

**ТЕХНИЧЕСКИЙ
СПРАВОЧНИК
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНИКА**



ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНИКА

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А. Ф. БАРАНОВ, Д. Д. БИЗЮКИН,
М. И. ВАХНИН, Б. Н. ВЕДЕНИСОВ,
И. В. ИВЛИЕВ, И. Д. МОЩУК,
Е. Ф. РУДОЙ, Я. И. СОКОЛИНСКИЙ,
В. Н. СОЛОГУБОВ, В. А. ШИЛОВСКИЙ

Главный редактор
Е. Ф. РУДОЙ



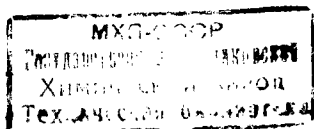
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва · 1951

ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНИКА

Том 5 ПУТЬ И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Ответственный редактор тома
член-корреспондент Академии наук СССР,
проф., доктор техн. наук
Б. Н. ВЕДЕНИСОВ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва · 1951

4372

АВТОРЫ ТОМА

Ф. Д. БАРЫКИН, лауреат Сталинской премии, канд. техн. наук; Е. М. БРОМБЕРГ, канд. техн. наук; М. Ф. ВЕРИГО, канд. техн. наук; И. З. ГЕНКИН, инж.; Н. Г. ГРУШЕВОЙ, инж.; Б. Н. ЗВЕРЕВ, канд. техн. наук; А. Ф. ЗОЛОТАРСКИЙ, канд. техн. наук; В. И. КЛЕМЕНТОВ, инж.; М. И. КУЛАГИН, инж.; Г. А. ЛИТВИН, инж.; П. П. НИКОЛАЕВ, инж.; В. П. НОВИЦКИЙ, канд. техн. наук; Г. И. НОВИЦКИЙ, инж.; М. А. ПЛОХОЦКИЙ, канд. техн. наук; А. А. ПОВЕТЬЕВ, инж.; В. П. ПОНОМАРЁВ, канд. техн. наук; В. В. ПОПОВ, канд. техн. наук; С. Н. ПОПОВ, канд. техн. наук; М. В. СОКОЛОВА, канд. техн. наук; Г. В. СОЛОНОВ, инж.; Б. В. СОРОКИН, канд. техн. наук; В. Н. СТЕЛЬМАШОВ, инж.; В. В. СТОГОВ, инж.; М. А. ЧЕРНЫШЁВ, канд. техн. наук; М. Т. ЧЛЕНОВ, канд. техн. наук; М. И. ШЛЫГИН, инж.

✱

РЕЦЕНЗЕНТЫ ТОМА

А. Ф. ЗОЛОТАРСКИЙ, канд. техн. наук и П. П. ЦУКАНОВ, инж. (все разделы); Н. В. МЕРЗЛЯК, инж. (Карьерное хозяйство); Д. М. НОСОВ, инж. (Защитные лесонасаждения на железнодорожном транспорте); А. Б. ОСТРОВ, канд. техн. наук (Габариты железных дорог); В. С. ЛЕВИЦКИЙ, доц., канд. техн. наук и Г. И. ФЕДОТОВ, доц., канд. техн. наук (графический материал).

✱

РЕДАКЦИЯ ТОМА

Б. Н. ВЕДЕНИСОВ, А. Е. ВИЧЕРЕВИН, П. П. ЦУКАНОВ.

✱

СОДЕРЖАНИЕ



	Стр.		Стр.
От редакции пятого тома	6	ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ И ИНСТРУМЕНТЫ	410
ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО (инж. Грушевой Н. Г. и канд. техн. наук Пономарёв В. П.)	9	Путевые машины (лауреат Сталинской премии, канд. техн. наук Базыкин Ф. Д., инж. Кула- гин М. И., инж. Николаев П. П. и инж. Стельмашов В. Н.)	410
ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ ПУТИ	49	Путевой инструмент, измерительные приборы и путевые транспортные средства ручного действия (канд. техн. наук Членов М. Т.)	468
Рельсы (канд. техн. наук Золотарский А. Ф.)	49	Путеизмерители (канд. техн. наук Пляхо- цкий М. А.)	491
Рельсовые крепления (канд. техн. наук Зве- рев Б. Н.)	63	Путевые рельсовые дефектоскопы (инж. Успен- ский Е. И.)	501
Шпалы (канд. техн. наук Золотарский А. Ф.)	100	ПРЕДПРИЯТИЯ ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА	504
Балластные материалы (канд. техн. наук По- пов С. Н.)	110	Шпалопропиточные заводы (инж. Новицкий Г. И., канд. техн. наук Попов В. В. и инж. Сто- гов В. В.)	504
Соединения и пересечения путей (инж. Лит- вин Г. А. и инж. Шлыгин М. И.)	122	Путевые ремонтно-механические предприятия (канд. техн. наук Чернышёв М. А.)	522
РЕЛЬСОВАЯ КОЛЕЯ И УСТРОЙСТВА ПУТИ 171		ЗАЩИТНЫЕ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯ НА ЖЕ- ЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ (инж. Поветьев А. А.)	532
Устройство рельсовой колеи (канд. техн. наук Вериго М. Ф.)	171	КАРЬЕРНОЕ ХОЗЯЙСТВО (канд. техн. наук Сорокин Б. В.)	551
Переезды и упоры (канд. техн. наук Зверев Б. Н.)	195	ГАБАРИТЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (канд. техн. наук Соколова М. В.)	577
Путевые знаки (канд. техн. наук Новицкий В. П.)	199	АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	590
ОСНОВЫ РАСЧЁТОВ ПУТИ НА ПРОЧНОСТЬ (канд. техн. наук Бромберг Е. М.)	208		
ПУТЕВЫЕ РАБОТЫ	249		
Ремонт и реконструкция пути (инж. Стельма- шов В. Н.)	249		
Текущее содержание пути (канд. техн. наук Членов М. Т.)	282		
Борьба со снегом, водой и песком (канд. техн. наук Членов М. Т.)	349		
Сварочно-наплавочные работы в путевом хозяй- стве (инж. Генкин И. Э., инж. Клементов В. И. и инж. Солонов Г. В.)	378		

ОТ РЕДАКЦИИ ПЯТОГО ТОМА

В пятом томе Технического Справочника Железнодорожника рассматриваются основные вопросы устройства железнодорожного пути, его содержания и ремонта, а также вопросы организации и механизации путевых работ. Содержание тома отражает достижения отечественных учёных, инженеров, изобретателей и новаторов производства в области техники и организации путевого хозяйства.

При написании пятого тома ТСЖ были использованы Правила технической эксплуатации железных дорог, действующие технические условия и нормы содержания и ремонта пути, инструкции, указания и приказы Министерства путей сообщения, ОСТ и ГОСТ, а также ряд данных, содержащихся в научно-технической литературе.

Включённые в настоящий том нормативные данные о расходе рабочей силы и материалов на отдельные путевые работы являются ориентировочными и могут служить лишь для примерных подсчётов. При составлении же проектов организации работ, технологических процессов, смет, калькуляций и других аналогичных документов следует пользоваться периодически издаваемыми Министерством путей сообщения ведомственными справочниками и нормами.

В пятом томе имеется десять разделов.

В разделе «Земляное полотно» приведены справочные данные о конструктивных элементах земляного полотна, конструкции и расчёты сооружений поверхностного и подземного водоотвода и расчёты устойчивости откосов земляного полотна. Кроме того, рассмотрены основные виды деформаций земляного полотна и методы их предупреждения и ликвидации.

Раздел «Верхнее строение пути» включает справочные сведения по рельсам, рельсовым скреплениям, шпалам, балластным материалам и соединениям путей.

