Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Хатямов Рушан Фаритович
Должность: Директор филиала СамГУПС в г. Пензе
Дата подписания: 15.09.2023 08:35:58
Уникальный программный ключ:
98fd15750393b14b837b6336369ff46764a01e8ae27bb7c6fb7394f99821e0ad

Приложение
к рабочей программе
учебной дисциплины

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ МДК 03.01 УСТРОЙСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

для студентов очной и заочной форм обучения специальности

08.02.10 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство

Базовая подготовка среднего профессионального образования

2023

Содержание

1. Пояснительная записка……. 3
2. Перечень практических работ……... 6
3. Практическое занятие № 1……. 8
4. Практическое занятие № 2……18
5. Практическое занятие № 3……23
6. Практическое занятие № 4……30
7. Практическое занятие № 5……34
8. Практическое занятие № 6……39
9. Практическое занятие № 7……43
10. Практическое занятие № 8……47
11. Лабораторная работа №1……57
12. Практическое занятие № 9……60
13. Практическое занятие № 10……... 63
14. Практическое занятие № 11……65
15. Практическое занятие № 12……67
16. Практическое занятие № 13……71
17. Практическое занятие № 14……80
18. Практическое занятие № 15……91
19. Практическое занятие № 16……98
20. Практическое занятие № 17……100
21. Практическое занятие № 18……103
22. Практическое занятие № 19……105
23. Список литературы……..108

Пояснительная записка

Методические рекомендации по выполнению практических и лабораторных и работ составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников СПО по специальности 08.02.10 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство и на основе рабочей программы дисциплины МДК 03.01 «Устройство железнодорожного пути».

Методические рекомендации предназначены для подготовки и проведения лабораторных и практических работ для обучающихся по очной и заочной формам обучения.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

уметь:

У.1 -производить осмотр участка железнодорожного пути и искусственных сооружений;

У.2 -выявлять имеющиеся неисправности элементов верхнего строения пути, земляного полотна;

У.3 -производить настройку и обслуживание различных систем дефектоскопов;

знать:

З.1 -конструкцию, устройство основных элементов железнодорожного пути и искусственных сооружений;

З.2 -средства контроля и методы обнаружения дефектов рельсов и стрелочных переводов;

З.3-систему надзора и ремонта искусственных сооружений.

иметь практический опыт:

ПО.1 - определению конструкции железнодорожного пути и искусственных сооружений;

ПО.2 -выявлению дефектов в рельсах и стрелочных переводах;

Процесс изучения дисциплины МДК 03.01 «Устройство железнодорожного пути» направлен на формирование общих (ОК), профессиональных (ПК) компетенций и личностных результатов (ЛР):

ОК 01.	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.
ОК 02.	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.
ОК 03.	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях
ОК 04.	Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

Продолжение таблицы

Код	Наименование результата обучения
ОК 05.	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.
ОК 06.	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения.
ОК 07.	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;
ОК 08.	Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.
ОК 09.	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.
ПК 3.1	Обеспечивать выполнение требований к основным элементам и конструкции земляного полотна, переездов, путевых и сигнальных знаков, верхнего строения пути
ПК 3.2	Обеспечивать требования к искусственным сооружениям на железнодорожном транспорте
ПК 3.3	Проводить контроль состояния рельсов, элементов пути и сооружений с использованием диагностического оборудования

В результате освоения МДК 03.01 №Устройство железнодорожного пути» реализуется программа воспитания, направленная на формирование следующих личностных результатов (ЛР) (ЛР указываются из программы воспитания)

Код	Наименование результата обучения
ЛР 13.	Готовность обучающегося соответствовать ожиданиям работодателей: ответственный сотрудник, дисциплинированный, трудолюбивый, нацеленный на достижение поставленных задач, эффективно взаимодействующий с членами команды, сотрудничающий с другими людьми, проектно мыслящий;
ЛР 19.	Уважительное отношения обучающихся к результатам собственного и чужого труда;
ЛР 25.	Способный к генерированию, осмыслению и доведению до конечной реализации предлагаемых инноваций;
ЛР 27.	Проявляющий способности к непрерывному развитию в области профессиональных компетенций и междисциплинарных знаний;
ЛР 30.	Осуществляющий поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения различных задач, профессионального и личностного развития;
ЛР 31.	Умеющий эффективно работать в коллективе, общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Рабочая программа дисциплины МДК 03.01 «Устройство железнодорожного пути» предусматривает **50** часов практических и лабораторных работ на очном отделении и **10** часов на заочном отделении.

Целью практических и лабораторных работ является закрепление теоретических знаний и приобретение студентами профессиональных умений и навыков по изучению тем 1.1 «Конструкция железнодорожного пути» и 1.2 «Устройство рельсовой колеи» и применение их на практике.

Практические и лабораторные работы выполняются после изучения соответствующей темы и проверки теоретической подготовки студентов.

Практические и лабораторные работы выполняются в полном объеме.

Оборудование кабинета позволяет проводить лабораторные и практические работы.

По всем практическим и лабораторным работам составляют отчеты, которые носят обучающий характер. Отчеты по практическим и лабораторным работам составляются в соответствии с существующими требованиями.

Перед проведением практических и лабораторных работ проводится инструктаж студентов по технике безопасности с последующим оформлением соответствующей документации.

Перечень практических работ

№ п/п	Название работы	Объем часов
	Очная форма обучения	
1	**Практическое занятие №1** Тема: Определение основных параметров и разработка поперечного профиля земляного полотна	4
2	**Практическое занятие №2** Тема: Осмотр и измерение элементов земляного полотна. Расчет количества элементов верхнего строения пути в штуках и тоннах, балласта в $м^3$ на конкретное протяжение пути.	2
3	**Практическое занятие №3** Тема: Определение типа рельса по маркировке, размерам и внешнему виду.	2
4	**Практическое занятие №4** Тема: Расчет гидравлический водоотводной канавы	2
5	**Практическое занятие №5** Тема: Расчет геометрических параметров нормального съезда и стрелочной улицы	2
6	**Практическое занятие №6** Тема: Расчет гидравлический водоотводной канавы	2
7	**Практическое занятие №7** Тема: Расчет глубины заложения подкюветного дренажа.	2
8	**Практическое занятие №8** Тема: Определение соответствия обустройства переезда требованиям Инструкции ЦП/483.	2
9	**Лабораторная работа №1** Тема: Измерение и определение износа рельсов	2
10	**Практическое занятие №9** Тема: Определение конструкции промежуточного скрепления.	2
11	**Практическое занятие №10** Тема: Изучение конструкции одиночного стрелочного перевода	2
12	**Практическое занятие №11** Тема: Определение конструкции рельсового стыкового скрепления.	2
13	**Практическое занятие №12** Тема: Определение поперечного профиля балластной призмы при заданном классе пути.	2
14	**Практическое занятие №13** Тема: Определение условий укладки бесстыкового пути.	2
15	**Практическое занятие №14** Тема: Определение конструкции верхнего строения пути на мостах при заданных видах пролетных строений.	2
16	**Практическое занятие №15** Тема: Определение габаритных расстояний и междупутий.	2
17	**Практическое занятие №16** Тема: Выполнение измерений пути по шаблону и уровню.	2
18	**Практическое занятие №17** **Тема:** Расчет возвышения наружного рельса в кривом участке пути.	2

Продолжение таблицы

18	**Практическое занятие №18** Тема: Расчет длины переходных кривых на двухпутном участке в кривой.	2
19	**Практическое занятие №19** Тема: Расчет укладки укороченных рельсов.	2
20	**Лабораторная работа №1** Тема: Измерение и определение износа рельсов	2

Практическое занятие № 1

Тема: Определение основных параметров и разработка поперечного профиля земляного полотна

Цель: научиться определять основные параметры земляного полотна и водоотводных устройств, сравнивать полученные данные с нормативными показателями; научиться вычерчивать схемы поперечного профиля насыпи и выемки.

Оборудование: инструкционная карта, литература [13,12], микрокалькулятор, чертежные инструменты, миллиметровая бумага формата А4.

Исходные данные: *Таблица 1.1*

Номер варианта	Вид поперечного профиля	Категория ж.д. линии	Число ж.д. путей	Род грунта	Поперечный уклон местности	Отметки проектной бровки земляного полотна, м	Отметки земли по оси полотна, м	Перечень устройств	% грунта насыпи Из резерва
1	Насыпь		2	СГ	1:5	99,1	94,4	резерв	25
2			2	КП	1:6	250,2	238,3		50
3			1	СП	1:8	210,6	205,1		32
4			1	КП	1:9	165,5	156,9		24
5			1	МП	1:16	301,6	290,3		45
6			2	СГ	1:10	76,3	70,9		28
7			2	ТГ	1:12	124,7	119,3		40
8			1	СП	1:13	154,4	149,8		35
9			2	МП	1:7	285,4	274,1		46
10			1	КП	1:5	353,2	342,6		31
11			1	ТГ	1:10	123,6	118,4		27
12			2	СП	1:6	92,4	86,5		26
13			1	СГ	1:7	302,6	297,3		42
14			2	СП	1:11	111,5	107,2		30
15			1	МП	1:12	80,1	74,6		20
16	Выемка		1	КП	1:8	250,2	259,8	кавальер	58
17			2	СП	1:12	144,4	149,3		40
18			2	СГ	1:14	91,9	99,1		28
19			1	ТГ	1:10	80,1	86,8		35
20			1	СП	1:6	233,7	241,0		20
21			2	СГ	1:12	125,3	137,1		45
22			2	СП	1:3	221,7	232,2		50
23			1	КП	1:5	76,9	87,8		40
24			1	ТГ	1:9	132,2	143,8		30
25			2	СГ	1:11	154,7	165,3		25
26			1	КП	1:13	88,1	99,4		44
27			1	СП	1:12	98,6	109,6		36
28			2	СГ	1:5	77,9	88,7		24
29			2	ТГ	1:6	184,2	194,6		52
30			1	СП	1:10	106,5	117,8		33

Примечание: СП - супесь; СГ - суглинок; ТГ - тощая глина;
КП - крупнозернистый песок; МП - мелкий пес

Порядок выполнения

На основе исходных данных (табл. 1) вычертить расчетную схему насыпи с резервами или выемки с кавальерами в масштабе 1:100, затем определить основные расчетные размеры. При этом необходимо учесть следующие требования:

1. Основная площадка однопутных насыпей и выемки проектируется в виде трапеции шириной поверху 2,3 м, высотой 0,15 м; двухпутных в виде треугольника высотой 0,2 м и с основанием, равным полной ширине основной площадки земляного полотна. В скальных и дренирующих грунтах основная площадка для однопутных и двухпутных насыпей и выемок проектируется горизонтальной.

Ширину основной площадки земляного полотна рекомендуется принимать по [12, табл. 1.1].

Высота насыпи и глубина выемки измеряются по оси земляного полотна от поверхности земли до уровня бровок основной площадки земляного полотна, она определяется как разность между отметкой земли и отметкой проектной бровки полотна для выемок и между отметкой проектной бровки полотна и отметкой земли для насыпи.

2. Выбор крутизны откосов насыпей и выемок. Крутизна откосов насыпей принимается в соответствии с табл. 1.2

Таблица 1.2

Крутизна откосов насыпей

Характеристика грунтов	Крутизна откосов
1. Насыпь высотой до 12 м из скальных слабовыветривающихся и щебенистых грунтов, крупного и средней крупности песка, гравия, гальки	1:1,5
2. Насыпи высотой до 6 м из глинистых грунтов тугопластичной консистенции	1: 2

Выемки глубиной до 12 м и в глинах, суглинках, супесях, песках и полускальных породах однородного напластования имеют крутизну откосов 1:1,5.

3. Бермы у насыпей должны иметь ширину не менее 3 м, а со стороны постройки в будущем второго железнодорожного пути берма уширяется на величину междупутья (4,1 м) для железнодорожных линий I и II категорий.

4. Резервы

Размеры резервов устанавливаются расчетом. При проектировании резервов рекомендуется руководствоваться указаниями, приведенными в табл. 1.3

Таблица 1.3

Размеры резервов

Поперечный уклон местности	Расположение резервов	
	оптимальное	Допустимое
Положе 1/10	С двух сторон	С одной стороны
От 1/10 до 1/5	С нагорной стороны	С двух сторон или с низовой стороны
Круче 1/5	Не проектируется	С нагорной стороны (с расчетом местности)

Средняя глубина резервов h_0 не более 2 м, наименьшая — 0,6 м. Дно резерва при его ширине до 10 м включительно устраивают односкатным с поперечным уклоном 0,02 в сторону поля (рис. 1.2); при ширине дна более 10 м оно планируется двухскатным (рис. 1.3) от краев к середине. Откосы имеют крутизну 1:1,5.

5. Расчет размеров резервов

Для расчета этих размеров нужно вначале определить площадь поперечного сечения насыпи и площадь сечения резерва. Площадь поперечного сечения насыпи может быть рассчитана следующим образом. Для насыпи (рис. 1) с однородной крутизной откосов 1: т (высотой до 6 м в недренирующих грунтах или 12 м — в дренирующих грунтах).

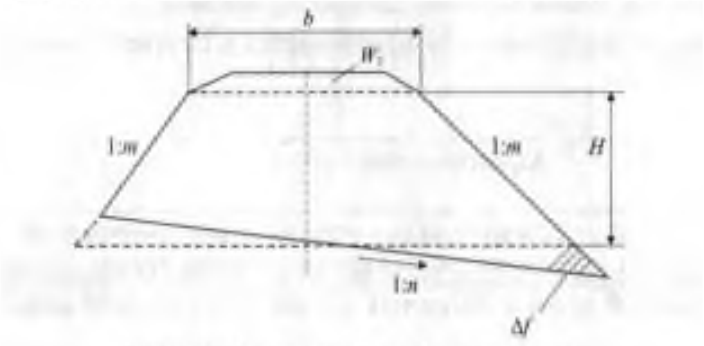


Рисунок 1 - Поперечный профиль насыпи

Площадь насыпи определяется по формуле:

$$F_н = F_0 + \Delta f + \omega_1$$

где F_0 – площадь насыпи заданной высоты при отсутствии поперечного уклона местности;

$$F_0 = bH + mH^2$$

$$F_0 = 7{,}6 \cdot 6 + 1{,}5 \cdot 6^2 = 45{,}6 + 54 = 99{,}6 \text{ м}^2$$

где b – ширина основной площадки земляного полотна [12, табл. 1.1];

b = 7,6 м т.к. дорога относится к 1 категории, согласно исх.данным;

H – высота насыпи, м; принимаю H = 6 м;

m – крутизна откоса насыпи; m = 1,5;

ω_1 – площадь сливной призмы, м^2.

Для однопутных линий:

$$\omega_1 = (2{,}3 + b) / 2 \bullet 0{,}15 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$\omega_1 = (2{,}3 + 7{,}6) / 2 \bullet 0{,}15 = 9{,}9 / 0{,}3 = 33 \text{ (м}^2\text{)};$$

Для двухпутных линий:

$$\omega_1 = 1/2 \bullet b \bullet 0{,}2 = 0{,}1 \bullet b \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$\omega_1 = 1/2 \bullet 7{,}6 \bullet 0{,}2 = 0{,}1 \bullet 7{,}6 = 0{,}76 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Δf – приращение площади поперечного сечения насыпи в связи с косогорностью (наличие поперечного уклона местности 1: n).

$$\Delta f = k_3 \bullet (F_0 + b^2 / 4m)$$

$$\Delta f = 0{,}0364 \bullet (99{,}6 + 6^2 / 4 \bullet 1{,}5) = 0{,}0364 \bullet (135{,}6 / 6) = 0{,}0364 \bullet (22{,}6) = 0{,}823$$

где k – коэффициент косогорности (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Коэффициент косогорности

1: n	k	1: n	k
1:4	0,1636	1:11	0,0189
1:5	0,0989	1:12	0,0158
1:6	0,0670	1:13	0,0135
1:7	0,0481	1:14	0,0116
1:8	0,0364	1:15	0,0101
1:9	0,0286	1:16	0,0089
1:10	0,0230	1:17	0,0078

Исх. данные k – коэффициента косогорности по вариантам задания:

Вар. №1 k_1 = 0,0989

Вар. №2 k_2 = 0,0670

Вар. №3 k_3 = 0,0364

Вар. №4 k_4 = 0,0286

Вар. №5 k_5 = 0,0089

Тогда площадь насыпи будет равна

$$F_н = F_0 + \Delta f + \omega_1$$

$$F_н = 99{,}6 + 0{,}823 + 33 = 133{,}4 \text{ м}^2$$

Размеры резервов рассчитываются по следующим формулам:

а) *Площадь поперечного сечения резерва:*

$$W_р = (F_н \cdot P) / (t \cdot 100) ;$$

$$W_р = (133{,}4 \cdot 32\%) / (2 \cdot 100) = 4268{,}8 / 200 = 21{,}3 \text{ м}^2$$

где $F_н$ – площадь насыпи, м ;

P – % грунта насыпи, отсыпаемого из резервов (см. исходные данные);

t – число резервов (см. табл. 1.3: t = 1, если резерв располагается с одной стороны насыпи, и t = 2, если резервы располагаются с двух сторон насыпи). Принимаю t = 2;

б) *Ширина резерва по дну (по горизонтали) приближенно равна:*

$$b_2 = W_р / h_0 - 1{,}25 \cdot h_0$$

$$b_2 = (21{,}3 / 2{,}0) - (1{,}25 \cdot 2{,}0) = 10{,}65 - 5{,}0 = 5{,}65 \text{ м}$$

где $W_р$ – площадь поперечного сечения резерва;

h_0 – средняя глубина резерва (принимается не менее 0,6 м и не более 2 м). принимаю $h_0 = 2{,}0$ м;

в) Глубина резерва определяется по следующим формулам:

– для резерва шириной дна не более 10 м и с односторонним поперечным уклоном 0,02 в полевую сторону.

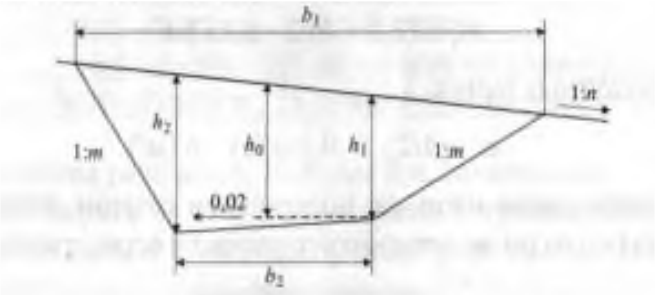


Рисунок 1.2 - Поперечный профиль резерва

$$h_1 = h_0 - (0{,}01 \cdot b_2 + b_2 / 2n)$$

$$h_2 = h_0 + (0{,}01 \cdot b_2 + 8b_2 / 2n)$$

– для резерва с шириной дна более 10 м, у которого дно планируется с поперечным уклоном 0,02 от краев к середине.

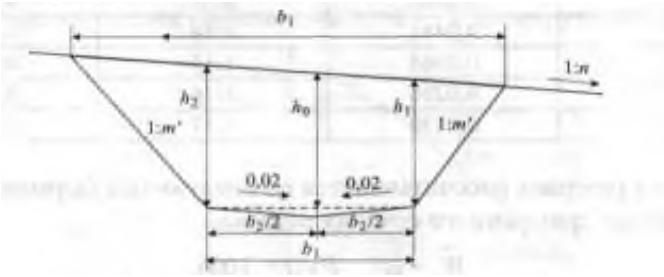


Рисунок 1.3 – Поперечный профиль резерва

$$h_1 = h_0 – (0{,}005 \bullet b_2 + b_2 / 2n)$$

$$h_1 = 2{,}0 – (0{,}005 \bullet 5{,}65 + 5{,}65 \ / 2 \bullet 8) = 2{,}0 – (0{,}028 + 0{,}353) =$$
$$= 2{,}0 – (0{,}381) = \ 1{,}6$$

где n = 8 из исх.данных

$$h_2 = h_0 + (0{,}005 \bullet b_2 + 8 \bullet b_2 / 2n)$$

$$h_2 = 2{,}0 + (0{,}005 \bullet 5{,}65 + 8 \bullet 5{,}65 \ / 2 \bullet 8) = 2{,}0 + (0{,}028 + 2{,}825) =$$
$$= 2{,}0 + (2{,}853) = \ 4{,}853 = 4{,}9 \text{ м}$$

г) *Ширина резерва (по горизонтальному направлению) поверху:*

$$b_1 = b_2 + \frac{m'nh1}{n+m'} + \frac{m''nh2}{n-m''}$$

$$b_1 = 2{,}0 + \frac{1{,}5 \bullet 8 \bullet 1{,}6}{8+1{,}5} + \frac{1 \bullet 8 \bullet 4{,}9}{8-1} = 2{,}0 + \frac{19{,}2}{9{,}5} + \frac{39{,}2}{7} = 2{,}0 + 2{,}02 + 5{,}6 = 9{,}62 \text{ м}$$

где m' – показатель крутизны путевого откоса резерва (1: m' = 1:1.5);
m'' – показатель крутизны полевого откоса резерва (1: m'' = 1:1);
n – показатель поперечного уклона местности.

Расчет размеров элементов выемки

6. *Кюветы, забанкетные и нагорные канавы:*

Кюветы выемок в глинах, суглинках и супесях следует делать глубиной не менее 0,6 м и шириной по дну не менее 0,4 м, откос кювета со стороны поля является продолжением откоса выемки, а со стороны полотна крутизна откоса 1:1,5;

Забанкетная канава располагается на расстоянии не менее 0,5 м от подошвы путевого откоса кавальера, имеет глубину и ширину по дну 0,3 м и откосы крутизной 1:1,5;

Размеры нагорных канав определяются по расчету.

При вычерчивании поперечного профиля рекомендуется применять наименьшие допустимые размеры этой канавы: глубина и ширина по дну не менее 0,6 м, откосы крутизной 1:1,5.

Расстояние от подошвы полевого откоса кавальера до бровки откоса нагорной канавы принимается (в зависимости от снегозаносимости и водопроницаемости грунтов) 1-5 м.

7. *Кавальеры и банкеты.*

Банкет — присыпка треугольной (в поперечном сечении) формы, расположенная на расстоянии 1 м от бровки откоса выемки. Высота банкета принимается не более 0,6 м, путевой откос имеет крутизну 1:1,5; поверхность его имеет поперечный уклон 0,02-0,04 в сторону от железнодорожного пути.

Кавальеры. При расположении кавальеров рекомендуется учесть указания, помещенные в табл. 1.5

Таблица 1.5

Указания при расположении кавальеров

Поперечный уклон местности	Расположение кавальеров	
	оптимальные	допустимые
Положе 1/5	С двух сторон	С одной стороны
От 1/5 до 1/3		С верховой стороны (с расчетом устойчивости)
Круче 1/3	С учетом местных условий по индивидуальному проекту	

Кавальеры имеют откосы крутизной 1:1,5, среднюю высоту — не более 3 м, их поверхность имеет поперечный уклон 0,02 в сторону поля. Расстояние от подошвы путевого откоса кавальера до бровки откоса выемки (обрез) принимается не менее 5 м, а со стороны постройки в будущем второго железнодорожного пути это расстояние увеличивается на ширину междупутья. В слабых грунтах обрез должен иметь большую ширину: не менее 5 + *H*, где *H* — глубина выемки, но не менее 10 м.

Для определения размеров кавальеров необходимо предварительно рассчитать площадь поперечного сечения выемки $F_в$ и площадь поперечного сечения кавальера $W_к$.

Площадь поперечного сечения выемки (рис. 1.4) определяется по формуле:

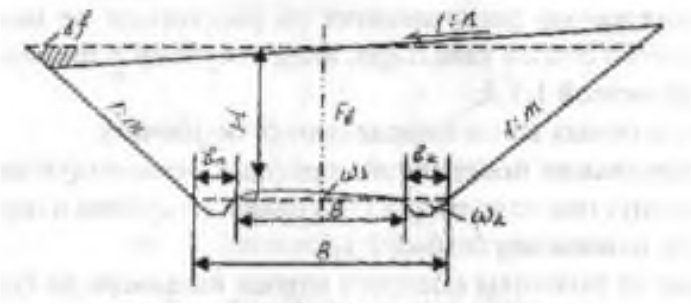


Рисунок 1.4 – Поперечный профиль выемки

$$F_в = F_0 + \Delta f - \omega_1 - \omega_2$$

где F_0 – площадь поперечного сечения выемки при условии отсутствия косогорности;

$$F_0 = BH + mH^2,$$

$$F_0 = 12 \cdot 6{,}0 + 1{,}5 \cdot 6{,}0^2 = 72 + 54 = 126 \text{ м}^2$$

где H – глубина выемки, м; принимаю H = 6,0 м;

B – ширина выемки на уровне бровок основной площадки земляного полотна;

m – крутизна откосов выемки (в обычных грунтах m = 1,5).

$$B = b + 2b_к$$

$$B = 7{,}6 + 2 \cdot 2{,}2 = 7{,}6 + 4{,}4 = 12{,}0 \text{ м}$$

где b – ширина основной площадки земляного полотна [12, табл. 1.1];

b = 7,6 м принимаю из исх. Данных.

$b_к$ – ширина кювета поверху (определяется, исходя из типовых размеров кювета), м; принимаю $b_к$ = 2,2 м;

ω_1 – площадь сливной призмы, м^2, определяется по формуле:

Для однопутных линий:

$$\omega_1 = (2{,}3 + b) / 2 \cdot 0{,}15 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$\omega_1 = (2{,}3 + 7{,}6) / 2 \cdot 0{,}15 = 9{,}9 / 0{,}3 = 33 \text{ (м}^2\text{)};$$

Для двухпутных линий:

$$\omega_1 = 1/2 \cdot b \cdot 0{,}2 = 0{,}1 \cdot b \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$\omega_1 = 1/2 \cdot 7{,}6 \cdot 0{,}2 = 0{,}1 \cdot 7{,}6 = 0{,}76 \text{ (м}^2\text{)}$$

ω_2 – площадь кюветов (см. рис. 1.4), м^2, принимаю ω_2 = 1,32 м^2;

Δf – приращение площади поперечного сечения выемки при наличии поперечного уклона местности, м^2:

$$\Delta f = k \cdot (F_0 + B^2 / 4m)$$

здесь k – коэффициент косогорности,

$$k = m^2 / (n^2 - m^2).$$

Значения k при m = 1,5 при разных значениях 1: n приведены в табл. 1.4.

$k = m^2 / (n^2 - m^2) = 1{,}5^2 / (8^2 - 1{,}5^2) = 2{,}25 / 64 - 2{,}25 = 2{,}25 / 61{,}75 = 0{,}0364$

тогда

$\Delta f = k \cdot (F_0 + B^2 / 4m) = 0{,}0364 \cdot (126 + 12^2 / 4 \cdot 1{,}5) =$

$= 0{,}0364 \cdot (126 + 144 / 6) = 0{,}0364 \cdot (270 / 6) = 0{,}0364 \cdot (45) = 1{,}64$

$\Delta f = 1{,}64$

Отсюда $F_в = F_0 + \Delta f - \omega_1 - \omega_2$

$F_в = 126 + 1{,}64 - 33 - 1{,}32 = 93{,}32$ м^2

Размеры кавальера определяются по следующим формулам (рис. 1.5):

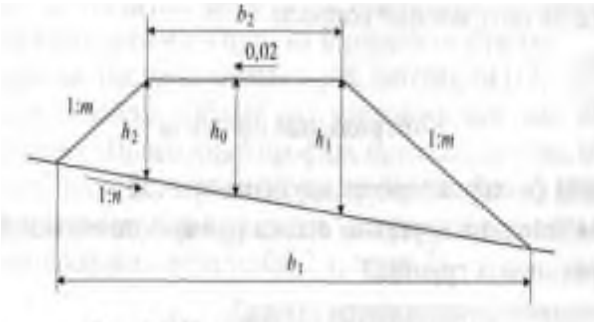


Рисунок 1.5 – Поперечный профиль кавальера

Площадь поперечного сечения кавальера:

$$W_к = (F_в \cdot P) / (t \cdot 100),$$

$$W_к = (93{,}32 \cdot 28\%) / (2 \cdot 100) = 2612{,}96 / 200 = 13{,}06 \text{ м}^2$$

где P – % грунта, укладываемого в кавальер (см. табл. 1.1);

t – число кавальеров (см. табл. 1.5: t = 1, если кавальер располагается с одной стороны выемки, и t = 2, если кавальер располагается с обеих сторон выемки). Принимаю t = 2;

Ширина кавальера поверху (по горизонтали) приближенно равна:

$$b_2 = W_к / h_0 - 1{,}5 \cdot h_0$$

$$b_2 = 13{,}06 / 3{,}0 - 1{,}5 \cdot 3{,}0 = 13{,}06 / 3{,}0 - 4{,}5 = 13{,}06 / 1{,}5 = 8{,}7 \text{ м}$$

где $W_к$ – площадь поперечного сечения кавальера, м^2;

h_0 – средняя высота кавальера (принимается в зависимости от площади кавальера, но не более 3 м), м. принимаю h_0 = 3,0 м;

Высота кавальера определяется по следующим формулам:

$$h_1 = h_0 - (0{,}01 \cdot b_2 + b_2 / 2n)$$

$$h_1 = 3{,}0 - (0{,}01 \cdot 8{,}7 + 8{,}7 / 2 \cdot 14) = 3{,}0 - (0{,}087 + 0{,}311) = 3{,}0 - (0{,}398) = 2{,}6 \text{ м}$$

$$h_2 = h_0 + (0{,}01 \cdot b_2 + b_2 / 2n)$$

$$h_2 = 3{,}0 + (0{,}01 \cdot 8{,}7 + 8{,}7 / 2 \cdot 14) = 3{,}0 + (0{,}398) = 3{,}398 = 3{,}4 \text{ м}$$

Ширина кавальера понизу (по горизонтальному направлению):

$$b_1 = b_2 + \frac{mnh2}{n+m} + \frac{mnh1}{n-m}$$

$$b_1 = 8{,}7 + \frac{1{,}5 \cdot 14 \cdot 3{,}4}{14+1{,}5} + \frac{1{,}5 \cdot 14 \cdot 2{,}6}{14-1{,}5} = 8{,}7 + \frac{71{,}4}{15{,}5} + \frac{54{,}6}{12{,}5} = 8{,}7 + 4{,}61 + 4{,}37 = 17{,}68 = 17{,}7 \text{ м}$$

где m – показатель крутизны откосов кавальера (1: m = 1:1,5);

n – показатель поперечного уклона местности.

