

Приложение № 1
к образовательной программе
«Страна железных дорог»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КУРСА
«ФИЗИКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»**

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА КУРСА	3
«ФИЗИКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»	3
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСА	6
ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ	6
СОДЕРЖАНИЕ КУРСА	8
УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ	11
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КУРСА ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	17
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	18
II. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ	19
«ФИЗИКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»	19
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	20
ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТИВНЫХ КУРСОВ	22
ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТИВНЫХ КУРСОВ	26
III. ЗАДАЧНИК К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ «ФИЗИКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»	30
1. ИЗМЕРЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	31
2. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ	31
3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	32
4. МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ	34
5. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	34
6. ОСНОВЫ КИНЕМАТИКИ	35
7. ОСНОВЫ ДИНАМИКИ	36
8. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	38
9. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	38
IV. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ «ФИЗИКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»	39
1. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ 8 КЛАСС	40
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	41
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	43
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	45
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	47
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5	49

Наименование образовательной организации

Утверждаю:

Директор

Приказ № ____ от _____ 20 ____ г.

**I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА КУРСА
«ФИЗИКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»**

Составитель: к.ф.-м.н. доцент Ляхов Н.Н.

Программа разработана в дополнение к программе по дисциплине «Физика», реализуемой в учебниках А.В. Перышкин, Е.М. Гутник. Физика. 9 класс. М.: Дрофа, 2011 и А.В. Перышкин, Е.М. Гутник. Физика. 8 класс. М.: Дрофа, 2019.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В условиях научно-технической революции в сфере производства и в транспортной индустрии все больше требуется работники, которые способны управлять сложными современными машинами, автоматическими системами, внедрять принципиально новые технологии. Физика как наука позволяет понять законы природы и успешно использовать достижения современных технологий и влиять на появление новых.

Предлагаемый курс «Физика на железнодорожном транспорте» (далее – курс) является прикладным, при изучении которого учащиеся знакомятся с основными методами применения знаний о физических явлениях на железной дороге, в транспортном строительстве и машиностроении.

В курсе подчеркивается роль физики в современном производстве, что способствует развитию интереса учащихся к современной технике и транспорту, формированию мотивации для углубленного изучения предмета и продолжения обучения в сфере железнодорожного транспорта.

Изучение курса начинается в 8 классе (рассматриваются тепловые, электрические, магнитные и световые явления) и продолжается в 9 классе (основы кинематики и динамики, законы сохранения в механике, механические колебания и волны, электромагнитные явления, строение атома и атомного ядра).

Курс знакомит с историей внедрения новой техники и технологий на Российских железных дорогах. Действие физических законов раскрывается на примерах, взятых из конкретной практики железнодорожного транспорта, исторических фактах, специальных лабораторных экспериментах, содержит качественные и расчётные задачи. Выполнение данных заданий не только помогает изучению физики, но и позволяет выявлять межпредметные связи со смежными отраслями знаний, что в определенной степени влияет на уровень профессиональной подготовки. При этом усиливается практическая направленность изучения физики, углубляются знания материала основного и прикладного содержания курса.

При изучении данного курса для стимулирования интереса учащихся и развития навыков работы с дополнительными источниками информации используются поисковые и проектные задания. В рамках курса предусматриваются практические занятия: выполнение работ специализированного лабораторного практикума и экскурсии на предприятия железнодорожной отрасли.

Цель курса: углубление содержания основного курса физики и формирование учебно-познавательных, информационно-технологических компетенций и компетенций личностного саморазвития учащихся,

способствующих профессиональной ориентации на профессии железнодорожного транспорта.

Задачи курса:

– усвоение знаний о фундаментальных физических законах и принципах, применяемых в железнодорожной отрасли; наиболее важных открытиях в области физики, оказавших влияние на развитие железнодорожного транспорта; методах научного познания природы;

– овладение умениями проводить наблюдения, планировать и выполнять эксперименты, выдвигать гипотезы и строить модели, применять полученные знания по физике для объяснения разнообразных физических явлений и свойств веществ; практического использования физических знаний;

– обобщение и расширение знаний о профессиях железнодорожной отрасли;

– развитие интеллектуальных и творческих способностей, коммуникативных качеств учащихся в процессе приобретения знаний и умений по физике с использованием различных источников информации и современных информационных технологий, направленное на формирование познавательного интереса к профессиям железнодорожной отрасли.

Формы организации образовательного процесса:

Экскурсии: подростки с педагогом отправляются на объекты железной дороги реально или виртуально для фиксации проблемы или постановки задачи, где в процессе общения с учителем они систематизируют теоретические основы рассматриваемых физических явлений.

Лабораторный практикум: выполнение лабораторных работ позволит овладеть умениями самостоятельно ставить физические опыты, фиксировать наблюдения и измерения, анализировать их делать выводы в целях дальнейшего использования.

Решение кейса: кейс представляет комплект материалов, разработанных на основе производственных ситуаций, формирующих у обучающихся навыки самостоятельного конструирования алгоритмов решения производственных задач. Результаты выполненных кейсов, если это теоретическая проблема, то конкретное ее решение, если практическая - конкретный результат, готовый к использованию (на уроке, в школе, в реальной жизни). В процессе решения кейсов у учащихся возникают идеи для индивидуальных проектов, которые они смогут выполнить в рамках проектной деятельности.

Формы организации образовательного процесса: лабораторный практикум; виртуальные экскурсии; конференции, решение кейса, защита проекта.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСА

Курс должен проводиться в рамках внеурочной деятельности образовательной организации. Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту, внеурочная деятельность является составной частью учебно-воспитательного процесса и одной из форм организации свободного времени учащихся. Данный курс может быть отнесен к общеинтеллектуальному направлению, одному из 5-ти направлений развития личности.

Количество часов, отводимых на изучение курса: 8 класс - 17 часов (1 час в две недели), 9 класс - 17 часов (1 час в две недели).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Предметные:

В результате реализации программы учащиеся будут уметь:

- характеризовать физические понятия;
- различать явления по описанию их характерных свойств и на основе опытов, демонстрирующих данное физическое явление;
- распознавать проявление изученных физических явлений в окружающем мире;
- описывать изученные свойства тел и физические явления, используя физические величины;
- решать расчетные задачи, используя законы и формулы, связывающие физические величины: на основе анализа условия задачи;
- распознавать проблемы, которые можно решить при помощи физических методов; используя описание исследования, выделять проверяемое предположение, оценивать правильность порядка проведения исследования, делать выводы;
- проводить опыты по наблюдению физических явлений или физических свойств тел;
- распознавать простые технические устройства и измерительные приборы по схемам и схематичным рисункам;
- приводить примеры практического использования физических знаний в повседневной жизни для обеспечения безопасности при обращении с приборами и техническими устройствами, сохранения здоровья и соблюдения норм экологического поведения в окружающей среде.

Метапредметные:

В результате реализации программы учащиеся:

овладеют навыками самостоятельного приобретения новых знаний, организации учебной деятельности, постановки целей, планирования, самоконтроля и оценки результатов своей деятельности, умениями предвидеть возможные результаты своих действий;

научатся понимать различия между исходными фактами и гипотезами для их объяснения, теоретическими моделями и реальными объектами;

овладеют навыками универсальных учебных действиями на примерах гипотез для объяснения известных фактов и экспериментальной проверки выдвигаемых гипотез, разработки теоретических моделей процессов или явлений;

сформируют умения воспринимать и перерабатывать информацию в словесной, образной, символической формах, анализировать и перерабатывать полученную информацию в соответствии с поставленными задачами,

научатся выделять основное содержание прочитанного текста, находить в нем ответы на поставленные вопросы и излагать его;

научатся искать, анализировать и отбирать информацию с использованием различных источников и новых информационных технологий для решения познавательных задач;

развуют навыки монологической и диалогической речи, умения выражать свои мысли и способности выслушивать собеседника, понимать его точку зрения, признавать право другого человека на иное мнение;

овладеют эвристическими методами решения проблем;

сформируют умение работать в группе с выполнением различных социальных ролей, представлять и отстаивать свои взгляды и убеждения, вести дискуссию.

Личностные:

В результате реализации программы учащиеся:

сформируют познавательный интерес, интеллектуальные и творческие способности;

преодолеют убеждения «физика – сложный предмет, и мне он в жизни не пригодится»;

сформируют убежденность в возможности познания закономерностей природы и техники через моделирование физических процессов;

повысят осознанность соблюдения правил техники безопасности на транспорте и в быту;

утвердятся в выборе физико-технического профиля при дальнейшем обучении.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

8 класс (17 ч)

Модуль «Введение» (1 ч)

Исторические этапы развития железнодорожного транспорта в России и мире. Измерения и погрешности измерений физических величин на транспорте. Использование смартфона и других цифровых технологий для измерений.

Модуль «Тепловые явления» (4 ч)

Расширение тел при нагревании. Термическое расширение на подвижном составе и инфраструктуре железнодорожного транспорта, способы его учета и компенсации. Измерение температуры рельсов и элементов подвижного состава. Тепловое излучение и дистанционное измерение температуры буксовых узлов.

Статическое и динамическое давления газа. Система пневматического торможения. Поезда на воздушной подушке. Тепловые машины на железной дороге. Виды топлива и их энергетическая эффективность. КПД локомотива. Существующие и перспективные системы отопления, теплоизоляции и вентиляции пассажирских вагонов. Теплоизоляция в путевом хозяйстве.

Модуль «Электрические явления» (4 ч)

Постоянный электрический ток на железной дороге. Первые электрические экипажи и современные электровозы. Проблема передачи электроэнергии к локомотиву. Электрическая цепь современной железной дороги. Закон Ома для участка цепи. Реостаты в системе управления локомотива. Падение напряжения на элементах тяговой сети железной дороги. Проблемы тягового электроснабжения постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца. Тепловые потери электрической энергии. Потери энергии в тяговой сети. Системы электрообогрева вагонов. Потери энергии и блуждающие токи. Электроконтактная сварка рельсов.