В главе «Рельсы» приводятся все характеристики, обычно входящие в размерные стандарты по рельсам типов I-а, III-а и IV-а, а также по рельсам действующего стандарта типов Р50, Р43 и Р38 (II-а). Эти же сведения приводятся и по рельсам для узкой колеи.

Для рельсов железных дорог широкой колеи излагаются также основные положения качественного стандарта и правил испытания и приёмки рельсов на заводах. Так как для рельсов весом более 45 кг/пог. м качественные стандарты ещё не утверждены, все приводимые данные заимствованы из проекта качественного стандарта на тяжёлые типы рельсов, разработанного ЦНИИ МПС. Поэтому качественные требования к рельсам типа Р50 и тяжелее нельзя рассматривать как окончательные и официальные.

По вопросу использования старогодных рельсов приводятся данные из действующих технических условий и инструкции по борьбе с изломами рельсов.

В главе «Бесстыковый путь» приведены основные формулы для проверки его устойчивости и примеры их практического применения.

В главе «Рельсовые скрепления» содержатся сведения по всем видам скреплений к рельсам стандартным, рельсам, которые с 1904 по 1947 г. считались нормальными типами, рельсам старым лёгкого типа и перспективному типу Р65.

По всем этим типам приводятся систематизированные сведения о конструкциях и технических характеристиках, освещаются основные технические условия на изготовление и приёмку элементов креплений; излагаются условия их применения и указываются весовые нормы по основным видам креплений.

Скрепления и противоугоны к рельсам типов Р43 и Р50 и перспективному типу Р65 ещё не стандартизованы. В процессе стандартизации конструкция их и размеры могут быть уточнены. Точно так же могут быть уточнены и технические требования на изготовление элементов рельсовых креплений.

Глава «Шпалы» содержит все основные положения действующих стандартов, касающиеся различных размерных и качественных характеристик шпал для дорог широкой и узкой колеи.

Глава «Балластные материалы» содержит нормы гранулометрического состава и качества для различных балластных материалов, применяемых на железных дорогах СССР.

В этой главе приведены справочные таблицы с указанием порядка и сроков отбора проб балластных материалов для исследования качества сырья и выпускаемой продукции щебёночными заводами, нормы для определения качества щебёночных материалов, нормы износа щебня, формулы для определения норм межремонтного тоннажа по балласту и объёмов расхода различных балластных материалов в зависимости от условий эксплуатации. В конце этой главы приведены справочные данные по принятым в настоящее время профилям балластного слоя.

В главе «Соединения путей» приводятся конструктивные и расчётные характеристики наиболее распространённых типов соединений и пересечений путей и их элементов.

В разделе «Рельсовая колея и устройства пути» приведены материалы по основным геометрическим характеристикам рельсовой колеи—ширине колеи, взаимному положению рельсовых нитей по уровню, устройству переходных кривых в плане, сопрягающих кривых в продольном профиле и геометрическим соотношениями требованиям при укладке контррельсов в кривых частях пути.

При пользовании разделом «Расчёты верхнего строения пути на прочность» следует иметь в виду, что вследствие большой сложности работы пути под воздействием многообразных сил, возникающих от подвижного состава, методы этих расчётов пока ещё разработаны недостаточно. Существуют различные теории расчёта, в ряде случаев по-разному освещающие вопросы работы пути. Все эти теории нецелесообразно отражать в справочнике. Однако ограничиваться только официальными материалами по расчётам также невозможно ввиду почти полного их отсутствия. Ряд вопросов по расчёту пути, не нашедших отражения в официальных материалах, разработан настолько, что при критическом инженерном подходе ими можно пользоваться для решения практических задач.

В настоящее время разрабатывается проект новой инструкции по расчёту прочности железнодорожного пути, который будет существенно отличаться от расчёта, приводимого в справочнике. В частности, изменяются и нормы допускаемых напряжений для всех рассчитываемых элементов.

Помещаемый в справочнике проект инструкции по расчёту напряжений для определения допускаемых скоростей движения может служить лишь для ориентировочных подсчётов, так как допускаемые скорости движения поездов для всей сети железных дорог устанавливаются Министерством путей сообщения.

В разделе «Путевые работы» рассматриваются основные вопросы реконструкции, ремонта и текущего содержания железнодорожного пути.

В главе «Текущее содержание пути» основное внимание уделяется двум главным вопросам, впервые разработанным и внедрённым на наших железных дорогах,—принципу предупредительных мероприятий в содержании пути и организации работ на механизированных дистанциях.

Приводятся все необходимые данные о структуре механизированных дистанций пути и планировании работ на дистанции. Приведены основные технологические процессы на летние, а также зимние (по методу новатора дорожного мастера А. С. Удалова) работы, производимые механизированными бригадами.

В разделе содержатся также необходимые данные о порядке осмотров и нормах оценки состояния пути, об обеспечении безопасности движения поездов при производстве работ.

В главе «Борьба со снегом, водой и песком» даны краткие сведения о типах защит и способах очистки пути от снега. Приведены технические характеристики механизмов, применяемых при очистке пути от снега и при уборке его со станций. Помещены данные о составлении оперативных планов по снегоборьбе. В этой же главе кратко изложены основные вопросы борьбы с песчаными заносами и водой на железных дорогах.

В главе «Сварочно-наплавочные работы в путевом хозяйстве» приведены основные сведения о способах выполнения этих работ и необходимые данные о материалах, механизмах и приспособлениях, применяемых при сварке металлических элементов верхнего строения пути.

В разделе «Путевые машины и инструменты» приводятся описание конструкций и технические характеристики путевых машин, используемых для оздоровления земляного полотна, устройства и ремонта балластного слоя, смены путевой решётки. Описываются также механизированный инструмент, путеизмерители, рельсовые дефектоскопы и транспортные средства.

В настоящий раздел вошли те машины и механизмы, которые получили широкое применение в путевом хозяйстве или по которым ведётся подготовка к их внедрению.

Все описанные машины и механизмы созданы советскими конструкторами и освоены отечественными заводами в годы сталинских пятилеток. Эти машины могут быть применены для комплексной механизации работ.

В главе «Путевой инструмент» помещены основные данные по путевым инструментам, приспособлениям, измерительным приборам и транспортным средствам ручного действия — схемы, размеры, веса, требования на изготовление и приёмку.

В разделе «Предприятия путевого хозяйства» приводятся краткие сведения по организации производства и технологическим процессам на заводах и путевых ремонтно-механических предприятиях.

В главе «Шпалопропиточные заводы», кроме того, излагаются краткие сведения об антисептиках и различных методах консервирования древесины, применяемых на железных дорогах СССР.

В разделе «Карьерное хозяйство» освещаются вопросы изысканий балластных материалов, производства основных работ в карьерах с применением современных средств механизации, а также содержатся краткие сведения о способах переработки ископаемой породы и приводятся основные схемы щебёночных заводов.

В разделе «Защитные лесонасаждения на железнодорожном транспорте» приводятся основные сведения по лесозащитным работам на железных дорогах, проводимым в соответствии с великим Сталинским планом преобразования природы нашей страны.

Раздел «Габариты железных дорог» содержит сведения о применяемых габаритах приближения строений и подвижного состава для железных дорог широкой и узкой колеи.

Настоящий том ТСЖ не может служить исчерпывающим руководством. Ввиду этого в конце каждого раздела приведён краткий указатель основной литературы и важнейших первоисточников.

Редакция пятого тома ТСЖ просит читателей все замечания и пожелания направлять в Трансжелдориздат.

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО



ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Земляное полотно железных дорог, как инженерное сооружение, должно отвечать следующим требованиям:

а) прочности и устойчивости, т. е. неизменяемости формы под действием нагрузок, атмосферных и других факторов;

б) наименьшей стоимости сооружения и эксплуатации при обеспечении высокого качества и долговечности;

в) возможности широкого применения механизации как при сооружении, так и в эксплуатации;

г) удобству эксплуатации.