Вывод: научился определять основные параметры земляного полотна и водоотводных устройств, сравнил полученные данные с нормативными показателями; вычертил схемы поперечного профиля насыпи и выемки.

Таблица 1.1

Ширина основной площадки, м, земляного полотна на прямых участках пути новых железных дорог

Категория железнодорожной линии	Число главных путей	При грунтах глинистых, крупнообломочных с глинистым заполнителем, скальных легко выветривающихся и выветривающихся, песков не дренирующих, мелких и пылеватых.	При грунтах скальных слабо выветривающихся, крупнообломочных с песчаным заполнителем и песков дренирующих (кроме мелких и пылеватых).
Скоростные и особо грузонапряженные линии	2	11,7	10,7
I и II	1	7,6	6,6
III	1	7,3	6,4
IV	1	7,1	6,2

Содержание отчета

1. Определение основных параметров насыпи (выемки), сравнение их с типовыми нормами.
2. Чертежи поперечных профилей земляного полотна (насыпи или выемки), резерва или кавальера.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Вывод.

Контрольные вопросы

1. От каких факторов зависит крутизна откоса?
2. Какова величина крутизны откоса при высоте насыпи 6 м, от 6 до 12 м и при различных грунтах?
3. Что называется заложением откоса?
4. Какова величина крутизны откосов выемки в скальных грунтах?
5. Каково назначение сливной призмы и ее формы?
6. Дайте определение высоты насыпи?
7. Дайте определение резерва насыпи?
8. От чего зависит ширина основной площадки земляного полотна?

Практическое занятие № 2

Тема: Осмотр и измерение элементов земляного полотна. Расчет количества элементов верхнего строения пути в штуках и тоннах, балласта в м^3 на конкретное протяжение пути.

Цель: ознакомиться и научиться измерять основные элементы земляного полотна; научиться определять количество материалов верхнего строения железнодорожного пути на конкретном участке.

Оборудование: инструкционная карта, литература [13,12], макеты земляного полотна, слайды «Общий вид земляного полотна», «Поперечный профиль насыпи», «Поперечный профиль выемки», рулетка, микрокалькулятор, учебный полигон, чертежные инструменты, бумага формата А4.

Исходные данные: нормы расхода материалов верхнего строения на 1 км железнодорожного пути (табл. 2.1, прил. 2).

Порядок выполнения

1. Назвать назначение и виды земляного полотна; требования, предъявляемые к нему.
2. Осмотреть земляное полотно и определить их основные элементы. Объяснить (письменно) назначение каждого элемента.
3. Измерить основные размеры насыпи (выемки):
   а) ширину основной площадки земляного полотна;
   б) высоту насыпи (выемки);
   в) ширину обочины.
4. Вычертить на стандартных листах бумаги поперечные профили насыпи и выемки.
5. На поперечных профилях указать наименование элементов и основные размеры.
6. Ширина земляного полотна поверху на прямых однопутных и двухпутных участках по ПТЭ.
7. По исходным данным (см. прил. 2) определить расход материалов на протяжении участка железнодорожного пути (тип верхнего строения железнодорожного пути задает преподаватель). Результаты занести в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Результаты расчетов расхода материалов верхнего строения железнодорожного пути

Наименование материалов и изделий	Единица измерения	На деревянных шпалах				На железобетон-		Количество материалов на фронте работ
		Неразделное скрепление		Раздельное скрепление		Раздельное скрепление		
		Р65	Р50	Р65	Р50	Р65	Р50	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Содержание отчета

1. Анализ результатов осмотра и измерений основных элементов земляного полотна и сравнение их с типовыми нормами.
2. Чертежи поперечных профилей насыпи и выемки.
3. Таблица с расчетами количества материалов верхнего строения железнодорожного пути на конкретном участке.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Что является основным элементом земляного полотна?
2. Каково назначение земляного полотна?
3. Назовите требования, предъявляемые к земляному полотну.
4. Что называется поперечным профилем земляного полотна?
5. Приведите классификацию поперечных профилей земляного полотна (перечислить).
6. Перечислите виды земляного полотна.
7. Каковы формы основной площадки земляного полотна для однопутных и двухпутных линий?
8. Чему равна высота насыпи?
9. Чему равна ширина земляного полотна поверху по ПТЭ на однопутных и двухпутных участках?
10. Дайте определение основания земляного полотна.
11. Дайте определение основной площадки.
12. Дайте определение крутизны откосов.
13. Дайте определение бермы насыпи.
14. Что называется обочиной земляного полотна?
15. Дайте определение бровки основной площадки.
16. Перечислите основные элементы верхнего строения железнодорожного пути.

Приложение 2

Исходные данные к практическому занятию № 2

Наименование материалов и изделий	Единица изм.	На деревянных шпалах					На железобетонных шпалах		
		Неразделное скрепление			Раздельное скрепление		Раздельное скрепление		
		Р75	Р65	Р50	Р65	Р50	Р75	Р65	Р50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рельсы (новые)	т	148,88	129,44	103,34	129,44	10334,	148,88	129,44	103,34
Накладки двухголовые:									
четырехдырные	т	3,81	3,81	—	3,81	—	3,81	3,81	—
шестидырные	т	4,72	4,72	3,01	4,72	3,01	4,72	4,72	3,01
Болты с гайками для накладок:									
четырехдырных	т	0,365	0,365	—	0,365	0,365	0,365	0,365	—
шестидырных	т	0,55	0,55	0,36	0,55	0,36	0.55	0,55	0,36
Шайбы стыковые для накладок четырехдырных:									
шайба пружинная	шт	320	320	—	320	—	320	320	—
	т	0,03	0,03	—	0,03	—	0,03	0,03	—
пружина тарельчатая	шт	640	640	—	640	—	640	640	—
	т	0,083	0,083	—	0.083	—	0.083	0,083	—
для накладок шестидырных:									
шайба пружинная	шт	480	480	480	480	480	480	480	480
	т	0,045	0,045	0,033	0.045	0,033	0,045	0,045	0,033
пружина тарельчатая	шт	960	960	—	960	—	960	960	—
	т	0.125	0.125	—	0.125	—	0.115	0.125	—
Подкладки нормальные	т	28.68	28,68	23,21	35,94	—	26,21	26,21	26,21
		29.58	—	—	—	—	—	—	—
Подкладки удлиненные для кривых радиусом от 501 м до 800 м	т	15.66	15,66	—	—	—	—	—	—
То же, для кривых радиусом 500 м и менее	т	31.32	31,32	—	—	—	—	—	—
Костыли	т	7.12	7,12	7,12	—	—	—	—	—
Шурупы	т	—	—	—	8,39	8,39	—	—	—
Клеммы стыковые	т	—	—	—	—	0.19	—	—	0,19
Клеммы промежуточные	т	—	—	—	4.64	4.64	4.64	4,64	4.64
Болты клеммные с гайками	т	—	—	—	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53
Шайбы пружинные двухвитковые	шт	—	—	—	7488	7488	7488	7488	7488
для клеммных болтов	т	—	—	—	0,90	0,90	0.М	0,М	0,90
Шайбы пружинные двухвитковые	шт		—	—	7488	7488	7488	7488	7488
для закладных болтов	т	—	—	—	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Закладные болты с гайками	шт	—	—	—	—	—	7488	7488	7488
	т	—	—	—	—	—	5,70	5,70	5,70
Шайбы круглые плоские или скобы:	шт	—	—	—	—	—	7488	7488	7488
шайбы	т	—	—	—	—	—	0,41	0,41	0,41
скобы	т	—	—	—	—	—	0,67	0,67	0,67
Шурупы путевые	т	—	—	—	8,38	8,38	—	—	—
Прокладки под рельс резиновые или резинокордовые	шт	—	—	—	3744	3744	3744	3744	3744
Прокладки под подкладки резиновые	шт	3744	3744	3744	3744	—	3744	3744	3744
Втулки изолирующие	шт	—	—	—		—	3744	3744	3744
Противоугоны пружинные при грузонапряженности до 25 млн т км брутто/км в год	шт. т	—	3320 4,52	3320 4,52	—	—	—	—	—
Противоугоны пружинные при грузонапряженности более 25 млн м км брутто/км в год	шт т	4400 6,20	4400 6,01	—	—	—	—	—	—
Рельсосмазыватели	шт	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Рельсовая смазка	шт	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Шпалы деревянные	шт	1872	1872	1872	1872	1872	—	—	—
Шпалы железобетонные	шт	—	—	—	—	—	1872	1872	1872
Для участков с автоблокировкой неэлектрифицированных линий									
Стыковые соединители штепсельные, стальные, тросовые, пружинные или графитовая мазь	шт кг	80 —	80 —	80 —	80 —	80 —	80 36	80 36	80 36
Электроды сварочные	кг	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Для электрифицированных участков									
Стыковые соединители приварные медные (для участков с постоянным тяговым током сечением 70 мм^2, с переменным 50 мм^2) или графитовая мазь	шт кг	80 —	80 —	80 —	80 —	80 —	80 36	80 36	80 36
Электроды сварочные	кг	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Изолирующий стык									
Накладки обьемлющие	шт кг	2 67,5	2 67,5	2 55,0	2 67,5	2 55,0	2 67,5	2 67,5	2 55,0
Планки стопорные	шт кг	4 2,32	4 2,32	4 2,54	4 2,32	4 2,54	4 2,32	4 2,32	4 2,54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Накладки АПАТЭК	комп. кг	1 20,48	1 20,48	1 17,8	1 20,48	1 17,8	1 20,48	1 20,48	1 17,8
Планки под болты	шт кг	4 0,35	4 0,35	4 0,40	4 0,35	4 0,40	4 0,35	4 0,35	4 0,40
Болты с гайками	шт кг	4 4,37	4 4,37	4 4,47	4 4,37	4 4,47	4 4,37	4 4,37	4 4,47
Шайбы пружинные	шт кг	4 0,37	4 0,37	4 0,41	4 0,37	4 0,41	4 0,37	4 0,37	4 0,41
Подкладки специальные	шт кг	2 11,94	2 11,94	2 11,94	2 11,94	2 11,94	2 16,4	2 16,4	2 16,4
Клеммы специальные	шт кг	—	—	—	—	—	4 2,4	4 2,4	4 2,4
Болты клеммные с гайками специальные	шт кг	—	—	—	—	—	4 1,74	4 1,74	4 1,74
Детали изолирующие (на один стык нити) фибровые, полиэтиленовые, стеклотекстолитовые или клееболтовой изолирующий стык	комп.	1	1	1	1	1	1	1	1

Практическое занятие № 3

Тема: Определение типа рельса по маркировке, размерам и внешнему виду.

Цель: Научиться определять по внешнему виду тип рельса, научиться расшифровывать и выполнять маркировку рельсов.

Оборудование: инструкционная карта, литература [13, 12], слайды «Поперечные профили рельсов», «Маркировка новых рельсов», макет «Рельс», учебный полигон, рулетка, штангенциркуль ПШВ-1, бумага формата А4, чертежные инструменты.

Порядок выполнения

1. Краткие теоретические сведения
2. Маркировка новых рельсов.
3. Определение типа рельсов по маркировке и размерам поперечного сечения.

Исходные данные: табл. 1, примеры маркировок рельсов (прил. 5).

Таблица 1

№ варианта	№ рисунка	№ варианта	№ рисунка	№ варианта	№ рисунка
1	а	11	а	21	а
2	б	12	б	22	б
3	в	13	в	23	в
4	г	14	г	24	г
5	а	15	а	25	а
6	б	16	б	26	б
7	в	17	в	27	в
8	г	18	г	28	г
9	а	19	а	29	а
10	б	20	б	30	б

1. Краткие теоретические сведения

Рельсы являются главнейшим элементом верхнего строения пути. Они предназначены:

1. непосредственно воспринимать давление от колѐс подвижного состава и передавать эти давления нижележащим элементам ВСП;

2. направлять колеса подвижного состава при их движении;

3. на участках с автоблокировкой служить проводником сигнального тока, а при электротяге — обратного силового тока.

Типы рельсов

Рельсы подразделяют:

по типам: Р50, Р65, Р65К (для наружных нитей кривых участков пути), Р75;

по категориям качества:

В – рельсы термоупрочненные высшего качества,

Т1, Т2 – рельсы термоупрочненные,

Н – рельсы нетермоупрочненные;

по наличию болтовых отверстий:

с отверстиями на обоих концах, без отверстий;

по способу выплавки стали:

М – из мартеновской стали,

К – из конвертерной стали,

Э – из электростали; по виду исходных заготовок: из слитков, из непрерывно-литых заготовок (НЛЗ);

по способу противофлокенной обработки:

из вакуумированной стали, прошедшие контролируемое охлаждение, прошедшие изотермическую выдержку.

На сети дорог завершен переход к рельсам длиной 25м не только прокатом новых на заводе, но и сваркой старогодных рельсов по длине 25м. Рельсы прежней стандартной длины 12,5м используют только как уравнительные на бесстыковом пути, при укладке стрелочных переводов и как инвентарные при сборке путевой решѐтки с железобетонными шпалами с последующей заменой их бесстыковыми рельсовыми плетями.

Для укладки на внутренней нити кривых изготовляют укороченные рельсы длиной 24,92 мм и 24,84 мм при 25-метровых рельсах и 12,46, 12,42мм при 12,5-метровых, а для бесстыкового пути — ещё и 12,38мм.

Вновь выпускаемые рельсы имеют круглые отверстия для болтов. Такая их форма выбрана по условиям увеличения прочности рельсов и упрощения технологии изготовления. Болтовые отверстия на концах рельсов просверливают перпендикулярно к вертикальной продольной плоскости рельсов; заусенцы и наплывы металла у болтовых отверстий и на торцах рельсов удаляют зачисткой. Предусмотрено снятие фаски глубиной 1…1,5мм на кромках болтовых отверстий и по нижним кромкам головки рельсов. Концы рельсов должны быть отфрезерованы перпендикулярно продольной оси рельса; перекос торцов не должен быть более 1,0 мм при измерении в любом направлении.

Расстояние от торца рельса до первого отверстия у рельсов Р75 и Р65 равно 96 мм, между осями первого и второго отверстия — 220 мм и от оси

второго до оси третьего — 130 мм; у рельсов Р50 эти расстояния составляют соответственно 66, 150 и 140 мм.
Все эти расстояния имеют допуски +1мм.

2. Маркировка новых рельсов

Все новые рельсы маркируются на заводах, что обеспечивает контроль за качеством рельсов при их изготовлении и эксплуатации.

Заводская маркировка рельсов делается постоянной (клеймение) и временной (красками). На одной стороне, на средней линии шейки вдоль каждого рельса выкатываются выпуклые (не менее 1 мм) с плавным переходом к поверхности шейки цифры и буквы высотой от 30 до 40 мм в следующем порядке: обозначение предприятия-изготовителя (начальная буква названия завода):

А – завод «Азовсталь»,

Д – Днепродзержинский комбинат,

К – Кузнецкий металлургический комбинат,

Т – Нижнетагильский металлургический комбинат;

– месяца — римскими цифрами и две последние цифры — года изготовления рельсов;

– типа рельсов;

– обозначение головного конца стрелкой.

На шейке вдоль оси каждого рельса (на той же стороне, где вы катаны выпуклые знаки) наносятся в горячем состоянии номер планки в 2—6 местах по длине рельса на расстоянии не менее 1,0 м от его концов (номер плавки рельсов 1 группы должен начинаться с буквы П); обозначение порядкового номера рельса.

Клейма, наносимые на шейку горячего рельса, должны быть вы сотой 12 мм и углублены в тело на 0,8…1,5 мм.

Расстояние между знаками должно быть 20…40 мм.

По окончании отделки рельсов на один торец рельса клеймением наносят:

– на торце головки инспекторские клейма — для рельсов I сорта один керн, один знак «Ключ и молоток», один знак «Серп и молот»;

– для рельсов II сорта два керна, два знака «Ключ и молоток»;

– на торце в нижней четверти шейки рельса — знак о закалке рельса К (если закалены только концы рельса) или З (если рельс закален по всей длине); на торце выше знака о закалке на шейке наносятся знаки головных и донных рельсов — I (рельс прокатан из головной части слитка) или Х (рельс прокатан из донной части слитка); на торец подошвы рельса — номер плавки, повторяя номер плавки, указанный на шейке вдоль рельса.

Для указания особенностей каждого рельса делают дополнительную маркировку рельсов красками.

На принятые рельсы 1 сорта наносится маркировка обводкой приѐмочных клейм по контуру головки несмываемой краской:

- голубого цвета у рельсов группы I;
- белого цвета у рельсов группы II.

Рельсы I класса обозначаются в верхней четверти рельса поперечной полосой фисташкового цвета, II класса — поперечной желтой полосой. На рельсах дополнительно указывается закалка.

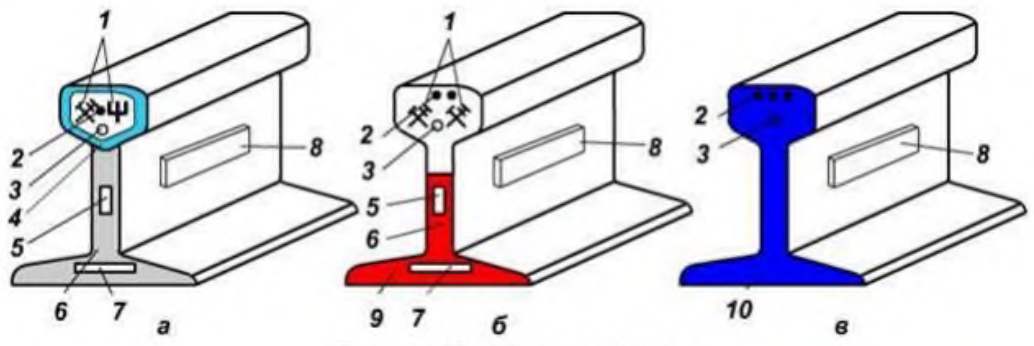


Рис. 1. Маркировка рельс

Вдоль «сырого» рельса на головке на расстоянии около 0,5м от торца наносится полоса шириной около 20мм голубого (рельсы I группы) или белого (рельсы II группы) цвета. Закалѐнный рельс обозначается вдоль рельса на расстоянии около 1м от торца на шейке поперечной полосой шириной около 20мм фисташкового цвета, а также вдавленным кольцом диаметром 15...20мм на шейке с обозначением номера плавки.

Рельсы I сорта в торце имеют закрашенную половину шейки и нижнюю часть подошвы красным («сырой» рельс) или зеленым («закаленный» рельс). На обоих торцах головки рельсов, не соответствующих требованиям стандарта, выбивается по три керна, а торцы их закрашиваются тѐмно-синей несмываемой краской.

Маркировка снимаемых с пути старогодных рельсов делается светлой краской на шейке рельса, обращенной внутрь колеи, на расстоянии около 1 м от левого стыка или торца (при нахождении человека внутри колеи лицом к маркируемому рельсу). Зимой может производиться временная маркировка мелом с последующим еѐ возобновлением масляной краской.

Маркировка состоит из знаков, определяющих группу годности рельсов. Рельсы I группы отмечаются одной вертикальной линией, группы II двумя линиями, III группы — тремя линиями, группы IV — тремя косыми крестами.

На рельсах, подлежащих ремонту перед повторной укладкой в путь, дополнительно ставится знак тире и буква Р.

Примеры условного обозначения рельсов: типа Р65, категории Т1 из стали марки М76Т, длиной 25 м с тремя болтовыми отверстиями на обоих концах рельса:

Рельс Р65-Т1-М76Т-25-3/2 ГОСТ Р 51685-2000 типа Р75, категории Т2, из стали марки Э76Ф, длиной 25 м с двумя болтовыми отверстиями на одном конце рельса:

Рельс Р75-Т2-Э76Ф-25-2/1 ГОСТ Р 51685-2000 типа Р65, категории Н, из стали марки М76, длиной 12,5 м, без болтовых отверстий:

Рельс Р65-Н-М76-12,5-0 ГОСТ Р 51685-2000 типа Р65, категории В, из стали марки К78ХСФ длиной 25 м, с тремя болтовыми отверстиями на одном конце рельса: Рельс Р65-В-К78ХСФ-25-3/1 ГОСТ Р 51685-200

3. Определение типа рельсов по маркировке и размерам поперечного сечения

1. Определить тип рельсов по маркировке и размерам поперечного сечения на учебном полигоне. Результаты осмотра оформить в виде табл. 2.

2. На основании исходных данных описать маркировку рельсов (см. табл. 1, рис. 1).

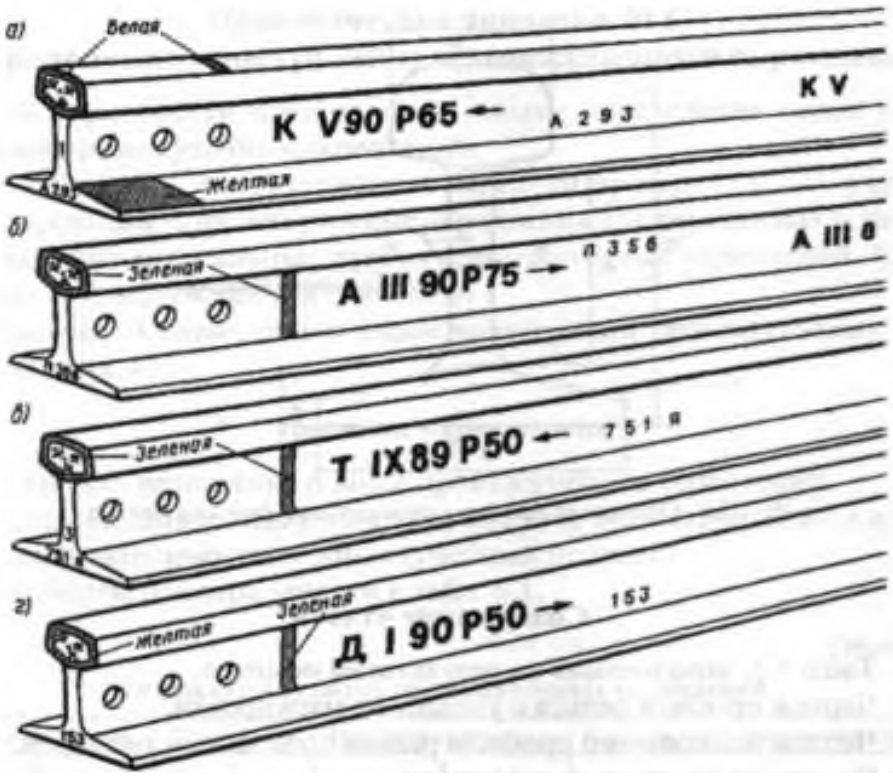


Рисунок 2 - Маркировка рельсов

Таблица 2

Определение типа рельсов по маркировке и размерам

Тип рельса	Длина рельса (м)	№ плавки	Завод-изготовитель	Выпуск		Примечания
				месяц	год	
1	2	3	4	5	6	7
Р65	25	А283	Кузнецкий металлург. комбинат	май	1990	
Р75	25	П356	Азовсталь	март	1990	
Р50	25	751 Я	Нижнетагильский	сентябрь	1989	
Р50	25	163	Днепродзержинский	январь	1990	

3. Вычертить поперечный профиль рельса с указанием размеров в масштабе 1:10. Форма и основные (контролируемые) размеры поперечного сечения рельсов приведены на рис. 2 и в табл. 3.

Таблица 3

Основные размеры поперечного сечения рельса

Наименование размера поперечного сечения рельса	Значение размера для типа рельса			
	Р 50	Р 65	Р 65К	Р 75
Высота рельса *H*, мм	150	180	181	192
Высота шейки *h*, мм	83	105	105	104
Ширина головки *b*, мм	72	75	75	75
Ширина подошвы *B*, мм	132	150	150	150
Толщина шейки *e*, мм	16	18	18	20
Высота пера *m*, мм	10,5	11,2	11,2	13,5

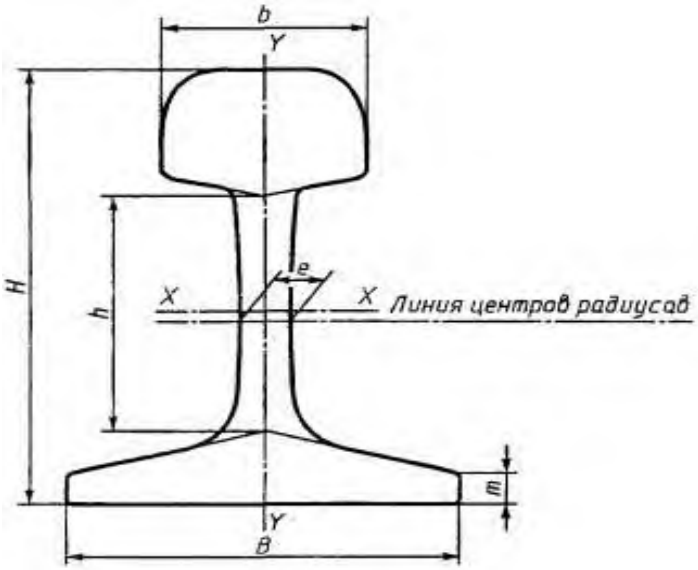


Рисунок 3 – Основные размеры поперечного сечения рельса

Вывод: определил по внешнему виду тип рельса, научился расшифровывать и выполнять маркировку рельсов, вычертил поперечный профиль рельса с указанием размеров в масштабе 1:10.

Содержание отчета

1. Табл. 5.1, заполненная по результатам осмотра.
2. Чертеж профиля рельса с указанием маркировки.
3. Чертеж поперечного профиля рельса с указанием размеров.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение рельсов? Какие требования предъявляют к современным рельсам?
2. На какие группы подразделяют рельсы и в чем их различие?
3. Как маркируют рельсы различного сорта и качества?
4. Сравните поперечные профили основных типов рельсов.
5. Каковы нормы допускаемого износа рельсов в различных условиях эксплуатации?
6. «Снятые рельсы после сортировки по типам и группам годности должны использоваться для повторной укладки в железнодорожный путь». Приведите аргументы правильности этого утверждения.
7. Что означает цифра в обозначении типа рельса?
8. Чему равна стандартная длина рельса?
9. Перечислите типы укорочений рельсов

Практическое занятие № 4

Тема: Расчет гидравлический водоотводной канавы.

Цель: научиться определять скорость течения и расчетный расход воды в канаве.

Оборудование: инструкционная карта, литература [12], слайды «Схема к гидравлическому расчету канавы», «Продольный профиль канавы», микрокалькулятор.

Исходные данные: табл. 3.1.