Модуль «Магнитные явления» (3 ч)

Магнитное поле как источник сил, действующих на проводник с током. Закон Ампера. Работа тягового двигателя локомотива. Магнетизм на транспорте. Влияние магнитного поля на работу рельсовой цепи. Магнитная дефектоскопия. Магнитная подвеска высокоскоростных поездов. Использование явления сверхпроводимости. Электромагнитное реле и рельсовые цепи в системе автоблокировки на железной дороге. Электромагниты при ремонте пути и погрузо-разгрузочных работах.

Модуль «Оптические явления» (2 ч)

Геометрическая оптика на железной дороге. Устройство прожектора. Волоконно-оптические кабели на железнодорожном транспорте. Оптоволоконные линии связи. Цвет на транспорте. Световая сигнализация. Инфракрасное излучение и его регистрация. Тепловизионный контроль. Светодалномеры. Светоотражающие покрытия. Фотохромные материалы.

Обобщающее занятие, лабораторный практикум (3 ч)

9 класс (17 ч.)

Модуль «Основы кинематики» (3ч)

Скорости и ускорения на железнодорожном транспорте. Маршрутная, конструкторская и эксплуатационная скорости транспортных средств. Допустимые ускорения на железнодорожном транспорте. Непогашенное ускорение. Тормозной путь поезда. Круговые и переходные кривые железнодорожного пути. Кинематика колёсной пары в рельсовой колее.

Модуль «Основы динамики» (4 ч)

Динамика движения локомотива. Динамика движения поезда на подъемах, спусках и поворотах. Сила трения на железной дороге. Трение качения, трение скольжения. Силы в системе колесо-рельс. Сцепление колеса с рельсом. Способы торможения подвижного состава. Механическая работа и мощность локомотива. Ширина колеи и устойчивость поезда. Устройство рельсовой колеи в кривых участках пути. Закон сохранения импульса и реактивное движение. Реактивный двигатель на локомотиве. Гравитационно-вакуумный транспорт. Столкновение вагонов на сортировочной горке и при маневровых работах. Закон сохранения механической энергии.

Модуль «Механические колебания и волны» (3 ч)

Колебания подвижного состава. Допустимые колебания на железной дороге. Учёт колебаний в пассажирских и грузовых перевозках. Резонанс. Колебания мостов, искусственных сооружений и других элементов железнодорожной инфраструктуры. Автоколебания проводов контактной сети. Звук, инфразвук и ультразвук на транспорте. Шум и вибрация. Виброзащита и шумозащита. Вибродиагностика. Ультразвуковая дефектоскопия.

Модуль «Электромагнитные колебания и волны» (3 ч)

Магнитное поле. Однородное и неоднородное магнитное поле. Электромагнитная индукция, Закон Фарадея. Правило Ленца.

Переменный электрический ток и гармонические колебания. Генераторы постоянного и переменного тока. Генератор на тепловозе. Понятие о трехфазном электрическом токе. Трансформатор. Система однофазного

переменного тока на железнодорожном транспорте. Устройство и работа электровоза переменного тока. Принцип работы выпрямительно-инверторного преобразователя на электровозе. Рекуперация. Влияние тягового подвижного состава на систему тягового электроснабжения переменного тока. Электромагнитное поле. Радиосвязь на железной дороге. Радиопомехи от контактной сети. Понятие об электромагнитной экологии. Проблемы электромагнитной совместимости устройств железнодорожной автоматики.

Модуль «Атом и атомное ядро» (1 ч)

Радиоактивное излучение и его применение в системах контроля. Светоизлучающие краски. Радиоизотопные датчики. Перспективы использования ядерной энергии.

Модуль итоговый (2 ч)

Использование достижений современной науки на железнодорожном транспорте.
Перспективы развития железнодорожной отрасли России.

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

(1 ч в две недели; всего 34 ч за 2 года)

8 класс

Темы для изучения	Основное содержание по темам	Рекомендации к занятию
8 класс (17 ч)		
Введение (1 ч)		
Введение	Исторические этапы развития железнодорожного транспорта в России и мире. Измерения и погрешности измерений физических величин на транспорте. Использование смартфона и других цифровых технологий для измерений	Фронтальная лабораторная работа «Измерение физических величин и оценка погрешности измерений»
Тепловые явления (4 ч)		
Термическое расширение	Расширение тел при нагревании. Термическое расширение на подвижном составе и инфраструктуре железнодорожного транспорта, способы его учета и компенсации. Измерение температуры рельсов и элементов подвижного состава. Тепловое излучение и дистанционное измерение температуры буксовых узлов	Видеосюжет и видеозадача «Расчет температурного зазора», «Расчет механического напряжения в бесстыковом пути»
Давление газа	Статическое и динамическое давления газа. Система пневматического торможения. Поезда на воздушной подушке	Лабораторный практикум

Тепловые машины	Тепловые машины на железной дороге. Виды топлива и их энергетическая эффективность. КПД локомотива	Выполнение расчета энергетической эффективности и КПД тепловоза и паровоза. Поиск в интернете необходимых данных
Тепловые процессы	Существующие и перспективные системы отопления и вентиляции пассажирских вагонов	Фронтальная лабораторная работа «Определение характеристик теплоизоляционных материалов». Кейс «Рекуператор в пассажирском вагоне»
Электрические явления (4 ч)		
Электрификация железных дорог	Постоянный электрический ток на железной дороге. Первые электрические экипажи и современные электровагоны	Видеоэкскурсия в локомотивное депо
Тяговое электроснабжение	Проблема передачи электроэнергии к локомотиву. Электрическая цепь современной железной дороги	Макет «Электрифицированная железная дорога». Видеосюжет «Элементы тягового электроснабжения»
Тяговое электроснабжение	Закон Ома для участка цепи. Реостаты в системе управления локомотива. Падение напряжения на элементах тяговой сети железной дороги. Проблемы тягового электроснабжения постоянного тока	
Потери электрической энергии	Закон Джоуля-Ленца. Тепловые потери электрической энергии. Потери энергии в тяговой сети. Системы электрообогрева вагонов. Потери энергии и блуждающие токи	Видеозадача «Сварка рельсов на РСП»

Физический практикум (2 ч)		
Модуль «Магнитные явления» (3 ч)		
Тяговый двигатель локомотива	Магнитное поле как источник сил, действующих на проводник с током. Закон Ампера. Работа тягового двигателя локомотива	Фронтальная лабораторная работа «Определение тяговых характеристик электродвигателя постоянного тока»
Магнетизм на транспорте	Влияние магнитного поля на работу рельсовой цепи. Магнитная дефектоскопия. Магнитная подвеска высокоскоростных поездов. Использование явления сверхпроводимости	Видеозадача «Ложное срабатывание автоблокировки»
Электромагниты	Электромагнитное реле в системе автоблокировки на железной дороге. Электромагниты при ремонте пути и погрузо-разгрузочных работах	Макет «Светофорная сигнализация». Видеозадача «Электромагнит на ремонте пути»
Модуль «Оптические явления» (2 ч)		
Геометрическая оптика на железной дороге	Устройство прожектора. Оптические кабели на транспорте. Оптоволоконные линии связи	Фронтальная лабораторная работа «Принцип работы оптоволоконна»; «Устройство оптического кабеля»
Цвет на транспорте	Световая сигнализация. Светодальномеры. Светоотражающие покрытия. Фотохромные материалы	Групповой натуральный эксперимент «Дальность обнаружения объекта без светоотражающей наклейки на одежде (рюкзаке) и с наклейкой»
Обобщающий модуль (1 ч)		
Решение кейсов		

9 класс

Темы для изучения	Основное содержание по темам	Рекомендации к занятию
9 класс (17 ч)		
Модуль «Основы кинематики» (3 ч)		
Скорости на железнодорожном транспорте	Скорости и ускорения на железнодорожном транспорте. Маршрутная, конструкторская и эксплуатационная скорости транспортных средств	Видеозадача «Равномерное движение поезда на перегоне»
Допустимые ускорения на железнодорожном транспорте	Допустимые ускорения на железнодорожном транспорте. Непогашенное ускорение. Тормозной путь поезда	Видеозадача «Стартующая электричка»
Кинематика колёсной пары	Круговые и переходные кривые железнодорожного пути. Кинематика колёсной пары в рельсовой колее	Видеозадача «План пути с квадрокоптера» Видео сюжет «Колесная рельсовой колее»
Модуль «Основы динамики» (4 ч)		
Динамика движения поездов	Динамика движения локомотива. Динамика движения поезда на подъемах, спусках и поворотах	Видеозадачи «Поезд на подъеме», «Поезд на повороте»
Силы трения на железной дороге	Сила трения на железной дороге. Трение качения, трение скольжения. Силы в системе колесо-рельс. Сцепление колеса с рельсом. Способы торможения подвижного состава	Фронтальная лабораторная работа «Измерение силы трения скольжения и трения качения». Видеозадача «Зачем песок на локомотиве»

Работа, мощность и энергия	Механическая работа и мощность локомотива. Закон сохранения импульса и реактивное движение. Реактивный двигатель на локомотиве. Гравитационно-вакуумный транспорт	
Законы сохранения	Столкновение вагонов на сортировочной горке и при маневровых работах. Закон сохранения механической энергии	Видео экскурсия
Модуль «Механические колебания и волны» (3 ч)		
Колебания подвижного состава	Колебания подвижного состава. Допустимые колебания на железной дороге. Учёт колебаний в пассажирских и грузовых перевозках	
Вынужденные колебания	Резонанс. Колебания мостов, искусственных сооружений и других элементов железнодорожной инфраструктуры. Автоколебания проводов контактной сети	
Звуковые колебания и волны	Звук, инфразвук и ультразвук на транспорте. Шум и шумозащита. Ультразвуковая дефектоскопия	
Модуль «Электромагнитные колебания и волны» (3 ч)		