При возведении земляного полотна необходимо исходить из действующих ПТЭ, Технических условий проектирования железных дорог и Технических указаний по сооружению железнодорожного земляного полотна.

Грунты для возведения насыпей и их взаимное расположение. Для возведения насыпей рекомендуются хорошо дренирующие грунты (камень, гравий, галька, крупно- и среднезернистый песок, а также мелкозернистый песок, содержащий фракции крупнее 0,1 мм более 90% по весу, из них фракции 0,25 мм и крупнее не менее 50%).

Грунты недренирующие и слабодренирующие допускаются в насыпь в том случае, если их естественная влажность меньше или равна среднему арифметическому из процентов влажностей, соответствующих нижним пределам пластичности (раскатывания) и текучести.

Для отсыпки насыпей не допускаются илистые грунты, солончаки и солонцы, а также грунты, содержащие гипс и другие растворяющиеся в воде соли в количестве более 5%. Условия применения других грунтов указаны в Технических указаниях по сооружению железнодорожного земляного полотна.

Верхний слой почвы с растительным покровом (дёрн) к укладке в тело насыпи при высоте её до 1,0 м не допускается.

При высоте насыпи свыше 1,0 м дёрн можно укладывать в нижние слои насыпи лишь в раздробленном виде, на местности с поперечным уклоном менее $\frac{1}{5}$.

Насыпи возводят из однородного грунта или из разнородных грунтов, отсыпаемых горизонтальными слоями, с соблюдением следующих требований:

а) откосы слоёв высокой дренирующей способности не следует прикрывать грунтами с меньшими дренирующими свойствами (фиг. 1);

б) при расположении дренирующего грунта над недренирующим верхняя поверхность



Фиг. 1. Схема недопустимого расположения грунтов в теле насыпи

последнего должна иметь поперечные уклоны от середины к краям не менее 0,04 (фиг. 2, а и б);



Фиг. 2. Схема допустимого расположения грунтов в теле насыпи

в) не допускается отсыпка глины вперемежку с дренирующими грунтами во избежание появления в теле насыпи водяных мешков (фиг. 3).



Фиг. 3. Схема недопустимого расположения грунтов в теле насыпи

Подготовка основания при возведении насыпей. При благоприятных геологических условиях и незначительном поперечном уклоне местности (менее $\frac{1}{10}$) основанием насыпи служит поверхность грунта.

Особые меры для подготовки основания насыпи должны быть приняты в следующих случаях:

- 1) при косогорности свыше $1/10$;
- 2) при наличии в основании насыпи выходов ключей или грунтовых вод;
- 3) на участках оползневых и неустойчивых косогоров, при пересечении балок и оврагов с крутыми склонами;
- 4) при наличии карстовых явлений;
- 5) при пересечении пойм рек, староречий, озёр, протоков и болот.

Для обеспечения устойчивости насыпей требуется:

- а) при высоких насыпях, а также при насыпях на косогорах инженерно-геологическими обследованиями установить надёжность грунтов основания насыпи;
- б) в благоприятном случае при поперечном уклоне косогора от $1/10$ до $1/5$ срезать или вспахать дёрн с поверхности грунта под основанием насыпи;
- в) при уклоне более $1/5$ по поверхности косогора нарезать уступы с шириной полки не менее 1,0 м (на песчаных косогорах разрешается уступы не устраивать);
- г) при уклоне круче $1/5$ устройство уступов или другие меры для придания устойчивости насыпи выполнять по индивидуальному проекту.

При наличии в основании насыпи выходов грунтовых вод насыпь должна быть сооружена по индивидуальному проекту, предусматривающему каптаж этих вод.

При проектировании железнодорожных линий на оползневых и неустойчивых косогорах, а также при пересечении трассой местности с карстовыми явлениями следует произвести детальное геологическое и гидрогеологическое обследование для составления индивидуального проекта устройств, обеспечивающих устойчивость земляного полотна.

Возведение насыпей. Насыпь возводят горизонтальными слоями на полную ширину поперечного профиля. Толщина слоёв зависит от рода и способа перемещения грунта в насыпь и, как правило, не должна превышать величин, указанных в табл. 1.

Таблица 1
Толщина отсыпаемых слоёв при возведении насыпей

Способы возки	Толщина слоёв грунта, отсыпаемого в насыпь, в м		
	суглинки и глины	супеси	пески
Конные скреперы, тачки	0,3	0,6	1,0
Вагонетки с ручной и конной тягой, автомобили, грабарки	0,5	0,8	1,2
Поезда, вагонетки с локомотивной тягой, тракторные повозки и прочие способы отсыпки с разравниванием грунта тракторными механизмами	0,7	1,0	1,5

При возведении насыпи из скальных грунтов допускается их отсыпка на всю высоту

насыпи с обязательным разравниванием камня по мере отсыпки.

Независимо от рода грунтов, возводимые насыпи во избежание последующих длительных и неравномерных деформаций должны быть достаточно уплотнены.

В случае необходимости уширения в обе стороны насыпи, ранее отсыпанной на полную высоту, должны быть соблюдены следующие требования:

- а) грунт для уширения, как правило, должен быть однородным с грунтом тела насыпи; в случае разнородности присыпаемый грунт должен обладать лучшими дренирующими свойствами;
- б) досыпка насыпи должна производиться горизонтальными слоями с обязательным уплотнением грунта;
- в) при высоте насыпи более 1,0 м откосы её должны быть предварительно разделаны уступами шириной 1,0 м и с уклоном 0,01—0,02 в сторону откоса (при песчаных грунтах уступы не делают);
- г) в основании отсыпаемой части насыпи дёрн должен быть срезан или вспахан; при поперечном уклоне местности круче $1/5$ в основании надлежит устраивать уступы.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Ширина и очертание основной площадки земляного полотна

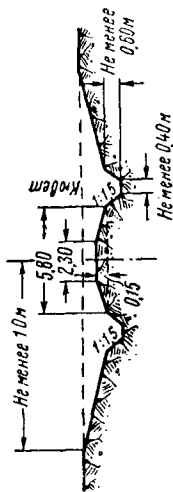
Земляное полотно проектируют в соответствии с нормальными поперечными профилями, приведёнными на фиг. 4—15. На перегонах ширина земляного полотна поверху на прямых участках пути и кривых радиуса более 2 000 м в обычных условиях должна быть не менее величин, указанных в табл. 2.

Таблица 2
Ширина основной площадки земляного полотна в м

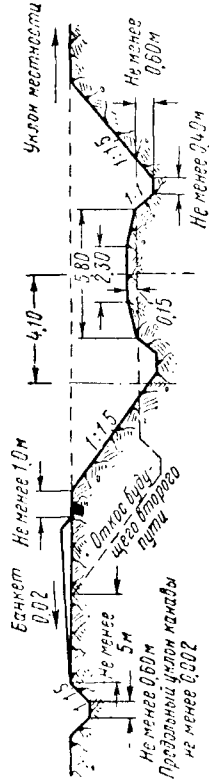
Линии Грунты земляного полотна	Магистральные		Местного значения при значении при одном пути
	одно- путные	двух- путные	
Скала, щебень и чистый средне- и крупнозернистый песок	5,0	9,1	4,6
Все остальные грунты . .	5,8*	10,0	5,0

* Для особо грузонапряжённых линий ширину земляного полотна рекомендуется увеличивать до 6,0 м.