Таблица 3.1

Номер варианта	Грунт	Крутизна откосов канавы	Уклон дна канавы	Род русла канавы	Ширина канавы по низу a, м	Глубина канавы h, м	Расход воды в канаве Q, м³/с
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Глина	1:1,5	0,005	Гладкие стены	0,6	0,8	2,1
2	СГ	1:1,5	0,004	Бутовая кладка	0,7	0,6	2,4
3	ТГ	1:1,5	0,003	Мощение булыжником	0,6	0,7	2,3
4	СП	1:1,5	0,006	Земляные стенки	0,8	0,6	3,4
5	МП	1:2	0,005	Грубое бетонирование	0,7	0,8	2,8
6	КП	1:1,5	0,002	Мощеное дно	0,9	0,7	2,6
7	Скальный	1:1	0,0033	Цементная штукатурка	0,8	0,9	3,7
8	МП	1:2	0,004	Бетон	0,6	0,8	3,1
9	КП	1:1,5	0,007	Строганные доски	0,7	0,9	2,5
10	ТГ	1:1,5	0,0024	Тесовая кладка	0,6	0,8	2,7
11	СП	1:1,5	0,003	Заросшее мощение	0,8	0,6	3,6
12	СГ	1:1,5	0,004	Нестроганные доски	0,7	0,8	3,5
13	Глина	1:1,5	0,0028	Очень гладкие стены	0,9	0,6	3,3
14	МП	1:2	0,005	Бутовая кладка	0,8	0,7	2,8
15	Скальный	1:1	0,006	Тесовая кладка	0,7	0,9	2,4

Порядок выполнения

Размеры поперечного сечения канавы (рис. 3.1) устанавливают с расчетом пропуска максимального расчетного расхода воды. Наименьшую глубину канав H определяют получаемой расчетной величиной с прибавлением 0,2 м для возвышения бровки канавы над расчетным уровнем воды.

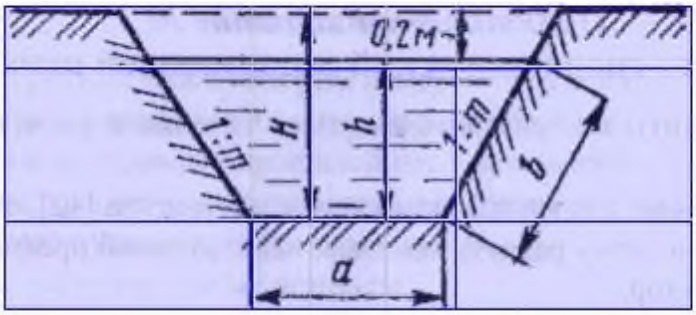


Рис. 3.1. Поперечный профиль канавы

Гидравлический расчет канав производят с использованием зависимости фактического расхода воды в канаве Q, м^3/с, от площади «живого (занятого водой) сечения» канавы W, м^2 и средней скорости протекания воды V, м/с:

$$Q = W \cdot V;$$

$$W = ah + mh^2$$

$$W = 0,6 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot 0,8^2 = 0,48 + 0,96 = 1,76$$

$$p = a + 2b = a + 2h \cdot \sqrt{1 + m2},$$

$$p = a + 2b = 0,6 + 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{1 + 1,5^2} = 0,6 + 1,6 \cdot \sqrt{3,25} =$$

$$0,6 + 1,6 \cdot 1,8 = 0,6 + 2,88 = 3,48 \text{ м}$$

где a — ширина дна канавы, м;

h — глубина воды в канаве, м;

m — коэффициент крутизны (заложение) откоса = 1:1,5 ;

p — смоченный периметр канавы, м.

Гидравлический радиус R, м определяют по формуле:

$$R = W/p.$$

$$R = W/p = 1,76 : 3,48 = 0,505$$

Скорость течения воды в канаве V, м/с определяют по формуле:

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

$$V = 60,7 \cdot \sqrt{0,505 \cdot 0,005} = 60,7 \cdot \sqrt{0,0025} = 60,7 \cdot 0,05 = 3,035$$

i = 0,005 – (из исх.данных)

где C – коэффициент зависящий от шероховатости поверхности дна канавы и гидравлического радиуса (см. приложение 3).

C = 60,7 – при $R = 0,50$ и при гладких стенках (Исх.дан.+прилож.3)

Затем вычисляют расчетный расход воды Q и сравнивается с заданным расходом $Q_{зад.}$. Если разница между этими значениями не превышает 5%, то глубина канавы и продольный уклон дна выбраны удачно. Если $Q > Q_{зад.,}$ то необходимо уменьшить размеры канавы и провести расчет вновь.

$$Q = W \cdot V = 1{,}76 \cdot 3{,}035 = 5{,}34 \text{ м}^3/\text{с}$$

При сравнении результатов, получилось,
что $Q > Q_{зад.} = 5{,}34 > 2{,}1$ *на 39,3%*, поэтому необходимо уменьшить размеры канавы и провести расчет вновь.

Результаты расчета занести в табл. 3.2

Таблица 3.2 - **Результаты гидравлического расчета канавы**

i	a, м	h, м	W, м^2	V, м/с	$H=h+0{,}2$
0,005	0,6	0,8	1,76	3,035	1,0

Полученную скорость движения воды необходимо сравнить с допускаемой скоростью при заданном грунте канавы (см. прил. 4). Если расчетная скорость больше допускаемой, то необходимо предусмотреть укрепление откосов канавы.

Приложение 3 - **Исходные данные к практическому занятию № 7**

Значения коэффициента C в зависимости от гидравлического радиуса R

Приложение 3

Исходные данные к практическому занятию № 3

Значения коэффициента C в зависимости от гидравлического радиуса *R*

Очень гладкие стены (цементная штукатурка, строганные доски)	48,7	54,3	60,4	64,3	67,1	69,5	76,9
Гладкие стенки (бетон, нестроганые доски, тесовая кладка)	41,0	46,2	52,0	55,7	58,4	60,7	67,8
Мощение булыжником, бутовая грубая кладка, хорошо уплотненные стенки в грунте	23,1	27,3	32,2	35,3	37,8	39,7	46,0
Бутовая кладка, грубое бетонирование	18,6	22,4	26,9	29,9	32,2	34,0	40,0
Земляные стенки, заросшее мощение	13,9	17,3	21,3	24,0	26,0	27,8	33,3
Одернованные откосы и мощеное дно	10,9	13,8	17,4	19,9	21,8	23,4	26,6
Род русла канавы	$R = 0{,}05$	$R = 0{,}10$	$R = 0{,}20$	$R = 0{,}30$	$R = 0{,}40$	$R = 0{,}50$	$R = 1{,}00$

Приложение 4

Исходные данные к практическому занятию № 3

Допускаемые (не размывающие) средние скорости течения воды, м/с, в зависимости от средней глубины потока *h*, м

Грунты канав Тип укрепления для искусственных сооружений	$h = 0,4$ м	$h = 1,0$ м	$H = 2,0$ м	$H = 3,0$ м и более
Грунты канав				
Песок мелкий	0,20–0,35	0,30–0,45	0,40–0,55	0,45–0,60
Песок среднезернистый	0,35–0,50	0,45–0,60	0,55–0,70	0,60–0,75
Песок крупный	0,50–0,65	0,60–0,75	0,70–0,80	0,75–0,90
Гравий мелкий	0,65–0,80	0,75–0,80	0,80–1,00	0,90–1,10
Галька среднезернистая	1,10–1,25			
Галька с гравием и мелким булыжником	1,50–2,00	1,85–2,40	2,10–2,75	2,30–3,10
Глины	0,35–0,70	0,40–0,85	0,45–0,95	0,50–1,10
Суглинки	0,35–0,65	0,40–0,80	0,45–0,90	0,50–1,00
Сланцы	2,0	2,5	3,0	3,5
Известняк	3,0	3,5	4,0	4,5
Гранит, базальт	15	18	20	20
Искусственные сооружения				
Одерновка плашмя	0,9	1,2	1,3	1,4
Одерновка «в стенку»	1,5	1,8	2,0	2,2
Наброска из камня размерами 15-20 см	3,0–3,5	3,35–3,8	3,75–4,3	4,1–4,65
Наброска из камня размерами 20–30 см	3,5–3,85	3,8–4,35	4,3–4,7	4,65–4,9
Одиночное мощение на слое щебня не менее 10 см при размерах камня 15–25 см	2,5–3,5	3,0–4,0	3,5–4,5	4,0–5,0
Бетонные лотки с гладкой поверхностью	10,0–13,0	12,0–16,0	13,0–19,0	15,0–20,0
Бетонные откосные плиты	5,0–6,5	6,0–8,0	7,9–10,0	7,5–12,0
Гладкие деревянные лотки при течении воды вдоль волокон	8,0	10,0	12,0	14,0

Содержание отчета

1. Гидравлический расчет канавы.
2. Результаты гидравлического расчета канавы.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Вывод.

Контрольные вопросы

1. С какой целью и как производят регулирование стока поверхностных вод?
2. Какие поверхностные водоотводы устраивают при насыпи и выемке?
3. В чем заключается проектирование канав?
4. Что называют бассейном?
5. Как определяют наименьшую глубину канав?
6. Какова величина крутизны откоса канавы при различных грунтах?
7. Какова последовательность гидравлического расчета канавы

Практическое занятие № 5

Тема: Расчет геометрических параметров нормального съезда и стрелочной улицы

Цель: 1. Научиться определять основные геометрические элементы для разбивки нормального съезда: полную и теоретическую длину, длину прямой вставки между крестовинами смежных стрелочных переводов на основе исходных данных.

2. Научиться чертить на миллиметровой бумаге схему нормального съезда (в осях путей) в масштабе 1:500, указывать на схеме основные размеры.

3. Научиться определять полную и теоретическую длину стрелочной улицы, расположенной под углом, равным углу крестовины, к основному железнодорожному пути, а также длину прямой вставки между концами стрелочных переводов.

4. Научиться чертить на миллиметровой бумаге в масштабе 1:1000 схему стрелочной улицы в осях железнодорожных путей, показывать на схеме основные размеры. Оборудование: инструкционная карта, литература [12, 18], микрокалькулятор, миллиметровая бумага формата А3, чертежные инструменты.

Таблица 1

Исходные данные для разбивки стрелочной улицы

Номер варианта	Тип рельса	Марка крестовины	Расстояние между осями ж.д. путей, мм	Число ж.д. путей, включая основной ж.д. путь
1	Р50	1/11	e_1 = 4800 e = 4800	5
2	Р65	1/11	e_1 = 5300 e = 4800	6
3	Р50	1/9	e_1 = 4800 e = 4800	3
4	Р65	1/11	e_1 = 5300 e = 4800	5
5	Р65	1/9	e_1 = 5300 e = 4800	4

Таблица 2

Исходные данные для разбивки нормального съезда

Номер варианта	Тип рельсов	Марка крестовины	Ширина междупутья *E*, мм
1	Р65	1/11	5300
2	Р50	1/9	4800
3	Р50	1/11	4800
4	Р65	1/9	5300

Таблица 3

Основные размеры обыкновенных стрелочных переводов

Тип рельсов	Марка крестовины	Угол крестовины	Расстояния, мм						Радиус переводной кривой, мм	Полная длина перевода, мм
			От стыка рамных рельсов до начала остряков	От начала остряков до Центра перевода	От стыка рамных рельсов до центра перевода	От центра перевода до математического центра крестовины	От математического центра крестовины до	От центра перевода до хвоста крестовины		
	tg*a*	*a*	*m*	a_0	a	$в_0$	q	в	$R_н$	$Z_п$
Р65	1/11	5°11'40"	2769	11294	14063	16754	2550	19304	300000	33367
	1/9	6°20'25"	2769	12458	15227	13722	2090	15812	200060	31039
Р50	1/11	5°11'40"	4327	10148	14475	16754	2300	19054	297259	33529
	1/9	6°20'25"	4327	13132	15459	13722	1880	15602	200000	31061
Р65	1/18	3°10'12,5"	3836	21793	25629	27465	4425	31890	961690	57519
Р65	1/22	2°35'50"	5034	26920	31954	33526	5060	38586	1444560	70540

Порядок выполнения

Нормальный съезд представляет собой соединение железнодорожных путей двумя стрелочными переводами одной марки и одного типа. Основные размеры стрелочного съезда приведены на рисунке 1.

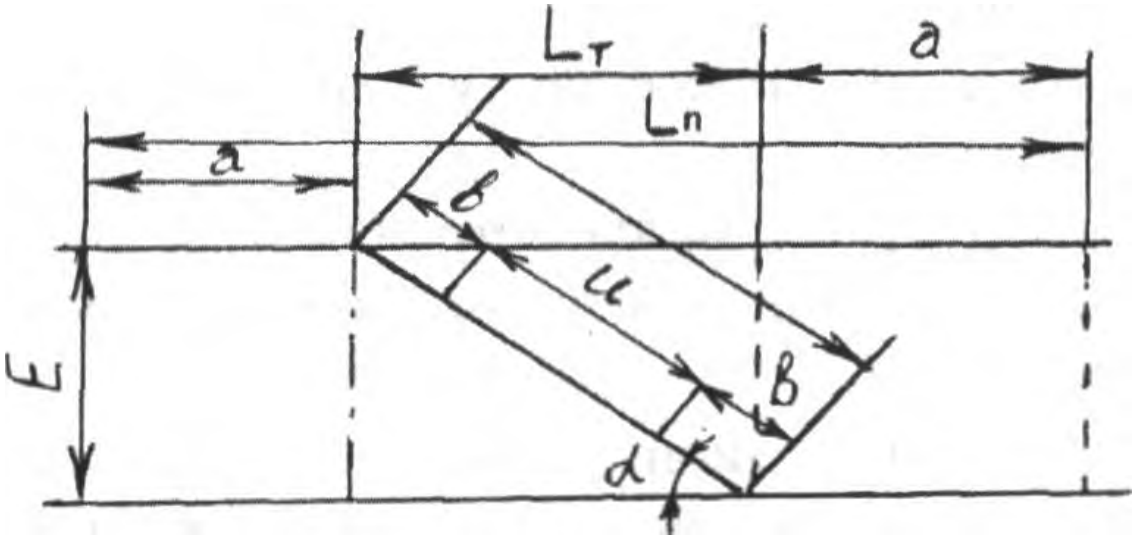


Рисунок 1 - Схема нормального съезда

Основные размеры |юрмального стрелочного съезда определяются по следующим формулам: Теоретическая длина съезда:

$$L_т = EN.$$

Полная длина съезда:

$$L_п = L_т + 2a.$$

Длина прямой вставки между переводами:

$$U = E/\sin a - 2b,$$

где E — расстояние между осями железнодорожных путей, мм (см. табл. 15.2);

a — угол крестовины;

a — расстояние от центра стрелочного перевода до переднего стыка рамных рельсов, мм;

b — расстояние от центра перевода до заднего стыка крестовины.

Размеры ao, b , т, q, a рекомендуется определять [19, табл. 5.1, с. 166—167].

При этом следует учесть:

$$a = a_0 + m,$$

где a_0 — расстояние от ЦП до начала остряков, мм;

m — передний вылет рамного рельса, мм.

$$b = b_0 + g,$$

где b_0 — расстояние от ЦП до МЦК, мм;

g — длина хвостовой части крестовины, мм.

2. Вычертить на миллиметровой бумаге схему нормального съезда (в осях железнодорожных путей) в масштабе 1:500, указать на схеме основные размеры.

3. Стрелочной улицей называется железнодорожный путь, на котором расположен ряд обыкновенных стрелочных переводов на расчетных расстояниях друг от друга. Основные размеры стрелочной улицы, расположенной под углом, равным углу крестовины, к основному железнодорожному пути, приведены на рисунке 2.

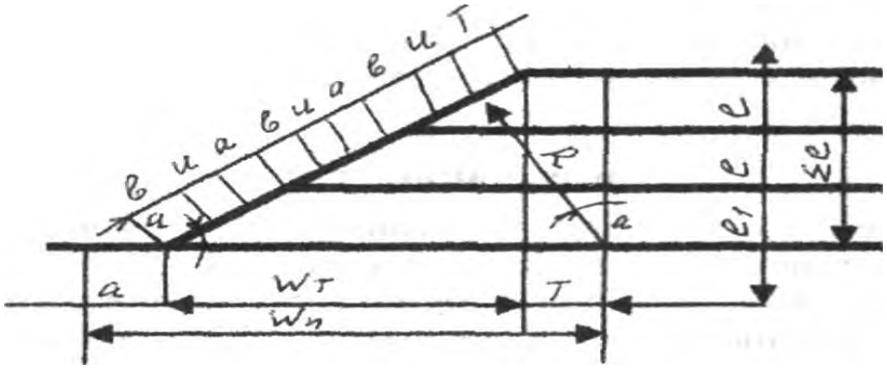


Рис. 2 - Схема стрелочной улицы

Основные размеры стрелочной улицы определяются по следующим формулам:

Теоретическая длина стрелочной улицы:

$$W_т = N \bullet \Sigma e ,$$

где N — знаменатель марки крестовины;

Σe — сумма междупутий на стрелочной улице, мм.

Полная длина стрелочной улицы:

$$W_п = a + W_т + T,$$

где a — расстояние от центра стрелочного перевода до переднего стыка рамных рельсов ($a = a_0 + m$ — см. пояснения в п. 1);

T — тангенс закрестовинной кривой последнего железнодорожного пути стрелочной улицы:

$$T = R_н \bullet tan \bullet a/2,$$

где $R_н$ — радиус закрестовинной кривой (принимается равным радиусу переводной кривой стрелочного перевода), мм;

a — угол крестовины стрелочного перевода.

Длина прямой вставки между стрелочными переводами:

$$U = E/\sin a - Z_п ,$$

где E — расстояние между осями смежных железнодорожных путей, мм (см. табл. 15.1);

$Z_п$ — полная длина стрелочного перевода, мм.

Все размеры стрелочных переводов (a_0, m, $R_п$, a, $Z_п$) рекомендуется определять по [19, табл. 5.1, с. 166-167].

4. Вычертить на миллиметровой бумаге в масштабе 1:1000 схему стрелочной улицы в осях железнодорожных путей, показать на схеме основные размеры.

Содержание отчета

1. Определение основных геометрических элементов для разбивки нормального съезда на основе исходных данных.

2. Чертеж на миллиметровой бумаге схемы нормального съезда в осях железнодорожных путей в масштабе 1:500 с указанием основных размеров.

3. Определение полной и теоретической длины стрелочной улицы, расположенной под углом, равным углу крестовины, к основному железнодорожному пути, а также длины прямой вставки между концами стрелочных переводов.

4. Чертеж на миллиметровой бумаге в масштабе 1:1000 схемы стрелочной улицы в осях железнодорожных путей с указанием основных размеров.

5. Ответы на контрольные вопросы.

6. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой съезды?

2. Какие съезды различают?

3. Где применяются сокращенные съезды?

4. Что представляет собой нормальный съезд?

5. Где укладывают нормальный перекрестный съезд и что он собой представляет?

6. Что называется стрелочной улицей?

7. Какие различают стрелочные улицы в зависимости от конструкций, от расположения по отношению к основному железнодорожному пути?

Практическое занятие № 6

Тема: Расчет гидравлический водоотводной канавы

Цель: научиться определять скорость течения и расчетный расход воды в канаве.

Оборудование: инструкционная карта, литература [12], слайды «Схема к гидравлическому расчету канавы», «Продольный профиль канавы», микрокалькулятор.

Исходные данные: табл. 3.1.

Таблица 3.1

Номер варианта	Грунт	Крутизна откосов канавы	Уклон дна канавы	Род русла канавы	Ширина канавы по низу a, м	Глубина канавы h, м	Расход воды в канаве Q, м^3/с
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Глина	1:1,5	0,005	Гладкие стены	0,6	0,8	2,1
2	СГ	1:1,5	0,004	Бутовая кладка	0,7	0,6	2,4
3	ТГ	1:1,5	0,003	Мощение булыжником	0,6	0,7	2,3
4	СП	1:1,5	0,006	Земляные стенки	0,8	0,6	3,4
5	МП	1:2	0,005	Грубое бетонирование	0,7	0,8	2,8
6	КП	1:1,5	0,002	Мощеное дно	0,9	0,7	2,6
7	Скальный	1:1	0,0033	Цементная штукатурка	0,8	0,9	3,7
8	МП	1:2	0,004	Бетон	0,6	0,8	3,1
9	КП	1:1,5	0,007	Строганные доски	0,7	0,9	2,5
10	ТГ	1:1,5	0,0024	Тесовая кладка	0,6	0,8	2,7
11	СП	1:1,5	0,003	Заросшее мощение	0,8	0,6	3,6
12	СГ	1:1,5	0,004	Нестроганные доски	0,7	0,8	3,5
13	Глина	1:1,5	0,0028	Очень гладкие стены	0,9	0,6	3,3
14	МП	1:2	0,005	Бутовая кладка	0,8	0,7	2,8
15	Скальный	1:1	0,006	Тесовая кладка	0,7	0,9	2,4

Порядок выполнения

Размеры поперечного сечения канавы (рис. 3.1) устанавливают с расчетом пропуска максимального расчетного расхода воды. Наименьшую глубину канав H определяют получаемой расчетной величиной с прибавлением 0,2 м для возвышения бровки канавы над расчетным уровнем воды.

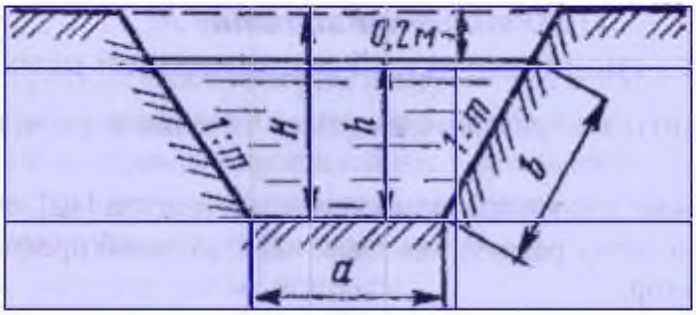


Рис. 3.1. Поперечный профиль канавы

Гидравлический расчет канав производят с использованием зависимости фактического расхода воды в канаве Q, м^3/с, от площади «живого (занятого водой) сечения» канавы W, м^2 и средней скорости протекания воды V, м/с:

$$Q = W \cdot V;$$

$$W = ah + mh^2$$

$$W = 0,6 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot 0,8^2 = 0,48 + 0,96 = 1,76$$

$$p = a + 2b = a + 2h \cdot \sqrt{1 + m2},$$

$$p = a + 2b = 0,6 + 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{1 + 1,5^2} = 0,6 + 1,6 \cdot \sqrt{3,25} =$$

$$0,6 + 1,6 \cdot 1,8 = 0,6 + 2,88 = 3,48 \text{ м}$$

где a — ширина дна канавы, м;

h — глубина воды в канаве, м;

m — коэффициент крутизны (заложение) откоса = 1:1,5 ;

p — смоченный периметр канавы, м.

Гидравлический радиус R, м определяют по формуле:

$$R = W/p.$$

$$R = W/p = 1,76 : 3,48 = 0,505$$

Скорость течения воды в канаве V, м/с определяют по формуле:

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

$$V = 60,7 \cdot \sqrt{0,505 \cdot 0,005} = 60,7 \cdot \sqrt{0,0025} = 60,7 \cdot 0,05 = 3,035$$

i = 0,005 – (из исх.данных)

где C – коэффициент зависящий от шероховатости поверхности дна канавы и гидравлического радиуса (см. приложение 3).

C = 60,7 – при $R = 0,50$ и при гладких стенках (Исх.дан.+прилож.3)

Затем вычисляют расчетный расход воды Q и сравнивается с заданным расходом $Q_{зад.}$. Если разница между этими значениями не превышает 5%, то глубина канавы и продольный уклон дна выбраны удачно. Если $Q > Q_{зад.,}$ то необходимо уменьшить размеры канавы и провести расчет вновь.

$$Q = W \cdot V = 1{,}76 \cdot 3{,}035 = 5{,}34 \text{ м}^3/\text{с}$$

При сравнении результатов, получилось,
что $Q > Q_{зад.} = 5{,}34 > 2{,}1$ *на 39,3%*, поэтому необходимо уменьшить размеры канавы и провести расчет вновь.

Результаты расчета занести в табл. 3.2

Таблица 3.2 - **Результаты гидравлического расчета канавы**

i	a, м	h, м	W, м^2	V, м/с	$H=h+0{,}2$
0,005	0,6	0,8	1,76	3,035	1,0

Полученную скорость движения воды необходимо сравнить с допускаемой скоростью при заданном грунте канавы (см. прил. 4). Если расчетная скорость больше допускаемой, то необходимо предусмотреть укрепление откосов канавы.

Приложение 3 - **Исходные данные к практическому занятию № 7**

Значения коэффициента C в зависимости от гидравлического радиуса R

Приложение 3

Исходные данные к практическому занятию № 3

Значения коэффициента C в зависимости от гидравлического радиуса *R*

Очень гладкие стены (цементная штукатурка, строганные доски)	48,7	54,3	60,4	64,3	67,1	69,5	76,9
Гладкие стенки (бетон, нестроганые доски, тесовая кладка)	41,0	46,2	52,0	55,7	58,4	60,7	67,8
Мощение булыжником, бутовая грубая кладка, хорошо уплотненные стенки в грунте	23,1	27,3	32,2	35,3	37,8	39,7	46,0
Бутовая кладка, грубое бетонирование	18,6	22,4	26,9	29,9	32,2	34,0	40,0
Земляные стенки, заросшее мощение	13,9	17,3	21,3	24,0	26,0	27,8	33,3
Одернованные откосы и мощеное дно	10,9	13,8	17,4	19,9	21,8	23,4	26,6
Род русла канавы	$R = 0{,}05$	$R = 0{,}10$	$R = 0{,}20$	$R = 0{,}30$	$R = 0{,}40$	$R = 0{,}50$	$R = 1{,}00$

Приложение 4

Исходные данные к практическому занятию № 3

Допускаемые (не размывающие) средние скорости течения воды, м/с, в зависимости от средней глубины потока *h*, м

Грунты канав Тип укрепления для искусственных сооружений	$h = 0,4$ м	$h = 1,0$ м	$H = 2,0$ м	$H = 3,0$ м и более
Грунты канав				
Песок мелкий	0,20–0,35	0,30–0,45	0,40–0,55	0,45–0,60
Песок среднезернистый	0,35–0,50	0,45–0,60	0,55–0,70	0,60–0,75
Песок крупный	0,50–0,65	0,60–0,75	0,70–0,80	0,75–0,90
Гравий мелкий	0,65–0,80	0,75–0,80	0,80–1,00	0,90–1,10
Галька среднезернистая	1,10–1,25			
Галька с гравием и мелким булыжником	1,50–2,00	1,85–2,40	2,10–2,75	2,30–3,10
Глины	0,35–0,70	0,40–0,85	0,45–0,95	0,50–1,10
Суглинки	0,35–0,65	0,40–0,80	0,45–0,90	0,50–1,00
Сланцы	2,0	2,5	3,0	3,5
Известняк	3,0	3,5	4,0	4,5
Гранит, базальт	15	18	20	20
Искусственные сооружения				
Одерновка плашмя	0,9	1,2	1,3	1,4
Одерновка «в стенку»	1,5	1,8	2,0	2,2
Наброска из камня размерами 15-20 см	3,0–3,5	3,35–3,8	3,75–4,3	4,1–4,65
Наброска из камня размерами 20–30 см	3,5–3,85	3,8–4,35	4,3–4,7	4,65–4,9
Одиночное мощение на слое щебня не менее 10 см при размерах камня 15–25 см	2,5–3,5	3,0–4,0	3,5–4,5	4,0–5,0
Бетонные лотки с гладкой поверхностью	10,0–13,0	12,0–16,0	13,0–19,0	15,0–20,0
Бетонные откосные плиты	5,0–6,5	6,0–8,0	7,9–10,0	7,5–12,0
Гладкие деревянные лотки при течении воды вдоль волокон	8,0	10,0	12,0	14,0

Содержание отчета

1. Гидравлический расчет канавы.
2. Результаты гидравлического расчета канавы.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Вывод.

Контрольные вопросы

1. С какой целью и как производят регулирование стока поверхностных вод?
2. Какие поверхностные водоотводы устраивают при насыпи и выемке?
3. В чем заключается проектирование канав?
4. Что называют бассейном?
5. Как определяют наименьшую глубину канав?
6. Какова величина крутизны откоса канавы при различных грунтах?
7. Какова последовательность гидравлического расчета канавы?

Практическое занятие №7

Тема: Расчет глубины заложения подкюветного дренажа.

Цель: научиться определять глубину заложения несовершенного дренажа. **Оборудование:** инструкционная карта, литература [12], слайд «Схемы подкюветных дренажей», микрокалькулятор, бумага формата А4, чертежные инструменты.