Электромагнитная индукция	Магнитное поле. Однородное и неоднородное магнитное поле. Электромагнитная индукция, Закон Фарадея. Правило Ленца. Переменный электрический ток и гармонические колебания. Генераторы постоянного и переменного тока. Генератор на тепловозе. Понятие о трехфазном электрическом токе	
Переменный электрический ток на транспорте	Трансформатор. Система однофазного переменного тока на железнодорожном транспорте. Устройство и работа электровоза переменного тока. Принцип работы выпрямительно-инверторного преобразователя на электровозе. Рекуперация	Наблюдать осциллограммы гармонических колебаний напряжения и силы тока в цепи
Электромагнитное излучение	Электромагнитное поле. Радиосвязь на железной дороге. Радиопомехи от контактной сети. Понятие об электромагнитной экологии. Проблемы электромагнитной совместимости устройств железнодорожной автоматики	
Модуль «Атом и атомное ядро»(1 ч)		
Физика атома и атомного ядра	Радиоактивное излучение и его применение в системах контроля. Светоизлучающие краски. Радиоизотопные датчики. Перспективы использования ядерной энергии	Лабораторная работа «Измерение радиоактивности на элементах железнодорожного пути и ИССО»
ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ (2 ч)		
Итоговая конференция (1 ч)		

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КУРСА ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1. Рабочая программа курса.
2. Сборник задач.
3. Методические рекомендации для организации практической работы.
4. Комплект видеосюжетов (<https://yadi.sk/d/jY4hbfJtSDcBFQ?w=1>)

Перечень оборудования и программного обеспечения для организации и проведения элективного курса «Физика на железнодорожном транспорте»

№ п.п.	Название позиции	Кол-во
1	Комплект для практикума по механике	4
2	Комплект для практикума по электричеству	4
3	Цифровая лаборатория по физике для ученика STEM	4
4	ФГОС комплект. Лабораторный комплект (набор) по механике	5
5	Радиоконструктор	1
6	ФГОС комплект. Лабораторный комплект (набор) по электродинамике	5
7	ФГОС комплект. Лабораторный комплект (набор) по молекулярной физике и термодинамике	5
8	Набор «Юный физик» (120 экспериментов)	10
9	Механика Галилео	10
10	Комплект оборудования для кабинета физики	1
11	Набор демонстрационный «Механические явления»	1
12	Набор демонстрационный «Постоянный ток»	1
13	Набор демонстрационный «Полупроводниковые приборы»	1
14	Набор демонстрационный «Электродинамика	1
15	Набор для демонстрации электрических полей	1
16	Высоковольтный генератор 30 кВ (источник высокого напряжения)	1
17	Комплект оборудования «ФГОС-лаборатория»	4
18	ОГЭ-лаборатория 2020	4
19	Регистратор данных (ноутбук)	15
20	«Летающий поезд»	5
21	Поезд на магнитной подушке	5

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокин, С.М. Физика в истории железных дорог / С.М. Кокин, В.А. Селезнев. – Долгопрудный.: Интеллект, 2016. – 296 с.
2. Чарноцкая, Л.П. Железная дорога от А до Я / Л.П. Чарноцкая. – М.: Транспорт, 1990. – 205 с.
3. Общий курс железных дорог: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Под ред. Ю. И. Ефименко. – М.: Академия, 2005. – 256 с.
4. Пёрышкин, А.В. Физика. 8 класс / А.В. Пёрышкин, Е.М. Гутник. – М.: Дрофа, 2011. – 192 с.
5. Пёрышкин, А.В. Физика. 9 класс. / А.В. Пёрышкин, Е.М. Гутник. – М.: Дрофа, 2011 – 304 с.
6. Лукашик, В.И. Сборник задач по физике. 7-9 класс / В.И. Лукашик. – М.: Просвещение, 2007 – 240 с.
7. Сидоров, Н.И. Как устроен и работает электровоз / Н. И. Сидоров. - 4е изд., перераб. и доп. - Москва: Транспорт, 1980. – 223 с.
8. Булынский, А.Н. Физика на железнодорожном транспорте: учеб.-метод. пособие / А.Н. Булынский. – Костанай: Кушмурунская средняя школа, 2013. – 49 с.

**II. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ
«ФИЗИКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»**

Составители: к.ф.-м.н доцент Ляхов Н.Н.,
к.ф.-м.н., доцент Дамбуева А.Б.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель и задачи методических рекомендаций

Цель: методические рекомендации определяют планирование, организацию и проведение занятий для реализации углубленного модуля «Физика на железнодорожном транспорте» в виде элективного курса для учащихся 8-9 классов.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

анализ научной, учебной и методической литературы для подготовки занятий;

отбор учебного материала для разработки рабочей программы;

определение форм организации деятельности учащихся на занятиях;

разработка системы контроля знаний учащихся на занятиях.

Основные определения, используемые в методических рекомендациях

1. Аудиовизуальные технологии – способ построения деятельности с применением аудиокomпьютерных средств для достижения целей обучения.

2. Аудиовизуальные средства – учебные кинофильмы, телепередачи, видеозаписи.

3. Внеурочная деятельность школьников – это совокупность всех видов деятельности школьников, в которой в соответствии с основной образовательной программой образовательной организации решаются задачи воспитания и социализации, развития интересов, формирования универсальных учебных действий.

4. Групповая работа – форма организации деятельности учащихся, которая сочетается с фронтальной работой и дифференциальным подходом к учащимся с учетом их индивидуальных особенностей.

5. Индивидуальная работа – форма организации деятельности учащихся, позволяющая соблюдать различный темп обучения, учитывать индивидуальные различия и отношения к учебе, различную скорость и гибкость мышления.

6. Кейс (в переводе с англ. - случай) – проблемная ситуация, предлагаемая учащимся в качестве задачи для анализа и поиска решения. Обычно кейс содержит схематическое словесное описание ситуации, статистические данные.

7. Контроль – способ получения информации о качественном состоянии учебного процесса.

8. Лабораторный практикум – вид школьного физического эксперимента, способствующий более глубокому усвоению физических законов, привитию умений и навыков в обращении с измерительными приборами.

9. Рабочая программа – дидактическая модель учебного курса, с помощью которой определяется содержание образования и способы организации его усвоения учащимися.

10. Элективные курсы – это форма организации образовательного процесса, способствующие расширению кругозора обучающихся, развитию их творческого потенциала, приобщению к исследовательской деятельности, развитию психологических особенностей личности обучающихся, создающие условия для подготовки к экзаменам по выбору по наиболее вероятным предметам будущего профилирования, а также для изучения предметов на повышенном уровне.

11. Фронтальная работа – форма организации деятельности учащихся, в ходе которой учитель работает со всем классом, управляет деятельностью всех учащихся, выполняющих единое для всех задание.

12. Экскурсии – один из основных видов занятий и особая форма организации работы по всестороннему развитию школьников, нравственно-патриотическому, эстетическому воспитанию; эффективная форма ознакомления учащихся с производством, техникой, технологией различных предприятий и основами профессий, оказывающая влияние на формирование интереса к профессии.

13. Электронные образовательные ресурсы – средства обучения, к которым относятся электронные приложения к учебникам, интерактивные пособия, аудиокурсы, интернет-ресурсы.

Нормативно-правовая документация для разработки методических рекомендаций

Нормативно-правовой основой для разработки методических рекомендаций являются следующие документы:

1. Федеральный закон ФЗ-273 от 29.12.2012 «Об образовании в Российской Федерации»;

2. Приказ Министерства просвещения РФ от 09.11.2018 № 196 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;

3. Письмо Министерства образования и науки РФ от 18.08.2017 № 09-1672 «О направлении методических рекомендаций»;

4. Об утверждении федерального компонента государственных образовательных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования /Приказ Министерства образования РФ от 05.03.2004 № 1089/;

5. Об утверждении федерального базисного учебного плана и примерных учебных планов для образовательных учреждений РФ, реализующих

программы общего образования /Приказ Министерства образования РФ от 09.03.2004 № 1312/;

6. Письмо Департамента государственной политики в образовании Министерства образования и науки Российской Федерации от 04.03.2010 № 03-413 «О методических рекомендациях по реализации элективных курсов»;

7. ФГОС основного общего образования. Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.12.2010 № 1897;

8. ФГОС среднего общего образования. Утвержден приказом Минобрнауки России от 17.04.2012 № 413.

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТИВНЫХ КУРСОВ

Место элективных курсов в учебном плане общеобразовательной организации

Количество часов, отводимых на изучение курса:

8 класс - 17 часов (1 час в две недели);

9 класс - 17 часов (1 час в две недели).

Элективные курсы реализуются в общеобразовательной организации за счет части базисного учебного плана, формируемой участниками образовательного процесса.

Часы, выделяемые на элективные курсы, входят в максимальный объем учебной нагрузки обучающегося.

Типы и виды уроков

В целях реализации компетентностного подхода предусмотрено широкое использование в образовательном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий.

Форма проведения занятий – классно-урочная с использованием видеосюжетов, видеозадач и видеоэкскурсий.

По основной дидактической цели выделяют следующие типы уроков (М.И. Махмутов):

изучение нового материала;

совершенствование знаний и формирование практических умений;

обобщение и углубление знаний;

контроль и учет знаний;

комбинированный урок.

По характеру познавательной деятельности различают проблемные и непроблемные уроки.

Урок изучения нового материала посвящен изучению нового, большого по объему и сложного материала, требующего серьезной и глубокой переработки.

Урок совершенствования знаний и формирования практических умений направлен на формирование специфических для физики умений и навыков, тесно связанных с теоретическим материалом, их закреплении и применением.

Урок обобщения и углубления знаний направлен на приобретение учащимися новых знаний на основе систематизации и обобщения, переосмысливания имеющихся знаний.

Урок контроля и учета знаний связаны с проведением самостоятельных, контрольных работ, контрольных лабораторных работ по проверке экспериментальных умений, зачетов.

Комбинированный урок имеет несколько дидактических целей и получил наибольшее применение в практике работы школы.

Типы уроков	Виды уроков
Урок изучения нового материала	Урок-лекция, урок-беседа, урок теоретических или самостоятельных практических работ
Урок совершенствования знаний и формирования практических умений	Урок-лабораторная работа, урок практических работ, урок-эксперимент, урок решения задач, семинар
Урок обобщения и углубления знаний	Конференция, обобщающий урок нестандартной формы
Урок контроля и учета знаний	Устный опрос (фронтальный, индивидуальный, групповой), письменный опрос (индивидуальный), зачет, контрольная работа, самостоятельная работа
Комбинированный урок	Входят основные виды предыдущих четырех типов

Структура уроков

Структура урока – дидактически обусловленная функциональная взаимосвязь основных компонентов и элементов урока, их целенаправленная упорядоченность и взаимодействие.

Структура урока отражает закономерности процесса усвоения знаний школьниками, обеспечивает усвоение учебного материала, формирование у учащихся прочных знаний, умений и навыков, способствует активизации познавательной деятельности, развитию их интеллектуальных способностей.

Дидактическая структура урока является общим предписанием, алгоритмом построения урока и включает три этапа:

- актуализация опорных знаний и способов действий;
- формирование новых понятий и способов действий;
- применение; формирование умений и навыков.

Дидактическая структура урока раскрывается и конкретизируется в методической подструктуре урока, элементами которой являются виды деятельности учителя и учащегося.

Логико-психологическая подструктура урока предусматривает психологический настрой учащихся, мотивацию предстоящей деятельности, что является основой для организации познавательной деятельности учащихся.

Учебно-методическое и информационное обеспечение элективных курсов

При использовании в качестве основного учебного пособия книги Кокина С.М. и Селезнёва В.А. надо иметь в виду, что это переиздание пособия этих авторов от 1995 года с аналогичным названием без существенных изменений. В связи с этим рекомендуется использовать учебно-методическое пособие, подготовленного авторами программы. Сборник задач из книги сокращен и адаптирован для 8-9 классов, а также дополнен авторскими задачами.

При постановке лабораторного практикума, который целесообразно отнести в конец внеучебных занятий по каждому учебному году, можно рассмотреть возможность совмещения с практикумом по основному курсу физики.

Так как серийно модели и макеты объектов железнодорожного транспорта для школ не выпускаются, предполагается часть таких моделей разработать и изготовить в условиях технопарка «Кванториум РЖД» в Иркутске, а часть элементов лабораторных установок изготовить с помощью шефов с предприятий железной дороги.

Перечень специализированных лабораторных работ:

1. Исследование тяговых характеристик на модели тягового электродвигателя.
2. Исследование электромагнитного реле.
3. Измерение коэффициентов трения скольжения и трения качения на модели колёсной пары.
4. Исследование температурной работы рельса на модели.
5. Измерение тормозного пути вагона на модели сортировочной горки.
6. Работа и мощность электродвигателя постоянного тока

Система контроля знаний, умений учащихся по элективным курсам

Необходимым условием оценки качества подготовки учащихся является диагностика результатов. Диагностика в процессе обучения предполагает изучение, анализ и оценку результатов учебной деятельности учащихся с целью определения их эффективности и последующей коррекции.

Главным инструментом диагностики является контроль, выполняющий диагностическую, обучающую и воспитательную функции.

Диагностическая функция контроля связана с выявлением уровня знаний, умений и навыков.

Обучающая функция контроля проявляется в активизации деятельности учащихся по усвоению учебного материала.

Воспитательная функция определяет наличие контроля, дисциплинирует и направляет деятельность школьников, помогает выявить пробелы в знаниях, определяет пути и способы устранения пробелов, формирует творческое отношение к предмету и стремление развить свои способности.

Виды контроля: предварительный, текущий, тематический, итоговый.

Предварительный контроль направлен на выявление имеющихся знаний, умений, навыков, являющихся результатом усвоения материала на предыдущем этапе обучения.

Текущий контроль позволяет оперативно диагностировать и корректировать, совершенствовать знания, умения, навыки учащихся, обеспечивает стимулирование и мотивацию их деятельности учения на каждом занятии.

Тематический контроль завершает деятельность по определенной теме или разделу программы.

Итоговый контроль осуществляется в форме экзамена или зачета.

Эффективность преподавания курса может быть подтверждена анализом текущих отметок по предметам, связанным с курсом, количественным анализом набранных отметок учащихся в ходе занятий; проведением

анкетирования обучающихся, педагогов, целью которого является исследование уровня удовлетворенности занятиями; результатами ГИА по предметам, связанными с курсом.

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТИВНЫХ КУРСОВ

Виды и формы самостоятельной работы учащихся при реализации элективных курсов

Виды самостоятельной работы можно классифицировать по различным признакам: по дидактической цели, по характеру деятельности учащихся, по содержанию, по степени самостоятельности и элементу творчества учащихся.

Зимняя И.А. виды самостоятельной работы по дидактической цели разделила на пять групп:

приобретение новых знаний и овладение умениями самостоятельно приобретать знания осуществляется на основе работы с учебником, выполнение наблюдений и опытов, работ аналитико-вычислительного характера;

закрепление и уточнение знаний достигается с помощью специальной системы упражнений по уточнению признаков понятий, их ограничению, отделению существенных признаков от несущественных;

выработка умения применять знания на практике осуществляется с помощью решения задач различного вида, решение задач в общем виде, экспериментальных работ;

формирование умений творческого характера достигается при написании сочинений, рефератов, при подготовке докладов, заданий при поиске новых способов решения задач, новых вариантов опыта.

Каждая из перечисленных групп включает в себя несколько видов самостоятельной работы, поскольку решение одной и той же дидактической задачи может осуществляться различными способами.

Виды заданий для самостоятельной работы:

для овладения знаниями: работа со словарями и справочниками; учебно-исследовательская работа; работа с конспектами лекций; работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, статьи, дополнительной литературы, в том числе с материалами, полученными по сети Интернет); конспектирование текстов; ответы на контрольные вопросы; подготовка тезисов для выступления на семинаре, конференции; подготовка рефератов;

для формирования умений и владений: решение типовых задач и упражнений; решение вариативных задач и упражнений;

для закрепления и систематизации знаний: работа с конспектом лекции (обработка текста); повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио- и видеозаписей); составление плана и тезисов ответа; составление таблиц для систематизации учебного материала; изучение нормативных материалов; ответы на контрольные вопросы; аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект, анализ и др.); подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции; подготовка рефератов, докладов; составление библиографии; тестирование.

Мониторинг самостоятельной работы учащихся

Самостоятельная работа выполняется в форме проектов:

исследование, цель которого определить, изучить, получить данные;

научное исследование (учебно-исследовательская деятельность), цель которого получение нового знания (объективного или субъективного). Критерий качества – уровень освоения навыков исследовательской деятельности и новых знаний, то есть логика и стройность от постановки цели и задач до анализа результатов и обоснованности выводов;

проект (в классическом понимании и в терминологии, принятой на РЖД), цель которого создание новых объектов или изменение известных объектов с целью получения у них новых свойств).

Критерий качества проекта – актуальность и практическая значимость.

Структура исследования:

обоснование темы (выявление нерешенной проблемы, актуализация недостающего знания);

постановка цели и задач;

гипотеза;

методика исследования;

собственные данные;

анализ, выводы.

структура проекта:

постановка проблемы;

определение критерия эффективности;

создание концепции проекта (поиск технического решения);

определение доступных ресурсов;

план выполнения проекта;

реализация плана, корректировка;

оценка эффективности и результативности.

Самым сложным и принципиально важным является выбор темы. Правильно оформленное название темы организует все последующие этапы работы. И, как следствие, происходит выявление, активизация и фиксация любопытства учащихся и их интереса к проблеме. И основной этап, даже важнейший этап, это поиск того вопроса, который неочевиден и требует наблюдения, эксперимента или анализа, то есть **проблемного** или основополагающего вопроса.

Основными источниками в поиске проблемного вопроса для проекта или исследования в рассматриваемых дисциплинах являются:

- перечень «узких» мест, ежегодно формируемый на каждой дороге;
- рекомендации волонтеров-профнавигаторов;
- тематика работ финальных этапов всероссийских конкурсов «транспорт будущего», чтений имени Вернадского, балтийского научно-инженерного конкурса и других;
- личная инициатива автора проекта или его родителей.

Приведены примеры тем исследовательских проектов, выполненных ранее или принятых к выполнению в текущем учебном году в школах Восточно-Сибирской железной дороги:

1. Перспективы высокоскоростного движения в Сибири.
2. Проблемы содержания железнодорожного пути в зонах вечной мерзлоты.
3. Возможности альтернативной энергетики на железной дороге.
4. Возможности водородной энергетики на железной дороге.
5. Рулевой магистрали (о вкладе начальников дороги в научно-техническое развитие ВСЖД)
6. Как это было (история и проблемы электрификации ВСЖД)
7. С постоянного – на переменный (об опыте перевода участка ВСЖД с постоянного тока на переменный ток без остановки движения)
8. Системы дистанционного контроля температуры буксовых улов на ходу поезда.
9. Проблемы содержания бесстыкового пути в условиях Сибири и Забайкалья.
10. Особенности содержания железнодорожного пути на мостах и в тоннелях.
11. Волоконно-оптические линии связи на железной дороге.
12. Повышение эффективности электровозов переменного тока.
13. Перспективные тяговые электродвигатели.
14. Способы дистанционного контроля состояния контактной сети.

Проведение итоговых конференций целесообразно запланировать до конца марта с тем, чтобы рекомендованные работы могли участвовать в конкурсе «Транспорт будущего» в текущем учебном году.

**III. ЗАДАЧНИК К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ
«ФИЗИКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»**

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Ляхов Н.Н.

1. ИЗМЕРЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

1.1 Рельсы, выпускаемые на металлургическом комбинате, имеют длину 25 м. Оцените точность изготовления, если отклонение от заданного размера не должно превышать ... см.

1.2 На фото изображен стык рельсов Р65. Найдите величину зазора между рельсами, используя стандартные размеры рельсов и рельсовых скреплений из Приложения.

1.3 Какова относительная погрешность измерения ширины рельсовой колеи 1520 мм, если абсолютная погрешность путевого шаблона, которым проводят измерение, равна 1 мм?

1.4 Какая из погрешностей, систематическая или случайная, имеет существенное значение при измерении температуры рельса при производстве путевых работ.

2. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

2.1 Что произойдет с отверстием, просверленным в рельсе, если рельс нагревается: увеличится? уменьшится? останется неизменным? Ответ поясните.

2.2 Одно из названий железной дороги - "чугунка", так как рельсы для нее изготавливались из чугуна. Рассчитайте, на сколько длина стального рельса при $+50^{\circ}\text{C}$ отличается от длины чугунного, если при -20°C длины рельсов были одинаковы (12,5 м). Термический коэффициент линейного расширения чугуна принять равным $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, стали $-12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

2.3 Оцените, на какую величину укорачивается рельсовая плеть в морозную (-30°C) погоду. Принять температурный коэффициент расширения стали равным $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, длину одного перемещающегося участка плети, измеренную при 0°C - 80м. Силами трения, препятствующими перемещению концов плети, пренебречь

2.4 Почему отверстия для болтов в железнодорожных рельсах имеют такую форму: одни круглые, другие овальные (см. фото)? В какую сторону происходит удлинение (укорочение) рельса при изменении температуры?

2.5 При строительстве металлических мостов часто используют соединение деталей с помощью заклепок. При этом в отверстия соединяемых деталей вставляют раскаленные докрасна заклепки, которые с противоположной стороны расклепывают отбойным молотком со специальной насадкой. Почему используют именно раскаленные заклепки?

2.6 При производстве путевых работ на бесстыковом пути необходимо провести раскрепление рельсовых плетей. На какую величину произойдет

удлинение (укорочение) рельсовой плети длиной 800 м при температуре 14 °С, если температура укладки 20 °С?

2.7 Какое усилие нужно приложить, чтобы вернуть рельсовую плеть к прежним условиям (см. предыдущую задачу).

2.8 Сколько угля нужно сжигать для отопления вагона на неэлектрифицированном участке дороги, если в аналогичных условиях расход электроэнергии составил 2000 кВт·ч. Теплотворная способность угля принять равной 30 МДж/кг.

2.9 На сколько градусов нагреется тормозная колодка при трении о колесо вагона, если колодка получила ... Дж теплоты. Масса колодки 3,5 кг, теплоемкость ... Дж/(кг·К).

2.10 Температура корпуса буксы вагона изменилась от 60°С до 90°С. Во сколько раз изменится сигнал, регистрируемый КТСМ-02 ? Сигнал считать пропорциональным четвертой степени абсолютной температуры нагретого тела.

2.11 Электровоз в составе поезда получает из контактной сети мощность 2 МВт. Какое количество дизтоплива тратит тепловоз в таких же условиях за 1 мин, если КПД тепловоза 29%, а КПД электровоза 85%. Теплотворная способность дизтоплива равна 42 МДж/кг.

3 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

3.1 Необходимо электрифицировать участок железной дороги длиной 40 км. При каком поперечном сечении медного контактного провода его сопротивление равно 68 Ом? Удельное сопротивление меди принять равным 0,017 мкОм·м.

3.2 Оцените удельное сопротивление технической меди, зная, что сопротивление 1 км провода МФ с поперечным сечением 85 мм² равно 0,2 Ом. Сравните полученный результат с чистой медью.

3.3 Обмотки тепловозного тягового двигателя ДК-304В к концу работы имели температуру 70 °С и сопротивление 0,024 Ом. Вычислить сопротивление обмоток при охлаждении их до комнатной температуры (20 °С). Обмотки изготовлены из медного провода с температурным коэффициентом сопротивления $4,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

3.4 Электродвигатель для перевода железнодорожной стрелки находится на расстоянии 970 м от поста ЭЦ. Из скольких медных жил сечением 1 мм² каждая состоит подводящий кабель, если при напряжении 33 В на его концах сила тока в нем составляет 6 А? Удельное сопротивление меди принять равным 0,017 мкОм·м.

3.5 Определите напряжение на шинах тяговой подстанции, электровоз потребляет ток 1кА, а напряжение на клеммах токоприёмника электровоза

равно 3125 В. Электровоз находится на расстоянии 2 км от подстанции. Принять сопротивление 1км провода контактной сети равным 0,04 Ом, а 1 км рельсовой сети – 0,025 Ом.

3.6 В момент начала движения электропоезд последовательно с его двигательной секцией (состоящей из трех параллельных групп попарно соединённых двигателей) вводится реостат. Напряжение контактной сети 3,04 кВ. Для нормальной работы каждого двигателя необходимо, чтобы напряжение на нём не превышало 1 кВ. Определить величину сопротивления реостата. Сопротивление обмоток двигателя принять равным 2,6 Ом.

3.7 Электровоз движется со скоростью 54 км/ч и развивает среднюю силу тяги 68,6 кН. Оцените силу потребляемого тока: а) если напряжение в контактной сети постоянного тока 3кВ, а КПД электровоза составляет 90%; б) напряжение в сети переменного тока 25 кВ, КПД электровоза 85%.

3.8 Для нагревания 4,5 л воды от 23 °С до кипения нагреватель потребляет 0,5кВ·ч электрической энергии. Чему равен КПД нагревателя?

3.9 Котел системы электрообогрева в железнодорожном пассажирском вагоне имеет мощность 0,5кВт и питается от сети с напряжением 450 В. Определить сопротивление электронагревателя, а также силу тока, проходящую через него.

3.10 В чём заключается недостаток электроотопления вагонов и как его можно исправить? На каких железнодорожных ветках ВСЖД проявляется этот недостаток?

3.11 В вагонном баке вода, имевшая температуру 20 °С, нагревается при помощи электрокипятильника мощностью 2,5 кВт; на нагревание тратится 80% этой мощности. Определить, за какое время 5 л воды нагреются до кипения. Удельную теплоёмкость воды принять равной 4,19 кДж/ (кг·К).

3.12 Аккумулятор с ЭДС 2,1 В и внутренним сопротивлением 0,4 Ом замкнут железным проводником, имеющим поперечное сечение 1,3мм² . Определить длину проводника, если сила тока в цепи 1.5А. Удельное сопротивление железа принять равным 0,13 мкОм·м.

3.13 Предельная сила тока при зарядке кислотного аккумулятора с ЭДС 2 В и внутренним сопротивлением 0,01 Ом составляет 20 А. Во сколько раз сила тока при коротком замыкании аккумулятора больше предельной?

3.14 Для чего на электрифицированных дорогах на стыках рельсов устраивают соединители в виде жгутов проволоки, приваренных к концам обоих рельсов? Почему они изготавливаются именно в виде жгутов? Из какого материала чаще изготавливают эти жгуты?

3.15 Рельсовый соединитель из меди имеет сечение 50 мм². Для замены дорогой меди и противодействия вандалам предложили стальные жгуты. Какое сечение у них должно быть?

4 МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

4.1 При исследовании рельсов на них надевают катушку изолированной проволоки, замкнутую на гальванометр, и перемещают ее вдоль рельса. При всякой неоднородности внутри рельса (трещины, раковины и т.п.) гальванометр регистрирует ток. Объясните принцип работы такого устройства.

4.2 Оцените количество электроэнергии, которое будет возвращено в сеть при электродинамическом торможении состава массой 4000 т на спуске по уклону 10 %. КПД выпрямительно-инверторного преобразователя электровоза принять равным 90%.

4.3 Как можно использовать электродинамическое торможение на тепловозе?

4.4 Витки обмоток электрических генераторов и трансформаторов деформируются и могут даже разорваться при прохождении по ним очень большого тока. Объясните, почему это происходит?

4.5 Определите силу, которая будет действовать на кабель, содержащий 150 жил, если этот кабель поместить в магнитное поле 0,5 Тл перпендикулярно направлению линий индукции. По каждой из жил кабеля течёт ток 40 мА, длина кабеля 50 см.

4.6 Контактный провод, площадь поперечного сечения которого 85мм^2 , подвешен в горизонтальной плоскости перпендикулярно магнитному меридиану. По проводнику с запада на восток течёт ток силой 255А. Какую долю от веса провода составляет сила, действующая на него со стороны земного магнитного поля? Индукцию магнитного поля Земли принять равной 50 мТл.

4.7 Свойства ферромагнетика оставаться ферромагнетиком до точки Кюри и терять магнитные свойства при более высоких температурах используется для создания автоматических регуляторов температуры. Предложите принципиальную конструкцию подобного регулятора.

4.8 Приведите примеры использования магнитной дефектоскопии на железнодорожном транспорте.

4.9 При движении электровоза под уклон (или при торможении) его двигатели не только не потребляют электроэнергию, но наоборот могут направлять ее в электросеть. Объясните, откуда берется эта энергия.

4.10 При торможении поезда метро его электродвигатели отключают от контактного рельса и замыкают через специальные реостаты. Объясните, зачем это делают.

5 ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

5.1 Почему у машиниста локомотива и его помощника боковые зеркала удлиненной формы, а у водителя автомобиля как правило близкие к круглым?

5.2 Почему сигнальные флажки у проводников вагонов желтого цвета, а не белого или зеленого?

5.3 Чем объясняется выбор красного, желтого и зеленого цветов сигналов светофора?

5.4 Студенты ИрГУПСa при прохождении летней геодезической практики стараются провести измерения с помощью оптических приборов (нивелира, теодолита и др.) ранним утром. Только ли стремлением избежать дневной жары это объясняется?

6 ОСНОВЫ КИНЕМАТИКИ

6.1 Какие точки в движущемся вагоне неподвижны; перемещающиеся в сторону, противоположную движению вагона? Рассмотрите относительно вагона и относительно рельсов?

6.2 Пассажир поезда смотрит на вагоны встречного поезда. В момент, когда последний вагон встречного поезда проходит мимо его окна, пассажир ощутил, что его движение резко замедлилось. Почему?

6.3 Что больше: маршрутная, конструкционная или эксплуатационная скорость транспортного средства?

6.4 Поезда движутся со скоростями 36 км/ч и 12 м/с. Какой поезд движется быстрее?

6.5 Локомотив и электропоезд движутся со скоростями 72 км/ч и 10 м/с. Есть ли опасность столкновения поездов на стрелке (при неработающей СЦБ, естественно), если в начальный момент оба поезда находятся от стрелки на одинаковом расстоянии в 500 м?

6.6 Используя расписание поезда № 361 определите среднюю скорость поезда на участке Танхой-Слюдянка; на участке Слюдянка-Иркутск.

6.7 Когда вы находитесь в вагоне равномерно движущегося поезда, как, хотя бы приблизительно, можно подсчитать величину скорости. Предложите не менее двух способов.

6.8 Пассажир за 1 мин насчитал 30 ударов о стыки рельсов. Определите скорость поезда. По какому пути следует поезд: звеньевому или бесстыковому?

6.9 Участок пути представляет собой дугу окружности радиусом 500 м. На сколько отличается длина внешней рельсовой плети от внутренней, если колея поворачивает на угол 90° ? Ширину колеи принять равной 1,5 м. Почему колесная пара вагона не проскальзывает при таком повороте?

6.10 Не проедет ли поезд мимо станции, если при скорости 108 км/ч он начал тормозить на расстоянии 600 м от перрона? Считать, что в поезде применяются пневматические тормоза.

6.11 Какой тормозной путь будет у электропоезда с пневматическими тормозами, если он движется со скоростью 90 км/ч?

6.12 Определить ускорение при торможении поезда, если при скорости 180 км/ч его тормозной путь составил 1,5 км. Является ли это ускорение допустимым?

6.13 Чему равно ускорение поезда при движении с постоянной скоростью 200 км/ч по кривой радиусом 2,5 км?

6.14 На дороге Петербург - Москва наименьший радиус закругления составлял 1,6 км. Какую скорость можно было развить на такой магистрали с учетом допустимых ускорений?

6.15 Подсчитайте максимальную и минимальную допустимые скорости прохождения поездом закругления пути радиусом 3 км. Расчетная его скорость, под которую делается наклон рельсовой колеи, равна 200 км/ч. Ширина колеи 1520 мм, высота центра тяжести вагонов над рельсами $h = 2$ м.

7 ОСНОВЫ ДИНАМИКИ

7.1 Почему тяжелогруженный грузовой вагон, прицепленный к пассажирскому поезду делает ход поезда более плавным?

7.2 С одинаковой ли силой сжимаются буферы при столкновении двух вагонов, если жесткость пружин буферов одинакова? Что изменится, если один из вагонов при этом неподвижен? Если один вагон груженный, а другой порожний?

7.3 Какую силу надо приложить к вагону, стоящему на рельсах, чтобы вагон стал двигаться равноускоренно и за 30 секунд прошел 11 м? Масса вагона 22 т. Во время движения на вагон действует сила трения, равная 0,05 веса вагона.

7.4 Сколько груженных вагонов по 80 т общей массы может тащить по подъему в 10 м на 1 км пути локомотив ЭП1, если его масса 200 т, коэффициент трения скольжения 0,15, а сила сопротивления движению составляет 0,003 от веса состава.

7.5 Почему при буксовании колес локомотива сила тяги значительно уменьшается?

7.6 По какому максимально возможному уклону может подниматься локомотив без вагонов, если коэффициент трения скольжения равен 0,15? Сопротивление движению не учитывать.

7.7 Какова должна быть сила тяги, чтобы локомотив массой 200 т мог сдвинуть с места без пробуксовки состав массой 5000 т? Коэффициент трения покоя 0,35, коэффициент трения качения колес вагонов – 0,0015. Радиус колес – 0,52 м.

7.8 Электропоезд массой 300 т за 3 минуты развил скорость 200 км/ч. Какова была средняя мощность двигателей во время движения?

7.9 В настоящее время грузовые вагоны оборудованы роликовыми подшипниками, хотя они обладают большим трением, нежели шариковые подшипники. Почему?

7.10 Порожние вагоны, спускаясь с сортировочной горки, испытывают замедление из-за сопротивления воздуха, равное 0,06 Н/кг, а груженные – 0,02 Н/кг. Объясните это.

7.11 Вагон, движущийся со скоростью V , ударяется в цепочку стоящих не сцепленных вагонов одинаковой с ним массы. Что произойдет при таком соударении?

7.12 Какое количество теплоты выделяется в системе тормозов при торможении поезда от 72 км/ч до 36 км/ч; от 36 км/ч до полной остановки.

7.13 Можно ли в вагоне движущегося поезда с помощью отвеса обнаружить наклон железнодорожного пути в кривой?

7.14 Поезд движется по закруглению $R=500$ м. Ширина колеи 1520 мм. Наружный рельс расположен на 12 см выше внутреннего. При какой скорости движения поезда на закруглении реборды колес не оказывают давления на рельсы?

7.15 Радиус кривой железнодорожного пути равен 1500 м; расчетная скорость движения 72 км/ч. Найдите возвышение наружного рельса. Оцените предельную скорость на данном участке, если допустимая величина непогашенного ускорения составляет $0,70 \text{ м/с}^2$

8 МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

8.1 Система буферных пружин железнодорожного вагона (масса 56 т) сжимается на 11 мм под действием силы 30 кН. Чему равен период возможных горизонтально-поступательных колебаний вагона?

8.2 Вагон скоростного поезда имеет собственную массу 65 т и рассчитан на 66 пассажиров. Найдите частоту колебаний вагона на рессорах жесткостью $0,94 \cdot 10^6$ Н/м каждая, если общее число рессор 16, а масса одного пассажира с багажом в среднем равна 100 кг. А какова частота колебаний пустого вагона.

8.3 Закрепленные последовательно друг с другом винтовая пружина (жесткость $1 \cdot 10^6$ Н/м) и листовая рессора (жесткость $1,76 \cdot 10^6$ Н/м) опираются на резиновый амортизатор (жесткость $1 \cdot 10^7$ Н/м). Определите жесткость такой системы.

8.4 Каким образом можно уменьшить нежелательное возрастание амплитуды колебаний при резонансе?

8.5 Проверяя рельсовый путь ударами по одному концу рельсовой плети, на другом ее конце зафиксировали, что звук по рельсу дошел на 3 с раньше, чем по воздуху. Чему равна длина плети, если скорость звука в воздухе 330 м/с, а в рельсе 5800 м/с?

8.6 Какова глубина залегания дефекта в стальном изделии, если, используя метод эхолокации зафиксировали приход отраженного от дефекта сигнала через 4 мкс после его испускания? Скорость ультразвука в стали принять равным 5800 м/с.

8.7 Для чего осмотрщики вагонов при осмотре во время стоянки поезда обстукивают колеса молотком?

9 ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

9.1 Трансформатор с КПД 98% работает при напряжении на первичной обмотке 25 кВ и 3 кВ на вторичной. Чему равна сила тока в первичной обмотке трансформатора, если во вторичной она составляет 400 А?

9.2 На каких волнах осуществляется радиосвязь диспетчера на станции с машинистом локомотива? Почему выбран именно этот диапазон волн?

9.3 Какова причина радиопомех от проходящего поезда? Какие меры для снижения радиопомех предусмотрены на железной дороге?

**IV. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ
«ФИЗИКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»**

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Ляхов Н.Н.

1. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ 8 КЛАСС

Развитие современной техники, железнодорожного транспорта в том числе, показывает, что при измерении физических величин все шире используются принципы оцифровывания аналоговых сигналов, внедряются цифровые датчики физических величин и компьютерная обработка информации с таких датчиков.

В настоящем пособии изложена концепция практикума по курсу, описания предлагаемых лабораторных установок и методика проведения лабораторных работ для 8 класса.

В пособие включены пять лабораторных работ:

1. Исследование температурной работы рельса на модели.
2. Исследование тяговых характеристик на модели тягового электродвигателя.
3. Исследование работы электромагнитного реле.
4. Исследование зависимости силы притяжения электромагнита от силы тока.
5. Исследование эффективности электродвигателя постоянного тока.

Выполнение работ лабораторного практикума целесообразно отнести в финал занятий элективного курса по каждому учебному году. Можно рассмотреть возможность совмещения лабораторного практикума «Физика на железнодорожном транспорте» с практикумом по основному курсу физики. Так как серийно модели и макеты объектов железнодорожного транспорта для школ не выпускаются, предполагается лабораторные установки практикума разработать и изготовить в условиях технопарка «Кванториум РЖД» (в городах присутствия технопарков), а часть элементов лабораторных установок изготовить с помощью предприятий железной дороги.

Результаты лабораторных работ оформляются в протоколе (приложение № 1).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Исследование температурной работы рельса

Оборудование:

стальной стержень (модель рельса) в специальном держателе;
микрометр часового типа;
цифровой датчик силы;
цифровые датчики температуры, установленные на стержне;
универсальный измерительный прибор или ноутбук с
предустановленным ПО;
нагреватель в виде спирали, намотанной на стержень;
соединительные провода, детали крепежа и держатели.

Содержание и метод выполнения работы

Наиболее ярким и заметным проявлением теплового воздействия на объекты железнодорожного транспорта является температурное расширение рельсов. Для его компенсации устраивают специальные температурные зазоры – это звеньевой путь; в бесстыковом пути рельсы в виде рельсовых плетей длиной 800 метров жестко закреплены на железобетонных шпалах и в зависимости от температуры находятся в растянутом или сжатом состоянии. В ходе данной лабораторной работы измеряются линейное расширение модели рельса в свободном состоянии и механическое напряжение при жестком закреплении рельса.

Описание лабораторной установки

Установка представляет собой длинный стальной стержень, расположенный на горизонтальной площадке на свободных держателях. С одной стороны стержень жестко закреплен, с другой находится в контакте с микрометром часового типа или с датчиком силы. Нагревательный элемент представляет собой нихромовую проволоку, намотанную на стержень и подключенную к блоку питания. Проволока электрически изолирована от стержня. По всей длине стержня равномерно распределены несколько цифровых температурных датчиков, информация с которых выводится на ноутбук или универсальный измерительный прибор.

Исследование температурной работы рельса производится двумя способами.

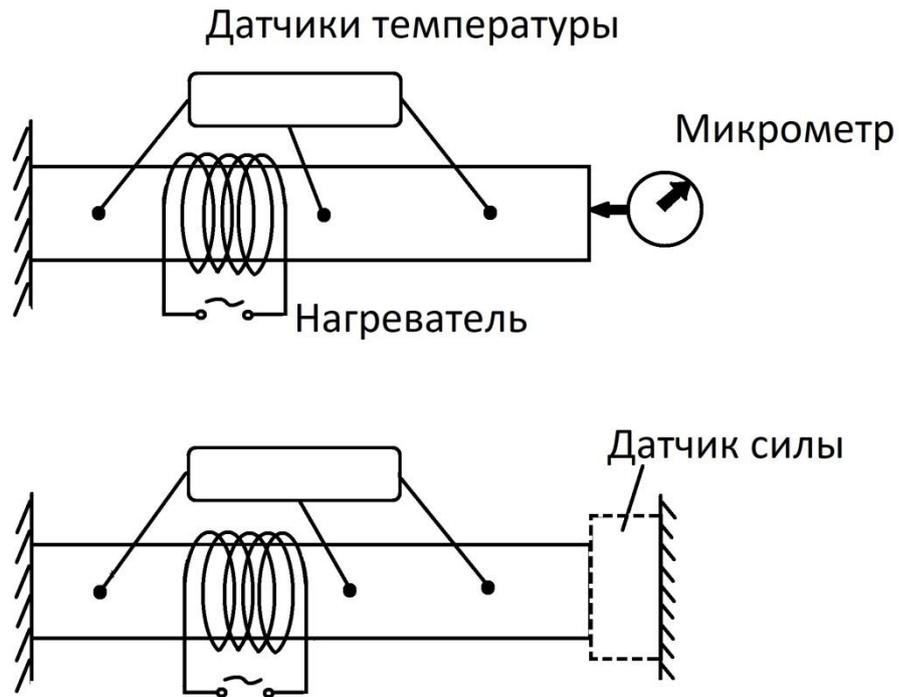


Рис.1 Схема установки

Способ 1. На свободном торце стержня закрепляется микрометр часового типа таким образом, чтобы показания микрометра несколько отличались от нулевого значения. Записываются начальные значения микрометра и термодатчиков. Затем проводится кратковременный нагрев стержня. Показания микрометра записываются после выравнивания температуры по длине стержня (по показаниям термодатчиков). Температура стержня определяется как среднее из показаний датчиков. Нагрев и последующие измерения проводятся не менее трех раз. На основе проведенных измерений рассчитывается коэффициент линейного расширения стали и сравнивается с табличным значением.

Способ 2. Свободный конец стержня жестко закрепляется в продольном направлении. Между деталями крепежа и торцом стержня устанавливается цифровой датчик силы. Процедура измерений аналогична способу 1, только вместо показаний микрометра записываются показания датчика силы. Исследуется зависимость возникающей силы упругости от разности температуры.

Результаты измерений и вычислений заносятся в заранее подготовленный протокол.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Исследование тяговых характеристик на модели тягового электродвигателя

Оборудование:

модель тягового привода и колесной пары;
электродвигатель постоянного тока;
цифровой осциллографический датчик напряжения;
цифровой датчик силы;
универсальный измерительный прибор или ноутбук с предустановленным ПО;
соединительные провода, детали крепежа и держатели.

Содержание и метод выполнения работы

В современных электровозах в качестве тягового привода в основном используются электродвигатели постоянного тока. Удобство их применения состоит в том, тяговое усилие, передаваемое от электродвигателя к колесной паре, зависит от силы тока. Поэтому, управляя силой тока или напряжения реостатом, можно изменять силу тяги и осуществлять плавный разгон поезда.

Описание лабораторной установки

В упрощенной модели тележки электровоза электродвигатель закреплен на тележке. На оси двигателя жестко закреплена ведущая шестерня, от которой усилие передается на ведомую шестерню, жестко закрепленную на колесной паре. В предлагаемом варианте работы колесная пара может свободно вращаться под действием электродвигателя. Одно из колес колесной пары выполнено в виде блока с намотанной на него нитью. Тяговое усилие задается грузом переменной массы, подвешенным к свободному концу нити.

Исследование зависимости тягового усилия от силы тока может проводиться несколькими способами. Рассмотрим один из них.

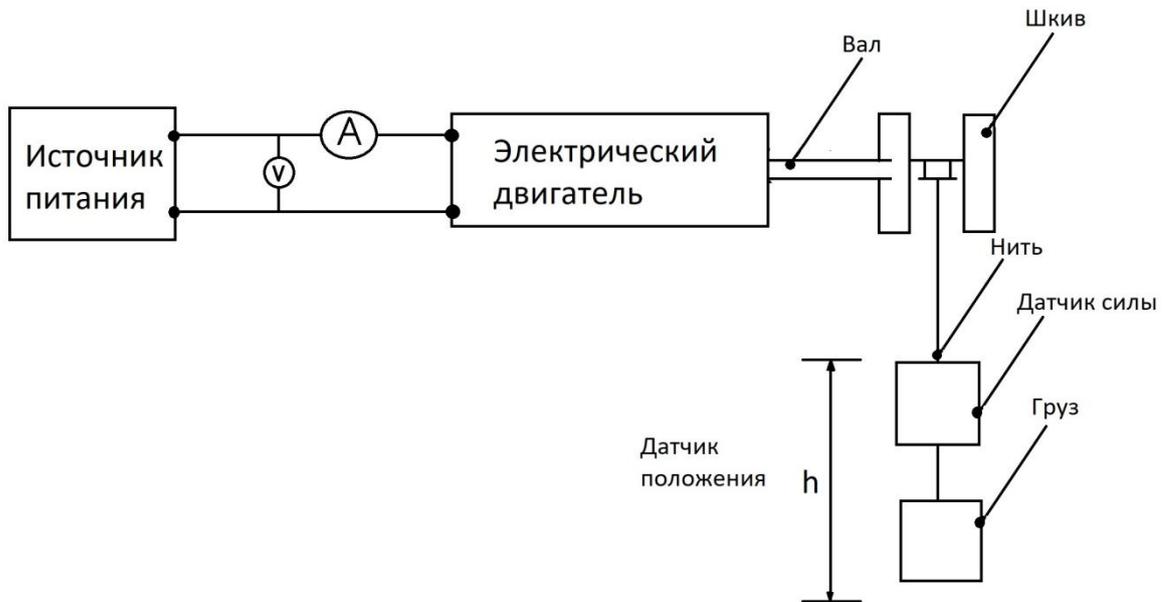


Рис.2 Схема установки

Способ 1. Тяговое усилие задается силой тяжести, приложенной к ободу колеса. Плавно изменяя с помощью реостата или делителя напряжения силу тока в электродвигателе, добиваемся начала движения груза и измеряем в этот момент силу тока. Сила тока измеряется цифровым прибором. Изменение тягового усилия производится изменением массы подвешенного груза. На основе проведенных измерений строим график зависимости тягового усилия от силы тока.

Результаты измерений и вычислений заносятся в заранее заготовленный протокол. График, построенный на миллиметровой бумаге, прилагается к протоколу.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Исследование работы электромагнитного реле

Оборудование:

электромагнитное реле;

действующая модель участка автоблокировки;

цифровой вольтметр;

регулируемый источник напряжения;

соединительные провода, детали крепежа и держатели.

Содержание и метод выполнения работы

В системах управления электрическими цепями, позволяющих управлять достаточно мощными приборами (включать или выключать их), на железнодорожном транспорте широко используются электромагнитные реле. В данной работе изучается работа реле с контактной группой, работающей на переключение.

Описание лабораторной установки

В действующей модели участка автоблокировки используется рельсовый путь от конструктора «детской железной дороги» и специально изготовленный светофор. Для имитации движения поезда через изолирующий стык рельсовой цепи используется колесная пара. В ходе работы наблюдается момент переключения светофора в сравнении с положением колесной пары в рельсовой колее. Вторая часть работы заключается в измерении напряжения, при котором срабатывает реле.

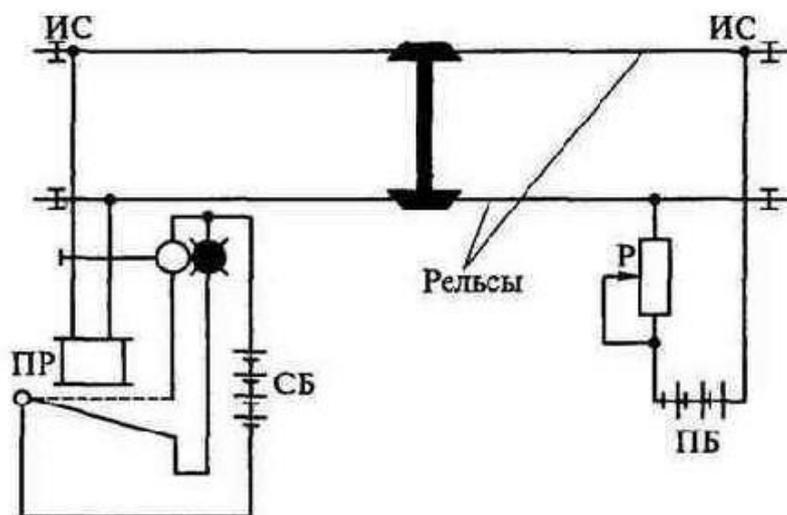


Рис.3 Схема двузначной автоматической блокировки
(ИС-изолирующий стык; ПР-путевое реле; ПБ-путевая батарея;
Р-регулирующее сопротивление; СБ-сигнальная батарея)

Измерения

Напряжение подается с регулируемого источника напряжения. Напряжение измеряется цифровым вольтметром. Измерения повторяются не менее пяти раз. Вычисляется среднее значение и сравнивается с паспортным значением реле.