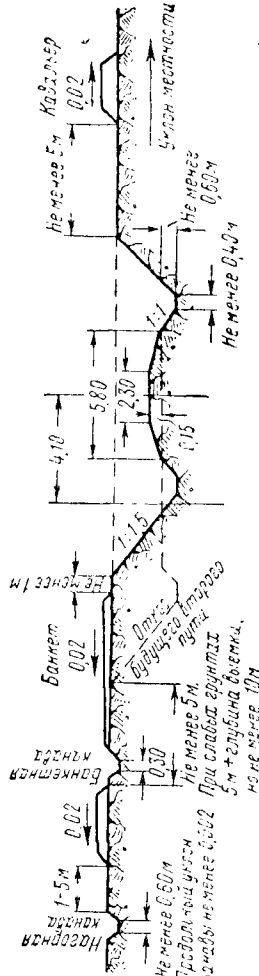
Ширину выемки (основная площадка плюс кюветы) при устройстве подпорных стен, а также выемки в слабовыветривающихся скальных породах при крутизне откосов 1:0,1 проектируют, исходя из условия, чтобы расстояние от оси пути до откосов на уровне подошвы шпал было на магистральных линиях не менее 3,7 м в каждую сторону от оси пути, а на линиях местного значения 3,7 м в одну сторону и 3 м — в другую.



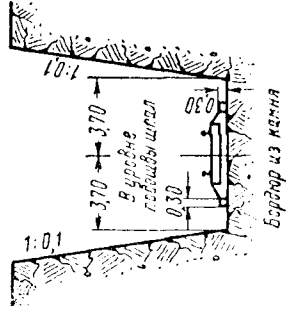
Фиг. 4. Раскрытая выемка без кавалеров глубиной до 2 м



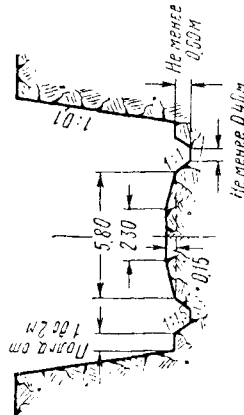
Фиг. 5. Выемка глубиной более 2 м (без кавалеров)



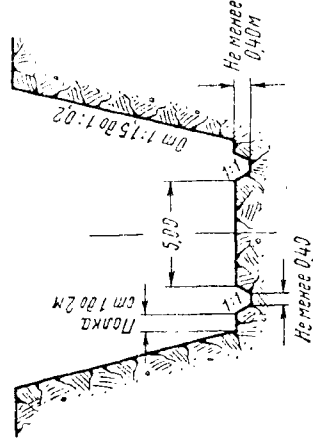
Фиг. 6. Выемка глубиной более 2 м (с кавалерами)



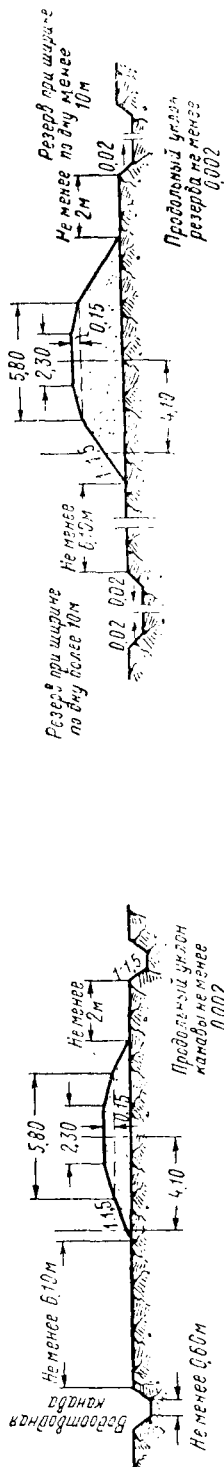
Фиг. 7. Выемка в слабоветривающейся скале



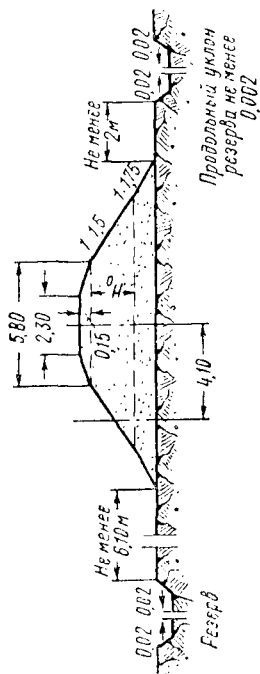
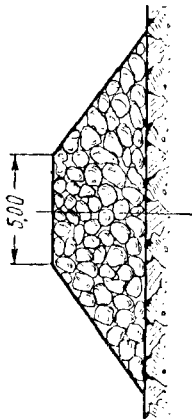
Фиг. 8. Выемка в лёссе



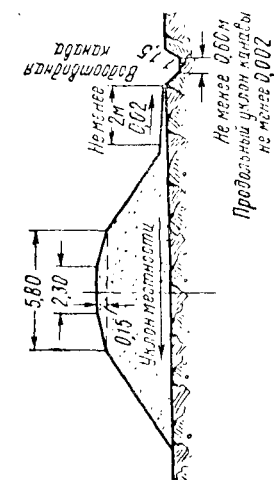
Фиг. 9. Выемка в легковетривающейся скале



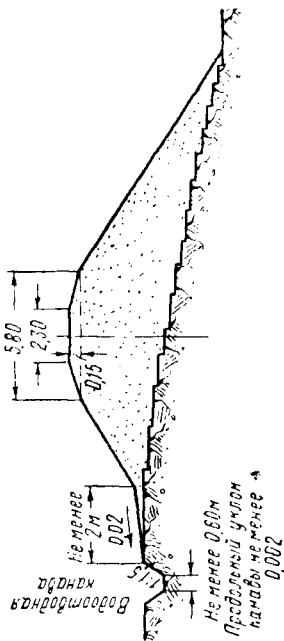
Фиг. 10. Насыпь без резервов высотой до 1 м

Фиг. 12. Насыпь высотой от 6 до 12 м. H_0 — предельная высота насыпи с полуторными откосами

Фиг. 13. Насыпь, сооружаемая из камня



Фиг. 14. Насыпь на пологом косогоре



Фиг. 15. Насыпь на косогоре при крутизне более 1:5

Фиг. 11. Насыпь с резервами при высоте и грунтах, допускающих полуторные откосы

В таких выемках через каждые 300 м (с каждой стороны) для установки съёмных дрезин, вагонеток, компрессоров и т. д. устраивают в шахматном порядке камеры шириной 6 м, глубиной 2,5 м и высотой 2,8 м.

Для укрытия людей в промежутках между камерами через каждые 50 м устраивают ниши шириной 3 м, глубиной 1 м и высотой 2 м.

Земляное полотно однопутных железных дорог на магистральных линиях в кривых частях пути уширяют с внешней стороны кривой при радиусе кривых от 2 000 до 1 000 м на 0,2 м, а при радиусе кривых менее 1 000 м на 0,3 м.

На линиях местного значения при радиусе кривых менее 1 500 м земляное полотно уширяют на 0,2 м.

Расстояние между осями путей на перегонах прямых участков пути как для вновь сооружаемых двухпутных линий, так и для переустройства с однопутной на двухпутную должно быть не менее 4,1 м.

Основная площадка земляного полотна двухпутной линии в кривых должна быть уширена с внешней стороны кривой так же, как и для однопутных линий; кроме того, соответственно требованию габарита должно быть уширено междупутье за счёт сдвиги пути внутрь кривой на величину, указанную в табл. 3.

Таблица 3
Увеличение расстояний между осями путей в кривых на перегонах всём

Радиус кривой в м	При возвышении наружного рельса внешнего пути более возвышения наружного рельса внутреннего пути	Во всех остальных случаях	Радиус кривой в м	При возвышении наружного рельса внешнего пути более возвышения наружного рельса внутреннего пути	Во всех остальных случаях
2 000	13	4	600	29	12
1 800	15	4	500	32	15
1 500	17	5	400	35	18
1 200	22	6	350	38	21
1 000	25	8	300	41	24
800	26	9	250	46	29
700	28	11	200	53	36

Ширина обочин при сооружении земляного полотна должна быть не менее 0,4 м как в прямых, так и в кривых частях пути.