Исходные данные: табл. 4.1

Таблица 4.1

Номер варианта	Категория железной дороги	Число ж.д. путей	Класс ж.д. пути	Глубина промерзания, м	Вид дренажа	Положение уровня грунтовых вод относительно дна кювета, м
1	I	2	I	1,45	односторонний подкюветный	–0,15
2	II	1	2	1,84	двусторонний подкюветный	–0,25
3	III	1	3	1,53	односторонний подкюветный	–0,28
4	I	1	4	2,02	двусторонний подкюветный	–0,30
5	II	2	1	1,82	односторонний подкюветный	–0,10
6	III	2	2	2,10	двусторонний подкюветный	–0,25
7	I	1	3	1,49	односторонний подкюветный	–0,40
8	II	2	4	1,88	двусторонний подкюветный	–0,20
9	III	1	1	1,65	односторонний подкюветный	–0,21
10	I	2	2	1,78	двусторонний подкюветный	–0,32
11	II	2	3	2,23	односторонний подкюветный	–0,15
12	III	1	4	1,16	двусторонний подкюветный	–0,22
13	I	1	1	2,04	односторонний подкюветный	–0,27
14	II	1	2	1,58	двусторонний подкюветный	–0,14
15	III	2	3	2,62	односторонний подкюветный	–0,19

Примечание: Знак «-» означает, что уровень грунтовых вод расположен ниже дна кювета.

Исходные данные

Вариант	*A, м*	*I, ‰*	*l, м*	$a_{кп}$, *м*	*e, м*	H_c, *м*	*y, м*
1	1.15	1.1	0.30	0.30	0.25	0.50	0.90

Порядок выполнения

На основании исходных данных необходимо выбрать расчетную схему дренажа (рис. 4.1,4.2).

Глубина траншеи *H* несовершенного дренажа определяется по формуле:

$$H = A + I_0 \bullet l + a_{кп} + e + h_c - y$$

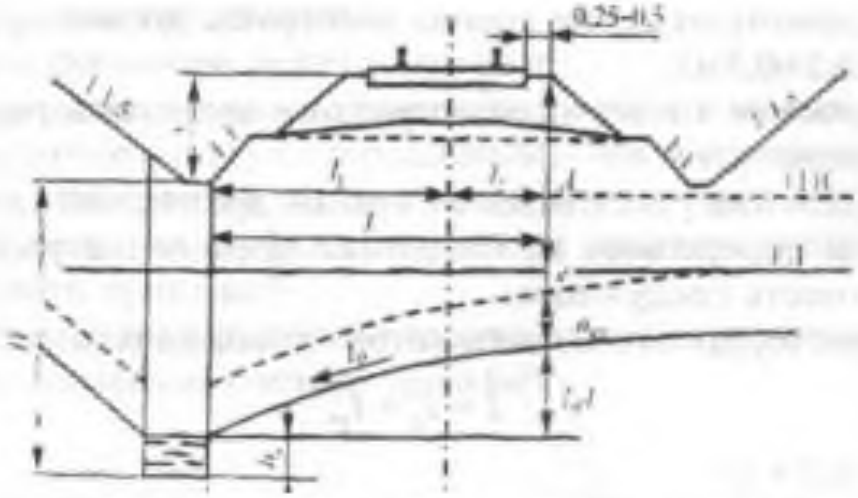


Рис. 4.1 Схема одностороннего подкюветного дренажа

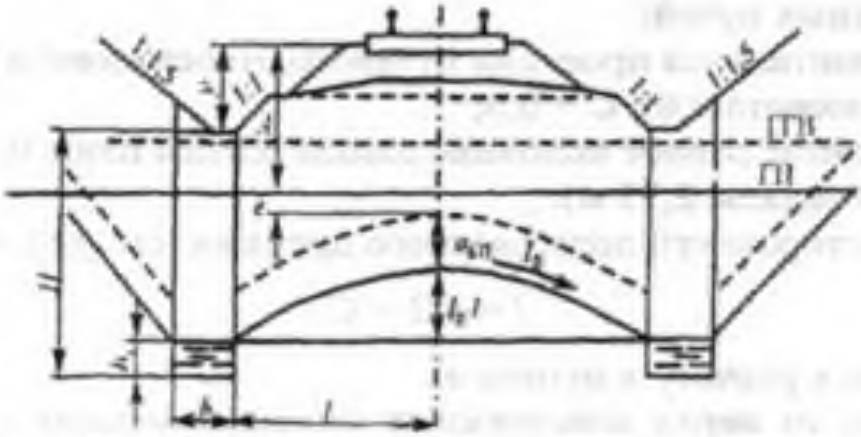


Рис. 4.2. Схема двустороннего подкюветного дренажа:
ГГВ — уровень грунтовых вод до устройства дренажа;
ГП — глубина промерзания земляного полотна

где A — глубина промерзания балластного слоя и грунтов земляного полотна, измеряемая в сечении, проходящем через концы шпал, м;

I_0 — средний уклон кривой депрессии осушаемых грунтов (принимается в супесчаных — 0,02 ÷0,05, в суглинках — 0,05÷0, 1, в глинах — 0,1 ÷0,2);

l — расстояние от стенки дренажной траншеи до сечения, в котором определяют необходимое понижение уровня грунтовых вод, м;

$a_{кп}$ — высота капиллярного поднятия воды над кривой депрессии (может быть принята для песчаных грунтов 0,3÷0,4 м, для супесей и суглинков 0,4÷0,5, для глин 0,6÷0,8);

e — величина возможного в различные годы колебания уровня капиллярных вод и глубины промерзания (принимается 0,2÷0,25);

h_c — расстояние от верха дренажной трубы до дна дренажа (обычно применяется 0,3÷0,5м);

y — расстояние от верха конструкции железнодорожного пути до верха дренажа, м.

$$H = A + I_0 \bullet l + a_{кп} + e + h_c - y$$

$$H = 1{,}15 + 0{,}0011 \bullet 0{,}30 + 0{,}30 + 0{,}25 + 0{,}50 - 0{,}90$$

$$H = 1{,}15 + 0{,}00033 + 0{,}30 + 0{,}25 + 0{,}50 - 0{,}90 = 1{,}3\ м;$$

При определении расстояния от стенки дренажной траншеи до сечения, в котором определяют необходимое понижение уровня грунтовых вод, следует учесть следующее:

а) для одностороннего подкюветного дренажа (см. рис. 4.1)

$$l = l_1 + l_2$$

при этом $l_1 = b/2 + C = 7{,}6 / 2 + 0{,}6 = 4{,}4\ м$

где b — ширина основной площадки земляного полотна [12, табл. 1.1] в зависимости от категории железной дороги, рода грунта и количества железнодорожных путей; (по заданию катег.ж.д. 1, число путей - 2, класс пути - 1, вид дренажа - односторонний рис.4.1 табл. 1.1 - $b = 7{,}6\ м;$

C — горизонтальная проекция путевого откоса кювета (при крутизне 1:1 и глубине кювета 0,6), C = 0,6;

l_2 — расстояние равное половине длины шпалы плюс 0,25÷0,5 м (длина деревянной шпалы 2,75 м). = 2.75/2 + 0,25 = 1,625 м;

б) для двустороннего подкюветного дренажа (см. рис. 4.2)

$$l = b/2 + C = 7{,}6/2 + 0{,}6 = 4{,}4\ м;\ так\ же,\ как\ и\ l_1$$

(см. пояснения к расчету в пункте а).

Расстояние от верха конструкции железнодорожного пути до верха дренажа устанавливается в зависимости от заданного типа верхнего строения железнодорожного пути как сумма следующих размеров: глубины кювета, толщины сливной призмы, толщины балласта и песчаной подушки под шпалой [12, табл. 2.22, с. 192] и толщины шпалы за вычетом 3 см для деревянных шпал — от верхней постели шпалы до балластного слоя.

Вывод: подкюветные дренажи служат для понижения уровня грунтовых вод под основной площадкой земляного полотна.

Глубина дренажной траншеи определяется типом дренажа и необходимой величиной снижения уровня грунтовых вод.

Содержание отчета

1. Схема подкюветного дренажа.
2. Расчет подкюветного дренажа.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Какие устройства применяются для защиты земляного полотна от вредного воздействия грунтовых вод?
2. Каково назначение дренажа?
3. По каким признакам делится дренаж?
4. Как устраивают дренажи траншейного типа в выемках?
5. В чем различие между совершенным и несовершенным дренажем? Расскажите, как выбирается тип дренажа.
6. Чем определяется глубина заложения двустороннего несовершенного подкюветного дренажа?
7. Какова последовательность гидравлического расчета дренажа?
8. Из каких элементов состоит дренаж?

Практическое занятие № 8

Тема: Определение соответствия обустройства переезда требованиям Инструкции ЦП/483

Цель: научиться осмотру железнодорожного переезда, оценке видимости подходов, определению его категории в соответствии с инструкцией, определению состояния настила, измерению ширины желобов в контррельсе и сравнению с нормами, определению соответствия обустройства железнодорожного переезда требованиям инструкции.

Оборудование: инструкционная карта, литература [3, 4, 20], железнодорожный переезд (действующий или на учебном полигоне), штангенциркуль «Путеец», рулетка, бумага формата А4, чертежные инструменты.

Порядок выполнения

1. Осмотреть в натуре переездный настил на деревянных и железобетонных шпалах.

2. Произвести следующие измерения:

— ширина проезжей части железнодорожного переезда, не менее – 6 м;

— ширина настила, не менее – 4 м;

— размер контррельса – в пределах настила могут укладываться контррельсы. Их концы на длине 50 см сгибаются внутрь колеи на 25 см;

— ширина желоба – 75-110 мм;

— глубина желоба – не менее 45 мм.

3. Измерить расстояние в м от крайнего рельса до:

— стойки шлагбаума – на полуавтоматических шлагбаумах и электрошлагбаумах не менее 4, 6, 8 м от крайнего рельса в зависимости от длины заградительного бруса (соответственно 4; 6; 8 м).

— мачты светофора – не менее 0,75 м от кромки проезжей части дороги;

— перил – должны соответствовать типовому проекту переезда.

4. Определить категорию железнодорожного переезда и его конструкцию в соответствии с [3] – *переезд* относится к категории *регулируемый* (1 кат), он оборудован устройствами переездной сигнализации и обслуживается дежурными работниками.

5. Начертить схему обследуемого железнодорожного переезда с обустройствами.

Ход занятия

1. Краткие теоретические требования

Железнодорожный переезд — оборудованное специальными устройствами место пересечения в одном уровне железнодорожной линии с автомобильной дорогой, городской улицей, трамвайными путями троллейбусными линиями; комплекс сооружений и устройств в месте пересечения в одном уровне железнодорожных путей с автомобильными дорогами (рис. 1). Пересечение железнодорожных путей с автомобильными дорогами в разных уровнях осуществляется по путепроводам.

Железнодорожные переезды оборудуются необходимыми устройствами, обеспечивающими безопасность движения, улучшающими условия пропуска поездов и транспортных средств, и располагаются, как правило, на прямых участках пути с пересечением его автомобильной дорогой под прямым углом.

В продольном профиле автомобильная дорога с каждой стороны переезда располагается на горизонтальной площадке на протяжении не менее 10 м от крайнего рельса при устройстве переезда на насыпи не менее 15 м на существующих переездах и не менее 20 м на вновь устраиваемых переездах в выемке.

Подходы к этим площадкам на протяжении не менее 20м у существующих и не менее 50 м у вновь строящихся переездов делают с уклоном не круче 0,05.

2. Классификация переездов. Порядок определения категории переездов

По месту расположения переезды подразделяют на;

• *переезды общего пользования* — на пересечениях железнодорожных путей общего пользования с автомобильными дорогами общего пользования, муниципальными автомобильными дорогами и улицами;

• *переезды необщего пользования* — на пересечениях железнодорожных путей с автомобильными дорогами отдельных предприятий или организаций.

В зависимости от интенсивности движения железнодорожного и автомобильного транспорта переезды подразделяются на четыре категории (табл. 1).

Переезды подразделяют на *регулируемые*, оборудованные устройствами переездной сигнализации или обслуживаемые дежурными работниками и *нерегулируемые* — не оборудованные и не обслуживаемые.

Таблица 4.1

Категории переездов

Интенсивность движения поездов по главному пути (суммарно в обоих направлениях), поездов/сутки	Интенсивность движения транспортных средств (суммарная в двух направлениях), авт./сутки				
	До 200 включительно	201—1000	1001—3000	3001—7000	Более 7000
До 16 включительно	IV	IV	IV	III	II
17—100	IV	IV	III	II	I
100—200	IV	III	II	I	I
Более 200	III	II	II	I	I

На переездах охраняемых дежурными, строят здания переездных постов с выходом вдоль железнодорожного пути в сторону автомобильной дороги. Выходы в сторону железнодорожного пути из зданий переездных постов ограждаются перилами.

Дежурным работником обслуживаются переезды, оборудованные и необорудованные переездной сигнализацией, расположенных на участках со скоростями движения поездов более 140 км/ч; а также расположенные на пересечении главных путей с автомобильными дорогами, по которым осуществляется трамвайное или троллейбусное движение; I категории; II категории, и расположенные на участках с интенсивностью движения более 16 поездов/сут, не оборудованных автоматической светофорной сигнализацией с бело-лунным мигающим сигналом (огнем) и автоматическим контролем неисправности устройств переездной сигнализации у дежурного по станции (поездного диспетчера).

Обслуживание дежурным переездов, не оборудованных переездной сигнализацией, устанавливают на переездах:

– при пересечении автомобильной дорогой трех и более главных железнодорожных путей;

– если переезд II категории имеет неудовлетворительные условия видимости, а на участках с интенсивностью движения более 16 поездов/сут — независимо от условий видимости.

3. Устройство и оборудование переездов

Все обустройства переездов должны соответствовать требованиям Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации, Инструкции по эксплуатации железнодорожных переездов, Правил дорожного движения Российской Федерации и др.

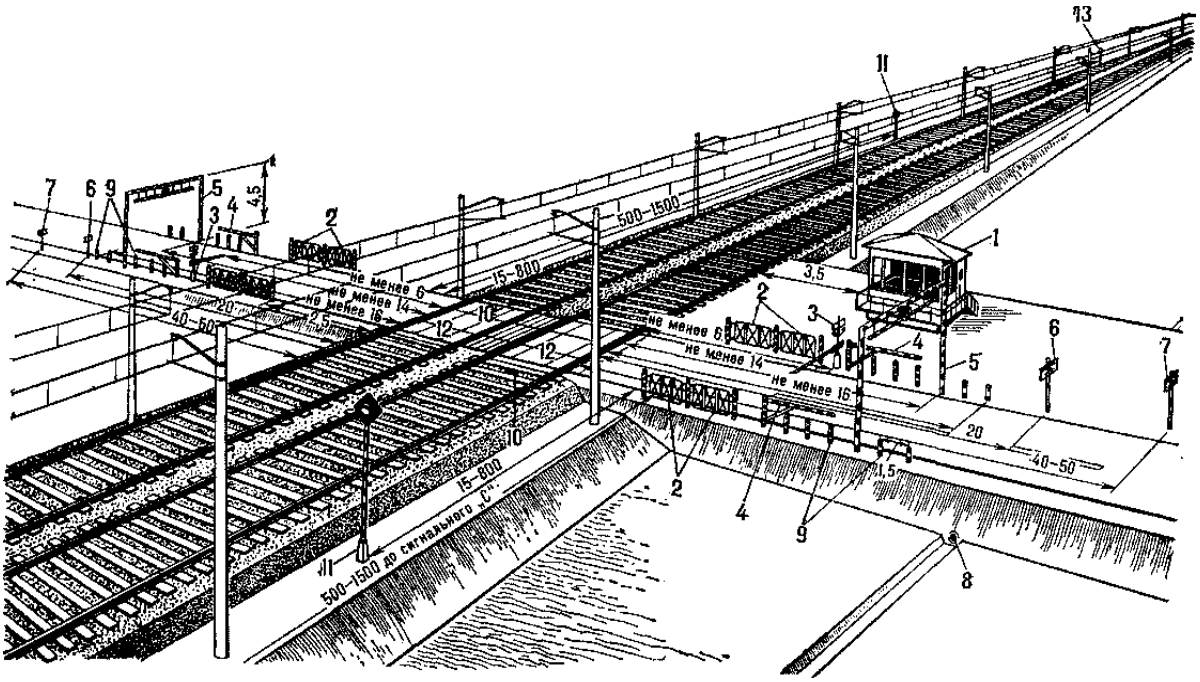


Рисунок 1 - Железнодорожный переезд:

1 – помещение переездного поста; 2 – перила; 3 – автоматический шлагбаум; 4 – запасные ручные шлагбаумы; 5 – габаритные ворота; 6 и 7 – предупредительные знаки; 8 – водопропускная труба; 9 – оградительные столбики; 10 – стойка (трубка) для переносных сигналов; 11 – светофор; 12 – настил; 13 – сигнальный знак.

Рисунок 2 - Железнодорожный переезд

Проезжая часть дороги на подходах к переезду и в его границах, а также настил, сигнальные столбики, перила и ограждения барьерного или парапетного типа должны соответствовать типовому проекту переезда. Ширина проезжей части переезда должна быть равной ширине проезжей части автомобильной дороги, но не менее 6 м, а ширина настила в местах прогона скота — не менее 4 м.

С наружной стороны колеи настил должен быть в одном уровне с верхом головок рельсов. Не допускается отклонение верха головки рельсов в пределах проезжей части относительно покрытия более 2 см. Внутри колеи настил должен быть выше головок рельсов на 1—3 см. В пределах настила могут укладываться контррельсы. Их концы на длине 50 см отгибаются внутрь колеи на 25 см. Ширина желоба установлена 75—110 мм, а глубина — не менее 45 мм. На переездах с дежурным внутри колеи каждого пути (на однопутных линиях — с обеих сторон) на расстоянии 0,75—1,0 м от настила закрепляют металлические трубки для установки переносных сигналов остановки поезда (красный щит, фонарь) и приспособление для определения нижней негабаритности подвижного состава.

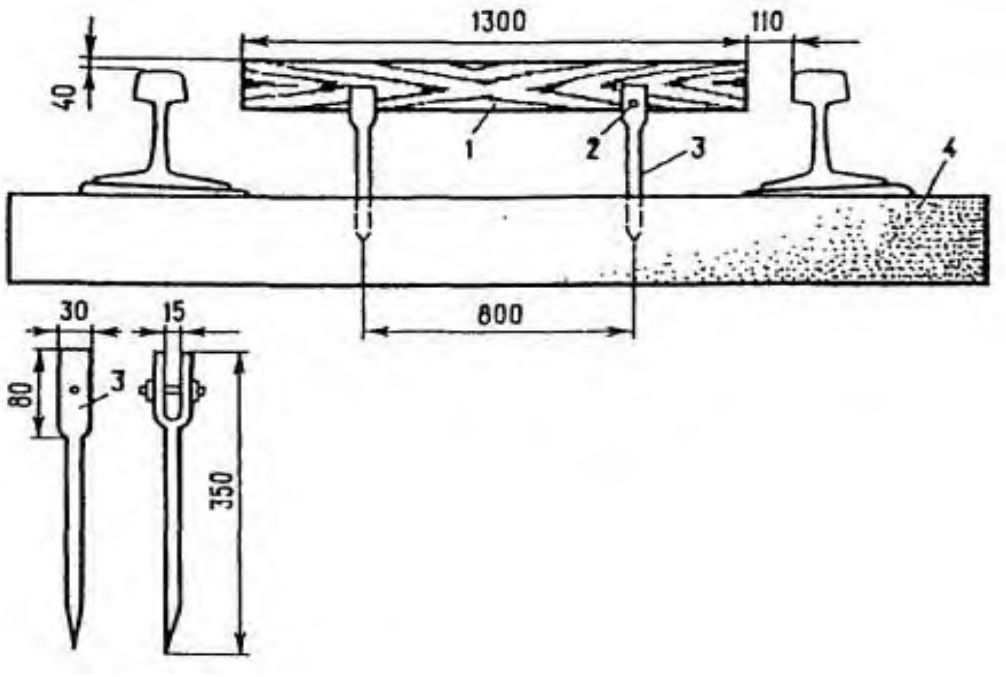


Рисунок 3 – Приспособление для обнаружения нижней негабаритности в поездах; 1 — деревянная планка 140 х 1 300 х1 5 мм; 2 — болт или валик;
3 — металлический штырь; 4 — шпала (при железобетонных шпалах штыри забивают в деревянную шпалу, уложенную в шпальном ящике).

Переезды оборудуются *шлагбаумами.* Шлагбаумы устанавливаются с правой стороны на обочине автомобильной дороги с обеих сторон переезда; их брусья при закрытом положении находятся на высоте 1—1,254 м от поверхности проезжей части. Механизированные шлагбаумы располагаются на расстоянии не менее 8,5 и не более 14 м от крайнего рельса; автоматические, полуавтоматические шлагбаумы и электрошлагбаумы — на расстоянии не менее 6; 8; 10 м от крайнего рельса в зависимости от длины заградительного бруса (соответственно 4; 6; 8 м).

Стойки шлагбаумов, мачты светофоров переездной сигнализации, ограждений, перил и направляющих столбиков (рис. 4.4) располагают на расстоянии не менее 0,75 м от кромки проезжей части дороги. Направляющие столбики устанавливаются с обеих сторон переезда на расстоянии от 2,5 до 16 м от крайних рельсов через каждые 1,5 м.

Все переезды 1-й и 2-й категорий, а также переезды 3-й и 4-й категорий, расположенные на участках, оборудованных продольными линиями электроснабжения, должны иметь электрическое освещение, а в необходимых случаях — прожекторные установки для осмотра проходящих поездов.

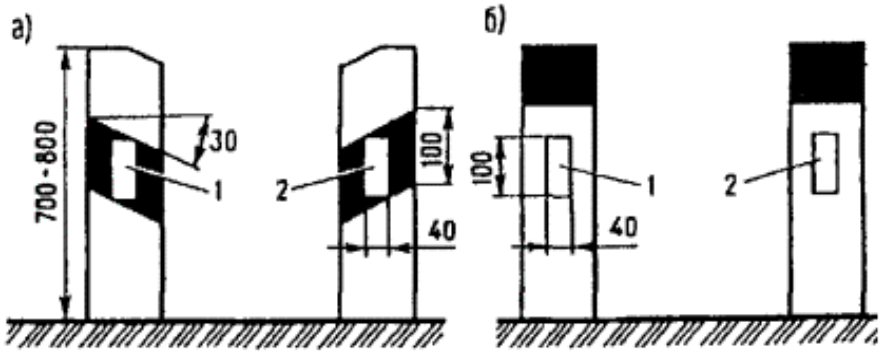


Рисунок 4 – Направляющие столбики с плоской (а) и цилиндрической (б) поверхностью: 1,2 – световозвращающие устройства соответственно желтого (белого) и красного цвета

На переездах со стороны автомобильной дороги устанавливаются дорожные знаки.

Переездная сигнализация, устанавливаемая на железнодорожных переездах, служит для закрытия (прекращения) движения автомобилей через переезд при приближении к нему поезда.

На подходах к переездам со стороны железной дороги с правой стороны по ходу движения поездов на расстоянии 500—1500 м от переездов (при скоростях движения поездов более 120 км/ч — на расстоянии 800— 1500 м)

устанавливают постоянные предупредительные знаки «С», а со стороны автомобильной дороги перед всеми переездами без дежурного — предупреждающие дорожные знаки «Однопутная железная дорога» или «Многопутная железная дорога».

На электрифицированных линиях с обеих сторон переезда устанавливают дорожные запрещающие знаки «Ограничение высоты» с цифрой на знаке «4,5 м» на расстоянии не менее 5 м от шлагбаума, а при их отсутствии — не менее 14 м от крайнего рельса.

На подходах к переездам со стороны автомобильных дорог перед шлагбаумами (где их нет — перед дорожным предупреждающим знаком) устанавливают дорожные предупреждающие знаки «Железнодорожный переезд со шлагбаумом» или «Железнодорожный переезд без шлагбаума» на расстоянии 150—300 м, а в населенных пунктах — на расстоянии 50—100 м от крайнего рельса. Устанавливают также другие дорожные знаки.

Брусья автоматических и полуавтоматических шлагбаумов, а также электрошлагбаумов снабжаются светоотражающими устройствами красного цвета и имеют стандартную длину 4 – 6 и 8 м.

Нормальное положение автоматических и полуавтоматических шлагбаумов открытое, а электрошлагбаумов и механизированных шлагбаумов — закрытое. При нормально закрытом положении шлагбаумов они открываются только для пропуска транспортных средств при отсутствии приближающегося поезда.

Механизированные шлагбаумы перекрывают всю проезжую часть дороги и имеют сигнальные фонари. Сигнальные фонари, устанавливаемые на заградительных брусьях механизированных шлагбаумов, подают в сторону автомобильной дороги:

– при закрытом положении шлагбаумов — красные сигналы (огни);

– при открытом положении — прозрачно белые сигналы (огни). Заградительные брусья шлагбаумов окрашиваются чередующимися полосами красного и белого цвета, наклоненными под углом 45—50°. Конец заградительного бруса имеет красную полосу шириной 250—300 мм.

Переезды с дежурными имеют радиосвязь с машинистами поездных локомотивов, прямую телефонную связь с ближайшей станцией или постом, а на участках с диспетчерской централизацией — с поездным диспетчером. Вызов по телефонной связи дополняется наружным звонком (ревуном).

Со стороны каждого из путей устанавливают заградительные светофоры, которые для остановки поезда может включить дежурный по переезду. Со стороны подъезда автотранспорта переезд ограждают светофорами, совмещенными с полушлагбаумами.

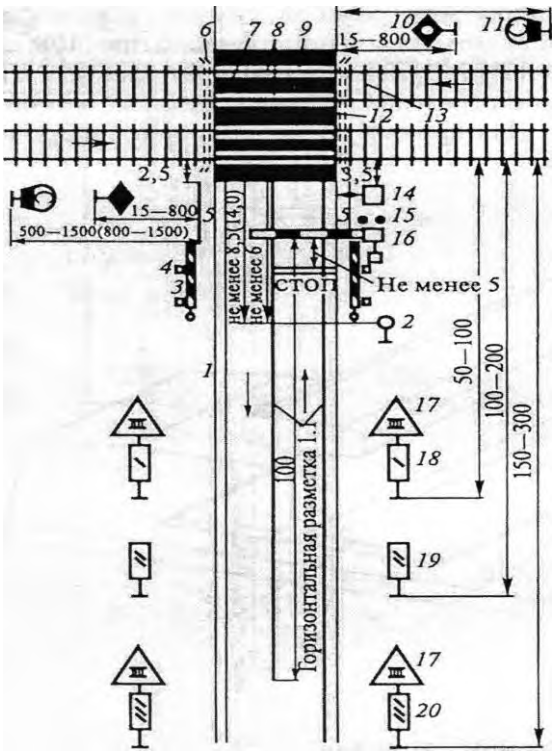


Рисунок 5 – Расположение обустройств переезда со шлагбаумами:
а — вне населенных пунктов; б — в населенных пунктах;

1 – кромка проезжей части автомобильной дороги; 2 – дорожный знак «Ограничение высоты»; 3 – запасные горизонтально–поворотные шлагбаумы; 4 – направляющие столбики; 5 – перила (ограда);
6 – водоотводные лотки; 7 – деревянные брусья; 8 – контррельсы;
9 – путевые рельсы; 10 – заградительный светофор; 11 – сигнальный знак «С»;
12 – железобетонные плиты или асфальтовое покрытие; 13 – трубка или стойка для установки красного щита и сигнального фонаря; 14 – здание переездного поста; 15 – светофор переездной сигнализации;
16 – автоматический шлагбаум или электрошлагбаум; 17 – дорожный знак «Железнодорожный переезд со шлагбаумом»; 18, 19 и 20 – дорожные знаки «Приближение к железнодорожному переезду»

Светофор имеет сигнальные головки с красными огням и электрический звонок на мачте светофора и крестообразный сигнальныйзнак со стеклянным и отражателями.

В момент вступления поезда на участок приближения подается извещение на переезд для включения автоматической переездной сигнализации и опускания (закрытия) шлагбаума. Мигающим светом загораются красные огни на светофорах, включается электрический звонок оповещения, фонари на брусьях шлагбаума начинают мигать красным светом, фонари на концах брусьев горят непрерывно.

После включения переездных светофоров закрытие шлагбаумов происходит через 15 с. Закрытое состояние переезда сохраняется до

освобождения участка приближения поезда и проследования его на участок удаления.

На автомобильных дорогах перед переездами, оборудованными переездной сигнализацией, устанавливают светофоры с двумя горизонтально расположенными и попеременно мигающими красными сигналами (огнями), имеющими следующее значение (рис. 6):

красный сигнал (огонь) включен — движение транспортных средств запрещено;

красный сигнал (огонь) выключен — движение транспортных средств разрешается. При этом водитель должен убедиться в отсутствии приближающегося к переезду поезда. На отдельных переездах без дежурного применяют светофорную сигнализацию со светофорами с двумя попеременно мигающими красными сигналами (огнями) и одним белолунным мигающим сигналом (огнем).

