датчики правильно подключены и кабели жёстко закреплены в своих разъёмы;
- Перед каждым опытом провести компенсацию нуля тензодатчиков;
- Выбрать пункт меню «Режимы»→ «Опыт». Появится окно опыта (Рисунок 7);



Рисунок Б7 - Окно проведения опыта

- Если опыт проводится на фиксированном отрезке пути, нажмите переключатель на экране "По расстоянию" или нажмите клавишу "F11" на клавиатуре и укажите длину пути. Если расстояние не известно, нажмите переключатель "По времени" на экране или клавишу "F10" на клавиатуре и укажите продолжительность проведения опыта;

- Во время движения МТА при установившемся режиме нажать кнопку "Пуск" на экране или клавишу "F5" на клавиатуре

- Для остановки измерения нажмите кнопку "Стоп" на экране или клавишу "F6".

По окончании опыта на экран выйдет сводная таблица (Рисунок 8) с результатами измерений по всем аналоговым и дискретным каналам, а также усреднённые энергетические показатели за опыт.

Дата и время опыта	Номер опыта	Описание опыта	Длительность опыта, сек	Расстояние, м	Скорость, км/ч	Средняя тяга, кН
01.09.2012 21:56			10,904			0,028
01.09.2012 21:18			7,082			-3,289
01.09.2012 21:17			15,007			-3,847
01.09.2012 19:48			1,03			0
01.09.2012 19:48			0			0
31.08.2012 21:33			5,991			0,044
31.08.2012 21:31			14,992			0,189
31.08.2012 21:30			2,59			0,019
31.08.2012 21:29			4,664			0,019
31.08.2012 21:24			7,16			2,248
31.08.2012 21:24			0,827			0
31.08.2012 21:21			3,245			1,571
31.08.2012 21:19			14,82			1,189
31.08.2012 21:10			4,992			-1,1
31.08.2012 21:09			4,992			-1,449

Рисунок Б8 – Таблица результатов опытов

Таблица хранится в формате базы данных SQL Server. Просмотреть и распечатать результаты конкретного опыта можно следующим образом:

- Выбрать запись в таблице результатов измерений;
- Нажать кнопку «Просмотр» для просмотра отчёта по опыту (рисунок 9)
- Нажать кнопку «Печать» для печати отчёта по опыту на принтере.

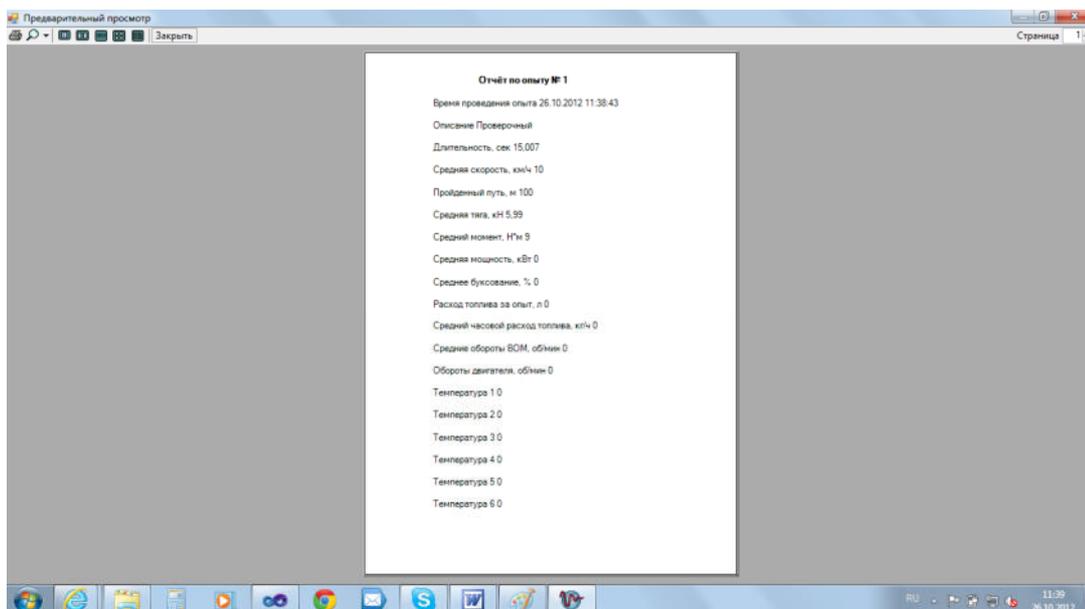


Рисунок Б9 – Отчёт по результатам опыта

Расчёт энергетических показателей производится по следующим формулам:

а) Мгновенная скорость:

$$V_m = I_{nc} \cdot K_n \cdot 3,6, \quad (1)$$

где V_m – мгновенная скорость, км/ч;

I_{nc} – количество импульсов датчика пути за одну секунду, имп;

K_n – калибровочный коэффициент датчика пути, м/имп.