Основную площадку однопутного земляного полотна в поперечном разрезе устраивают со сливной призмой в виде трапеции с шириной поверху 2,3 м и высотой 0,15 м. В грунтах скальных, щебенистых и из чистого песка основную площадку земляного полотна устраивают горизонтальной.

При сооружении сразу двухпутного полотна основную площадку земляного полотна устраивают в виде трёхгранной призмы высотой 0,2 м и с основанием, равным полной ширине основной площадки.

Переход от увеличенной ширины земляного полотна в кривых к нормальной ширине осуществляют в пределах переходных кривых.

На станциях и разъездах для обеспечения отвода воды придают основной площадке земляного полотна односкатный (при числе

путей не более 5) или двухскатный (при числе путей от 5 до 10) поперечный профиль с уклоном по направлению к водоотводу от 0,05 до 0,01, в зависимости от рода грунта земляного полотна.

При количестве параллельных путей более 10 очертание основной площадки полотна и водоотводы на отдельных пунктах устраивают по специальным проектам.

Крутизна откосов земляного полотна

Крутизну откосов выемок устанавливают для каждого участка линии в зависимости от физико-механических свойств грунтов, а также геологических и гидрогеологических условий местности.

При благоприятных геологических условиях крутизну откосов выемок глубиной от 2 до 12 м включительно назначают по данным табл. 4.

Таблица 4
Крутизна откосов земляного полотна в выемках

Род грунтов	Крутизна откосов	Примечания
Глины, суглинистые, супесчаные и песчаные грунты однородного напластования	1:1,5	При устройстве выемок в жирных глинах и глубине выемки 12 м и более в уровне бровки полотна у подошвы откоса за кюветом устраивается полка шириной не менее 1 м
Лёсс казахстанский	1:0,1	В уровне бровки полотна у подошвы откоса за кюветом устраивается полка шириной от 1 до 2 м, в зависимости от высоты откоса
Щебенистые грунты и мергели	От 1:1,5 до 1:0,5	В зависимости от свойств грунта, характера напластования и высоты откоса
Скала слабовыветривающаяся, при отсутствии трещиноватости или падения пластов в сторону полотна	1:0,1	
Скала легковыветривающаяся, в зависимости от свойств грунта, характера напластования и высоты откоса	От 1:1,5 до 1:0,2	В уровне бровки у подошвы откоса за кюветом устраивается полка шириной от 1 до 2 м

Крутизну откосов выемок глубиной более 12 м, выемок, расположенных в неблагоприятных геологических и гидрогеологических условиях, и выемок, разрабатываемых массовыми взрывами, устанавливают по индивидуальным проектам на основе геологических и гидрогеологических обследований.

Выемки глубиной до 2 м в заносимых местах делают раскрытыми. Расстояние от оси ближайшего пути до бровки раскрытой выемки должно быть не менее 10 м.

Откосы насыпей до высоты, указанной в табл. 5, устанавливают полуторной крутизны.

При большей высоте насыпи в верхней её части (в пределах высоты, указанной в табл. 5) откосы проектируют полуторной крутизны, а в нижней части 1:1,75.

Таблица 5
Наибольшая высота насыпи с полуторными откосами

Наименование грунтов	Наибольшая высота насыпи в м
Крупный и среднезернистый песок и гравелистые грунты	10
Прочие грунты, годные для возведения насыпей	6

Крутизну откосов насыпей, возводимых из слабыветривающихся скальных пород, принимают в зависимости от размеров камня и способа производства работ согласно табл. 6.

Таблица 6
Крутизна откосов насыпей из слабыветривающихся скальных пород

Размер камня	Крутизна откосов	Примечания
Мелкий (до 25 см): при высоте насыпи до 6 м	1:1 ¹ / ₂	Без подбора лица
при высоте насыпи от 6 до 20 м	1:1 ¹ / ₂	То же
Крупный (более 25 см) при высоте насыпи до 20 м	1:1	С выкладкой наружных частей правильными рядами из наиболее крупных камней
Крупный постелистый (не менее 40 см в каждой стороне постели): при высоте насыпи до 5 м	1:1 ¹ / ₂	То же
при высоте насыпи от 5 до 10 м	1:1 ¹ / ₂	» »
при высоте насыпи более 10 м	1:1	» »

Крутизну откосов и мероприятия по повышению устойчивости насыпей проектируют индивидуально на основе инженерно-геологических обследований и расчёта устойчивости, с учётом физико-механических свойств грунтов, в следующих случаях:

- при высоте насыпей более 12 м;
- для насыпей, расположенных на крутых или неустойчивых косогорах;
- для насыпей, отсылаемых в воду, подтапливаемых или подверженных подмыву;
- для насыпей с основанием из слабых грунтов и на болотах;
- для насыпей, сооружаемых при помощи гидромеханизации, независимо от их высоты;
- для насыпей в районах барханных песков.

Крутизна откосов конусов у путепроводов и мостов в направлении продольной оси пути должна быть не круче 1 : 1 при высоте насыпи до 6 м; при большей высоте откосы устраивают в виде доманой линии: верхней части откоса в пределах первых 6 м придают уклон 1 : 1, средней части в пределах вторых 6 м — не более 1 : 1,25 и нижней части — не круче 1 : 1,5. У деревянных мостов конусы независимо от высоты насыпи должны иметь крутизну откоса 1 : 1,5.

Крутизна откосов конусов по мере приближения к сечению, нормальному к оси пути, должна плавно переходить к принятой крутизне откоса насыпи.

Земляное полотно при постройке вторых путей

При устройстве второго пути с продольным уклоном, одинаковым с существующим первым путём, земляное полотно под второй путь, как правило, сооружается рядом с существующим, образуя общее земляное полотно. Расстояние между осями путей на прямых участках принимают не менее 4,1 м с соответствующим уширением в кривых согласно требованиям, приведённым в табл. 3.

Откосы вновь устраиваемого полотна для второго пути должны иметь такую же крутизну, как и откосы первого пути.

Если откос существующей выемки круче откоса, указанного в табл. 4, но в данных условиях оказался устойчивым, то крутизна откоса для второго пути в той же выемке может быть сохранена такая же, как у существующей выемки.

При высоте насыпи более 1,0 м на засыпаемом откосе существующей насыпи должны быть нарезаны уступы шириной 1,0 м с уклоном 0,01—0,2 наружу.

Основная площадка земляного полотна пристраиваемого пути должна иметь поперечный уклон 0,04 от существующего пути.

На участках, где присыпка второго пути может привести к увеличению деформаций первого пути или отразиться на устойчивости общего земляного полотна, должны быть устроены соответствующие противодеформационные сооружения или второй путь сооружён на обходе.

Насыпи на болотах

Насыпи на болотах возводят по индивидуальным проектам на основании инженерно-геологических обследований болот; при этом пересечение болота должно быть намечено, как правило, в наиболее узком и неглубоком месте, где поверхность дна близка к горизонтальной. Одновременно с возведением насыпи необходимо производить там, где это окажется технически возможным и экономически целесообразным, частичное или полное осушение болота.

Высота насыпи на болоте после осадки (считая от поверхности болота) должна быть не менее 0,8 м при условии полного удаления торфа из-под насыпи и не менее 1,2 м при оставлении торфа под насыпью.

На затопляемых болотах бровку насыпи проектируют выше горизонта затопления не менее чем на 1,0 м.

Водоотводные каналы на болотах закладывают с обеих сторон насыпи с оставлением борма между насыпью и канавой шириной не менее 2 м. Глубина канавы принимается 0,8 м, ширина по дну — 0,8 м и откосы 1 : 1,5. Наименьший уклон по дну канавы — 0,002. В исключительных случаях допускается уклон 0,001.

Насыпи на болотах с мощностью торфяных и илистых отложений до 1,5 м и при высоте

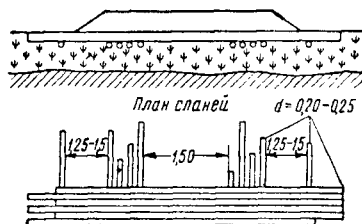
насыпи до 1,5 м следует сооружать с вырезкой торфа на 70—80% от его мощности (в зависимости от консистенции и степени разложимости торфа).

Насыпи высотой от 1,5 до 2,5 м сооружают с частичной вырезкой торфа, причём общая высота насыпи (считая вырезку торфа) должна составлять не менее 3,5 м.

При высоте насыпи более 3,5 м срезают верхнюю более плотную корку торфа толщиной 0,3—0,4 м, что облегчает осадку и уплотнение оставшегося торфяного слоя.

Насыпи на болотах со сплавной, т. е. на болотах, заполненных болотной водой или растекающимся торфом и илом, покрытых сверху торфяной коркой или без неё, сооружают на минеральном дне болота.

В районах, богатых лесом, допускают отсыпку насыпей на сланях при условии, чтобы высота насыпи над сланями была не менее 2,0 м (фиг. 16).



Фиг. 16. Насыпь на сланях

Грунты, допустимые для отсыпки насыпей на болотах:

а) в верхней части насыпи (выше поверхности болота) — как дренирующие, так и недренирующие (кроме чернозёма, ила, трепела, жирных глин, пылеватых суглинков, солончаковых и лёссовых грунтов, мела и гипсоносных глин с примесью гипса более 5%);

б) в нижней части — по возможности дренирующие.

При поперечном уклоне дна болота круче $1/10$ для болот с плотным торфом до дна, $1/15$ для болот с торфяной коркой, подстилаемой илом, $1/20$ для болот, сплошь заполненных илом, должны быть предусмотрены меры против сползания насыпи в сторону; лучше проектировать трассу на новом месте, где дно болота имеет меньший уклон.

При пересечении глубоких болот и отсутствии на месте грунтов, пригодных для отсыпки насыпей, при экономической целесообразности допускается применение эстакад. Сооружение выемок на болотах допускается в исключительных случаях, при условии осушения болота с помощью водоотводных канав; при этом во избежание пожаров откосы торфяного слоя должны быть покрыты слоем песка или местного растительного грунта толщиной не менее 15 см.

Земляное полотно для вторых путей возводят с учётом следующих указаний:

а) при глубине болота до 1,5 м и отсутствии поперечного уклона дна оно выполняется по типовым поперечным профилям в виде общего земляного полотна с существующим путём;

б) при глубине болота от 1,5 до 3,0 м насыпь присыпается к существующей; при этом поперечный профиль присыпаемой насыпи принимают соответственно существующей с учётом погружения подводной части;

в) в тех случаях, когда существующая насыпь устроена на сланях или болото имеет мощность илистых и торфяных отложений свыше 3,5 м или дно болота имеет поперечный уклон 1 : 5 и больше, второй путь проектируют на раздельном полотне.

Насыпи на поймах рек

Бровка насыпи на пойме должна быть поднята над наивысшим горизонтом высоких вод (с учётом величины подпора и высоты волны) не менее чем на 0,5 м. До этой же отметки отсыпается берма с шириной поверху не менее 2 м с одной или с обеих сторон насыпи.

Крутизна откосов насыпей, подверженных действию движущейся воды, устанавливается индивидуальным проектом.

На участках, где откос насыпи попадает в русло реки, должны быть предусмотрены устройства, обеспечивающие устойчивость земляного полотна.

Возвышение верха незатопляемых дамб и траверс над наивысшим горизонтом высоких вод с учётом подпора и высоты волны должно быть не менее 0,25 м.

Откосы земляных дамб делают не круче 1 : 2 с речной стороны и 1 : 1,5 со стороны насыпи. Ширина дамб поверху должна быть не менее 2 м.

В тех случаях, когда при ГВВ можно ожидать продольных (вдоль насыпей) течений, устраиваются поперечные дамбы (траверсы), составляющие одно целое с бермой насыпи.

Откосы подходов насыпей и струенаправляющих дамб в пределах действия течения воды должны быть укреплены. Тип укрепления назначают в зависимости от скорости течения воды в водотоке.

Резервы

Размеры резервов устанавливают в зависимости от объёма грунта, необходимого для насыпи, и способа производства работ.

Резервы должны обеспечивать отвод воды из них к ближайшим искусственным сооружениям или в сторону от полотна.

При высоких насыпях, во избежание большого увеличения ширины полосы отвода, резервы могут быть заложены с обеих сторон полотна.

На территориях станций и раздельных пунктов закладка резервов не допускается.

Резервы закладывают преимущественно с нагорной стороны и так, чтобы между подошвой откоса насыпи и путевой бровкой резерва оставалась естественная берма шириной, как правило, 3 м, но не менее 2 м; берма со стороны будущего второго пути должна быть шире на величину междупутья (на 4,1 м).

Берма должна иметь плавное очертание в плане и поперечный уклон к резерву от 0,02 до 0,04.

Глубина резерва должна быть такова, чтобы его дно было выше уровня грунтовых вод и имело продольный уклон, обеспечивающий сток воды без размыва грунта (не более 0,008 и не менее 0,002, а для песчаных грунтов не менее 0,001). В виде исключения в резервах на пойме продольный уклон разрешается уменьшать до 0,001.

При песчаных и прочих водопроницаемых грунтах, обеспечивающих быстрое впитывание выпадающих атмосферных осадков, разрешается устраивать замкнутые (глухие) резервы.

На поймах рек устройство резервов должно быть специально обосновано.

Откосы резервов со стороны полотна делают полуторными; они должны иметь верхнюю бровку, параллельную подошве откоса насыпи; с полевой стороны откосы резервов должны быть не круче одиночных.

Кавальеры и банкеты

Кавальеры отсыплют, как правило, с нагорной стороны выемок. На косогорах крутизной свыше $\frac{1}{6}$, где есть опасность смещения кавальеров или угроза устойчивости откоса выемки с нагорной стороны, кавальеры не отсыплют.

При глубоких выемках в местностях с поперечным уклоном не свыше $\frac{1}{6}$ во избежание удорожания работ кавальеры закладывают с обеих сторон выемки, а с низовой стороны обеспечивают свободный отвод воды за кавальер.

В местах путевых построек и переездов между кавальерами оставляются разрывы; длина разрывов в местах переездов должна быть равна шестикратной ширине переезда. Вдоль разделных пунктов на всём протяжении между входными стрелками и против раскрытых выемок (глубиной до 2 м) отсыпка кавальеров запрещается.

Расстояние от подошвы полевого откоса кавальера до границы отвода при отсутствии нагорной канавы должно быть не менее 2 м. При наличии нагорной канавы путевую бровку следует располагать на расстоянии 1 м от подошвы кавальера в незаносимых местах и 5 м — в заносимых.

Расстояние от подошвы откоса кавальера, обращённого к пути, до бровки откоса выемки (считая таковую под два пути) должно быть при выемках в твёрдых и сухих грунтах не менее 5 м, а при выемках в слабых грунтах — $5 + H$, где H — глубина выемки в м, но не менее 10 м.

Кавальеры с верховой стороны отсыплют сплошь, а с низовой — с разрывами в пониженных местах шириной не менее 1 м через каждые 50—100 м для выпуска воды с полосы между бровкой выемки и откосом кавальера.

Верхняя поверхность кавальеров должна иметь скат в сторону, противоположную пути.

Для ограждения откоса выемки от размыва с нагорной стороны отсыплют банкеты (присыпку), имеющий в поперечном сечении форму треугольника с полуторным откосом в сторону пути и уклоном поверхности в направлении от пути 0,02—0,04. Расстояние банкета от бровки откоса выемки должно

быть не менее 1 м. Высота банкета — не более 0,6 м.

На косогорах круче $\frac{1}{6}$, а также при выемках в скалистых грунтах банкеты, как правило, не устраивают.

Устройства для отвода поверхностных вод

При сооружении земляного полотна должны быть предусмотрены устройства для отвода поверхностных, а в необходимых случаях и грунтовых вод.

Для отвода поверхностных вод служат:

а) в выемках — кюветы, нагорные и забанкетные канавы;

б) у насыпей — водоотводные канавы и резервы;

в) на станциях, — кроме того, всякого рода лотки и канавы как продольные, так и поперечные.

Для этой же цели служат сооружения, направляющие воду к водоотводным устройствам, как то: земляные присыпки и срезки поверхности земли, а также сооружения, регулирующие сток воды (спрямляющие русла, струенаправляющие дамбы, траверсы и т. д.).

Поперечное сечение водоотводных и нагорных канав должно быть достаточным для пропуска всей поступающей в канаву воды при скорости, соответствующей роду грунта или принятому типу укрепления.

Ширина по дну и глубина канавы должны быть не менее 0,6 м. Откосы канав в глинах, суглинках и супесях делают не круче 1 : 1,5.

Расстояние от расчётного горизонта воды до бровки канавы принимают не менее 0,25 м.

Однообразный продольный уклон дна канавы обеспечивает сток воды; уклон назначают в зависимости от профиля местности, но не менее 0,002.

Наибольший уклон назначается в зависимости от степени размываемости грунта, в котором проводится канава, и рода укрепления.

Скорости протекания воды в канаве не должны превосходить тех скоростей, при которых возможен размыв стенок и дна канавы. Эти скорости приведены в табл. 7.

При отсутствии у насыпи резервов с нагорной стороны полотна должна быть устроена продольная водоотводная канава. При насыпях высотой менее 1 м и в местностях с неясно выраженным поперечным уклоном продольные водоотводные канавы устраивают с обеих сторон насыпи.

На водоразделе двух смежных бассейнов с выпуском воды в различные искусственные сооружения канавы не устраивают; для разобщения бассейнов на водоразделе оставляют невыбранной полосу земли длиной не менее 5 м.

В случае недостаточной высоты водораздела для предупреждения перелива подпёртой воды из одного бассейна в другой устраивают водораздельную дамбу соответствующей высоты, по длине доведённую до незатопляемых отметок.

Во избежание размыва откосов лога или оврага, в который выводятся канавы, последние у выходов должны быть уширены.

Таблица 7
Допускаемые скорости течения воды при
различных грунтах

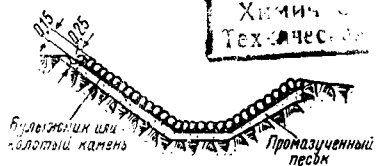
Грунт сооружения или род укрепления	Средние допускаемые скорости в м/сек
Илистый грунт	0,15
Мелкий песок	0,35
Крупный песок и одиночная дерновка плашмя	0,80
Глинистые грунты средней плотности (супеси, суглинки)	0,60—1,00
Гравий и мелкая галька (до 2,5 см)	1,25
Хрящеватый грунт, крупная галька, покрытие хворостом врасстилку	1,50
Плотная глина, дерновка «в стенку»	1,80
Покрытие фашинами плашмя	2,00
Покрытие фашинами «в стенку»	3,00
Каменистый грунт, одиночная мостовая	2,50
Скальный грунт, двойная мостовая	3,50
Каменная наброска из крупного камня 0,4—0,5 м	4,00
Кирпичная кладка из железняка на цементном растворе, двойное мощение в плетёвых клетках	4,50
Лоток из бутовой или бетонной кладки, плетёвые клетки, заполненные крупным камнем	5,00
Деревянный лоток	6,00

Откосы и дно канав укрепляют в зависимости от рода грунта и скорости протекающей воды в соответствии с данными табл. 7.

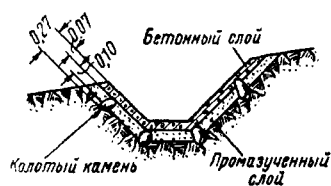
В лёссах, лёссовидных суглинках, пылеватых песках и супесях, а также на оползневых косогорах следует принимать меры против инфильтрации воды в грунт через дно и откосы канав путём применения следующих видов укрепления:

а) мощение на слое промазученого песка (фиг. 17);

б) бетонная одежда на слое промазученого песка (фиг. 18);



Фиг. 17. Мощение откосов и дна канав на слое промазученого песка



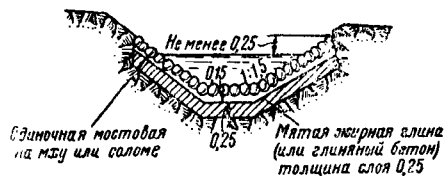
Фиг. 18. Бетонная одежда на слое промазученого песка

в) мощение поверх изоляции из глинобетона слоем 0,2—0,3 м (фиг. 19).

Кюветы в глинах, суглинках, супесях следует делать глубиной не менее 0,6 м и шириной по дну не менее 0,4 м (с учётом укрепления).

Уклон кюветов проектируется не менее 0,002 и, как правило, должен совпадать с уклоном выемки.

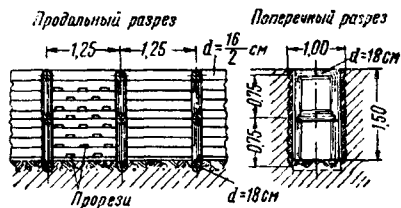
При расположении выемки на площадке или уклоне менее 0,001 вода из кюветов может быть отведена в одну или (с соответствующим переломом профиля кюветов) в обе стороны выемки; в длинных выемках уменьшение уклона кюветов допускается до 0,001. В



Фиг. 19. Мощение откосов и дна канав поверх изоляции из глинобетона

этих случаях глубина кюветов может быть уменьшена до 0,3 м в верхней точке перелома профиля, а ширина поверху и крутизна откосов остаются без изменения. Глубина кюветов может быть увеличена сверх 0,60 м с сохранением ширины по дну 0,4 м и установленной крутизны откосов.

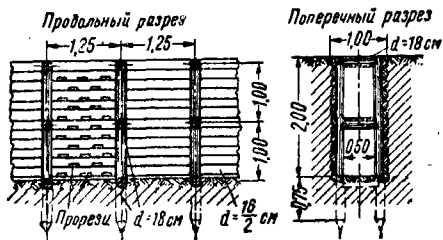
Откос кювета со стороны полотна в песчаных грунтах должен иметь крутизну 1 : 1,5



Фиг. 20. Деревянный лоток рамной конструкции

а в остальных грунтах, кроме скальных, 1 : 1; полевой откос кювета является продолжением откоса выемки.

В песчаных грунтах (в местностях с незначительными осадками, если впитывание воды



Фиг. 21. Деревянный лоток свайной конструкции

в почву происходит быстро и во всякое время года) кюветы можно не устраивать.

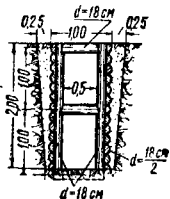
В скальных грунтах кюветам дают меньшее сечение и иное (лоткообразное) очертание,

чем в обыкновенных грунтах, но при условии проверки по расчёту обеспечения пропуска воды.