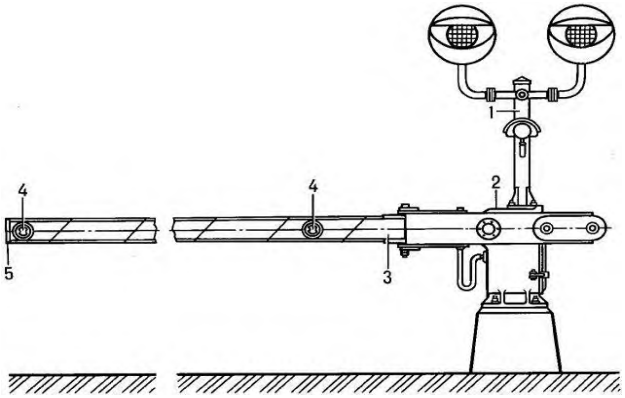


Рисунок 6 – Автоматический шлагбаум:
1 — мачта светофора с сигнальными огнями и звоном громкого боя;
2 — электропривод; 3 — заградительный брус; 4 — красные сигнальные огни; 5 — белый огонь концевого фонаря.

Основные показания светофоров:

• красный сигнал (огонь) включен, бело-лунный сигнал (огонь) выключен — движение транспортных средств запрещено;

• бело-лунный сигнал (огонь) включен, красный сигнал (огонь) выключен — движение транспортных средств разрешено;

• красный и бело-лунный сигналы (огни) выключены — переездная сигнализация отключена.

Переезды, оборудованные устройством заграждения от несанкционированного въезда на переезд транспортного средства (УЗП) имеют пешеходные дорожки и звуковую сигнализацию.

Вывод

Содержание отчета

1. Результаты произведенных измерений и сравнение их с нормами.

2. Схема обследуемого железнодорожного переезда с обустройствами с указанием категории железнодорожного переезда и его конструкции.

3. Ответы на контрольные вопросы.

4. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Каких категорий бывают железнодорожные переезды?

2. Какие требования предъявляются к устройству железнодорожных переездов по расположению в плане, по условиям видимости, профилю подходов и ширине проезжей части?

3. Какова конструкция настила на железнодорожных переездах и в чем ее особенности на участках с автоматической блокировкой?

4. Как располагаются на железнодорожных переездах шлагбаумы, надолбы, перила, сигнальные знаки?

Лабораторная работа №1

Тема: Измерение и определение износа рельсов

Цель: приобрести навыки измерения износа рельса с записью результатов в ведомость формы ПУ-2 (прил. 1).

Оборудование: инструкционная карта, литература [13, 12], учебный полигон, штангенциркуль ПШВ, ксерокопии формы ПУ-2.

Порядок выполнения

1. Описать виды износа рельсов; факторы, определяющие интенсивность износа рельса.

Рельсы в процессе эксплуатации по мере роста пропущенного по железнодорожного пути тоннажа повреждаются и стареют. В рельсах образуются дефекты, вызывающие отказы их работы.

Рельсы изымаются по двум основным причинам: износ головки рельса до предельно допускаемой величины (около 3 % изымаемых рельсов); одиночный выход рельсов по дефектам, измеряемый в штуках на км. Головка рельса может иметь и боковой износ (по ширине головки), который измеряется на уровне 13 мм ниже поверхности катания. Боковой износ приравнивают к вертикальному износу в половинном размере, т.е. 1 мм бокового износа приравнивают к 0,5 мм вертикального износа.

Сумму вертикального и половины бокового износа называют приведенным износом.

Износ рельсов — результат истирания головок рельсов в процессе их взаимодействия с колесами железнодорожного подвижного состава и окружающей средой.

Интенсивность износа рельсов зависит от следующих факторов:

— окружных усилий, передаваемых колесами, и проскальзывания колес по рельсам;

— давления колес на рельсы и пропущенного по ним тоннажа;

— масс и скоростей движения поездов;

— плана и профиля железнодорожного пути;

— конструкции железнодорожного пути и железнодорожного подвижного состава;

— профилей контактирующих поверхностей колес и рельсов;

— от качества металла колес и рельсов и др. Регламентирован вертикальный ($h_в$), боковой ($h_б$) и приведенный ($h_в + 0{,}5\ h_б$) износы рельсов.

2. Произвести измерения износа рельсов. Вертикальный износ определяют как разность между высотой рельса по ГОСТу и высотой рельса, измеренной штангенциркулем по оси рельса. Боковой износ определяют как разность между шириной головки по ГОСТу на уровне 13-15 мм ниже поверхности катания и фактической шириной головки, измеренной на том же уровне. На отечественных железных дорогах установлены предельно допустимые величины износа рельсов, дифференцированные в зависимости от типа рельсов, категории железнодорожного пути, условий эксплуатации участка ([12, с. 136, табл. 2.5]).

3. Записать результаты измерений.

4. Сравнить полученные результаты с нормами допускаемого износа рельсов [12, с. 136, табл. 2.5 - Крейнис З.Л., Певзнер В.О. – Учебник «Железнодорожный путь». М. 2019,- с. 136, табл. 2.5]

Таблица 2.5

Предельно допустимые величины износа рельсов, мм, в зависимости от скоростей движения поездов, км/ч

Вид износа и условия эксплуатации	140	120	100	80	60	40	25	15
Боковой износ $h_Б$ головки (код 44), мм:								
при грузонапряженности более 25 млн т·км брутто/км в год								
рельсы типов Р65 и Р75	10	15	15	20	20	22	22	22
рельсы типа Р50	—	—	13	18	18	18	20	20
рельсы легче типа Р50	—	—	—	—	10	10	15	15
при грузонапряженности менее 25 млн т·км брутто/км в год								
рельсы типов Р65 и Р75	13	18	18	20	20	20	22	22
рельсы типа Р50	—	—	16	18	18	18	20	20
рельсы легче типа Р50	—	—	—	—	13	13	15	15
Вертикальный износ $h_В$ головки (код 41.1 — 41.2), мм:								
рельсы типа Р75	11	12	13	13	14	14	15	15
рельсы типа Р65	9	10	11	11	12	12	13	13
рельсы типа Р50	—	—	10	10	10	10	10	10
рельсы легче типа Р50	—	—	—	—	10	10	10	10
Приведенный износ ($h_В$+ 0,5$h_Б$), мм:								
при грузонапряженности более 25 млн т·км брутто/км в год								
рельсы типа Р75	11	12	14	14	16	18	20	22
рельсы типа Р65	9	10	12	12	14	16	18	20
рельсы типа Р50	—	—	10	10	12	14	16	18
рельсы легче типа Р50	—	—	—	—	8	10	10	10
при грузонапряженности менее 25 млн т·км брутто/км в год								
рельсы типов Р65 и Р75	9	16	16	16	18	18	20	22
рельсы типа Р50	—	—	10	10	12	14	18	20
рельсы легче типа Р50	—	—	—	—	8	10	12	16

Технические данные из формы ПУ-2 рельсовая книга								Фактические технические данные						
Место, где лежит рельс			Марка завода	Год прокатки	Номер плавки(для Р50, Р65 и Р75)	Тип и длина рельса		Износ головки,мм				Кодовое обозначение дефекта	Маркировка	Пропущенный тоннаж, млн.т бр
								Дата промера						
								_____ г.		_____ г.				
Номер пути, номер километра	Номер пикета, номер звена	Правая или левая нитки				Тип рельса и вид термической обработки (У — термически упрочненный, С — нетермоупрочненный)	Длина, м	Вертикальный износ	Максимальный боковой износ	Снятие и провисание стыков	Волнообразный износ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Содержание отчета

1. Результаты измерений износа рельсов, занесенные в ПУ-2.

2. Вывод, в котором анализируется состояние рельсов на данном участке и объясняются отклонения от типовых норм износа рельсов.

3. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Как проверяется износ рельсов?

2. Перечислите приборы для измерения износа рельсов.

3. Каковы нормы допускаемого износа рельсов в различных условиях эксплуатации?

4. Как определяют вертикальный износ рельсов?

5. Как определяют боковой износ рельсов?

6. Чему равен приведенный износ рельсов?

7. Перечислите сроки проверки износа рельсов.

Практическое занятие № 9

Тема: Определение конструкции промежуточного скрепления

Цель: приобрести практические навыки определения видов и конструкций промежуточных скреплений.

Оборудование: инструкционная карта, литература [13, 12], учебный полигон, слайды «Промежуточные скрепления для деревянных и железобетонных шпал», реальные детали промежуточных скреплений, бумага формата А4, чертежные инструменты.

Исходные данные: схемы видов конструкций промежуточных скреплений (прил. 6).

Порядок выполнения

1. Описать назначение и виды промежуточных скреплений.

2. Перечислить и описать виды промежуточных скреплений и их конструкции в зависимости от шпал (учебный полигон). Результаты осмотра занести в табл. 6.1

Таблица 6.1

Результаты осмотра промежуточных скреплений

Вид скрепления	Вид шпал	Вид прикрепителя	Количество прикрепителя, шт.
1	2	3	4

Наиболее распространенной конструкцией промежуточного рельсового скрепления на железнодорожном пути с деревянными шпалами является костыльное скрепление (тип ДО). В этой конструкции применяются клинчатые двухребордчатые подкладки с пятью костыльными , отверстиями: три для постановки костылей у подошвы рельса (из них два — с внутренней стороны) и два для обшивочных костылей, для удобства расшивки которых на подкладке предусмотрены бортики. Для предохранения от прорезания древесины шпал подкладки имеют закругленные по концам нижние грани и укладываются на прокладки из полимерных материалов (гамбелита или резины). Костыли имеют длину 165 мм, поперечное сечение поперечное сечение 16х16 овальную головку; пучинные костыли выпускаются длиной 205, 230, 255, 280 мм. Для более стабильного прижатия рельсов к подкладкам и шпалам могут применяться термически обработанные изогнутые костыли, обладающие пружинящими свойствами. В раздельных промежуточных скреплениях (тип КД и Д4) подкладка прикрепляется к шпале шурупами, а рельс к шпале клеммами и клеммными болтами. Скрепления этих типов имеют много деталей, большую металлоемкость, но позволяют укладывать

бесстыковой железнодорожный путь на деревянных шпалах и производить выправку железнодорожного пути установкой дополнительных подрельсовых прокладок между подошвой рельса и подкладкой.

Промежуточные рельсовые скрепления для железнодорожного пути на железобетонных шпалах применяются двух основных типов: подкладочные типа КБ с жесткой клеммой и бесподкладочные типа ЖБ с пружинной клеммой. В скреплении КБ подкладка, имеющая две реборды, крепится к шпале двумя закладными болтами, которые вставляются в шпальные отверстия и после поворота на 90° упираются плечиками в закладную шайбу. Под гайкой и шайбой закладного болта устанавливают текстолитовую втулку, обеспечивающую электрическую изоляцию болта от подкладки. Под подкладку укладывается изоляционная резиновая рифленая прокладка, позволяющая также снизить жесткость конструкции.

Обычно резиновая прокладка имеет толщину 7 мм, в шпале с углублением для подрельсовой площадки — 14 мм.

В отверстия реборд в виде ласточкиного хвоста вставляют клеммные болты, закрепляющие клеммы. Опираясь одной лапкой в подкладку, а другой — в подошву рельса, клеммы фиксируют рельс на подкладке. Для уменьшения жесткости и большей стабильности прижатия подошвы рельса к шпале под гайку клеммного болта укладывают двухвитковую шайбу, а под подошву рельса — прокладки.

Положение рельса можно регулировать по высоте до 14 мм укладкой дополнительных прокладок из полиэтилена. Установка пружинной прутковой клеммы типа «Краб» позволяет дополнительно снизить жесткость конструкции.

Скрепление ЖБ имеет два закладных болта, которые прижимают пружинные клеммы к шпале и подошве рельса. У пластинчатой клеммы нижняя ветвь доходит до кромки подошвы, а верхняя прижимает подошву рельса к шпале. Изоляция закладного болта аналогична изоляции скрепления КБ. Рельс от шпалы изолируется постановкой резиновой прокладки, служащей одновременно амортизатором. Пружинящие свойства клеммы обеспечивают стабильное прижатие подошвы рельса к прокладке и шпале.

Скрепление ЖБ не позволяет регулировать рельсы по высоте и имеет недостаточное сопротивление горизонтальным боковым силам в крутых кривых.

Основные недостатки скреплений КБ — высокую жесткость и многодетальность — позволяют устранить скрепления типа БП, в которых закладной болт выполняет функции и клеммного болта, а клеммы — пружинные, пластинчатые или прутковые. При этом сохраняется возможность

регулировки положения рельса по высоте. Скрепление БП является универсальным, поскольку при заглублении подрельсовой площадки на 25 мм оно может использоваться и без подкладки, но с упругими прокладками и клеммами.

Бесподкладочное скрепление типа ЖБР отличается повышенной надежностью по сравнению со скреплением типа ЖБ. Так же, как скрепление БП, имеет заглубленную подрельсовую площадку и пружинную клемму, в которой подошва рельса перекрывается ее верхней и нижней ветвями.

Промежуточное скрепление АРС с упругими клеммами для анкерной железобетонной шпалы обеспечивает регулировку положения рельса по высоте до 20-24 мм. Узел скрепления АРС имеет: две В-образные пружинные прутковые клеммы, два эксцентриковых монтажных монорегулятора, два подклеммника с ограничителями их перемещений, два нарельсовых изолирующих уголка, подрельсовая резиновая прокладка толщиной 14 мм.

3. Вычертить по одному из видов промежуточных скреплений для деревянных и железобетонных шпал (по выбору обучающегося, см. прил. 6) и указать его составные элементы.

Содержание отчета

1. Таблица с результатами осмотра промежуточных скреплений.
2. Выполненные задания прил. 6.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Какие типы промежуточных скреплений применяются при деревянных и железобетонных шпалах? Каковы элементы этих скреплений?
2. Что такое раздельное скрепление? Нераздельное? Смешанное?
3. Одинаковы или различны промежуточные рельсовые скрепления при шпалах различных типов? Из различных материалов?
4. Сколько костылей в костыльных скреплениях разных типов?
5. Каковы важнейшие особенности современных промежуточных скреплений для железобетонных шпал?
6. Оценить необходимость укладки упругих прокладок под рельсами и подкладками промежуточных скреплений.
7. Сопоставить отечественные и зарубежные промежуточные скрепления.

Практическое занятие № 10

Тема: Изучение конструкции одиночного стрелочного перевода

Цель: 1. Изучить конструкцию одиночного стрелочного перевода.

2. Научиться чертить схему одиночного стрелочного перевода.

Оборудование: инструкционная карта, литература [13, 12, 19], стенд и макет «Обыкновенный одиночный стрелочный перевод», стрелочный перевод на учебном полигоне, бумага формата А4, чертежные инструменты.

Порядок выполнения

1. Начертить схему обыкновенного одиночного стрелочного перевода с указанием его основных элементов.

Стрелочный перевод — это устройство, предназначенное для перевода железнодорожного подвижного состава с одного железнодорожного пути на другой.

Одиночный стрелочный перевод состоит из стрелки с переводным механизмом, крестовины с контррельсами, соединительной части, комплекта переводных брусьев.

Общая схема одиночного стрелочного перевода приведена на рис. 11.1

Рис. 11.1 - Одиночный обыкновенный стрелочный перевод

1. Дать определение каждого элемента одиночного обыкновенного стрелочного перевода и объяснить его назначение.

Содержание отчета

1. Чертеж схемы обыкновенного одиночного стрелочного перевода с указанием его основных элементов.
2. Ответы на контрольные вопросы.
3. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Какие известны виды соединений и пересечений рельсовых железнодорожных путей?
2. Перечислите главные элементы одиночного обыкновенного стрелочного перевода.
3. Как устроена стрелка со всеми ее элементами?
4. Для чего предназначено корневое устройство остряка?
5. Перечислите виды корневого устройства остряка.
6. Каково назначение крестовины?
7. Какие известны виды и конструкции крестовины?
8. Для чего предназначены контррельсы?
9. От чего зависит длина контррельса?
10. Чем может быть представлено подрельсовое основание стрелочных переводов?

Практическое занятие № 11

Тема: Определение конструкции рельсового стыкового скрепления.

Цель: приобрести практические навыки определения видов и конструкций стыковых рельсовых скреплений.

Оборудование: инструкционная карта, литература [13, 12], учебный полигон, слайды «Конструкция рельсового стыка», «Взаимное расположение рельсовых стыков», «Основные элементы стыка», реальные детали стыковых рельсовых скреплений, бумага формата А4, чертежные инструменты.

Порядок выполнения

1. Определить виды стыков и перечислить элементы стыковых скреплений (учебный полигон). Результаты осмотра занести в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Результаты осмотра стыков и элементов стыковых скреплений

Вид скрепления	Вид накладок	Количество, шт.		
		болтов	гаек	шайб
1	2	3	4	5

Рельсовые стыковые скрепления служат для соединения рельсов между собой вдоль железнодорожного пути.

Стыковые скрепления выполняются в виде плоских накладок, соединяющих рельсы при помощи болтов. С 1947 г. на отечественных железных дорогах осуществлялся переход на двухголовые накладки с четырьмя болтовыми отверстиями для рельсов Р75 и Р65 и шестью для рельсов Р50. Масса четырехдырных накладок для рельсов Р50 — 18,77 кг, для рельсов Р65 и Р75 — 23,48 кг, а шестидырных для рельсов Р50 — 18,77 кг, для рельсов Р65 и Р75 — 29,5 кг. В уравнительных пролетах бесстыкового железнодорожного пути применяются накладки с шестью отверстиями. Отверстия в накладках сделаны поочередно овальной и круглой формы. Верхние и нижние головки накладок имеют скос, выполненный под тем же углом, как нижняя грань головки и верхняя грань подошвы рельса. Поэтому при затягивании стыковых болтов обеспечивается устойчивость рельсового стыка.

Стыковые болты диаметром 27 мм для рельсов Р65 и Р75 и 24 мм для рельсов Р50 имеют круглую голову и овальный подголовок. Такой подголовок входит в овальное отверстие накладки, благодаря чему болт при завинчивании гайки не проворачивается. Разрезные шайбы, надеваемые на болт под гайку,

обеспечивают упругое восприятие сил до 12 кН. Для изолирующих стыков на линиях, оборудованных автоматической блокировкой, применялись первоначально деревянные накладки, позже лигнофолиевые, а с 1950-х гг. — металлические. Между металлической накладкой и рельсом помещается полиэтиленовая прокладка, на болты надеваются полиэтиленовые втулки. Торцы рельсов также разделены изолирующей прокладкой. В конструкции изолирующего стыка могут применяться и объемлющие накладки, охватывающие рельсы со стороны нижней плоскости подошвы. С 1969 г. широко применяют клееболтовые электроизолирующие стыки, в которых двухголовые накладки уменьшены по высоте с обеих сторон на 3 мм. Образующийся между накладкой и рельсом люфт заполняется стеклотканью, пропитанной эпоксидным клеем с добавлением отвердителя. При использовании накладок с шестью болтовыми отверстиями и затяжкой болтов до 150-170 кН такой стык упруго воспринимает продольные силы до 1500 кН, а при применении объемлющих накладок — до 3000 кН.

2. Вычертить одну из конструкций рельсового стыка (по выбору обучающегося, [12, с. 178]).

Содержание отчета

1. Таблица с результатами осмотра стыков и элементов стыковых скреплений.
2. Чертеж конструкции рельсового стыка.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Каковы назначение и основные характеристики стыков (на весу и на сдвоенных шпалах) и стыковых скреплений?
2. Перечислите основные элементы рельсового стыка.
3. Каково назначение переходного стыка?
4. Какие виды стыков различают на участках с автоблокировкой и электрической тягой поездов?
5. Назовите конструкции изолирующего стыка, его назначение.
6. Перечислите виды рельсовых соединителей.

Практическое занятие № 12

Тема: Определение поперечного профиля балластной призмы при заданном классе пути.

Цель: Научиться вычерчивать типовой поперечный профиль балластной призмы.

Оборудование: инструкционная карта, литература [13, 12], типовые поперечные профили балластной призмы (прил. 7), бумага формата А4, чертежные инструменты.

Порядок выполнения

1. В зависимости от класса железнодорожного пути (по заданию преподавателя):

— выбрать поперечный профиль балластной призмы (см. прил. 7);

— вычертить выбранный поперечный профиль балластной призмы на листе формата А4.

2. Определить размеры балластной призмы и результаты занести в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Определение размеров типового поперечного профили балластной призмы

Класс железнодорожного пути	Толщина слоя балласта в подрельсовой зоне (по внутренней нити кривых), см	Ширина плеча балластной призмы, см	Толщина балластной подушки, см	Минимальная ширина обочины земляного полотна, см
1	2	3	4	5

По конструкции различают балластные призмы: однослойные (из любых балластных материалов, кроме щебеночного); двухслойные (щебеночный и асбестовый балласты поверх песчаной или гравийно-песчаной подушки); трехслойные (асбестовый балласт поверх щебеночной призмы на песчаной подушке). Назначение балластной (обычно песчаной) подушки: предотвращать засорение щебня грунтом основной площадки земляного полотна; предохранять грунт от разжижения (весной), пересыхания и растрескивания (летом).

Типовые поперечные профили балластной призмы на прямых и кривых участках железнодорожного пути приведены в прил. 7.

При любой конструкции балластной призмы (независимо от числа слоев) суммарная толщина балласта под шпалой должна быть достаточной во избежание пластических деформаций грунта основной площадки земляного полотна. При однослойной призме общая толщина балласта под шпалой

должна быть не менее суммы толщины балластной подушки (20 см) и соответствующей каждому классу железнодорожного пути толщине балласта под шпалой (табл. 8.2).

Таблица 8.

Размеры балластной призмы и обочин земляного полотна в зависимости от класса железнодорожного пути, см

Класс ж.д. пути	Толщина слоя балласта в подрельсовой зоне (в кривых — по внутренней нити) без учета песчаной подушки, $h_ш$	Ширина плеча призмы, d	Толщина песчаной подушки, $h_п$	Минимальная ширина обочины земляного полотна
1С, 2С	35 /40	40/45	20	50/(40)
1 и 2	35/40	40/45		50/(40)
3	35/40	35/40		
4	25/30	25/40		40
5	20/20	20/40	15	40

Примечания.

1. В числителе приведены значения для звеньевого железнодорожного пути при деревянных шпалах; в знаменателе — для бесстыкового железнодорожного пути на железобетонных шпалах.

2. Балластная призма указанных размеров должна состоять из очищенного или нового балласта. 3. Под слоем нового или очищенного щебня нормируемой толщины могут находиться песчаная подушка толщиной 20 см, слой песчано-гравийной смеси или щебня фракций 5-25 мм, толщина которого определяется в проекте по ремонту железнодорожного пути. Вместо подушки также может быть уложен разделительный слой из полимерных материалов в соответствии с проектом по ремонту железнодорожного пути.

4. Крутизна откосов балластной призмы при всех видах балласта должна быть 1:1,5, а песчаной подушки — 1:2.

5. В скобках приведена ширина обочины на участках, где ее увеличение связано с работами по переустройству земляного полотна или изменением отметок железнодорожного пути более чем на 15 см.

При трехслойной балластной призме толщина слоя асбестового балласта под шпалой во всех случаях должна быть 20 см, а толщина щебеночного слоя определяется соответствующим размером, взятым из табл. 8.2 и уменьшенным на фактическую толщину асбестового слоя. В табл. 8.2 нормы толщины балласта указаны в плотном состоянии.

Ширину балластной призмы поверху на прямых однопутных участках следует принимать при всех видах балласта, не менее, м:

на скоростных особо грузонапряженных линиях

и линиях I и II категории 3,85

на линиях III категории 3,65

на линиях IV категории 3,45.

На кривых участках железнодорожного пути толщину балластной призмы следует принимать с учетом возвышения наружного рельса при сохранении под внутренним рельсом балластного слоя толщиной, установленной для прямых участков в соответствии с табл. 5.1 СНиП 32-01-95.

На кривых участках железнодорожного пути радиусом менее 600 м балластную призму необходимо уширять с наружной стороны на 0,1 м. На двухпутных участках ширину балластной призмы поверху следует увеличивать на ширину междупутья. Балластную призму третьего, а также третьего и четвертого железнодорожных путей следует устраивать отдельно от первого и второго железнодорожных путей.

Крутизна откосов балластной призмы при всех видах балласта должна быть 1:1,5, для песчаной подушки — 1:2.

Двухслойную балластную призму при использовании щебеночного или асбестового балласта следует проектировать на земляном полотне из глинистых грунтов, песков мелких и пылеватых, в том числе при устройстве защитного слоя в верхней части земляного полотна; на земляном полотне из слабовыветривающихся скальных, крупнообломочных грунтов и песков (за исключением мелких и пылеватых), щебень и асбестовый балласт следует укладывать в один слой без песчаной подушки, толщина балластного слоя в этом случае должна быть не менее 30 см, а на пути с ж/б шпалами — не менее 35 см.

Поверхность балластной призмы в прямых участках планируют горизонтально, а в кривых — в соответствии с возвышением наружного рельса. На двухпутных линиях при возвышении наружных рельсов до 100 мм допускается планировка балластной призмы без устройства уступа в междупутье. При габаритных ограничениях, а также при возвышении наружного рельса на одном из железнодорожных путей более 100 мм, принимают ступенчатое очертание балластной призмы. Поверхность балластной призмы должна быть на 3 см ниже верхней постели деревянных шпал и в одном уровне с верхом средней части железобетонных шпал. Планировку поверхности асбестового балласта следует выполнять с уклоном 0,01 в обе стороны от оси земляного полотна.

Вывод

_____

_____

Содержание отчета

1. Чертеж заданного типового поперечного профиля балластной призмы.

2. Определение размеров типового поперечного профиля балластной призмы, заполненная таблица.

3. Ответы на контрольные вопросы.

4. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение балластного слоя?

2. Перечислите основные требования к балластному слою.

3. Оцените необходимость защиты балластного слоя от загрязнения.

4. Какую форму и размеры имеют типовые поперечные профили балластного слоя из щебня и песчано-гравийного балласта?

5. Перечислите материалы, применяемые для балласта.

6. Где устраивают песчаную подготовку?

7. Каково назначение песчаной подушки?

8. Какие требования предъявляются к зерновому составу щебня?

Практическое занятие № 13

Тема: Определение условий укладки бесстыкового пути

Цель: приобрести практический навык расчета условия укладки бесстыкового железнодорожного пути для заданного региона.

Оборудование: инструкционная карта, литература [13, 12], прил. 8, микрокалькулятор, расчетные температуры рельсов для сети железных дорог России [5].

Таблица 13.1

Исходные данные:

Вариант	Верхнее строение железнодорожного пути	Длина блок-участка, км	Название железной дороги	План линии	Локомотив, скорость, км/ч	Наибольшая температура рельсов $t_{max\,рельс}$	Наименьшая $t_{min\,рельс}$	Наибольшая температурная амплитуда T_A
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Рельсы Р65, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Дальневосточная	Прямая и кривая $R = 1000$ и $R = 500$ м	ВЛ10, $V = 80$	+55	–52	107
2	Рельсы Р75, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Забайкальская	Прямая и кривая $R = 800$ и $R = 400$ м	ВЛ10у, $V = 100$	+57	–52	109
3	Рельсы Р65, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Восточно-Сибирская	Прямая и кривая $R = 1200$ и $R = 600$ м	ВЛ15, $V = 100$	+53	–50	103
4	Рельсы Р65, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Красноярская	Прямая и кривая $R = 1500$ и $R = 500$ м	ВЛ65, $V = 110$	+59	–52	111
5	Рельсы Р65, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Дальневосточная	Прямая и кривая $R = 1800$ и $R = 400$ м	ВЛ80, $V = 110$	+57	–52	109

Окончание табл. 9.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Рельсы Р65, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Западно-Сибирская	Прямая и кривая $R = 2000$ и $R = 500$ м	ВЛ10, $V = 100$	+40	–39	79
7	Рельсы Р75, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Восточно-Сибирская	Прямая и кривая $R = 2000$ и $R = 600$ м	ВЛ85, $V = 1100$	+55	–53	108
8	Рельсы Р65, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Красноярская	Прямая и кривая $R = 800$ и $R = 500$ м	ЧС-4, $V = 120$	+55	–52	107
9	Рельсы Р65, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Дальневосточная	Прямая и кривая $R = 2000$ и $R = 300$ м	ЧС-7, $V = 140$	+57	–52	109
10	Рельсы Р75, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Восточно-Сибирская	Прямая и кривая $R = 1000$ и $R = 350$ м	ЧС-8, $V = 120$	+55	–52	107
11	Рельсы Р65, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Забайкальская	Прямая и кривая $R = 1000$ и $R = 500$ м	ЧС-200, $V = 140$	+59	–52	111
12	Рельсы Р65, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Дальневосточная	Прямая и кривая $R = 2000$ и $R = 500$ м	Э5к, $V = 100$	+55	–52	107
13	Рельсы Р65, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Красноярская	Прямая и кривая $R = 1000$ и $R = 500$ м	ВЛ10, $V = 80$	+57	–52	109
14	Рельсы Р75, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Восточно-Сибирская	Прямая и кривая $R = 1200$ и $R = 600$ м	ЧС-200, $V = 1100$	+55	–53	108
15	Рельсы Р65, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Восточно-Сибирская	Прямая и кривая $R = 800$ и $R = 600$м	ВЛ85, $V = 1100$	+56	–54	110
16	Рельсы Р75, шпалы железобетонные, скрепление КБ, щебеночный балласт	2.0	Красноярская	Прямая и кривая $R = 1000$ и $R = 400$ м	ВЛ85, $V = 1100$	+55	–53	108

Порядок выполнения

На основе исходных данных (см. табл. 12.1) произвести расчет условий укладки и эксплуатации бесстыкового железнодорожного пути. При этом необходимо учесть следующие требования: 1. Возможность укладки бесстыкового железнодорожного пути в конкретных условиях устанавливается сравнением допускаемой температурной амплитуды [T] для данных условий с фактически наблюдавшейся в данной местности амплитудой колебаний температуры T_A.

Если $T_A < [T]$, то бесстыковой железнодорожный путь можно укладывать.

Значение T_A определяется как алгебраическая разность наивысшей $t_{mah\ mah}$ и наинизшей $t_{min\ min}$ температур рельса, наблюдавшихся в данной max шах min min r j г г местности (при этом учитывается, что наибольшая температура рельса на открытых участках превышает на 20°С наибольшую температуру воздуха):

$$T_A = t_{mah\ mah} - t_{min\ min}$$

$$T_A = 55°C - (-52°C) = 107°C$$

Амплитуда допускаемых изменений температур рельсов:

$$[T] = [\Delta \boldsymbol{t}_у] + [\Delta \boldsymbol{t}_р] - [\Delta \boldsymbol{t}_з]$$

где $[\Delta \boldsymbol{t}_у]$ — допускаемое повышение температуры рельсов по сравнению с температурой их закрепления, определяемое устойчивостью железнодорожного пути против выброса при действии сжимающих продольных сил;

$[\Delta \boldsymbol{t}_р]$ — допускаемое понижение температуры рельсовых плетей по сравнению с температурой закрепления, определяемое их прочностью при действии растягивающих продольных сил;

$[\Delta \boldsymbol{t}_з]$ — минимальный интервал температур, в котором окончательно закрепляются плети; по условиям производства работ для расчетов он обычно $[\Delta \boldsymbol{t}_з]$ принимается равным 10°С ($[\Delta \boldsymbol{t}_з]$=10°С), но при необходимости его можно уменьшить до 5°С, если предусматривать закрепление плетей осенью, в пасмурную погоду, в ранние утренние или вечерние часы, когда температура рельсов в процессе закрепления изменяется медленно, или когда плети планируется вводить в расчетный интервал температур с применением принудительных средств (растягивающие приборы, нагревательные установки).

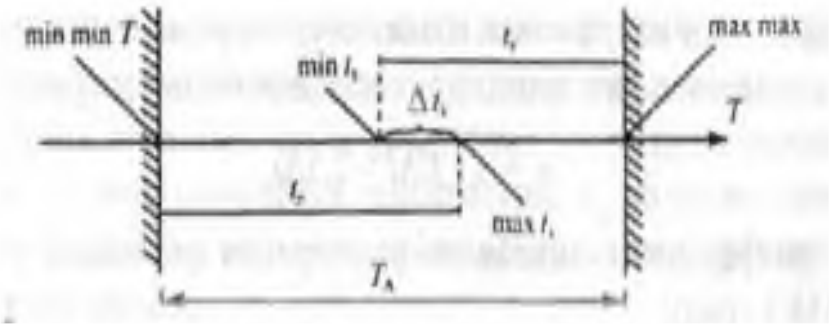


Рисунок 12.1 – Схема температурного режима рельсовых плетей

2. Допускаемое повышение температуры рельсовых плетей $[\Delta \boldsymbol{t}_{\text{у}}]$ устанавливается на основании теоретических и экспериментальных исследований устойчивости железнодорожного пути. Данные для уложенных вновь или переложенных повторно с переборкой рельсошпальной решетки рельсовых плетей при различных конструкциях верхнего строения железнодорожного пути приведены в *прил. 8.*

Согласно *приложения 8* метод.указ. определяем повышение температуры рельсовой плети $[\Delta \boldsymbol{t}_{\text{у}}]$°С, допускаемое по условию устойчивости пути для Р75 при железобетонных шпалах, скреплениях КБ и щебеночном балласте превышение температуры рельсовой плети $[\Delta \boldsymbol{t}_{\text{у}}]$°С, допускаемое по условию устойчивости пути в прямом участке Р75, в кривой R = 1000 м и кривой R=350 м

Произведем расчет для эпюры шпал 1840 шт./км.

$[\Delta t_{\text{у}}]$ = 55°С – в прямом участке;
$[\Delta t_{\text{у}}]$ = 52°С – в кривой R = 1000 м;
$[\Delta t_{\text{у}}]$ = 33°С – в кривой R = 350 м;

3. Допускаемое понижение температуры рельсовых плетей определяют расчетом прочности рельсов, основанным на условии, что сумма растягивающих напряжений, возникающих от воздействия железнодорожного подвижного состава и от изменений температуры, не должна превышать допускаемое напряжение материала рельсов:

$$k_{\text{п}}\, \boldsymbol{\sigma}_{\kappa} + \boldsymbol{\sigma}_{t} \leq [\boldsymbol{\sigma}],$$

$$1{,}3 \bullet 120 + 7{,}4 = 163{,}4 \leq 400 \text{ (условие выполняется);.}$$

где $k_{\text{п}}$ — коэффициент запаса прочности (кп = 1,3 для рельсов первого срока службы и старогодных рельсовых плетей, прошедших

диагностирование и ремонт в стационарных условиях или профильное шлифование и диагностирование в железнодорожном пути; $k_п$ = 1,4 для рельсов, пропустивших нормативный тоннаж или переложенных без шлифования);

$\boldsymbol{\sigma}_к$ — напряжения в кромках подошвы рельса от изгиба и кручения под нагрузкой от колес железнодорожного подвижного состава, МПа;

$[\boldsymbol{\sigma}_t]$ — напряжения в поперечном сечении рельса от действия растягивающих температурных сил, возникающих при понижении температуры рельса по сравнению с его температурой при закреплении,
= 350 МПа;

$[\boldsymbol{\sigma}]$ — допускаемое напряжение (для термоупрочненных рельсов
$[\boldsymbol{\sigma}]$ = 400 МПа).

Напряжения в подошве рельса ок определяют по правилам расчета верхнего строения железнодорожного пути на прочность. При этом модули упругости подрельсового основания зимой при деревянных шпалах ($u_д^3$) принимают равными 40 и 50 МПа; при железобетонных шпалах ($u^3_{жб}$) с резиновыми и резинокордовыми прокладками — 120 и 130 МПа (соответственно при 1840 и 2000 шпал на 1 км).

Температурное напряжение, возникающее в рельсе в связи с несостоявшимся изменением его длины при изменении температуры:

$$[\boldsymbol{\sigma}_t] = a \bullet E \bullet \Delta t = 2{,}5\Delta t\ ,$$

$$[\boldsymbol{\sigma}_t] = 0{,}0000118 \bullet 2{,}1 \bullet 10^5 \bullet 3 = 7{,}4$$

где a — коэффициент линейного расширения рельсовой стали
(a = 0,0000118 1/град);

E — модуль упругости рельсовой стали (E = 210 ГПа = 2,1 • 10^5 МПа);

Δt — разность между температурой, при которой определяется напряжение, и температурой закрепления плети на шпалах.

Наибольшее допускаемое по условию прочности рельса понижение температуры рельсовой плети по сравнению с ее температурой при закреплении:

$$[\Delta \boldsymbol{t}_р] = \frac{[\boldsymbol{\sigma}] - \boldsymbol{k} \bullet \boldsymbol{\sigma}_к}{\boldsymbol{\alpha} \cdot \boldsymbol{E}} = \frac{[\boldsymbol{\sigma}] - \boldsymbol{k}_п \bullet \boldsymbol{\sigma}_к}{\mathbf{2{,}5}}$$

В соответствии с указанным порядком расчета определены и приведены в табл. П.2.2 [5] Инстр. ОАО «РЖД» № 2788р от 29.12.2012 г допускаемые по условию прочности понижения $[\Delta \boldsymbol{t}_р]$ температуры рельсовых плетей по сравнению с температурой их закрепления для бесстыкового

железнодорожного пути с термоупрочненными рельсами типа Р65 первого срока службы на железобетонных шпалах и щебеночном или асбестовом балласте в зависимости от типа обращающихся локомотивов, реализуемой скорости движения и радиусов кривых.

$$[\Delta \boldsymbol{t}_р] = 54 + 33 = 87 \text{ (Из табл.П2.1 для Р75)}$$

Для рельсов термоупроченных:

$$87 + 20 = 107°C$$

4. Расчет интервалов закрепления плетей.

Расчетный интервал закрепления рельсовых плетей:

$$[\Delta \boldsymbol{t}_з] = [\Delta \boldsymbol{t}_у] + [\Delta \boldsymbol{t}_р] - T_А$$

$$[\Delta \boldsymbol{t}_з] = [\Delta \boldsymbol{t}_у] + [\Delta \boldsymbol{t}_р] - T_А = 52 + 87 - 107 = 32°C$$

Тогда $[T]$ будет равно:

$$[T] = [\Delta \boldsymbol{t}_у] + [\Delta \boldsymbol{t}_р] - [\Delta \boldsymbol{t}_з]$$

В прямом участке пути:

$$[T] = 52 + 87 - 10 = 129°C$$

$$107°C \leq 129°\mathbf{C}$$

В кривой R = 350 м:

$$[T] = 33 + 87 - 10 = 110°C$$

$$107°C \leq 110°\mathbf{C}$$

Условие выполняется, следовательно, бесстыковой путь можно укладывать.

Границы расчетного интервала закрепления, т.е. самую низкую (min $t_з$) и самую высокую (max $t_з$) температуры закрепления, определяют по формулам:

В прямом участке $\min t_з = t_{\max\max} - [\Delta \boldsymbol{t}_у]$;

$\min t_з = 55° - 54° = 1°C$: $\max t_з = 101 - 52 = 49°C$

Для кривой R = 1000 м $\max t_з = t_{\min\min} - [\Delta \boldsymbol{t}_р]$;

$\max t_з = 55° - 46° = 9°$; $\max t_з = 99 - 52 = 47°C$

Для кривой R = 350 м; $\max t_з = t_{\min\min} - [\Delta \boldsymbol{t}_р]$;

$\max t_з = 55° - 33° = 22°$; $\max t_з = 87 - 52 = 35°C$

Закрепление плетей любой длины при любой температуре в пределах расчетного интервала гарантирует надежность их работы при условии полного соблюдения требований ТУ, касающихся конструкции и содержания бесстыкового железнодорожного пути.

При этом следует учитывать, что закрепление плетей при очень высоких температурах может в отдельных случаях привести к образованию большого зазора при сквозном изломе плети в холодную погоду или к разрыву болтов в стыках уравнительных пролетов при низких температурах воздуха.

Зазор $\boldsymbol{\lambda}$, мм, образовавшийся при изломе плети, пропорционален квадрату фактического понижения температуры $[\Delta \boldsymbol{t}_{\text{р}}]$ по сравнению с температурой закрепления и определяется по следующим формулам в зависимости от типа рельсов:

$$\boldsymbol{\lambda}_{\text{р}75} = 0{,}27 \cdot \frac{[\Delta \boldsymbol{t}2\text{р}]}{\boldsymbol{r}}\ ; \quad \boldsymbol{\lambda}_{\text{р}65} = 0{,}24 \cdot \frac{[\Delta \boldsymbol{t}2\text{р}]}{\boldsymbol{r}}\ ; \quad \boldsymbol{\lambda}_{\text{р}50} = 0{,}19 \cdot \frac{[\Delta \boldsymbol{t}2\text{р}]}{\boldsymbol{r}}\ ;$$

$$\boldsymbol{\lambda}_{\text{р}75} = 0{,}27 \cdot \frac{\boldsymbol{87}^2}{\boldsymbol{25}} = 0{,}27 \cdot \frac{\boldsymbol{7569}}{\boldsymbol{25}} = 0{,}27 \cdot 302{,}76 = 81{,}7 \text{ мм};$$

где r — погонное сопротивление, кН/см, продольному перемещению рельсовых плетей [зимой (при смерзшемся балласте) при нормативном натяжении клеммных и закладных болтов значение r можно принимать равным 25 Н/мм]. В этом случае зазоры при изломе определяются формулами:

$$\boldsymbol{\lambda}_{\text{р}75} = 0{,}011 \cdot [\Delta \boldsymbol{t}^2{}_{\text{р}}]\ ; \quad \boldsymbol{\lambda}_{\text{р}65} = 0{,}010 \cdot [\Delta \boldsymbol{t}^2{}_{\text{р}}]\ ; \quad \boldsymbol{\lambda}_{\text{р}50} = 0{,}008 \cdot [\Delta \boldsymbol{t}^2{}_{\text{р}}]\ ;$$

$$\boldsymbol{\lambda}_{\text{р}75} = 0{,}011 \cdot 87^2 = 0{,}011 \cdot 7569 = 83{,}2 \text{ мм}\ ;$$

Максимальное значение зазора, который может образоваться при изломе плети, не должно превышать 50 мм.

Увеличение $\Delta\boldsymbol{\lambda}$, мм, начальных зазоров между концами плетей и уравнительных рельсов с учетом «бытовых» сопротивлений стыков растяжению также зависит от квадрата понижения температуры $[\Delta \boldsymbol{t}_{\text{р}}]$ и может быть при нормативных погонных сопротивлениях = 25 Н/мм приблизительно подсчитано по следующим формулам:

$$\boldsymbol{\lambda}_{\text{р}75} = 0{,}006 \cdot (\Delta \boldsymbol{t}_{\text{р}} - 7)^2; \quad \boldsymbol{\lambda}_{\text{р}65} = 0{,}005 \cdot (\Delta \boldsymbol{t}_{\text{р}} - 7)^2; \quad \boldsymbol{\lambda}_{\text{р}50} = 0{,}004 \cdot (\Delta \boldsymbol{t}_{\text{р}} - 7)^2$$

$$\boldsymbol{\lambda}_{\text{р}75} = 0{,}006 \cdot (87 - 7)^2 = 0{,}006 \cdot 80 = 0{,}48 \text{ мм}$$

Для обеспечения прочности стыковых болтов уравнительных пролетов при действии низких температур рекомендуется закреплять плети с учетом данных [5, табл. П.2.3] Инстр. ОАО «РЖД» № 2788р от 29.12.2012 г.

Если число уравнительных рельсов оказывается недостаточным по условию прочности стыковых болтов, то число их можно увеличить на не более чем на одну пару.

Пример расчета условий укладки и эксплуатации бесстыкового железнодорожного пути приведен в [5, П.2.3, с. 92], а также в [7, с. 211].

Приложение 8

Из Инстр. ОАО «РЖД» № 2788р

Таблица П.2.1 **Допускаемые повышения температур рельсовых плетей**

Тип рельсов	Эпюра шпал	Повышение температуры рельсовой плети [Δt_y], °С, допускаемое по условию устойчивости пути										
		в прямом участке	в кривых радиусом, м									
			2000	1200	1000	800	600	500	400	350	300	250
Со щебнем из скальных пород												
Р75	2000	58	53	51	49	47	45	42	39	36	-	-
	1840	54	50	47	46	44	41	39	36	33	-	-
	1600	47	43	41	40	38	36	34	-	-	-	-
Р65	2000	58	53	51	49	47	43	41	38	34*)	29*)	28*)
	1840	54	50	47	46	44	41	39	36	32	-	-
	1600	47	43	41	40	38	36	33	-	-	-	-
Р50	2000	63	58	55	54	51	48	46	43	39	-	-
	1840	57	52	49	48	46	43	41	38	35	-	-
	1600	50	46	43	42	40	37	36	-	-	-	-
С асбестовым балластом												
Р75	2000	55	52	48	47	45	43	40	37	34	-	-
	1840	51	48	45	44	42	40	36	35	32	-	-
	1600	46	42	39	37	36	34	31	-	-	-	-
Р65	2000	55	52	48	47	44	42	39	35	32	-	-
	1840	52	48	45	43	41	39	36	32	29	-	-
	1600	46	42	39	37	36	34	31	-	-	-	-
Р50	2000	60	55	52	51	49	47	43	40	37	-	-
	1840	55	51	48	47	45	44	39	37	34	-	-
	1600	49	45	42	41	39	37	34	-	-	-	-
С гравийным и песчано-гравийным балластом												
Р75	2000	45	40	36	34	32	27	-	-	-	-	-
Р65	1840	42	37	33	32	29	25	-	-	-	-	-
	1600	36	32	29	28	25	22	-	-	-	-	-
Р50	2000	49	44	40	38	35	30	-	-	-	-	-
	1840	46	40	36	35	32	27	-	-	-	-	-
	1600	39	35	32	30	28	24	-	-	-	-	-

*) В кривых радиусами 350, 300 и 250 м [Δt_y] увеличиваются соответственно:

- до 38, 33 и 32^{0}С - при укладке железобетонных шпал с повышенным (не менее чем на 25% по сравнению с типовыми Ш-3) сопротивлением сдвигу поперек оси пути;
- до 37, 32 и 31^{0}С - при омоноличивании плеча и откоса балластной призмы со стороны наружного рельса;
- до 41, 36 и 35^{0}С - при омоноличивании плеча и откоса балластной призмы и применении шпал с повышенным сопротивлением сдвигу;
- до 35, 30 и 29^{0}С - при увеличении эпюры типовых шпал с 2000 до 2100 шт./км;
- до 38, 33 и 32^{0}С – при увеличении эпюры типовых шпал до 2100 шт./км и омоноличивании плеча и откоса балластной призмы.

Содержание отчета

1. Расчет условий укладки и эксплуатации бесстыкового железнодорожного пути в заданном регионе.

2. Ответы на контрольные вопросы.

3. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Что такое бесстыковой железнодорожный путь и каковы его основные отличительные признаки?

2. В чем различие между обычными рельсами, длинными рельсами и рельсовыми плетями бесстыкового железнодорожного пути?

3. Какой фактор является основным при отнесении конструкции железнодорожного пути к обычной, с длинными рельсами и бесстыковому железнодорожному пути?

4. Каковы особенности работы рельсов в железнодорожном пути с длинными рельсами и в бесстыковом железнодорожном пути?

5. Каковы особенности укладки бесстыкового железнодорожного пути близ стрелочного перевода, железнодорожного переезда, путевого сигнала, искусственного сооружения?

Практическое занятие № 14

Тема: Определение конструкции верхнего строения пути на мостах при заданных видах пролетных строений.

Цель: изучить типы мостового полотна, особенности работы железнодорожного пути на мостах.

Оборудование: инструкционная карта, литература [2, 12, 10], слайды «Конструкции пути на железнодорожных мостах», бумага формата А4, чертежные инструменты.

Порядок выполнения

1. Перечислить типы мостового полотна на железнодорожных мостах с описанием конструкций верхнего строения железнодорожного пути. При этом необходимо учесть следующие требования инструкции [2]:

1.1. Железнодорожный путь на мостах может быть на балласте, на металлических или деревянных поперечинах, на безбалластных железобетонных плитах.

1.2. Конструкция мостового полотна должна соответствовать техническим нормам и требованиям, изложенным в Технических указаниях по устройству и конструкции мостового полотна на железнодорожных мостах ОАО «РЖД» [10].

1.3. В качестве балласта на мостах и подходах необходимо применять щебень из твердых пород. Железнодорожный путь на мостах и подходах к ним, эксплуатируемый на асбестовом балласте, должен в плановом порядке переводиться на щебеночный балласт.

1.4. Ширина плеча балластной призмы должна быть не менее 35 см, а на мостах с бесстыковым железнодорожным путем — 45 см. На железнодорожных путях 4-го и 5-го классов на прямых участках железнодорожного пути и в кривых радиусом 600 м и более допускается ширина плеча балластной призмы не менее 25 см.

При недостаточной ширине балластного корыта для размещения балластной призмы требуемых размеров должны приниматься меры против осыпания балласта с моста.

Толщина балластного слоя под шпалой в подрельсовой зоне должна быть не менее 25 см и не более 40 см.

На эксплуатируемых мостах максимальная толщина балластного слоя под шпалой не должна превышать 40 см, а на мостах с откидными консолями — 35 см.

На вновь построенных мостах с устройством железнодорожного пути на балласте с шириной балластного корыта 4500 мм или 9300 мм ширина плеча балластной призмы должна быть не менее 45 см, а толщина балластного слоя под шпалой не менее 40 см.

1.5. В местах сопряжения безбалластных конструкций железнодорожного пути на мостах и в тоннелях с балластной конструкцией железнодорожного пути на земляном полотне должны укладываться участки специального переходного железнодорожного пути переменной жесткости по индивидуальным проектам, согласованным с ЦП. При необходимости переходные участки обустраиваются также на грузонапряженных линиях перед средними и большими мостами с ездой на балласте.

1.6. На больших мостах длиной более 100 м и на всех мостах с разводными пролетами, а также на подходах к указанным мостам должны укладываться термоупрочненные рельсы типа Р65. На остальных мостах укладывают те же рельсы, что на перегонах. На мостах, расположенных в кривых радиусами 650 м и менее, по наружным рельсовым нитям укладываются рельсы повышенной износостойкости.

1.7. В регионах с годовыми температурными амплитудами рельсов более 110 °С на мостах укладываются термоупрочненные рельсы низкотемпературной надежности.

1.8. На мостах укладывается бесстыковой железнодорожный путь в соответствии с требованиями Инструкции по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового железнодорожного пути [5].

1.9. Бесстыковой железнодорожный путь в пределах моста может укладываться без разрывов или с разрывами плетей в зависимости от конструкции, длин пролетных строений, схем размещения опорных частей, годовых перепадов температуры рельсов и в соответствии с требованиями подраздела 2.8 Инструкции по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового железнодорожного пути [5].

1.10. Концы рельсовых плетей бесстыкового железнодорожного пути, перекрывающих безбалластные металлические мосты, должны находиться за их пределами на расстоянии не менее 100 м от шкафной стенки устоя при длине моста 33,6 м и более и не менее 50 м при длине моста менее 33,6 м.

1.11. При укладке бесстыкового железнодорожного пути на мостах с разрывами сварных рельсовых плетей для компенсации их перемещений, вызванных изменениями температуры рельсов и проходом по мосту временной нагрузки, в местах разрывов, в зависимости от конструкции мостового полотна, длин температурных пролетов и годовой амплитуды температуры рельсов для местности, где эксплуатируется мост, могут

укладываться уравнительные рельсы, уравнительные приборы или уравнительные стыки.

1.12. Укладка на мостах, а также на подходах к ним рельсов разных типов и рельсовых рубок не допускается (кроме временных при производстве ремонтных работ).

1.13. Стыки рельсов на мостах располагают по наугольнику. Стыковые зазоры должны соответствовать температуре рельсов, как и на прилегающих участках железнодорожного пути.

При езде на мостовых брусьях стыки устраивают как на весу, так и над брусьями. При езде на балласте стыки располагают на весу.

Стыки рельсов не следует располагать ближе 2 м от концов пролетных строений, а в арочных мостах — от деформационных швов и замка свода. Не рекомендуется также располагать стыки над разрывами продольных балок и над поперечными балками.

1.14. Угон железнодорожного пути на мостах не допускается. В случаях, когда при типовом закреплении железнодорожного пути на подходах к мосту угон все же передается на мост, закрепление железнодорожного пути от угона производится также и на мосту постановкой пружинных противоугонов около неподвижных опорных частей в количестве, определяемом расчетом. На мостах с мостовыми брусьями противоугоны ставятся у брусьев, прикрепленных к продольным балкам противоугонными уголками.

1.15. Крепление мостового полотна (мостовых брусьев, безбалластных плит, металлических поперечин) осуществляют в соответствии с Техническими указаниями [10]. Другие способы крепления мостового полотна допускаются с разрешения ЦП. На участках, оборудованных автоблокировкой, зазор между рельсовыми подкладками и контруголками или костылями, прикрепляющими контррельсы к мостовым брусьям, а также между шайбами лапчатых болтов и рельсовыми подкладками и противоугонными (охранными) уголками должен быть не менее 15 мм.

1.16. Контруголки (контррельсы) укладывают:

— на мостах с ездой на балласте, имеющих полную длину более 50 м или расположенных в кривых радиусом менее 600 м;

— на путепроводах с ездой на балласте при полной длине сооружения более 25 м, а также при расположении их на кривых радиусом менее 1000 м;

— на мостах и путепроводах с ездой на металлических или деревянных поперечинах (мостовых брусьях), безбалластных железобетонных плитах при длине мостового полотна более 5 м или расположении их на кривых радиусом менее 1000 м;

— на железнодорожных путях, расположенных под путепроводами и пешеходными мостами с опорами стоечного типа при расстоянии от оси железнодорожного пути до грани опоры менее 3 м;

— на многопутных мостах со сплошным балластным корытом (только по крайним железнодорожным путям).

В качестве охранных приспособлений на эксплуатируемых мостах, путепроводах контррельсы могут сохраняться до капитального ремонта железнодорожного пути.

Контруголки должны быть сечением 160х160х16 мм. На эксплуатируемых мостах впредь до их переустройства или капитального ремонта допускаются контруголки меньшего сечения, но не менее 150х100х14 мм.

Для контруголков (контррельсов) должны применяться рельсы (уголки) длиной не менее 6 м. Стыки контррельсов соединяются типовыми четырехдырными накладками.

Контруголки (контррельсы) протягиваются до задней грани устоев или закладных щитов, далее их концы на протяжении не менее 10 м сводятся челноком, заканчивающимся башмаком.

На железнодорожных путях под путепроводными мостами контруголки (контррельсы) укладываются на протяжении ширины сооружения (длины тоннеля) и затем их концы сводятся челноком, как на мостах.

1.17. При укладке бесстыкового железнодорожного пути на многопролетных сталежелезобетонных и металлических мостах с ездой на балласте, перекрываемых неразрезными рельсовыми плетями, начало «челнока» контруголков должно быть отнесено за заднюю грань устоя, расположенного со стороны подвижной опорной части пролетного строения, на расстояние: 5 м — для мостов с пролетными строениями длиной 44 м; 10м — 55 м; 15м — 66 м и более.

1.18. На мостах с ездой на балласте и подходах к ним (в пределах челноков) должны применяться специальные мостовые железобетонные шпалы с отверстиями для крепления контруголков. В пределах пролетных строений и устоев применяются мостовые шпалы: Ш1-М, ШЗ-М, ШЗ-ДМ, Ш-АРС-М 44х3, а на подходах в пределах челноков — челночные: Ш1-Ч, ШЗ-Ч, ШЗ-ДЧ, Ш-АРС-Ч 44х3.

1.19. На мостах, расположенных в кривых участках железнодорожного пути, возвышение наружного рельса при езде на деревянных по перечинах достигается установкой пролетных строений с поперечным наклоном или, в крайнем случае, при помощи деревянных подкладок, укладываемых под брусья в соответствии с Техническими указаниями по устройству и

конструкции мостового полотна на железнодорожных мостах ОАО «РЖД» [10].

При езде на балласте возвышение наружного рельса достигается увеличением толщины балластного слоя под наружным рельсом, а при езде на металлических поперечинах и при непосредственной укладке рельсов на железобетонную плиту — осуществляется по специальным проектам.

1.20. Наряду с требованиями настоящей Инструкции при содержании железнодорожного пути на мостах и в тоннелях необходимо руководствоваться положениями Инструкций [7, 5].

2. Вычертить одну из конструкций мостового полотна (по выбору обучающегося).

3. Описать особенности содержания железнодорожного пути на мостах.

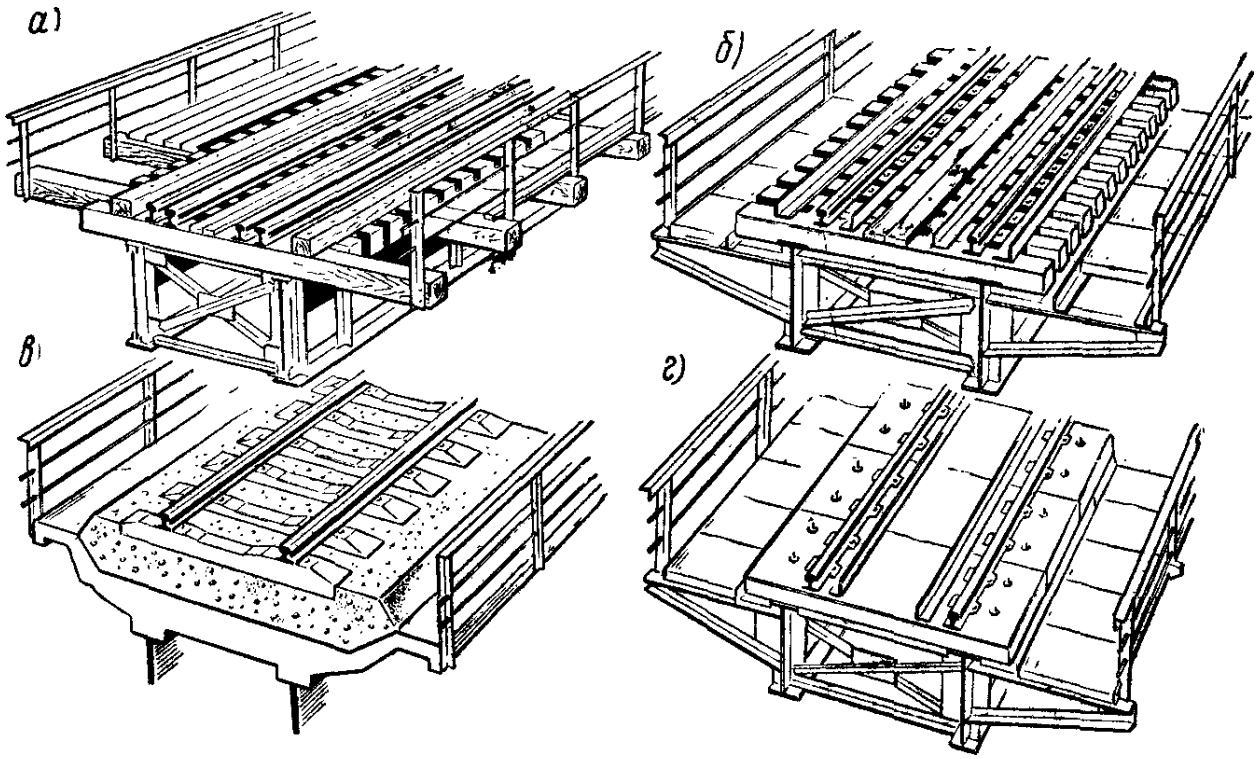


Рисунок 1 - Конструкция мостового полотна:
а — рельсовый путь на мостовых брусьях; *б* — рельсовый путь на мостовых брусьях; *в* —рельсовый путь на балласте; *г* —рельсовый путь на железобетонных плитах;

На металлических железнодорожных мостах мостовое полотно может быть следующих видов:

• на мостовых деревянных брусьях (поперечинах) (рис. 2, *а*, *б*);

• на балласте (рис. 2, *в*);

• на стальной ребристой плите;

• на металлических поперечинах;

• на сплошном бетонном основании (железобетонная плита без балласта) (рис. 2, *г*).

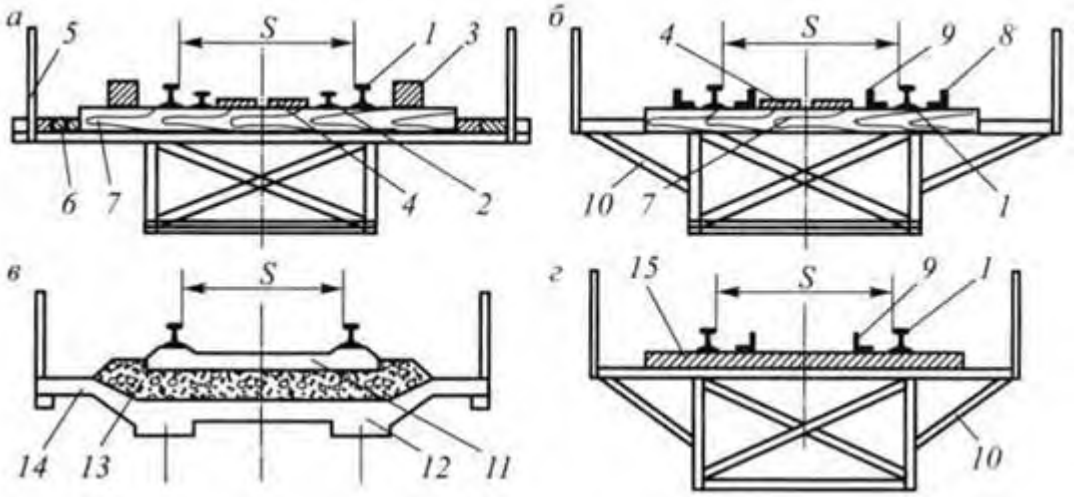


Рис. 2. Конструкция мостового полотна на балласте:
а — рельсовый путь на мостовых брусьях; *б* — рельсовый путь на мостовых брусьях; *в* — рельсовый путь на балласте; *г* — рельсовый путь на железобетонных плитах; *1* — путевой рельс; *2* — контррельс; *3* — охранный брус; *4* — доски настила; *5* — перила; *6* — настил тротуара; *7* — мостовой брус; *8* — охранный уголок; *9* — контруголок; *10* — кронштейн тротуара; *11* — железобетонная шпала; *12* — балластное корыто; *13* — балластный слой; *14* — консоль тротуара; *15* — железобетонная плита

Мостовое полотно с ездой на балласте состоит из путевых рельсов, контруголков, шпал, балласта и железобетонной плиты с бортиками (балластное корыто), тротуарами и металлическими перилами. Преимуществом мостового полотна с ездой на балласте является однородность пути на мосту и подходах, которая создает более благоприятные условия для движения поездов, упрощает содержание и ремонт пути. Недостатком такой конструкции является значительный собственный вес, возможность увеличения толщины балластного слоя и смещения оси пути относительно оси пролетного строения, сложность устройства и ремонта гидроизоляции и водоотвода, возможность образования льда в балласте.

На мостах, где путь уложен на балласте, конструкция мостового полотна ничем не отличается от конструкции пути на перегонах, если длина моста не более 25 м.

Путь на мостовых деревянных брусьях. Мостовые брусья изготавливают из сосны или лиственницы стандартных размеров, для удлинения

срока их службы они антисептируются. Сечения мостовых брусьев назначаются в зависимости от расстояния между осями балок (ферм):

• при расстоянии между осями до 2 м укладываются брусья сечением 20×24 см (с контррельсами или контруголками);

• при расстоянии между осями от 2 до 2,2 м — сечением 22×26 см (с контррельсами) и 20×24 (с контруголками);

• при расстоянии от 2,2 до 2,3 м — сечением 22×28 см (с контррельсами);

• при расстоянии от 2,3 до 2,5 м — сечением 24×30 (с контррельсами) и 22×28 см (с контруголками).

В настоящее время вместо деревянных брусьев сечением 22×28 и 24×30 см укладываются металлические поперечины.

Брусья плотно прирубаются к поясам продольных балок (ферм). Каждый брус прикрепляется к поясам балок (ферм) лапчатыми болтами. Применяются брусья длиной 3,2 м. Тротуарный настил располагается на металлических консолях, прикрепленных к продольным или главным балкам. При отсутствии консолей доски тротуарного настила укладываются на поперечинах длиной 4,2 м.

Мостовые брусья укладываются по эпюре строго по наугольнику с нормальным расстоянием в свету между брусьями не более 15 см и не менее 10 см. Во всех случаях расстояние между осями мостовых брусьев должно быть не более 55 см. При большем расстоянии для предупреждения провала колес сошедшего с рельсов поезда на верхних поясах поперечных балок устраиваются переходные столики. Путевые рельсы на мостах длиной более 300 м укладываются типа Р65 длиной 25 м на остальных мостах — такие же, как на перегоне. Для обеспечения плавного прохода подвижного состава в каждом пролете делается соответствующий подъем рельсового пути, стрела подъема принимается равной 1/2000 пролета.

С целью равномерной (без перегрузок) работы пролетного строения под поездами ось пути должна совмещаться с осью пролетного строения. Величина отклонения между осями принимается не более 5 см на прямых участках пути и не более 3 см — в кривых.

Уравнительные приборы укладываются в рельсовом пути при длине участка между неподвижными опорными частями смежных пролетных строений, превышающей 100 м. В районах со значительными колебаниями температуры эти приборы предназначены для компенсации больших зазоров, образующихся в стыках рельсов при изменении длины ферм. Уравнительный прибор состоит из рамного и острякового рельсов, прикрепляемых к металлической плите. На однопутных мостах уравнительные приборы укладываются над подвижным концом ферм остряком пошерстно в направлении преимущественного движения.

Контррельсы или контруголки располагаются внутри колеи параллельно путевым рельсам (рис. 3). Они должны укладываться на мостах длиной более 25 м и на всех мостах, расположенных на кривых радиусом менее 1000 м, для направления подвижного состава, сошедшего с рельсов перед мостом или на самом мосту. Контррельсы (контруголки) протягиваются до задней грани устоя, далее концы контррельсов сводятся вместе «челноком», «челнок» заканчивается башмаком или скосом концов контррельсов (рис. 4). Контррельсы применяются на один тип легче путевых рельсов, лежащих на мосту, а контруголки — сечением не менее 160×160×16 мм. Расстояние до контррельсов и контруголков от внутренней грани головки путевых рельсов Р50 принимается 220—240 мм, а для Р65 до контруголков — 310 мм. Для автоматического вкатывания колес на рельсы в случае схода подвижного состава служат специальные вка-тыватели, укладываемые вместо челнока контруголков перед мостом.

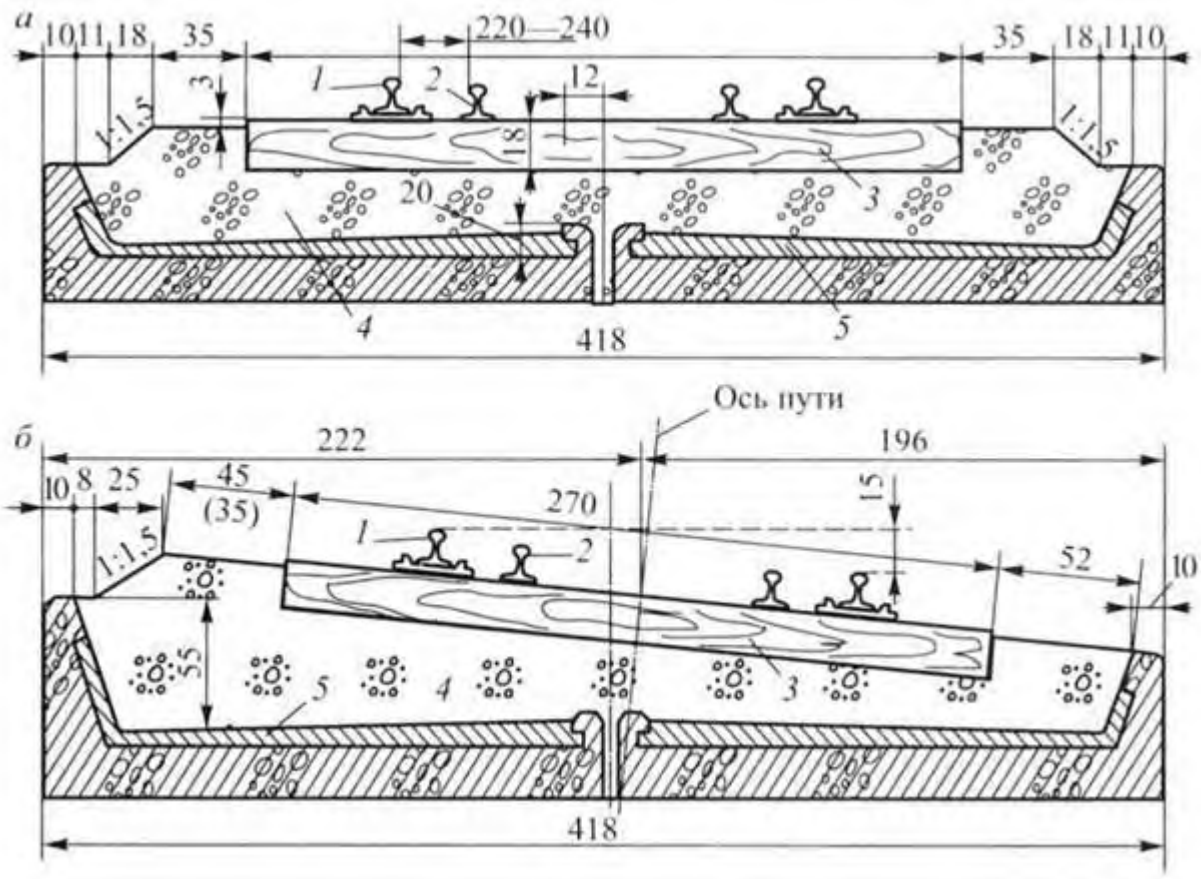


Рис. 3. Разновидности конструкций мостового полотна:
а — на прямом участке пути; *б* — на криволинейном участке пути;
1 — путевой рельс; *2* — охранные приспособления (контррельсы или контруголки); *3* — шпала; *4* — балластный слой; *5* — балластное корыто (размеры балластного корыта даны для эксплуатируемых мостов)

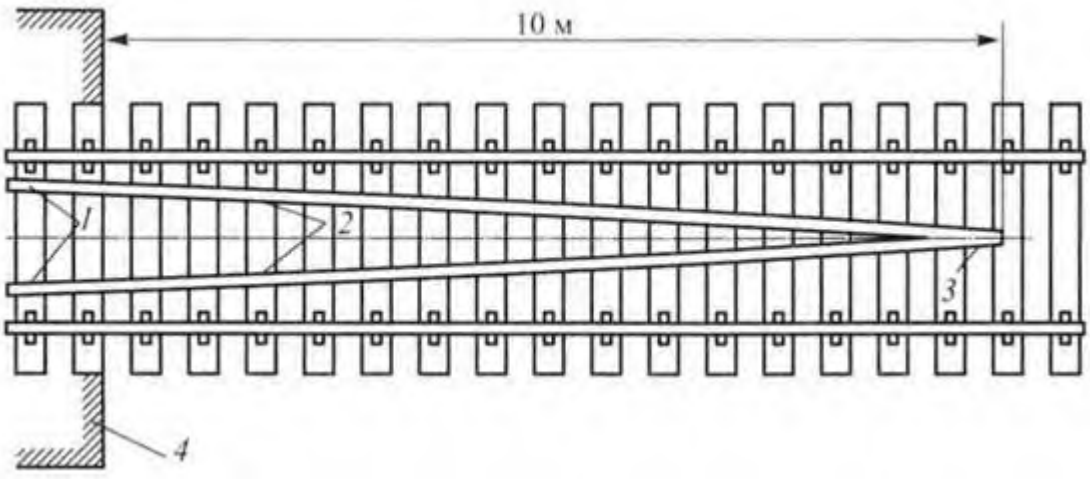


Рис. 4. Контррельсы на мосту и подходах:
1 — контррельсы (контруголки); *2* — челнок; *3* — башмак; *4* — задняя грань устоя

Противоугонные (охранные) брусья сечением 15×20 см укладываются на всех мостах (кроме деревянных длиной до 5 м) на расстоянии не менее 300 мм и не более 400 мм от наружной грани путевого рельса. Противоугонные (охранные) брусья и охранные уголки служат для предупреждения продольного угона и выкантовывания мостовых брусьев, а также для направления вдоль моста сошедшего с рельсов подвижного состава в случае повреждения контррельсов (контруголков). Мостовые брусья соединяются с противоугонными врубками глубиной 3 см. Противоугонный брус скрепляется с каждым мостовым брусом болтом. Охранные брусья стыкуются впритык между мостовыми брусьями. Противоугонные (охранные) уголки прикрепляются к каждому мостовому брусу шурупами.

Тротуар и перила устраиваются на мостах длиной более 20 м или высотой более 5 м, на путепроводах и мостах, расположенных в пределах станций. Настил тротуаров состоит из четырех досок сечением 20×5, а настил внутри колеи — из 2 досок сечением 20×3 см. На боковых раздельных тротуарах вместо досок может быть уложен настил из сборных железобетонных плит.

Мостовое полотно с железобетонной безбалластной плитой состоит из путевых рельсов, контруголков, железобетонной плиты, тротуаров и перил. Железобетонная плита, как правило, не включена в совместную работу с продольными балками. Она состоит из блоков толщиной 16—24 см, шириной 4 м и длиной 3 м. Верхние и боковые поверхности плит покрыты гидроизоляцией, блоки укладываются на деревянные подкладки, расположенные примерно через 0,5 м. Толщина подкладок принимается не менее 4 см, блоки прикрепляются к поясам балок высокопрочными

шпильками. Движение поездов можно открыть без подливки плит раствором. Плиты подливаются цементно-песчаным раствором в теплое время года в промежутках между поездами. Слой подливки армируется сетками. Для железобетонной плиты возможно применение полимербетона (время твердения 2—3 ч).

Мостовое полотно со стальной ребристой плитой устраивается при совместной работе балок проезжей части с поясами главных ферм. Стальной настил образует с продольными балками П-образную конструкцию и заменяет собой продольные связи между балками. Применение такого мостового полотна снижает массу проезжей части, но незначительно увеличивает расход стали. Мостовое полотно с ездой по стальной плите состоит из путевых рельсов, охранных контррельсов и контруголков, прикрепленных непосредственно к ортотропной плите. Тротуары с перилами устраиваются на консолях, прикрепленных к ребрам жесткости стенок балки.

Применение такого мостового полотна обеспечивает уменьшение строительной высоты, простоту отвода воды, возможность механизированной очистки пути, меньшую интенсивность коррозии верхнего стального листа, доступность осмотра, простоту смены рельсов.

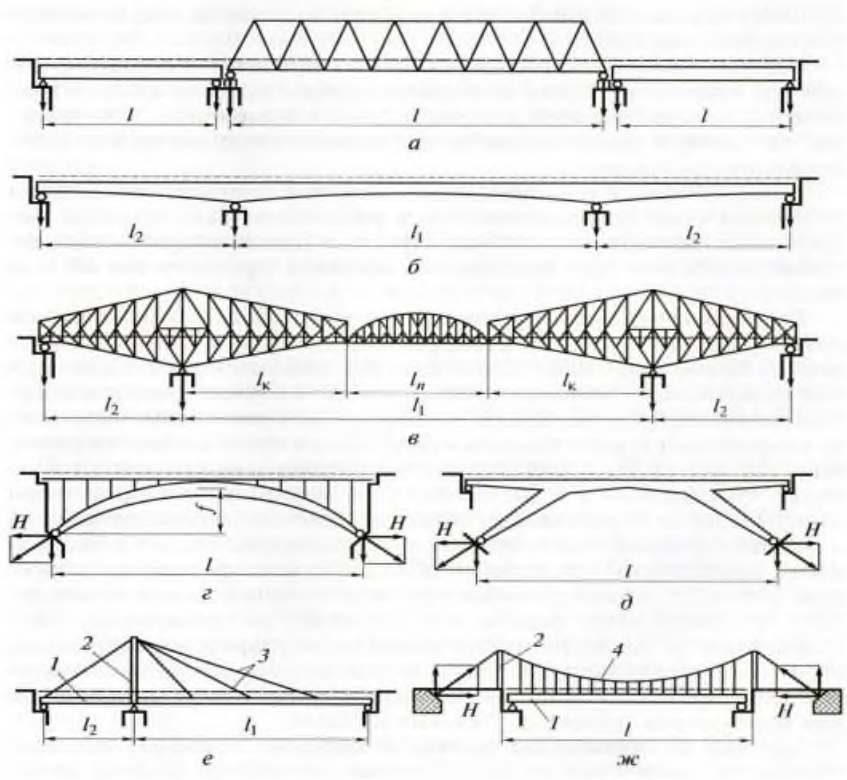


Рисунок 6.1 – Основные системы металлических мостов:
1 – балка жесткости; 2 – пилон; 3 – ванта; 4 – кабель

Содержание отчета

1. Чертеж мостового полотна.
2. Ответы на контрольные вопросы.
3. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Укажите основные особенности конструкций верхнего строения железнодорожного пути на мостах.
2. С какой целью и где устраивают охранные приспособления на мостах?
3. Назовите основные эксплуатационные достоинства бесстыкового железнодорожного пути на мостах по сравнению с обычным — из отдельных звеньев.
4. С какой целью и где устанавливается на железнодорожных мостах уравнительный прибор?
5. В чем состоят особенности содержания железнодорожного пути на мостах?

Практическое занятие № 15

Тема: Определение габаритных расстояний и междупутий

Цель: изучить габариты, действующие на железнодорожном транспорте, их основные размеры и расстояния между осями железнодорожных путей.

Оборудование: инструкционная карта, литература [12, 20], слайды «Габариты», бумага формата А4, чертежные инструменты.

Порядок выполнения

1. Повторить:

— габариты приближения строений и железнодорожного подвижного состава;

— габарит погрузки;

— габаритное положение выгруженных для путевых работ элементов верхнего строения железнодорожного пути;

— расстояния между осями смежных железнодорожных путей на перегонах и раздельных пунктах по ПТЭ.

2. Вычертить габарит приближения строений с указанием основных размеров.

Ход занятия

Для безопасного движения поездов необходимо, чтобы локомотивы, вагоны и грузы на открытом подвижном составе могли свободно проходить мимо устройств и сооружений, расположенных вблизи пути, не задевая их, а также мимо следующего по соседним путям подвижного состава. Это требование обеспечивается габаритом приближения строений и габаритом подвижного состава.

Габаритом приближения строений (рисунок 1) называется предельное поперечное (перпендикулярное оси пути) очертание, внутрь которого, помимо подвижного состава, не должны входить никакие части сооружений и устройств. Исключение составляют лишь те устройства, которые предназначены для непосредственного взаимодействия с подвижным составом (вагонные замедлители в рабочем состоянии, контактные провода с деталями крепления, поворачивающаяся часть колонки при наборе воды и др.).

Габаритом подвижного состава называется предельное поперечное (перпендикулярное оси пути) очертание, в котором, не выходя наружу, должен помещаться как груженый, так и порожний подвижной состав, расположенный на прямом горизонтальном пути.

Габарит приближения строений С применяется при строительстве новых линий, постройке вторых путей, электрификации железных дорог и

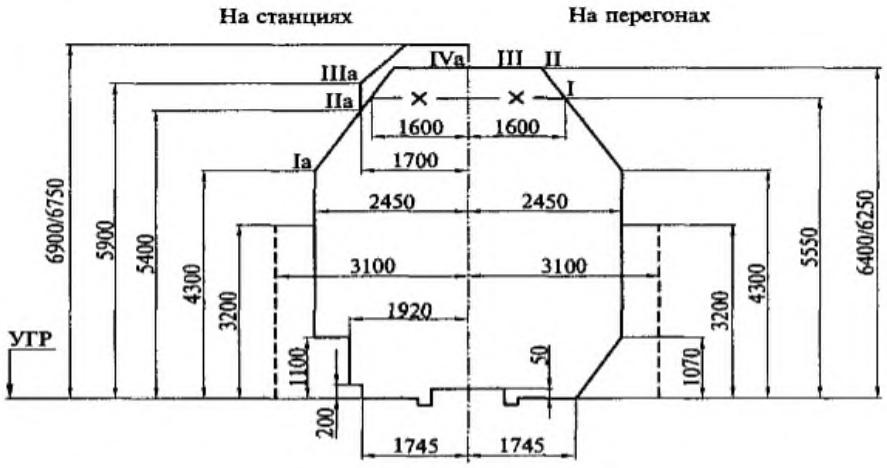
других ви- дах реконструкции общей сети и подъездных путей (от станции их примыкания до территории предприятия).

Габаритные расстояния по высоте измеряют от уровня верха головки рельса, горизонтальные расстояния — от оси пути.

Очертание I—II—III установлено для перегонов и путей на станциях (в пределах искусственных сооружений), на которых не предусматривается стоянка подвижного состава, очертание Iа—IIа—IIIа—IVа — для остальных путей станций.

Высота габарита указана на рисунке дробью: числитель — для контактной подвески с несущим тросом, знаменатель — без него. Ширина габарита приближения строений С составляет 4900 мм.

В габарите для перегонов на расстоянии от оси пути 1745 мм предусмотрен скос высотой 1070 мм от уровня верха головки рельса для перил на мостах, эстакадах и других искусственных сооружениях. Расстояние от оси пути до линии приближения строений (вновь строящиеся здания, заборы, опоры контактной сети и линий связи) составляет 3100 мм. Государственным стандартом установлен также габарит Сп (рисунок 2), отличающийся от габарита С отдельными размерами (например, высота для габарита Сп равна 5500 мм). Требованиям этого габарита должны удовлетворять сооружения и устройства депо, мастерских, грузовых районов, складов, портов, промышленных предприятий, а также между территориями этих предприятий, т. е. там, где скорости движения сравнительно невысоки.