Средняя скорость:

$$V_{cp} = \frac{I_n \cdot K_n}{T} \cdot 3,6, \quad (2)$$

где V_c – средняя скорость за опыт, км/ч;

I_n – количество импульсов датчика пути за опыт;

T – длительность опыта, с.

б) Мгновенное тяговое усилие:

$$P_m = S_{mc} \cdot K_m, \quad (3)$$

где P_m – мгновенное тяговое усилие, кН;

S_{mc} – среднее значение канала датчика усилия, В;

K_m – калибровочный коэффициент датчика усилия, кН/В.

Среднее тяговое усилие:

$$P_{cp} = S_m \cdot K_m, \quad (4)$$

где P_{cp} – среднее тяговое усилие за опыт, кН;

S_m – среднее значение канала датчика усилия за опыт, В;

в) Средняя мощность:

$$N_{cp} = P_{cp} \cdot V_{cp}, \quad (5)$$

где N_c – средняя мощность за опыт, кВт.

г) Мгновенное буксование:

$$\sigma_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left(1 - K_{\delta i} \cdot \frac{I_{nc}}{I_{ksi}} \right) \cdot 100, \quad (6)$$

где σ_m – мгновенное буксование по всем ведущим колёсам, %;

n – количество ведущих колёс;

$K_{\delta i}$ – калибровочный коэффициент буксования i -го ведущего колеса;

I_{ksi} – количество импульсов, полученных с i -го ведущего колеса за одну секунду, имп.

д) Среднее буксование:

$$\sigma_{cp} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left(1 - K_{\delta i} \cdot \frac{I_n}{I_{ki}} \right) \cdot 100, \quad (7)$$

где I_{ki} – количество импульсов, полученных с i -го ведущего колеса за опыт, имп.

е) Средняя частота вращения ВОМ:

$$n_{ВОМcp} = I_{ВОМ} \cdot K_{ВОМ} \cdot \frac{60}{T}, \quad (8)$$

где $n_{ВОМcp}$ – средняя частота вращения ВОМ, об/мин;

$I_{ВОМ}$ – количество импульсов, полученных с датчика оборотов ВОМ за опыт, имп;

$K_{ВОМ}$ – коэффициент датчика оборотов ВОМ, об/имп.

ж) Средняя частота вращения коленчатого вала двигателя:

$$n_{двcp} = n_{ВОМcp} \cdot K_{дв}, \quad (9)$$

где $n_{двcp}$ – средняя частота вращения коленвала за опыт, об/мин;

$K_{дв}$ – передаточное число от вала двигателя к ВОМ.

з) Часовой расход топлива:

$$G = \frac{I_m \cdot K_m \cdot \rho}{T} \cdot 3,6, \quad (10)$$

где G – часовой расход топлива за опыт, кг/ч;

I_m – количество импульсов расходомера топлива, имп;

K_m – калибровочный коэффициент расходомера топлива, см³/имп;

ρ – удельный вес топлива, г/см³.

и) Удельный расход топлива:

$$g = \frac{G}{N_{cp}} \cdot 1000, \quad (11)$$

где g – удельный расход топлива, г/(кВт·ч).

ЛИТЕРАТУРА

1. Испытание автомобилей и тракторов. Измерения при испытаниях: учебно-методическое пособие для лабораторных работ [Электронный ресурс] / сост. Ю. М. Яковлев. – Электрон. дан. – Красноярск: Сиб. федер.ун-т, 2013.
2. ГОСТ 25836-83 Тракторы. Виды и программы испытаний
3. ГОСТ Р 52777-2007 Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки.
4. ГОСТ 26953-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву».
5. ГОСТ 23734-98 «Тракторы промышленные. Методы испытаний».
6. ГОСТ 7057-2001 «Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний». 7. ГОСТ 20915-75 «Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний (с Изменением N 1)».
8. ГОСТ 28305-89 Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Правила приемки на испытания.
9. ГОСТ 30745-2001 (ИСО 789-9-90) Тракторы сельскохозяйственные. Определение тяговых показателей.
10. ГОСТ 30747-2001 (ИСО 789-1-90) Тракторы сельскохозяйственные. Определение показателей при испытаниях через вал отбора мощности.
11. ГОСТ 26955-86 «Нормы воздействия движителей на почву».
12. ГОСТ 17.2.2.05-97. Атмосфера. Нормы и методы определения выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК