

Департамент образования и науки Приморского края
КГБ ПОУ «КМТ»



Шпак С.И.,
преподаватель физики

**Физические законы и явления
на железнодорожном транспорте**
Сборник практических работ
Профессия **23.01.09** **Машинист локомотива**

Содержание:

№ п/п	Тема практической работы	Стр.
Раздел 1 Механика		
1	Характеристики механического движения на ЖД транспорте	2
2	Неравномерное движение на ЖД транспорте	4
3	Криволинейное движение на ЖД транспорте	5
4	Динамика движения локомотива	5
5	Сортировка вагонов и комплектование составов	6
6	Закон сохранения импульса на ЖД транспорте	6
7	Колебания на ЖД транспорте	7
8	Применение ультразвука на ЖД транспорте	8
9	Шумы на ЖД транспорте	8
Раздел 2 Молекулярная физика		
10	Пневматические тормоза	9
11	Тепловые явления на ЖД транспорте	10
12	Капиллярные явления на ЖД транспорте	11
13	Деформации на ЖД транспорте	12
Раздел 3 Электродинамика		
14	Сопротивление контактного провода	13
15	Система электрообогрева вагонов	14
16	Аккумуляторы	14
17	Реле в системе автоблокировки на железной дороге	15
18	Громкоговоритель	15
19	Магнитная дефектоскопия	16
20	Радиосвязь на ЖД транспорте	17
21	Применение радиолокации	17
22	Интерферометр	18
23	Излучения на ЖД транспорте	19

Раздел 1 Механика

Практическая работа № 1 «Характеристики механического движения на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы.

1. Объясните причины дискомфорта у пассажиров при различных значениях и направлениях ускорения.
2. Какое ускорение не вызывает дискомфорта у пассажиров?
3. Какое ускорение является допустимым на железнодорожном транспорте?
4. В каких пределах устанавливается тормозной путь у локомотива?
5. Заполните таблицу «Замедления на железнодорожном транспорте»

Вид тормозов	Замедление

Ускорение на железнодорожном транспорте.

Значение ускорения на железнодорожном транспорте.

Для увеличения маршрутной скорости существенно достижение максимальной скорости движения за возможно короткое время. Быстро разогнаться желательно, но не всегда удобно. В поезде при резком начале движения или внезапном изменении скорости могут сдвигаться со своих мест незакрепленные предметы. Все это происходит из – за того, что эти тела по разным причинам не успевают набрать ту же скорость, что и транспорт. Но даже когда мы получаем такое же ускорение, как и движущее нас транспортное средство, все равно мы чувствуем себя не совсем комфортно. Медики установили, что человек чувствует себя особенно плохо, когда ускорение направлено вдоль тела человека. Это связывается с тем, что в данном случае кровь перемещается вдоль тела, приливая к голове или наоборот. Это и вызывает неприятные ощущения. Гораздо легче человеком переносится возникающее ускорение, направленное не вдоль тела, а поперек. На железнодорожном транспорте ощущения, связанные с появлением ускорения, менее заметны – скорости небольшие, да и возможности их резкого изменения невелики. Но устанавливается все же некоторое значения величины ускорения, которое считается допустимым и не вызывающим неудобств у пассажиров – $1,5 \text{ м/с}^2$. При таких ускорениях пассажир не испытывает неприятных ощущений, может без больших трудностей передвигаться по вагону, не сдвигаются со своих мест незакрепленные вещи. Поезд, как правило, плавно набирает ход. Наибольшее ускорение достигается в самом начале движения, когда необходимо быстрее разогнаться. С применением новых типов двигателей на железнодорожном транспорте ускорения все возрастают. Поезда с использованием так называемых линейных двигателей могут приобретать ускорения порядка $1,5 \text{ м/с}^2$.

Ускорения возникают также и при движении поезда под уклон. Они тоже невелики, так как уклоны железных дорог не большие. Небольшие уклоны делаются во избежание затруднений в преодолении сильно груженными составами крутых подъемов (ввиду отсутствия достаточной мощности двигателей локомотивов или из- за нарушений по какой – либо причине нормальных условий сцепления колес с рельсами). Обычно уклоны не превышают $h=10 \text{ м}$ подъема (для скоростных пассажирских трасс – 20 м) в расчете на 1 км пути. Но и в этом случае ускорение состава при спуске будет невелико.

Замедление при торможении.

Для увеличения маршрутной скорости важно не только быстро разогнаться в начале движения, но и быстро останавливаться в конце. Резко затормозить состав является большой проблемой. Используемые пневматические тормоза обеспечивают замедление только порядка $a = 0,6 - 0,7 \text{ м/с}^2$. Более эффективные специальные электротормоза, использующие рекуперативный и реостатный способы торможения,

позволяют достичь замедлений $a=0,9 \text{ м/с}^2$. Разработанные в последнее время магнито – рельсовые тормоза, тормозные колодки которых прижимаются уже не к колесу, а непосредственно в рельсу, дают замедления $a = 0,9 – 1,1 \text{ м/с}^2$. Испытания показывают перспективы доведения этой величины уже до $1,9 \text{ м/с}^2$. Использование бесконтактного движения поездов на воздушной подушке или магнитной подвеске дает возможность увеличить тормозное ускорение. В этом случае отключение двигателя приводит к оседанию вагонов на основании железнодорожного полотна своими «башмаками», закрепленными внизу корпуса вагона. За счет большого трения удается добиться торможения с величиной ускорения $1,6 \text{ м/с}^2$.

Разрабатываются и специальные системы торможения с использованием парашютов, дополнительных тормозных двигателей. В этом случае отрицательные ускорения уже могут достигать значительно больших величин, и потребуются введение мер. Обеспечивающих нормальную обстановку в поезде и нормальное самочувствие пассажиров.

При торможении состава транспортников больше интересует не величина ускорения, а зависящий от этого ускорения тормозной путь, пройденный поездом до полной остановки. Сокращение этого пути позволит повысить безопасность движения (эффективность экстренного торможения в случае аварии), а также увеличить пропускные возможности магистрали (уменьшить временной интервал между поездами) без опасения, что в случае неполадок у одного поезда движущийся за ним не успеет вовремя остановиться. Для поездов тормозной путь устанавливается в пределах $1000 – 1700 \text{ м}$, для электричек – 500 м .

Практическая работа № 2 «Неравномерное движение на ЖД транспорте»

Задание: Вычислить характеристики механического движения

Тема: Неравномерное движение					
№	Ускорение, м/с^2	Время, с	Начальная скорость, км/ч	Конечная скорость, км/ч	Путь, м
Равноускоренное движение					
1	?	10	38	67	?
2	1	?	26	53	?
3	1,5	12	?	72	?
4	1,2	13	36	?	?
5	?	11	34	63	?
6	1,3	?	28	55	?
7	1,1	14	?	80	?
8	1	10	44	?	?
Равнозамедленное движение					
9	?	10	68	34	?
10	0,7	?	59	28	?
11	0,9	12	?	31	?
12	1,1	14	64	?	?
13	?	11	67	35	?
14	0,6	?	58	27	?
15	0,8	13	62	?	?
16	0,9	15	?	32	?

Контрольные вопросы:

1. Дать определение механического и поступательного движения.

2. Дать определения траектории, пути и перемещения.
3. Дать определение материальной точки.
4. Дать определение ускорения.
5. Записать формулы для расчета скорости и пути при неравномерном движении.

Практическая работа № 3 «Криволинейное движение на ЖД транспорте»

Задание: Используя формулу для расчета нормального ускорения вычислить искомую величину.

Тема: Криволинейное движение на ЖД транспорте			
№	Нормальное ускорение.	Скорость	Радиус закругления.
1	Допустимое	160 км/ч	?
2	0,9 м/с ²	?	600 м
3	0,8 м/с ²	180 км/ч	?
4	?	200 км/ч	2000 м
5	Допустимое	?	2 км
6	0,7 м/с ²	120 км/ч	?
7	?	150 км/ч	1500 м
8	0,6 м/с ²	?	800 м
9	Допустимое	220 км/ч	?
10	0,9 м/с ²	?	1,5 км
11	?	250 км/ч	4 км
12	0,8 м/с ²	190 км/ч	?
13	0,7 м/с ²	?	1,3 км
14	Допустимое	240 км/ч	?
15	?	210 км/ч	3,5 км
16	0,5 м/с ²	?	700 м

Контрольные вопросы:

1. Записать формулу для расчета центростремительного ускорения.

Практическая работа № 4 «Динамика движения локомотива»

Задание: Начертить схему движения и, используя второй закон Ньютона, вычислить искомую величину.

Тема: Динамика движения локомотива					
	Коэффициент трения, μ	Ускорение, а	Сила тяги, $F_{\text{тяги}}$	Масса, т	Направление движения
1	?	0,5 м/с ²	310 кН	489 т	→
2	0,02	?	285 кН	475 т	←
3	0,01	0,6 м/с ²	?	120 т	→
4	0,03	0,7 м/с ²	290 кН	?	←
5	?	0,6 м/с ²	205 кН	140 т	←
6	0,03	?	170 кН	120 т	→
7	0,01	0,6 м/с ²	?	130 т	←
8	0,02	0,9 м/с ²	250 кН	?	→
9	?	0,8 м/с ²	310 кН	445 т	→
10	0,01	?	265 кН	425 т	←
11	0,02	0,4 м/с ²	?	134 т	→
12	0,04	0,9 м/с ²	270 кН	?	←
13	?	0,3 м/с ²	200 кН	155 т	←

14	0,01	?	120 кН	135 т	→
15	0,03	0,7 м/с ²	?	115 т	←
16	0,04	0,8 м/с ²	150 кН	?	→

Контрольные вопросы:

1. Дать определение инерции, массы и силы.
2. Сформулировать законы Ньютона.

Практическая работа № 5 «Сортировка вагонов и комплектование составов»

Задание: Письменно ответить на вопросы.

1. Что представляет собой сортировочная горка и каково ее назначение?
2. Какова высота сортировочной горки?
3. Какова допустимая скорость подачи вагона на сортировочную горку?
4. Через какой интервал времени вагоны следуют с сортировочной горки?

Сортировка вагонов и комплектование составов.

Сортировка вагонов и комплектование составов происходит на так называемых «сортировочных горках». Хотя «горка» имеет сложный профиль, схематично ее можно представить возвышением с углом наклона α . Локомотив подает состав, толкая впереди себя вагоны на возвышение с определенной скоростью. Скорости эти невелики, порядка $v_0=1,5$ м/с. Высота h возвышения тоже небольшая: всего 3 – 4 м. Если длина вагона $l=14$ м, то получается, что при подаче вагонов на вершину («горб») горки со скоростью $v_0=1,5$ м/с они будут следовать друг за другом с интервалом времени $\Delta t=l/v_0=14/1,5=9$ с. Проходя «горб» такой горки, вагоны (предварительно отцепленные) начинают скатываться вниз вдоль наклонной плоскости горки с ускорением (если не рассматривать сил сопротивления движению) $a=g\sin \alpha$, где α – угол наклона горки. В конце горки длиной S они будут иметь скорость (учитывая, что $S=(v-v_0)/\alpha$ и $h=S\sin \alpha$), $v=\sqrt{v_0^2+2\alpha S}=\sqrt{v_0^2+2gS\sin\alpha}=\sqrt{v_0^2+2gh}$

При высоте горки $h=3$ м расчет дает скорость для каждого вагона около 8 м/с.

Разогнанные таким образом вагоны направляются диспетчером по разным путям у основания горки в зависимости от их назначения.

Практическая работа № 6 «Закон сохранения импульса на ЖД транспорте»

Задание: Найти скорость отката вагонов после автосцепки.

Тема: Закон сохранения импульса на ЖД транспорте.					
№	Масса 1, т	Масса 2, т	Скорость 1, м/с	Скорость 2, м/с	Скорость после автосцепки, м/с
1	24	50	3 м/с →	← 1 м/с	?
2	26	60	3 м/с →	1 м/с →	?
3	28	50	2 м/с →	1 м/с →	?
4	30	60	2 м/с →	← 1 м/с	?
5	40	80	4 м/с →	1 м/с →	?
6	80	120	4 м/с →	← 1 м/с	?
7	24	24	4 м/с →	2 м/с →	?
8	26	50	4 м/с →	← 2 м/с	?
9	28	60	5 м/с →	1 м/с →	?
10	30	80	5 м/с →	← 1 м/с	?
11	40	120	5 м/с →	2 м/с →	?
12	50	30	5 м/с →	← 2 м/с	?
13	60	40	6 м/с →	2 м/с →	?
14	80	80	6 м/с →	← 2 м/с	?

15	120	24	6 м/с →	3 м/с →	?
16	24	26	6 м/с →	←3м/с	?

Контрольные вопросы:

1. Дать определение импульса.
2. Сформулировать закон сохранения импульса.

Практическая работа № 7 «Колебания на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы.

1. Объясните негативное влияние колебаний на подвижной состав.
2. Каким образом нейтрализуют колебания на железнодорожном транспорте.
3. Какое действие на пассажиров оказывают вибрации различной частоты.

Колебания на железнодорожном транспорте

Для всех механизмов, конструкций, материалов периодически повторяющиеся воздействия приносят вред. Всякое оборудование в этом случае быстрее изнашивается и разрушается. Многократно повторяющаяся нагрузка приводит к «усталости» конструкции. Бесконечное число таких воздействий не выдерживает ни одна система. И для каждой рассчитывается максимально допустимое их число.

На транспорте, где колебания возникают естественным образом, их последствия могут сказаться на надежности и безопасности движения. Причем это особенно важно учитывать при движении со все более возрастающими скоростями, когда амплитуда колебаний увеличивается.

Колебания (вибрация) приводят к увеличению нагрузки на колесные пары, к ухудшению сцепления колес с рельсами, перекосу вагонов и даже выдавливанию из них состава. Колебания массивного локомотива, особенно при больших скоростях, расталкивают рельсы, («расшивают») путь, что может привести к катастрофе.

А устраивают ли пассажиров колебания, возникающие при движении вагона? Ведь вместе с колебаниями появляются и ускорения, а мы с вами знаем, что человек плохо себя чувствует при резких изменениях скорости, больших ускорениях.

Если происходит какое-либо резкое внешнее воздействия, хотелось бы его как-то смягчить, заменив возникающие большие ускорения плавным изменением скорости. Железнодорожные вагоны установлены на тележках с рессорами, а пассажирские вагоны снабжены также и буферными рессорами спереди и сзади вагона. Рессоры сжимаясь и разжимаясь, смягчают резкие воздействия, оказываемые на колесные пары и сам вагон при неровностях железнодорожного пути, на стыках рельсов, при внезапных резких изменениях скорости движения состава. Но при этом неизбежно возникают колебания вагона на рессорах, причем колебания достаточно сложные. От их вида, частоты и амплитуды зависит, удобно или нет пассажиру ехать в таком вагоне. Замечено, что человек особенно плохо переносит вибрации с частотами 5-8 Гц, 15-30 Гц (эти частоты соответствуют собственным частотам колебаний органов тела человека). Но и другие частоты вызывают неприятные ощущения: около 50 Гц – в ногах, при 1500 Гц – ощущение озноба, иногда говорят: «Словно мурашки по телу». Вибрации же с частотой 2 Гц приводят нас в сонливое состояние, а с частотой 40 Гц в возбужденное.

На железнодорожном транспорте возникают колебания не только вагонов и локомотивов. Наблюдаются сложные колебания подвесных линий контактной сети, вызванные ветром, воздействием токосъемника (пантографа) электровозов, колебания самого пантографа, колебания мачт, семафоров, железнодорожных мостов, путепроводов, пешеходных мостов, колебания поршней, валов двигателей.

Практическая работа № 8 «Применение ультразвука на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы:

1. Как проводится ультразвуковая дефектоскопия?
2. Для обнаружения каких дефектов используют ультразвуковую дефектоскопию на ЖД транспорте?

Ультразвук на ЖД транспорте.

Существует несколько возможностей определения дефектов в материале: например, методом звуковой тени и эхо-методом.

В первом случае источник и приемник ультразвука движутся с двух сторон проверяемого предмета, и если на пути ультразвука встречается дефект, то ультразвук отражается и приемник не получает сигнала от источника: таким образом регистрируется местоположение дефекта и его размеры. А вот эхо-методом удастся даже определить глубину залегания дефекта в материале. В этом случае фиксируется волна, отраженная от дефекта. Источник и приемник ультразвука здесь совмещены в одном устройстве, но для того, чтобы не было наложения испускаемой и отраженной от дефекта, дошедшей обратно к приемнику, волн, «прозвучивание» осуществляется зондирующими импульсами. Импульс ультразвука, вернувшийся через время t_0 , после отражения от дефекта, определяет глубину l расположения дефекта в материале $2l = v_{зв}t_0$, где $v_{зв}$ – скорость распространения ультразвука в данном веществе.

Такими методами железнодорожники выявляют трещины в колесах, валах, шестернях силовых передач и т.д. Частота ультразвука, испускаемая искателями дефектов – дефектоскопами, составляет 2,5 МГц

Ультразвуковыми установками можно также рассеивать туман на расстоянии в несколько сот метров впереди движущегося объекта. Такие «ультразвуковые сирены» уже устанавливаются, например на кораблях.

Практическая работа № 9 «Шумы на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы:

1. Что представляет собой шум?
2. Что является источниками шума на ЖД транспорте?
3. Какие методы защиты от шума используются на ЖД транспорте?

Шумы на железнодорожном транспорте

Шум – распространение звуковых волн не какой-то определенной частоты, а наоборот, одновременно всевозможных частот. Отсутствие же определенной последовательности и сочетание звуков означает потерю информации.

Шум характеризуется интенсивностью и областью частот. В зависимости от этих параметров он по разному может воздействовать на человека. «Нагромождение» звуков большой интенсивности человек с трудом переносит долгое время. Особенно это относится к шумам из области больших (высоких) частот: свист, визг тормозов, скрип не очень нам приятны.

На транспорте шум в основном возникает от взаимодействия колес с рельсом при трении, ударах на стыках. При увеличении скорости шум растет пропорционально логарифму скорости, а максимум интенсивности шума смещается в область все больших частот (от 200 Гц – на скорости 45 км/ч к 500-600 Гц – на скоростях порядка 150 км/ч). Известно, что при больших скоростях шум внутри вагона может превысить порог утомляемости для человека. У пассажиров будут наблюдаться расстройства вестибулярного аппарата, ухудшаться слух и т.д. Поэтому, в пассажирских вагонах для поглощения шума используют звукопоглощающие материалы, специальные мембраны, резонансные поглотители.

Но шум от движущегося состава не только докучает пассажирам в вагоне, он может стать нестерпимым и вне поезда, особенно, если поезда несутся с огромными.

Тогда, как и предрекали раньше скептики, вблизи железной дороги становится невозможно жить. И не только из-за плохо переносимого человеком шума (а при больших скоростях добавляется еще и резкий звук от нарастающего воздушного сопротивления движению), но и из-за действия звуковых волн на рядом расположенные строения. Доходя до близрасположенных зданий, эти колебания могут вызвать их вибрацию, а порой даже и разрушение (особенно, если имеет место резонанс). Защищаются от шума лесозаграждениями, шумопоглощающими заборами. Для уменьшения вибрации почвы рельсы укладываются на резиновых амортизаторах, бандажи колес предлагают делать из высокоэластичных материалов (резины, полиуретана).

Раздел 2 Молекулярная физика

Практическая работа № 10 «Пневматические тормоза»

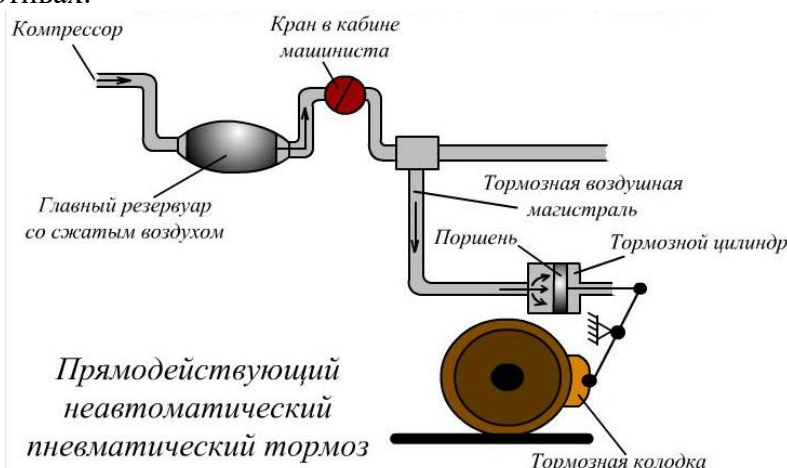
Задание: Заполнить таблицу «Пневматические тормоза» и подготовить устный ответ.

Вид тормоза	Устройство	Принцип действия

Пневматические тормоза

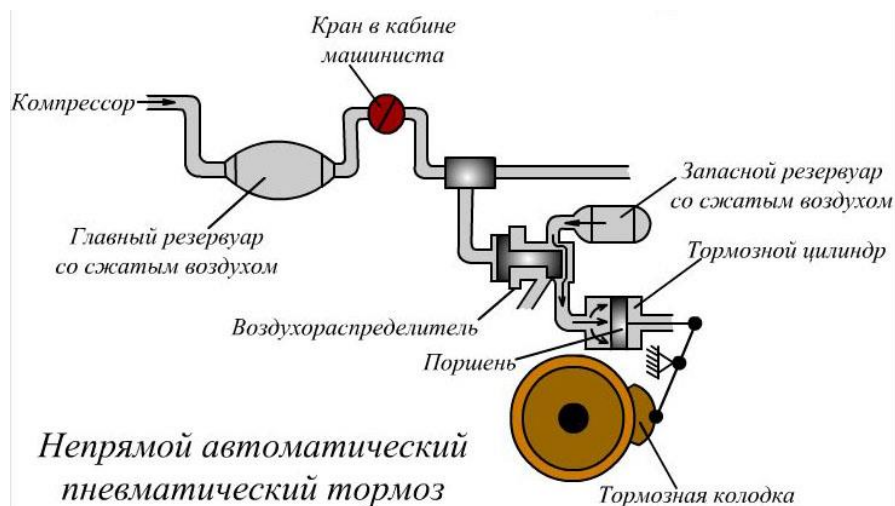
Использование газов, находящихся при повышенном давлении, - давняя практика железных дорог. Одно из первых применений сжатый воздух нашел, например, в системах пневматического торможения поездов. Различают два основных типа таких тормозов.

Первый называется прямодействующим, неавтоматическим и устанавливается на локомотивах.



Чтобы затормозить поезд, машинист поворачивает кран на пульте управления локомотива, и тотчас же сжатый воздух из специального (главного) резервуара, куда он был закачан под большим давлением при помощи компрессора, подается в тормозную магистраль воздухопровода. По магистрали воздух под повышенным давлением попадает в тормозные цилиндры, где заставляет перемещаться поршень, который через систему рычагов управляет тормозной колодкой. Таким образом, если в систему подается воздух под повышенным давлением, то колодка прижимается к колесу; если же кран управления перевести в другое положение (соединить тормозную магистраль с атмосферой), давление в ней упадет и торможение прекратится.

При всей своей простоте эта система не очень удобна, поскольку любые утечки воздуха в тормозной магистрали могут привести к тому, что тормоз не сработает. Именно поэтому на пассажирских вагонах устанавливают тормоза другого типа – не прямые автоматические.



К тормозной магистрали такой системы подсоединены воздухораспределитель с подвижной заслонкой и запасной резервуар со сжатым воздухом, которые размещаются под днищем вагона. Если машинист подает в систему воздух из главного резервуара, то он, попадая в воздухораспределитель, отодвигает заслонку перекрывающую при этом участок магистрали, идущий к тормозному цилиндру, и затем выходит в атмосферу. Кроме того, он частично пополняет запас сжатого воздуха в запасном резервуаре. Если же подача воздуха из главного резервуара прекращается (или воздух начинает выходить в атмосферу из-за поломки тормозной магистрали задолго до воздухораспределителя), то тогда в работу «вступает» сжатый воздух из запасного резервуара. Под его воздействием заслонка в воздухораспределителе сдвигается в другую сторону (ведь с противоположной стороны давление теперь только атмосферное), и воздух под повышенным давлением начинает поступать в тормозные цилиндры. Таким образом, достаточно возникнуть аварийной ситуации – утечке воздуха в магистрали, тянущейся от локомотива к вагону, и тормоз автоматически сработает. Именно поэтому он и назван автоматическим.

Практическая работа № 11 «Тепловые явления на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы:

1. По какой причине при постройке железнодорожного пути на стыках рельсов оставляют зазоры?
2. Какова основная причина термического расширения рельсов?
3. В чем особенность бесстыкового пути и, каким образом учитывается компенсация удлинения рельсовой плети?

Термическое расширение рельсов

На железной дороге наиболее яркий пример термического расширения – изменение длины рельсов в зависимости от температуры. Зимой длина рельсов уменьшается, летом – возрастает. Учитывая это, при постройке пути на стыках рельсов оставляют зазоры, величина которых подбирается таким образом, чтобы летом при самой высокой температуре они были почти равны нулю, а зимой при самой низкой температуре не превышали 20мм.

Однако, стык – самое слабое место пути, именно он разрушается в первую очередь (вспомним стук колес поезда на стыках). Именно поэтому на железных дорогах все большее распространение получает бесстыковый путь, в котором отдельные 25-метровые рельсы сварены в сплошные плети длиной 800-950 м (а в некоторых случаях и до 2,5 км). Основная, средняя часть каждой рельсовой плети прочно закрепляется, перемещаться могут лишь ее кольцевые участки, длина которых рассчитывается заранее с учетом марки рельсов и возможного перепада температур. Обычно они составляют 70-100 м. Стыки между плетями все же остаются – термическое расширение-то происходит по-прежнему,

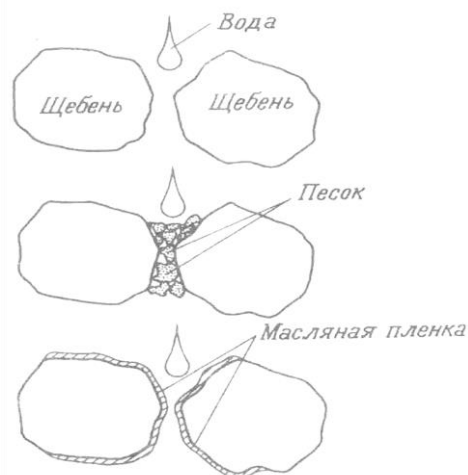
но зато их теперь гораздо меньше. А чтобы компенсировать удлинения между двумя соседними рельсовыми плетями укладывают 2 - 4 небольших уравнивающих рельса. Весной и осенью эти рельсы заменяются: весной устанавливаются более короткие, зимой – более длинные.

Еще один способ «борьбы» с термическим расширением рельсов предложили шведские конструкторы. Поскольку основная причина нагрева рельса – солнечное излучение, то они советуют выкрасить рельсы железнодорожного пути в белый цвет. Такие рельсы меньше нагреваются (белая краска отражает часть солнечных лучей), а значит - и меньше удлиняются.

Практическая работа № 12 «Капиллярные явления на ЖД транспорте»

Задание:

- На рисунке изображены три варианта расположения камней щебня-балласта: а) щебень с чистой поверхностью, б) щебень с песком, в) щебень, загрязненный маслом. Объясните, что произойдет с каплей воды, попавшей в зазор между камешками в каждом из этих случаев.



- Заполнить таблицу «Капиллярная дефектоскопия»

Этап процесса	Выполняемое действие

- Для проверки каких деталей метод капиллярной дефектоскопии применяется на железнодорожном транспорте?

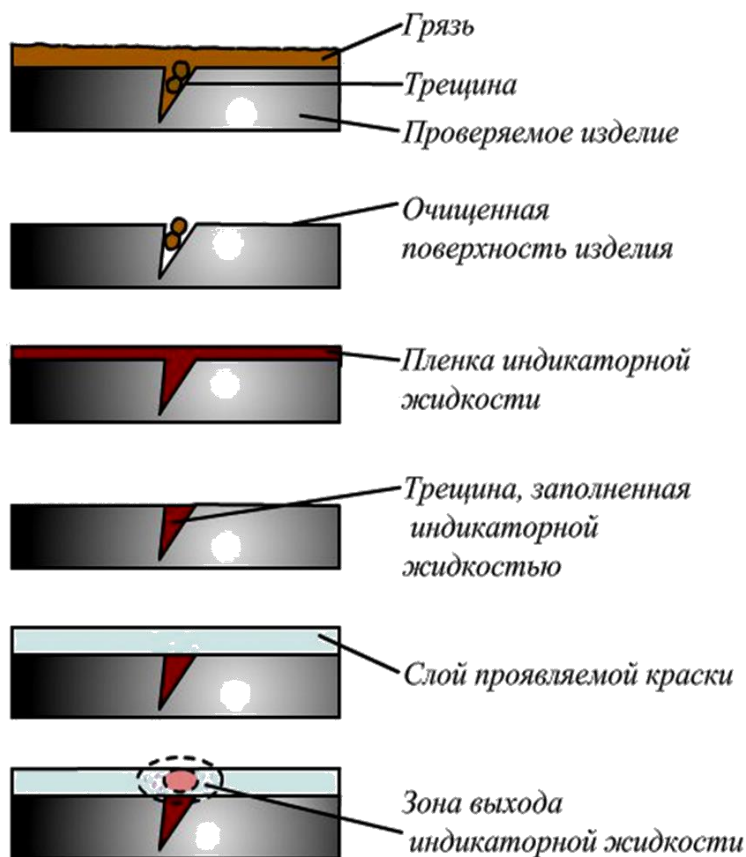
Капиллярные явления на железной дороге.

Капиллярные явления, смачивание и не смачивание материалов играют большую роль в «жизни» железнодорожного пути. Так, строители железных дорог принимают специальные меры, чтобы вода, попадающая на полотно (например, во время дождя) и вызывающая коррозию рельсов и гниение деревянных шпал, эффективно с него удалялись. Для этой цели шпалы укладываются на балласт – слой щебня, насыпанный в виде призмы. Балласт не только смягчает удары поезда о рельсовые стыки, но и способствует просушке пути, поскольку вода хорошо проходит через щебень и затем по откосам стекает вниз.

Но балласт хорошо пропускает влагу, пока он «свежий». В процессе же эксплуатации дороги на него попадают песок, грязь, мусор, нефтепродукты и т.д. К чему это приводит? Во-первых, когда загрязненный песок попадает в щели между камушками, которые составляют щебень, то эти щели засоряются, причем в местах контакта песчинок возникают тысячи мелких капилляров, хорошо удерживающих воду.

Во-вторых, загрязненный щебень и песок могут вообще перестать смачиваться водой, (при попадании, например, на них жидких нефтепродуктов). В обоих случаях,

вода, попавшая на путь, отводится от рельсов и шпал гораздо хуже. Поэтому капитальный ремонт пути предусматривает очистку щебня, - эту работу выполняют специальные балластоочистительные машины.



индикаторной жидкости), на ее поверхность наносится слой белой проявляющей краски. При высыхании краски в ней образуются мелкие поры и капилляры, и индикаторная жидкость по этим капиллярам начинает выходить из трещин детали и растекаться во все стороны возле места выхода. На белом фоне проявителя возникает контур трещины красного или розового оттенка – именно поэтому такой метод выявления дефектов носит название метода цветной дефектоскопии.

Описанному методу контроля подвергаются, например, клапаны тепловозных дизельных двигателей, элементы буксовых подшипников и другие детали подвижного состава. Метод позволяет выявить даже довольно мелкие трещины глубиной 0,01 мм и шириной у выхода на поверхность 0,001 – 0,002 мм.

Практическая работа № 13 «Деформации на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы:

1. Назовите причины деформации железнодорожного полотна.
2. Какие изменения железнодорожного полотна способствовали их устойчивости к деформации.

Деформации железнодорожного пути.

При движении составов по рельсам, в рельсах и шпалах возникают остаточные деформации – ведь давление со стороны колесных пар сильно груженых вагонов достаточно велико. Если сила нажатия колесной пары на рельсы на железной дороге Петербург-Москва в прошлом века была около 160кН, то сейчас на современных железных дорогах она достигает 240-250кН. А при резких ударах колес о рельсы, возникающих из-за неровностей катания колес или рельса (особенно на стыках рельсов), сила нажатия может быть еще больше. Понятно, что это требует создания более прочных,

На транспорте капиллярные явления находят свое применение, например, при проведении дефектоскопии деталей подвижного состава. Соответствующий метод достаточно прост: поверхность проверяемой на наличие дефекта (трещины, раковины) детали очищается от загрязнений (например, химическими способами), а затем несколько раз покрывается специально подкрашенной (чаще всего в красноватый цвет) индикаторной жидкостью, как правило, изготавливаемой на основе керосина. Жидкость должна хорошо смачивать деталь: в этом случае она сможет глубоко проникнуть в трещины, которые выходят на поверхность детали. После протирки детали (что делается для удаления

жестких рельсов, изменения их конструкции. Профиль рельса постоянно менялся с развитием железнодорожного транспорта, пока не пришел к тому современному виду, который представлен на рисунке. (марка рельса Р75). Правда, за последнее время принципиальных изменений не было: те же головка, шейка и подошва. Но изменялись их относительные и общие размеры, вес рельса. Например, было замечено, что жесткость возрастает с увеличением высоты рельса быстрее, чем его вес, поэтому рельсы «подросли».

Меняется и конструкция шпал – их предлагается делать в виде буквы «Н»: при таких шпалах остаточные деформации оказываются малы. Увеличивают жесткость шпал – если раньше они изготавливались из определенных пород дерева (дуб, сосна, ель, бук), то теперь используется железобетон. Для снижения нагрузок на железнодорожное полотно вагоны стараются делать более легкими – в Германии, например, их стали делать из пластмассы, и они «полегчали» на 20%.

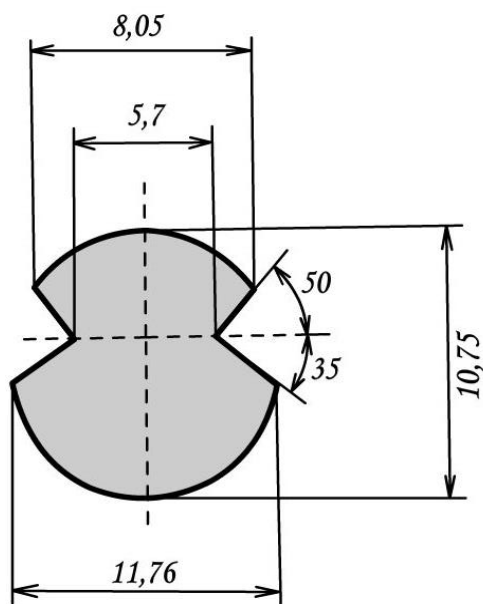
Раздел 3 Электродинамика

Практическая работа № 14 «Контактный провод»

Задание: Письменно ответить на вопросы.

1. Какие требования предъявляются к контактному проводу?
2. Объясните особенности формы контактного провода.
3. Провода с какой площадью сечения используются на ЖД?
4. Что представляет собой биметаллический провод?
5. Какие функции выполняют в биметаллическом проводе алюминий, сталь и медь?

Контактный провод.



К контактному проводу (КП) предъявляются жесткие требования: он должен обладать низким электрическим сопротивлением, иметь высокую механическую прочность, быть износоустойчивым, не поддаваться коррозии.

Форма сечения контактных проводов, применяемых на железных дорогах, близка к окружности, однако, все же ею не является. Так, контактный провод марки МФ (М – медный, Ф – фасонный), наиболее распространенный из применяемых на дорогах страны, имеет два продольных паза, необходимых для крепления различных зажимов. Площадь поперечного сечения проводов различных типов составляет 65, 85,

100 и 150мм². Удельное сопротивление технической меди, используемой для изготовления проводов контактной сети, может быть заметно выше, чем 0,0017мкОм·м. По паспортным данным сопротивление 1км провода МФс поперечным сечением 85мм² может достигать 0,2Ом.

Провод, по которому подводится электрический ток к локомотиву, - не единственный элемент контактной сети. Для его подвески применяется несущий провод, который (в случае дорог постоянного тока) зачастую также находится под напряжением, - прежде всего на тех участках дороги, где поперечное сечение проводов контактной сети недостаточно велико.

Наряду с медными несущими проводами используются биметаллические (изготовленные из двух разных металлов) несущие тросы, свитые из отдельных проволок, стальная сердцевина которых покрыта тонким слоем меди, а так же тросы, изготовленные из стальной и алюминиевой проволоки. Сочетание более прочной на разрыв стали с менее прочными, но зато обладающими малым сопротивлением медью и алюминием, позволяет использовать такие провода даже в местах активного химического воздействия атмосферы.

Алюминий имеет более высокое удельное сопротивление, чем медь, но его плотность меньше, чем у меди. Для изготовления одинаковых по длине и имеющих равные сопротивления проводов более дешевого алюминия требуется в 2 раза меньше, чем меди. Однако, алюминий гораздо более чувствителен к механическим воздействиям, чем медь, и поэтому провода из него используются для питания нетяговых, вспомогательных потребителей тока; в проводах контактной сети алюминий не применяется.

Практическая работа № 15 «Сопротивление контактного провода»

Задание: Вычислить искомую величину, используя формулу для расчета сопротивления.

Тема: Сопротивление контактного провода.				
№	Удельное сопротивление Ом · м	Длина проводника, м	Поперечное сечение, м²	Сопротивление, Ом
1	Алюминий	5,5 км	65 мм ²	?
2	Медь	1 км	?	0,2 Ом
3	Сталь	?	100 мм ²	6,8 Ом
4	Алюминий	1,5 км	150 мм ²	?
5	Медь	4 км	?	1 Ом
6	Сталь	?	85 мм ²	3,5 Ом
7	Алюминий	3,5 км	100 мм ²	?
8	Медь	2,5 км	?	0,28 Ом
9	Сталь	?	65 мм ²	6,9 Ом
10	Алюминий	5,5 км	85 мм ²	?
11	Медь	1 км	?	0,17 Ом
12	Сталь	?	150 мм ²	4,5 Ом
13	Алюминий	1,5 км	65 мм ²	?
14	Медь	4 км	?	0,8 Ом
15	Сталь	?	100 мм ²	3 Ом
16	Алюминий	3,5 км	150 мм ²	?

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой электрический ток.
2. От чего зависит сопротивление проводника?

Практическая работа № 16 «Система электрообогрева вагонов»

Задание: Письменно ответить на вопросы:

1. Каким образом происходит подключение приборов электрического отопления вагонов?
2. На какое напряжение рассчитаны электронагревательные приборы вагонов и какова их общая мощность?
3. В чем недостаток системы электрообогрева вагонов?

4. Какая система отопления предпочтительнее в настоящее время?

Система электрообогрева вагонов

В системах электрообогрева вагонов потери электроэнергии на «джоулево» тепло приносят пользу. Электрические печи располагаются на полу в коридорах, вагонах, туалетных, служебных помещениях, в купе. Приборы электрического отопления, питающиеся от высоковольтной магистрали, подключаются через токоприемник электровоза к контактной сети. Общая мощность электронагревательных приборов, устанавливаемых в пассажирском вагоне, составляет 40 - 48кВт; отдельные печи имеют мощность 0.5 - 5кВт и соединяются последовательно, поэтому рассчитаны (в зависимости от марки) на напряжение 450 - 1500В. Недостаток этой системы отопления состоит в том, что оборудованные ей вагоны могут эксплуатироваться лишь на электрифицированных участках железных дорог.

Именно поэтому более широкое распространение получила система водяного отопления с комбинированным котлом, в котором вода может нагреваться как при помощи электрических нагревательных элементов, так и при сгорании угля в топке котла.

Практическая работа № 17 «Аккумуляторы»

Задание: Заполнить таблицу «Аккумуляторы»

Вид аккумулятора	Устройство	Применение

Аккумуляторы

Гальванические элементы могут работать до тех пор, пока не будет полностью израсходована заключенная в них химическая энергия. Иногда пользуются такими гальваническими элементами, в которых необходимая для их действия химическая энергия возобновляется посредством электролиза. Такие элементы называются аккумуляторами, а процессы накопления в них энергии посредством электролиза – зарядкой аккумулятора. При зарядке аккумуляторов через них пропускают ток от какого-нибудь постороннего источника в направлении, противоположном направлению тока, который они дают.

В технике применяют аккумуляторы двух типов. Кислотные аккумуляторы состоят из свинцовых пластин, опущенных в раствор серной кислоты. Отрицательные пластины делаются из чистого свинца с сильно разрыхленной поверхностью (губчатый свинец), положительные пластины покрыты пероксидом свинца. При разрядке аккумулятора обе пластины постепенно покрываются сернокислым свинцом. При зарядке аккумулятора различие в составе положительных и отрицательных пластин восстанавливается электролизом. ЭДС кислотного аккумулятора составляет 2 В.

Щелочные аккумуляторы состоят из пластин никелевой стали, снабженных карманами. В карманы закладывается оксид никеля (положительная пластина) и оксид железа (отрицательная пластина). Электролитом служит раствор едкого кали. ЭДС щелочного аккумулятора составляет около 1,4 В. Щелочные аккумуляторы удобнее и легче кислотных, не выделяют вредных паров и газов, не портятся при кратковременном коротком замыкании.

Коэффициентом полезного действия аккумулятора называют число, показывающее, какую часть энергии, затраченную при зарядке, он отдает при разрядке. КПД кислотного аккумулятора порядка 80%, щелочного – 60%.

Каждый аккумулятор характеризуется емкостью. Емкость аккумулятора измеряется величиной заряда, который может дать заряженный аккумулятор при разрядке.

Емкость аккумулятора выражают не в кулонных, а в особых единицах, называемых ампер-часами.

Ампер-час – это электрический заряд, доставляемый током силой 1 А в течении 1ч: $1\text{А}\cdot\text{ч}=3600\text{ Кл}$.

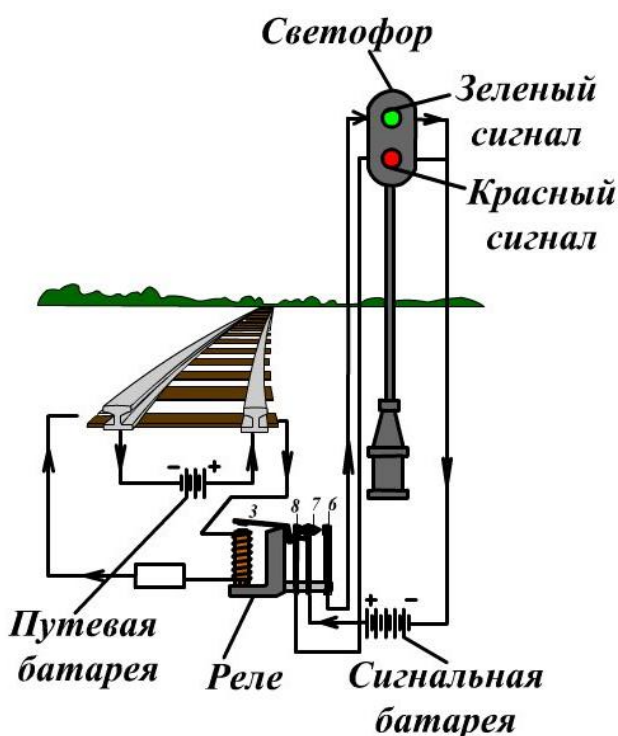
Аккумуляторы являются необходимой принадлежностью автомобилей, самолетов, поездов в электрическом освещении, подводных лодок и т. п.

Гальванические элементы широко используются в малогабаритных радиоприемниках и телевизорах, телефонии, телеграфии.

Практическая работа № 18 «Реле в системе автоблокировки на железной дороге»

Задание: Заполнить таблицу «Реле в системе автоблокировки на железной дороге» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



Реле в системе автоблокировки на железной дороге

По этой системе перегоны от станции до станции делятся на блок-участки длиной от одного до трех километров. Внутри блок-участка рельсы в стыках соединены между собой, образуя электрическую цепь; каждый участок электрически изолирован от соседнего и огражден светофорами.

Пока на блок-участке нет поезда, электрический ток от специальной путевой батареи идет по проводу к рельсу, проходит по нему к катушке реле и затем через второй рельс возвращается к путевой батарее. Контактная группа 6 и 7 электромагнитного реле при этом

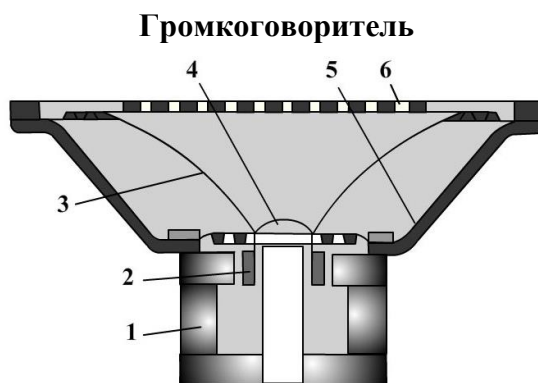
замкнута, а значит оказывается замкнутой и исполнительная цепь, включающая сигнальную батарею и подсоединенную к ней лампу зеленого сигнала светофора: путь свободен.

Когда первая колесная пара приближающегося поезда пересекает границу нашего блок-участка, ток путевой батареи тут же начнет течь от одного рельса к другому прямо через колесную пару, минуя катушку реле. Магнитное поле катушки исчезнет и реле отпустит якорь 3, который разомкнет цепь зеленого сигнала светофора, но зато замкнет контакты 7 и 8 цепи красного сигнала. В данной схеме реле «позволяет» гореть красному сигналу до той поры, пока поезд не покинет блок-участок, и ток вновь не потечет через катушку.

Практическая работа № 19 «Громкоговоритель»

Задание: Заполнить таблицу «Громкоговоритель» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



В зазоре сильного кольцевого магнита **1**, изготовленного из магнитомягкого сплава, находится легкая однослойная катушка **2**, намотанная на легкий (обычно бумажный) каркас. Каркас катушки соединен с диффузором **3**, представляющим собой слегка усеченный конус из бумаги или пластика. Место соединения диффузора с каркасом катушки прикрыто выпуклым колпачком **4**, который защищает зазор магнита от попадания пыли и увеличивает жесткость диффузора. Свободные края диффузора соединены с корпусом громкоговорителя **5**, а поверхность диффузора прикрыта решеткой **6**.

К катушке через гибкие проводники подводится электрический ток звуковой частоты, на который магнитное поле действует с силой, частота которой равна частоте тока. В результате катушка, а вместе с ней и диффузор, приходит в колебательное движение со звуковой частотой.

Прибор служит для воспроизведения звука.

Практическая работа № 20 «Магнитная дефектоскопия»

Задание: Заполнить таблицу «Магнитная дефектоскопия»

Вид дефектоскопии	Технология использования	Выявление дефектов

Магнитная дефектоскопия

Внешнее поле намагничивающее ферромагнетик, может быть обусловлено различными причинами. Так, магнитное поле Земли действует на стальные рельсы железнодорожного полотна, и они намагничиваются – это «естественная» причина. Но образец можно намагнитить и специально, поднеся к нему другой магнит. При этом окажется, что его области «отреагируют» на внешнее поле неодинаково. Например, если в образце есть трещины, раковины, то вблизи этих областей и остаточная индукция будет не той, что в его однородной части. Нанесем на поверхность такого образца опилки – и они соберутся у трещин, сигнализируя нам о наличии дефекта. *Магнитная дефектоскопия* очень широко применяется на железнодорожном транспорте. Специальные установки – дефектоскопы позволяют выявить трещины не только вблизи поверхности стальных деталей: шеек осей колесных пар, элементов подшипников, зубьев зубчатых колес и т. д., они дают возможность «заглянуть» на глубину до 10 мм.

Нужно отметить, что на транспорте используется еще один метод дефектоскопии, в основе которого тоже лежат электромагнитные явления – *индукционный метод*. Для скоростного контроля рельсов в специальных вагонах – дефектоскопах размещают приемную катушку индуктивности, которая перемещается вместе с вагоном. Если объект

контроля намагничен, то в катушке наводится ЭДС индукции, по величине которой можно судить о наличии в рельсе дефектов.

Практическая работа № 21 «Радиосвязь на ЖД транспорте»

Задание: Письменно ответить на вопросы.

1. Для чего используется радиосвязь на ЖД.
2. Что является источником радиопомех?

Радиосвязь на железнодорожном транспорте

Радио пришло во все сферы человеческой деятельности и, естественно, - на транспорт. Первую область применения на железных дорогах радио нашло на сортировочных станциях, связав диспетчеров и дежурных с машинистами маневровых локомотивов. Позднее появилась радиосвязь, позволяющая диспетчеру общаться с машинистами, которые ведут поезда от станции до станции, а теперь портативные радиостанции есть и у связистов, и у ремонтников, и у составителей поездов.

Для того, чтобы исключить случайное совпадение длин волн, на которых работают передатчики, введены специальные правила работы в эфире, согласно которым определенным типам передатчиков отведен свой диапазон длин волн. Так, бытовое радиовещание осуществляется в области длинных, средних, коротких и ультракоротких длин волн, а вот, например связь диспетчера на станции с машинистом состава осуществляется в дециметровом диапазоне, не мешая тем самым работе наших домашних приемников.

До сих пор мы говорили о колебательных контурах, которые специально используют для радиосвязи. Однако источником электромагнитных волн являются и обычные проводники, по которым течет переменный электрический ток, и электрические цепи постоянного тока в момент включения и выключения источника ЭДС, просто электрические разряды в воздухе: молния, дуга электросварки и т. д. Возникающие в таких случаях электромагнитные волны воспринимаются как помехи, значительно ухудшающие качество приема основного сигнала, мешающие радиосвязи.

На железной дороге свой вклад в создание помех вносят резкие изменения электрического тока и напряжения в тяговой сети, возникающие при подключении и отключении новых потребителей, искровые разряды, проскакивающие между контактным проводом и токосъемником электровоза.

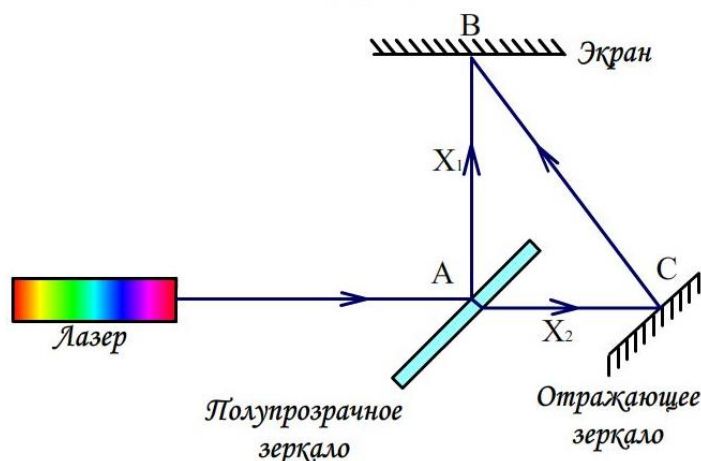
Учитывая это, меры по снижению радиопомех предусматриваются еще на стадии проектирования контактной сети и электроподвижного состава: конструкторы стремятся обеспечить безыскровой токосъем, на устройствах радиосвязи устанавливают специальные фильтры, глушители и т. д.

Практическая работа № 22 «Интерферометр»

Задание: Заполнить таблицу «Интерферометр» и подготовить устный ответ.

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

Интерферометр



На экране **В** складываются две волны: одна – отраженная от поверхности прозрачного зеркала **А**, другая – прошедшая через полупрозрачное зеркало и отраженная от зеркала **С**, которое расположено за полупрозрачным. Очевидно, что обе эти волны имеют одну и ту же частоту лазерного излучения, кроме того (поскольку они испускаются одним и тем же источником) разность их фаз не меняется со временем. При наложении волн разность фаз будет зависеть от разности расстояния X_1 и X_2 , проходимых волнами от места их разделения (на рисунке от полупрозрачного зеркала **А**) до места встречи на экране **В**. В тех местах экрана, где складываются волны, приходящие в фазе (или разность фаз колебаний в волнах кратна 2π) – они усиливают друг друга, где в противофазе (или разность фаз составляет нечетное число π) – они ослабляют друг друга.

На расстоянии x_2 можно изменить, например, несколько сместив отражающее зеркало **С**. Тогда изменится («сдвинется») и картинка максимумов и минимумов интерференции на экране.

На этом эффекте основана работа лазерных интерферометров, используемых для регистрации и измерения малых перемещений, определения возникающих неровностей, нарушений поверхности деталей и устройств. Если отражающее зеркало закрепить, например, на стенке туннеля, то достаточно небольших подвижек грунта, как это отразится на распределении максимумов и минимумов интерференционной картины. Отслеживая изменения такой картины, можно сделать вывод о возникновении нежелательных постоянных деформаций стенок туннеля, то есть необходимости его ремонта.

Практическая работа № 23 «Излучения на ЖД транспорте»

Задание: Заполнить таблицу «Излучения на железнодорожном транспорте»

Вид излучения	Применение

Излучения на железнодорожном транспорте

Для целей освещения в разных случаях (и на железной дороге в том числе) используются различные типы люминесцентных ламп: натриевые, ксеноновые, дуговые ртутные высокого давления и т. д., отличающиеся видом разряда, давлением и родом наполняющих их газов или паров металла.

Но и *тепловое излучение и люминесценция* применяются не только для освещения. Они выполняют также и задачу отображения, высвечивания нужной информации. Вам, конечно, известны информационные табло, цифровые индикаторы приборов, сигнальные лампочки аппаратуры, люминесцентные экраны телевизоров и мониторов. Сидя за экраном телевизора можно осуществлять контроль за пассажирскими потоками, погрузкой, сортировкой вагонов и т. д. Из кабины локомотива можно следить по

телевизору за работой пантографов, локомотивных тележек и многих других элементов даже на ходу поезда.

Но, оказывается, возможности использования люминесценции и теплового излучения еще шире.

Флуоресцирующие краски применяются в целях сигнализации. А флуоресцирующие жидкости применяются для обнаружения дефектов на поверхностях деталей и конструкций железнодорожного транспорта. Используется капиллярный метод выявления трещин, углублений, неровностей и других дефектов на поверхности материалов. В качестве жидкости, заполняющей эти капилляры используется индикаторная флуоресцирующая жидкость. Тогда при освещении проверяемой поверхности все ее дефекты становятся видны глазом – жидкость, заполнившая дефекты и вытянутая затем на поверхность проявляющим порошком, светится. С помощью установок люминесцентной дефектоскопии можно проверять поверхности и крупногабаритных деталей (например, локомотивных тележек), конструкций сложной формы, причем – без их разборки.

При неисправности подшипников буксы вагонов нагреваются. Используя прибор для обнаружения нагретых аварийных букс, которым фиксируется их *инфракрасное излучение* (приемник излучения – болометр – нагревается, меняется его сопротивление и ток через прибор), можно сделать вывод о величине разогрева. Не нужно больше ходить вдоль поезда и трогать руками каждую буксу – не горячая ли?

Источником *инфракрасного излучения* может быть полупроводниковый лазер. Такие лазеры используются на железных дорогах в системах охраны особо важных грузов. Даже ночью, в тумане, в дождь они «освещают» место стоянки вагонов, хотя то и не видно глазом. На первый взгляд охраны практически нет – и в то же время приемники излучения, чувствительные к инфракрасной области спектра, постоянно «наблюдают» за объектом, фиксируя любые изменения потока, отраженного от него излучения, при необходимости подавая сигнал тревоги.

Список литературы:

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика: Учеб. для 10 кл. образоват. учреждений – М.: Просвещение, 1996
2. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования, М.: Издательский центр «Академия» 2011г.
3. Громов С.В. Физика. Теория относительности. Электродинамика: Учеб. для 10 кл. образоват. Учреждений – М.: Просвещение, 2003
4. С.М Кокин, В.А Селезнев «Физика на железнодорожном транспорте» Москва, 1995г
5. В.П. Демкович "Сборник задач по физике для учащихся СПТУ" Москва, "ВШ", 1987г.
6. Г.Н. Степанова "Сборник задач по физике 10-11" Москва, "Просвещение", 2000г
7. А.П. Рымкевич "Сборник задач по физике" Москва, "Просвещение", 1992г
8. Л.Н. Скерлин "Дидактический материал по физике" Москва, "Просвещение", 1989г
9. Р.Д. Миньков, А.К. Свириденко "Проверочные задания по физике" Москва, "Просвещение", 1992г
10. И.А. Пеньков, Д.Н. Городецкий "Проверочные работы по физике в СПТУ" Минск, "ВШ", 1982г