Результаты измерений и вычислений заносятся в заранее подготовленный протокол.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Исследование зависимости силы притяжения электромагнита от силы тока

Оборудование:

электромагнит;
цифровой датчик силы;
цифровой амперметр;
регулируемый источник напряжения;
соединительные провода, детали крепежа и держатели.

Содержание и метод выполнения работы

В современных условиях на железной дороге широко используются электромагниты как силовые элементы в электромагнитных подъемных кранах, электробалластах и других устройствах. Управление работой электромагнита осуществляется путем подачи напряжения на обмотку электромагнита.

Описание лабораторной установки

В действующей модели электромагнита определяется сила взаимодействия сердечника и стальной пластины, закрепленной на штативе на определенном расстоянии от сердечника. Это расстояние устанавливается с помощью заготовленных шаблонов разной толщины. Подача тока на обмотку электромагнита осуществляется от регулируемого источника напряжения, сила тока измеряется цифровым прибором, сила притяжения пластины к сердечнику – цифровым датчиком силы.

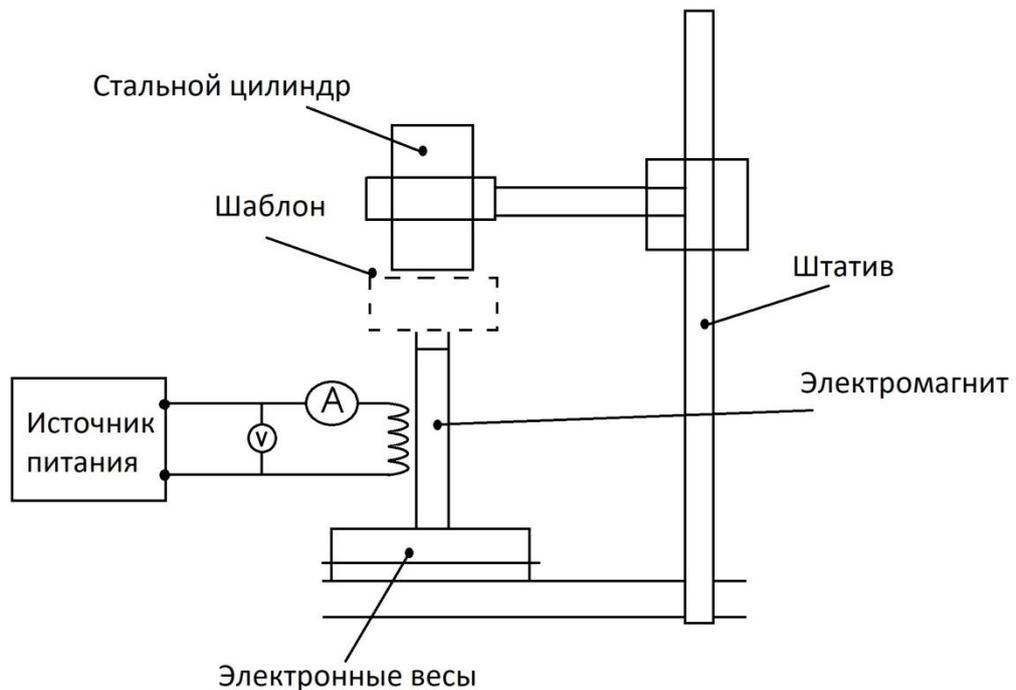


Рис.4 Схема установки

Измерения

В ходе работы проводится измерение силы взаимодействия при нескольких значениях силы тока (не менее 5). Измерения повторяются при разных расстояниях между пластиной и сердечником.

Результаты измерений заносятся в заранее заготовленный протокол. На основе результатов измерений строится график зависимости силы взаимодействия от силы тока. График, выполненный на миллиметровой бумаге, прилагается к протоколу. Допускается выполнение графика на компьютере, например, в Excel.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Исследование эффективности электродвигателя постоянного тока

Оборудование:

электродвигатель постоянного тока;
цифровой осциллографический датчик напряжения;
цифровой датчик силы;
цифровой датчик положения;
регулируемый источник напряжения;
электронный секундомер;
универсальный измерительный прибор или ноутбук с предустановленным ПО.

Содержание и метод выполнения работы

Электродвигатели постоянного тока используются во многих устройствах на железной дороге: тяговые двигатели электровозов, приводы стрелочных переводов, разного рода подъемные механизмы и пр. Эффективность применения такого электродвигателя определяется его коэффициентом полезного действия (КПД). В ходе данной работы измеряются полезная и затраченная работа и мощность.

Описание лабораторной установки

На оси электродвигателя жестко закреплен блок с намотанной на него нитью. Напряжение на двигатель с последовательно соединенным измерительным резистором подается от регулируемого источника напряжения. Осциллографический двухканальный датчик напряжения одним каналом подключается параллельно электродвигателю (для измерения напряжения), другим – параллельно резистору (для определения силы тока). К свободному концу нити подвешен груз изменяемой массы. При вращении вала электродвигателя нить наматывается на блок и поднимает груз. Датчик положения включает электронный секундомер в момент начала движения груза и выключает его при достижении некоторой заданной высоты.

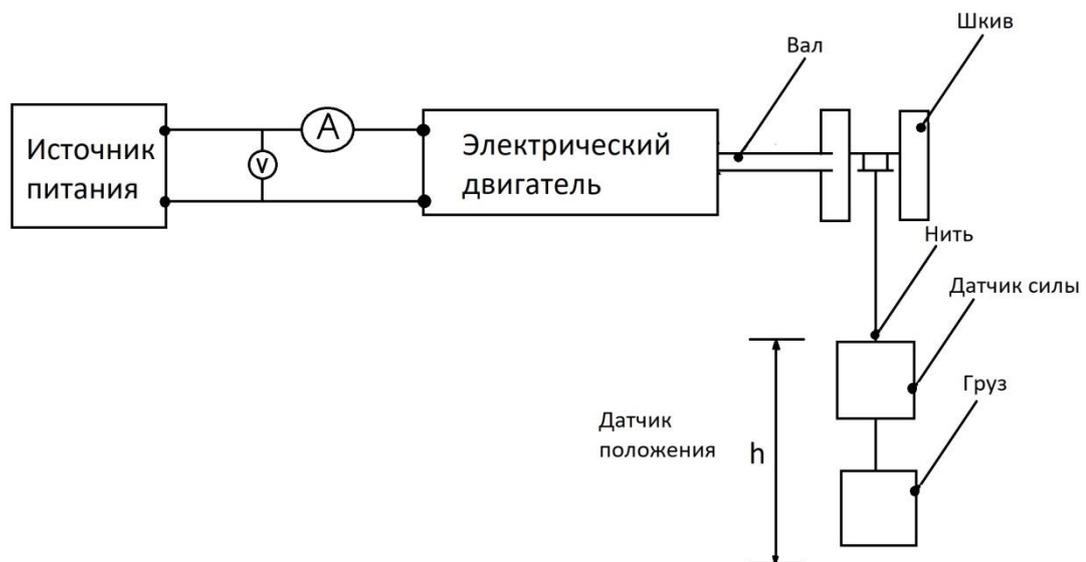


Рис. 5 Схема установки

Измерения

Плавное изменение силы тока в электродвигателе и напряжения, к нему приложенное, добиваемся начала движения груза. Измеряем силу тока и напряжение в процессе движения груза, время движения и высоту поднятия груза. Затраченную работу и мощность определяем как произведение силы тока, напряжения и времени. Полезную работу можно определить как произведение силы, приложенной к грузу, на высоту поднятия груза. Силу измеряем цифровым датчиком силы, высоту – по расстоянию между датчиками положения.

КПД определяется как отношение полезной и затраченной работ.

Измерения повторяются не менее 3-х раз.

Результаты измерений и вычислений заносятся в заранее заготовленный протокол.

ОБРАЗЕЦ ПРОТОКОЛА
по лабораторной работе № _____
ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ КАТУШКИ

Приборы и принадлежности

- источник переменного тока - блок питания
- катушка индуктивности
- мультиметр
- амперметр или мультиметр

Принципиальная схема и расчетные формулы:

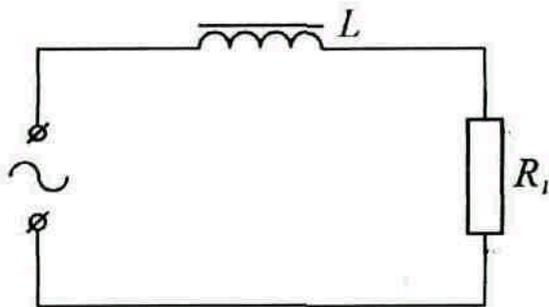


Рис. 1

Индуктивность катушки

$$L = \frac{X_L}{2\pi\nu}$$

Полное сопротивление катушки

$$Z = U/I$$

Индуктивное сопротивление катушки

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

Таблица результатов измерений и вычислений

№ опыта	Напряжение на катушке U, B	Сила тока I, A	$Z, Ом$	$X_L, Ом$	$R, Ом$	Частота $\nu, Гц$	Индуктивность катушки, $L, Гн$
1							
2							
...							

Результаты работы и выводы:

Состав бригады:

- 1.
- 2.

Дата выполнения работы:

Подпись преподавателя