Габарит приближения строений С:

УГР — уровень верха головки рельса; I—II—III — линия приближения всех вновь строящихся сооружений и устройств, расположенных на электрифицируемых путях в пределах искусственных сооружений (для перегонов и путей на станциях, где остановка подвижного состава исключена); Iа—IIа—IIIа—IVа — линия приближения всех вновь строящихся сооружений и устройств, расположенных на электрифицируемых путях (для остальных путей станций); —×— — линия приближения сооружений и устройств на путях, где электрификация исключена; – – – — линия приближения зданий, сооружений и устройств; в числителе — высота габарита для контактной подвески с несущим тросом, в знаменателе — без него

Рисунок 1 – Габарит приближения строений С

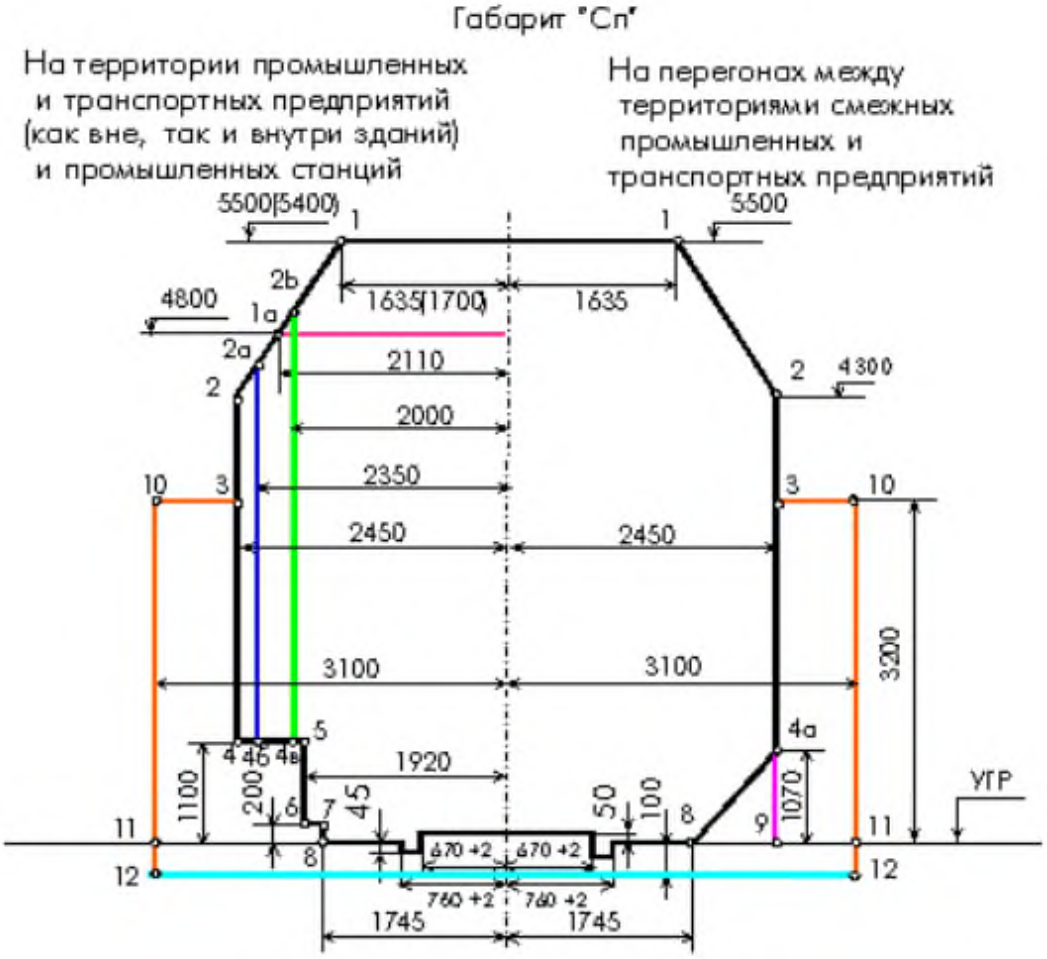


Рисунок 2 – Габарит приближения строений Сп

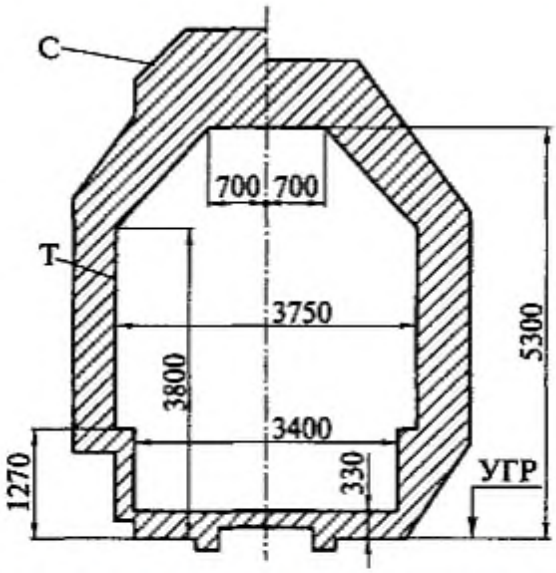


Рисунок 3 – Совмещенные габариты приближения строений и подвижного состава

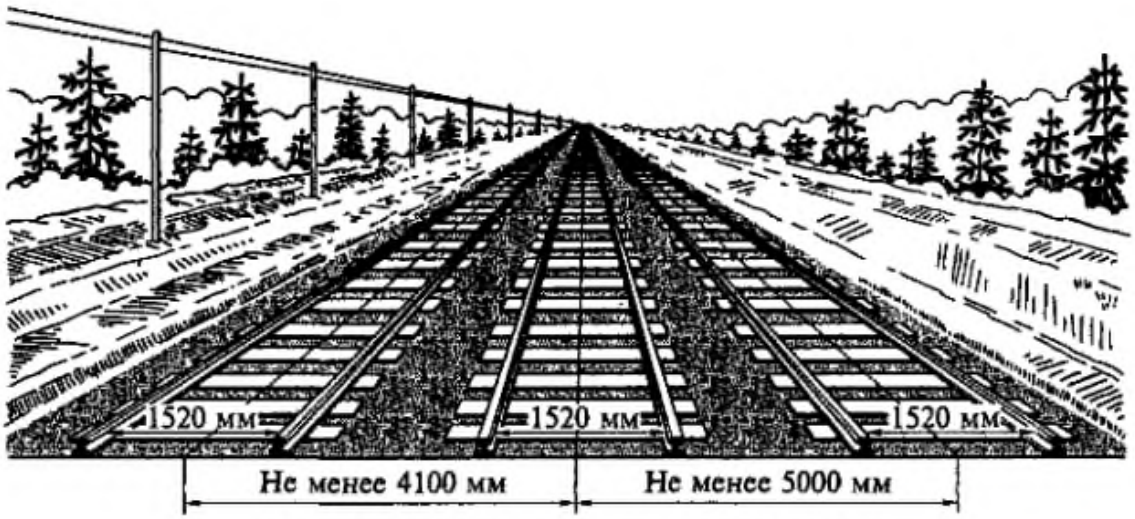


Рисунок 4 – Нормы расстояний между осями смежных путей

Расстояния между осями смежных путей определяются условиями обеспечения безопасности движения поездов и личной безопасности людей, находящихся на междупутьях. При этом учитываются соответствующие размеры габаритов подвижного состава и приближения строений.

Согласно ПТЭ расстояния, мм, между осями путей на прямых участках должны быть не менее указанных (рисунок 4):

На перегонах двухпутных линий.....4100

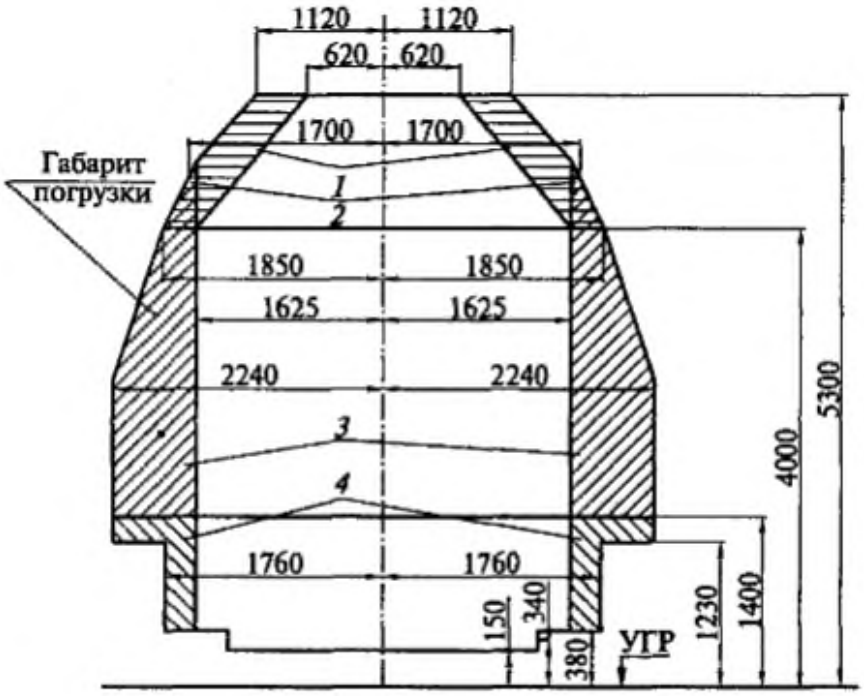
На трех- и четырехпутных линиях между осями второго и третьего путей..... 5000

На станциях между осями смежных путей..... 4800

На путях второстепенных и грузовых районов.....4500

Расстояние между осями второго и третьего путей 5000 мм позволяет оставить в междупутье инвентарь и инструмент для ремонта пути при следовании поездов по этим путям. Между осями путей, предназначенных для непосредственной перегрузки грузов из вагонов в вагон, может быть допущено расстояние 3600 мм. В кривых участках размеры междупутья, а также расстояние между осью пути и габаритом приближения строений, зависящие от радиуса кривой, скорости движения, месторасположения пути (перегон или станция) и других факторов, устанавливаются согласно нормам, приведенным в указаниях по применению габаритов приближения строений. Железные дороги принимают к перевозке и негабаритные грузы, которые, будучи погружены на открытый подвижной состав, выходят за пределы габарита погрузки.

Габаритом погрузки (рисунок 5) называется предельное поперечное (перпендикулярное оси пути) очертание, в котором, не выходя наружу, должен размещаться груз (с учетом упаковки и крепления) на открытом подвижном составе при нахождении его на прямом горизонтальном пути. Негабаритные грузы могут быть перевезены при принятии специальных мер предосторожности.



Зоны негабаритности груза:
1 — верхняя; *2* — совместная боковая и верхняя; *3* — боковая; *4* — нижняя;
УГР — уровень верха головки рельса

Рисунок 5 – Габарит погрузки

Для проверки соблюдения габарита приближения строений применяется устанавливаемая на платформе специальная габаритная рама, представляющая собой деревянную конструкцию, внешний контур которой соответствует очертаниям габарита С (рисунок 6).

Свободный проход рамы около сооружений и устройств свидетельствует о соблюдении габарита С.

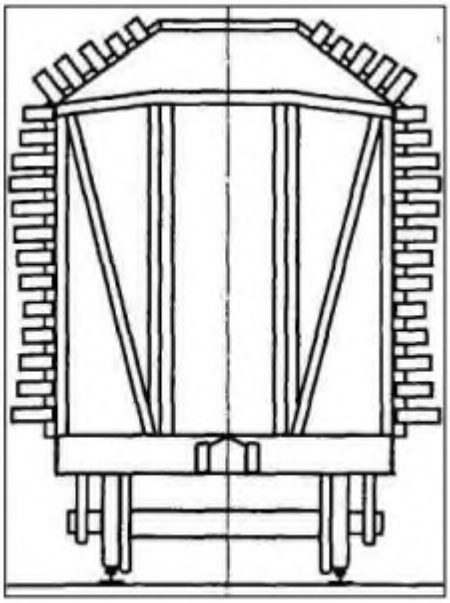


Рисунок 6 – Габаритная рама

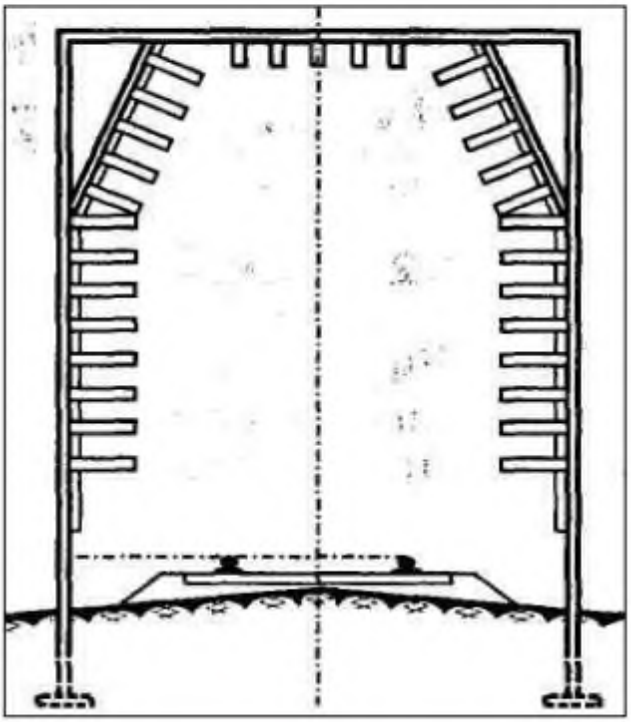


Рисунок 7 – Габаритные ворота

Вывод:

_____

_____

Содержание отчета

1. Чертеж габарита приближения строений с указанием основных размеров.

2. Ответы на контрольные вопросы.

3. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение габаритов приближения строений и железнодорожного подвижного состава.

2. Укажите основные размеры габарита приближения строений.

3. Какое наименьшее расстояние от оси железнодорожного пути составляет в габарите С?

4. На каком расстоянии от оси железнодорожного пути по горизонтали и от уровня головок рельсов по вертикали могут быть расположены фундаменты зданий, опор и т.п. по габариту С?

5. На каком уровне позволяют размещать очертания нижней части габарита С высокие пассажирские и низкие платформы?

6. Назовите горизонтальные расстояния от оси железнодорожного пути до высоких и низких платформ?

7. Дайте определение габарита погрузки.

8. Каковы требования габарита приближения строений к размещению выгруженных вдоль железнодорожного пути материалов верхнего строения?

9. Перечислите основные степени негабаритности грузов и специальные условия, в соответствии с которыми негабаритные грузы принимают к перевозке по железным дорогам России.

10. Каково назначение габаритной рамы?

11. Укажите сроки проверки габарита приближения строений.

12. Назовите максимальное и минимальное расстояния между осями железнодорожных путей.

Практическое занятие № 16

Цель: Выполнение измерений пути по шаблону и уровню.

Цель: научиться осуществлять контроль за состоянием железнодорожного пути.

Оборудование: инструкционная карта, литература [2,12], путевой шаблон ЦУП.

Порядок выполнения

1. Произвести измерения ширины колеи и положения рельсовых нитей по уровню путевым контрольным шаблоном ЦУП.

2. Чтобы обеспечить правильность измерений железнодорожного пути по шаблону и уровню, необходимо соблюдать следующие правила:

— шаблон всегда держать в правой руке так, чтобы при промере шкалы шаблона и уровня были слева для правильности отсчета уровня (+ или -);

— концы шаблона в стыке устанавливаются примерно по оси стыковой шпалы принимающего конца рельса на двухпутном участке и любого на однопутном;

— шаблон при измерении располагают строго перпендикулярно оси железнодорожного пути.

3. Результаты измерений занести в табл. 19.1 и сравнить с нормами содержания железнодорожного пути, установленными правилами технической эксплуатации.

Таблица 19.1

Результаты измерений ширины рельсовой колеи и уровня

Дата проверки	Способ проверки (шаблон/уровень)	Участок железнодорожного пути			Обнаруженные неисправности (величина протяжения)	Примечания
		км	пикет	звено		
	Ш					
	Ур					
	Ш					
	Ур					
	Ш					
	Ур					

Содержание отчета

1. Таблица с результатами измерений ширины рельсовой колеи и уровня.

2. Вывод, в котором анализируется состояние железнодорожного пути и объясняются отклонения от типовых норм содержания железнодорожного пути.

3. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятиям «рельсовая колея» и «взаимодействие железнодорожного пути и железнодорожного подвижного состава».

2. Что такое ширина рельсовой колеи?

3. Какова взаимная связь между шириной рельсовой колеи и размерами колесных пар?

4. Каковы основные параметры устройства рельсовой колеи на прямых участках железнодорожного пути?

5. Какие нормы и допуски устройства и содержания рельсовой колеи по ширине действуют в настоящее время?

6. Как должен содержаться по уровню железнодорожный путь на прямых участках?

7. Дайте определение понятию «перекос железнодорожного пути».

8. При каком значении ширины рельсовой колеи железнодорожный путь закрывается для движения?

9. Перечислите особенности железнодорожного пути в кривых участках железнодорожного пути.

10. Как изменяется норма ширины колеи в кривых различных радиусов?

Практическое занятие № 17

Тема: Расчет возвышения наружного рельса в кривом участке пути.

Цель: научиться определять необходимую ширину колеи, возвышение наружного рельса на основе исходных данных.

Оборудование: инструкционная карта, литература [12], микрокалькулятор.

Исходные данные: табл. 18.1. b', = 6,0 м; $l_{ст}$= 25,01 м;

Таблица 18.1

Номер варианта	Радиус круговой кривой, м	Угол поворота в градусах, β	Расчетные характеристики графиковых поездов								
			грузовые			пассажирские			скорые		
			Кол-во поездов N	Вес поездов P, кН	Скорость V, км/ч	Кол-во поездов N	Вес поездов P, кН	Скорость V, км/ч	Кол-во поездов N	Вес поездов P, кН	Скорость V, км/ч
1	2500	29	32	30000	65	6	7000	90	5	6500	95
2	1000	38	30	28000	62	9	7200	90	4	7000	95
3	1800	32	27	24000	64	7	6500	90	7	8000	95
4	700	34	35	33000	65	10	8000	90	8	7200	95
5	1200	24	28	25000	64	6	6800	90	6	7000	95
6	600	31	37	35000	62	11	7000	90	3	6400	95
7	2000	36	25	22000	63	8	6600	90	6	7600	95
8	800	30	31	29000	64	5	6400	90	8	7800	95
9	1800	25	24	20000	61	7	7600	90	5	6800	95
10	1500	20	38	42000	67	4	7100	90	7	6500	95
11	1300	33	29	31000	62	9	6500	90	4	8000	95
12	950	27	32	30000	64	11	7000	90	3	6600	95
13	1100	39	23	19000	65	8	8000	90	9	7000	95
14	900	28	33	32000	61	6	7700	90	5	6400	95
15	1000	37	36	40000	63	7	7500	90	4	6800	95
16	2400	21	25	34000	60	12	7900	90	8	7100	95

Порядок выполнения

На основании исходных данных определить средневзвешенную квадратичную скорость $V^2_{ср}$, км²/ч², по формуле:

$$V^2_{ср} = \frac{N_{гр} \cdot P_{гр} \cdot (V_{гр})^2 + N_{пас} \cdot P_{пас} \cdot (V_{пас})^2 + N_{ск} \cdot P_{ск} \cdot (V_{ск})^2}{N_{гр} \cdot P_{гр} + N_{пас} \cdot P_{пас} + N_{ск} \cdot P_{ск}}$$

$$V^2_{ср} = \frac{38 \cdot 42000 \cdot (67)^2 + 4 \cdot 7100 \cdot (90)^2 + 7 \cdot 6500 \cdot (95)^2}{38 \cdot 42000 + 4 \cdot 7100 + 7 \cdot 6500} =$$

$$= \frac{1596000 \cdot (4489) + 28400 \cdot (8100) + 45500 \cdot (9025)}{1596000 + 28400 + 45500} = \frac{(4489) + (8100) + (9025)}{1 + 1 + 1} =$$

$$= \frac{21614}{3} = 7204{,}67$$

где $N_{гр}$, $N_{пас}$, $N_{ск}$ — количество поездов;

$P_{гр}$, $P_{пас}$, $P_{ск}$ — вес поездов, кН;

$V_{гр}$, $V_{пас}$, $V_{ск}$ — фактические скорости движения поездов, км/ч.

Определить возвышение наружного рельса h из условия обеспечения равномерности износа рельсов обеих нитей:

а) на участках при скорости движения до 120 км/ч включительно:

$$h = 12{,}5 \cdot V^2_{ср} / R \quad (мм),$$

$$h = 12{,}5 \cdot 7204{,}67 / 1500 = 90058{,}75 / 1500 = 60{,}04 \text{ мм};$$

где h — возвышение наружного рельса, мм;

$V^2_{ср}$ — средневзвешенная квадратичная скорость, км/ч;

R — радиус кривой, м.

б) на участках при скоростях движения более 120 км/ч:

$$h = 12{,}5 \cdot V^2_{ср} / R \cdot К \quad (мм),$$

$$h = 12{,}5 \cdot 7204{,}67 / 1500 \cdot 1{,}2 = 90058{,}75 / 3000 = 30{,}02$$

где $К$ — коэффициент увеличения возвышения наружного рельса, учитывающий смещение центра тяжести в наружную сторону кривой (согласно СНиП-39-84, $К = 1{,}2$).

Полученное возвышение наружного рельса проверяется по условиям обеспечения комфортабельности езды для пассажиров по формуле:

$$h_{min} = 12{,}5 \cdot V^2_{mah} / R - 163 \cdot a_{доп} = 12{,}5 \cdot V^2_{mah} / R - 115 \quad (мм),$$

$$h_{min} = 90058{,}75 / 1500 - 115 = 90058{,}75 / 1385 = 65{,}02$$

где h_{min} — наименьшее расчетное возвышение наружного рельса, при котором непогашенная часть центробежного ускорения не превышает допускаемой величины $a_{доп} = 0{,}7 м/с^2$;

V_{mah} – максимальная скорость, развиваемая пассажирскими поездами при движении по данной кривой, км/ч;

115 — величина допускаемого максимального недовозвышения наружного рельса, рассчитанная из условия непревышения установленной нормы непогашенного ускорения для пассажирских поездов (0,7 м/с^2).

За окончательное значение возвышения наружного рельса в кривой принимают большее из двух определенных по условию обеспечения равномерного износа рельсов обеих нитей ($h_р$) или по условию обеспечения комфортабельности езды (h_{min}). Полученная величина возвышения наружного рельса округляется до величины, кратной 5 мм (в ближайшую сторону).

Независимо от величины радиуса кривой возвышение наружного рельса с учетом допусков не должно превышать 150 мм.

Содержание отчета

1. Расчет средневзвешенной квадратичной скорости.
2. Расчет возвышения наружного рельса в кривых.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности устройства рельсовой колеи в кривых?
2. Как должен содержаться железнодорожный путь по уровню в кривых участках железнодорожного пути?
3. Как определяется возвышение наружного рельса в кривой?
4. Каково максимально допустимое значение возвышения наружного рельса в кривой?
5. Назовите допускаемые отклонения железнодорожного пути на кривых в плане.
6. Перечислите силы, действующие на единицу железнодорожного подвижного состава в кривой.

Практическое занятие № 18

Тема: Расчет длины переходных кривых на двухпутном участке в кривой

Цель: научиться производить расчет длины переходных кривых.

Оборудование: инструкционная карта, литература [12], микрокалькулятор, исходные данные и расчет возвышения наружного рельса в кривых (см. практическое занятие № 18).

Порядок выполнения

1. На основе исходных данных произвести расчет длины переходной кривой.

Длина переходной кривой l_0 (м) принимается:

а) при скоростях движения до 120 км/ч:

$$l_0 = 1000 \bullet h\ ,$$

где h — возвышение наружного рельса в кривой, мм;

б) при скоростях движения более 120 км/ч:

$$l_0 = 1500 \bullet h.$$

Полученная по расчету длина переходной кривой округляется до ближайшего большего числа, кратного 10 м.

Длина переходной кривой должна быть не менее 20 м.

2. Определить угол наклона переходной кривой φ_0 (рад) в ее конце:

$$\varphi_0 = l_0 / R,$$

где l_0 — длина переходной кривой, м;

R — радиус кривой, м.

3. Определить возможность разбивки переходной кривой по формуле:

$$2 \bullet \varphi_0 < \beta$$

где β — угол поворота кривой в градусах;

φ_0 — угол наклона переходной кривой в градусах.

Если $2\varphi_0 > \beta$, то разбивка невозможна, — надо менять параметр кривой.

4. Определить длину круговой кривой /кр (м) по формуле:

$$l_{кр} = \pi \bullet R\ /180 \cdot (\beta - 2\varphi_0),$$

где β — угол поворота кривой в градусах;

φ_0 — угол наклона переходной кривой в градусах

5. Определить полную длину кривой l (м) по формуле:

$$l = l_{кр} + 2 \bullet l_0$$

Содержание отчета

1. Расчет длины переходной кривой.
2. Расчет длины круговой кривой.
3. Расчет полной длины кривой.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Почему необходимо устраивать переходные кривые?

Дайте определение параметра переходной кривой.

2. Как разбивается переходная кривая на местности?
3. Как изменяется радиус переходной кривой?
4. От чего зависит длина переходной кривой?
5. От чего зависят ширина колеи и возвышение рельса в переходной кривой?

Практическое занятие № 19

Тема: Расчет укладки укороченных рельсов.

Цель: научиться определять количество укороченных рельсов, укладываемых по внутренней рельсовой нити кривой.

Оборудование: инструкционная карта, литература [12], микрокалькулятор, исходные данные (см. практическое занятие № 18), расчеты длины переходной кривой, круговой кривой, полной длины кривой (см. практическое занятие № 20), слайд «Схема для расчета укладки укороченных рельсов», таблица «Расчет укладки укороченных рельсов», миллиметровая бумага формата А3, чертежные инструменты.

Порядок выполнения

1. Определить количество рельсов нормальной длины, укладываемых по наружной рельсовой нити $N_{норм}$ по формуле:

$$N_{норм} = l/l_{ст} ;$$

где l — полная длина кривой, м;

$l_{ст}$ — длина стандартного рельса, м;

2. Определить укорочение внутренней рельсовой нити на протяжении круговой кривой $E_{кк}$ (мм) по формуле:

$$E_{кк} = S_1/R \bullet l_{кк} ;$$

где S_1 — расстояние между осями рельсов (5 = 1,6 м);

$l_{кк}$ — длина круговой кривой, м;

R — радиус круговой кривой, м.

3. Определить укорочение внутренней рельсовой нити на протяжении всей переходной кривой $E_{пк}$ (м) по формуле:

$$E_{кк} = S_1/2R \bullet l_0 ;$$

где l_0 — длина переходной кривой, м.

4. Определить полное укорочение внутренней рельсовой нити E (мм) по формуле:

$$E = E_{кр} + 2E_{пк}$$

5. Произвести выбор стандартного типа укорочения рельсов.

Чтобы каждый стык на внутренней нити в пределах кривой расположить по наугольнику против соответствующего стыка наружной нити, нужно применять в различных кривых разное укорочение каждого рельса.

Принято четыре типа укорочения рельсов K: 40, 80 и 120 мм для рельсов длиной 12,5 м; 80 и 160 мм — для рельсов длиной 25 м. Получающееся несовпадение стыков допускают на величину, не превышающую половину стандартного укорочения K.

Применение каждого стандартного укорочения ограничено размерами радиуса кривой и длиной стандартных рельсов. Так, например, рельсы первого типа укорочения при нормальной длине 12,5 м могут применяться в том случае, если радиус кривой будет > 500 м, так как в противном случае даже при сплошной укладке укороченных рельсов общая длина укорочения не будет перекрыта, а забеги стыков будут иметь недопустимые значения.

В табл. 19.1 указаны пределы применения каждого стандартного укорочения.

Таблица 19.1

Длина нормальных рельсов, м	Предельные значения радиусов кривых при данном стандартном укорочении, м			
	40 мм	80 мм	120 мм	160 мм
12,5	≥ 500	≥ 250	≥ 250	–
25,0	–	≥ 500	–	≥ 250

6. Определить количество укороченных рельсов $N_у$ (шт.), укладываемых по внутренней рельсовой нити кривой, в зависимости от типа укорочения одного рельса по формуле:

$$N_у = E/K\ ;$$

где E — полное укорочение внутренней рельсовой нити, мм;

K — стандартный тип укорочения, мм.

Полученное по расчету количество рельсов округляется до ближайшего целого числа.

7. Составить схему привязки стыков рельсов к элементам плана кривой.

8. Произвести расчет рельса по длине кривой по формуле:

$$b'_1 = 6{,}0 \text{ м};$$

$$b_1 = 25{,}01 - b'_1 \text{ (м)}.$$

9. Определить количество рельсов $N_{пк1}$ (шт.), которое необходимо уложить в пределах первой переходной кривой, по формуле:

$$N_{пк1} = (l_{пк} - b_1) / l_{ст} \text{ (шт)}$$

$$b'_2 = l_{пк} - (b_1 + N_{пк1} \bullet 25{,}01)$$

$$b_2 = 25{,}01 - b'_2 \text{ (м)}.$$

10. Определить количество рельсов N_{kk} (шт.), которое необходимо уложить в пределах круговой кривой, по формуле:

$$N = (l_{кк} - b_2) / l_{ст} \quad (шт).$$

$$b'_3 = l_{кк} - (b_2 + N_{пк} \bullet 25{,}01)$$

$$b_3 = 25{,}01 - b'_3 \quad (м).$$

11. Определить количество рельсов, которое необходимо уложить в пределах второй переходной кривой, по формуле:

$$N_{пк2} = (l_{пк} - b_{3)} / l_{ст} \quad (шт)$$

$$b'_4 = l_{пк} - (b_3 + N_{пк1} \bullet 25{,}01)$$

$$b_4 = 25{,}01 - b'_4 \quad (м).$$

12. Произвести расчет укладки укороченных рельсов в табличной форме (см. рекомендации в [12, с. 358-362]).

13. Оформить на миллиметровой бумаге чертеж схемы укладки укороченных рельсов на внутренней нити кривой.

Содержание отчета

1. Расчет укладки укороченных рельсов в кривой в виде таблицы.
2. Схема укладки укороченных рельсов на внутренней нити кривой.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение укороченных рельсов?
2. Назовите типы стандартного укорочения рельсов в кривых.
3. От каких параметров зависит количество укладываемых укороченных рельсов?

Перечень используемых учебных изданий, дополнительной литературы, интернет-ресурсов.

Основная литература

1. Бадиева В.В. – Устройство железнодорожного пути. Учебник. М. ФГБОУ Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019 - 240 с..

2. Крейнис З.Л., Селезнева Н.Е. – Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути. М.:ФГБОУ Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019 - 453 с.

3. Ашпиз Е.С. и др. – Железнодорожный путь. Учебник. М. ФГБОУ 2021 г. - 576 с.

4. Фомина Л.А. – Устройство железнодорожного пути. Учебное пособие для студентов спец.08.02.10 МДК 03.01. Устройство железнодорожного пути / Л.А. Фомина; ВТЖТ – филиал ФГБОУ ВО РГУПС. – Волгоград, 2017. – 205 с.

Дополнительная литература

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: утв. Приказом Минтранса РФ от 23.06.2022 № 250, – 479 с.

2. Инструкция по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ, утверждена распоряжением ОАО "РЖД" от 14.12.2016 г. № 2540р, Москва, 2016 г.

3. Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути, утверждена распоряжением ОАО "РЖД" от 14.12.2016 г. № 2544р, Москва, 2016 г.

4. Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути, утверждены распоряжением ОАО "РЖД" от 18.01.2013 г. № 75р (ред. от 21.01.2015 г.)

5. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути, утверждённая распоряжением ОАО "РЖД" № 2288р от 14.11.2016 г.

6. Положение о системе ведения путевого хозяйства ОАО "Российские железные дороги": Утв. ОАО "РЖД" 31.12.2015 г. № 3212р.