Спуск воды в кюветы из нагорных канав не допускается. При неизбежности этого спуск воды в кюветы устраивают по индивидуальным проектам.

В стеснённых условиях, когда раскрытие водоотводных канав поверху невозможно, при глубине канав до 2—2,5 м сооружают открытые лотки.

Открытые лотки применяют также в выемках в качестве водоотводных, а иногда и дренажных сооружений; делают это при необходимости осушения основной площадки земляного полотна или в целях перехвата грунтового потока.

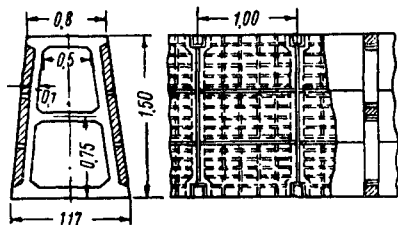


Фиг. 22. Засыпка песком за стенками лотка

Применение открытых лотков в выемках допускают при наличии грунтов хорошей водопроницаемости или при необходимости перехватить и дренировать воду, поступающую из трещиноватых скальных пород.

При наличии в основании выемки водонасыщенных глинистых грунтов устройство открытых деревянных лотков не допускается.

В лесных местностях допускаются деревянные лотки рамной (фиг. 20) или свайной (фиг. 21) конструкции глубиной 1; 1,5; 2 м.



Фиг. 23. Железобетонный лоток

Для пропуска воды в стенках лотка устраивают щели. За стенки лотка засыпают крупнозернистый песок слоем 0,15—0,25 м (фиг. 22).

Железобетонные лотки (фиг. 23) устраиваются из сборных элементов.

ВОДООТВОДНЫЕ КАНАВЫ

Расчёт водоотводных канав

Размеры поперечного сечения канав определяют следующим способом.

1. Приток воды к канаве

$$Q = G j K F^{3/4},$$

где Q — расход воды в $\text{м}^3/\text{сек}$;

G — параметр, принимаемый по табл. 8;

j — коэффициент впитываемости (табл. 9);

K — климатический коэффициент;

F — площадь бассейна в км^2 (табл. 10).

Таблица 8
Значения коэффициента G

Бассейн	Уклон местности	G
Слабохолмистый	$< 0,01$	10
»	$0,01-0,10$	15
Слабогористый	$0,10-0,30$	20
Сильногористый	$> 0,30$	25

Таблица 9
Значения коэффициента j

Впитываемость почвы	j
Слабая (глины)	1,5
Средняя (суглинки, супеси)	1,0
Сильная (пески)	0,5

Таблица 10
Площади бассейнов в км^2

F	$F^{3/4}$	F	$F^{3/4}$	F	$F^{3/4}$	F	$F^{3/4}$	F	$F^{3/4}$
0,01	0,0316	0,1	0,1781	2,0	1,682	8,5	4,987	22,0	10,16
0,02	0,0504	0,2	0,2991	2,2	1,806	9,0	5,196	24,0	10,84
0,03	0,0721	0,3	0,4059	2,4	1,928	9,5	5,411	26,0	11,51
0,04	0,0894	0,4	0,5035	3,0	2,280	10,0	5,620	28,0	12,17
0,05	0,1058	0,5	0,5943	3,5	2,559	11,0	6,040	30,0	12,82
0,06	0,1212	0,6	0,6819	4,0	2,828	12,0	6,447	35,0	14,39
0,07	0,1360	0,7	0,7654	4,5	3,090	13,0	6,846	40,0	15,90
0,08	0,1503	0,8	0,8459	5,0	3,344	14,0	7,238	45,0	17,37
0,09	0,1643	0,9	0,9241	5,5	3,591	15,0	7,622	50,0	18,80
		1,0	1,0000	6,0	3,834	16,0	8,000	60,0	21,54
		1,2	1,147	6,5	4,071	17,0	8,372	70,0	24,20
		1,4	1,287	7,0	4,308	18,0	8,739	80,0	26,75
		1,6	1,422	7,5	4,532	19,0	9,100	90,0	29,22
		1,8	1,554	8,0	4,757	20,0	9,457	100,0	31,76

Для средней полосы СССР $K = 1,0$, для других районов принимают наибольшее значение из двух величин:

$$K_1 = \frac{M_1}{33} \text{ и } K_2 = \frac{M_2}{66},$$

где M_1 — среднее арифметическое из наибольших количеств суточных осадков в мм за тот же период лет (M_1 и M_2 берут по данным ближайших метеорологических станций);

M_2 — наибольшее количество дождевых осадков за 15—30 лет в мм.

2. Полученное значение Q допускается уменьшать для канав, разлив которых может угрожать полотну и сооружениям, в 1,5 раза, а для канав, разлив которых не может угрожать полотну и сооружениям, — в 2 раза.

3. Подбор сечения канавы производят способом постепенного приближения, задаваясь сечением и продольным уклоном канавы и определяя получающуюся при этом скорость течения воды в канаве по формуле:

$$v = C \sqrt{Ri},$$

где i — уклон дна канавы в ‰;

R — гидравлический радиус; $R = \frac{\omega}{p}$ (в м);

ω — живое сечение канавы в м²;

p — смоченный периметр канавы в м.

Значения коэффициента C можно взять по табл. 11 или определить по формуле:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}},$$

где γ — коэффициент шероховатости русла канавы — берётся из табл. 12.

Таблица 11

Значения коэффициента C

$R \backslash \gamma$	0,06	0,16	0,46	0,85	1,30	1,75	2,0
0,05	68,5	50,7	28,4	18,1	13,2	9,84	9,0
0,06	69,8	52,6	30,2	19,4	14,3	10,7	9,5
0,07	70,9	54,2	31,7	20,6	15,2	11,4	10,1
0,08	71,8	55,6	33,1	21,7	16,1	12,1	10,8
0,09	72,5	56,7	34,4	22,7	16,8	12,7	11,3
0,10	73,1	57,7	35,5	23,3	17,6	13,3	11,9
0,12	74,2	59,5	37,4	25,2	18,7	14,4	12,9
0,14	75,0	60,9	39,0	26,7	20,0	15,3	13,4
0,15	75,3	61,5	39,7	27,2	20,5	15,8	14,1
0,17	75,9	62,7	41,2	28,4	21,1	16,6	14,9
0,20	76,7	64,1	42,9	30,0	22,9	17,7	16,0
0,25	77,6	65,9	45,3	32,2	24,9	19,4	17,4
0,30	78,4	67,3	47,3	34,1	26,6	20,7	18,7
0,35	79,0	68,4	48,8	35,5	27,6	22,0	19,9
0,40	79,4	69,4	50,4	37,1	29,2	23,0	20,9
0,45	79,8	70,2	51,6	38,4	30,2	24,2	21,7
0,50	80,2	70,9	52,7	39,5	31,4	25,2	22,5
0,60	80,7	72,1	54,6	41,4	33,4	26,7	24,3
0,70	81,1	73,0	56,1	43,1	35,0	28,1	25,7
0,80	81,5	73,8	57,4	44,6	36,3	29,4	26,9
0,90	81,8	74,4	58,6	45,9	37,5	30,6	28,0
1,00	82,0	75,0	59,6	47,0	38,7	31,6	29,0
1,50	82,9	76,9	63,2	51,3	43,1	36,0	33,1
2,00	83,4	78,2	65,6	54,2	46,1	39,0	38,1
3,00	84,0	79,6	68,7	58,3	50,5	43,3	40,3
4,00	84,4	80,5	70,7	61,0	53,5	46,3	43,5
5,00	84,7	81,2	72,1	63,0	55,8	48,9	45,9
7,00	85,0	82,0	74,0	65,8	59,1	52,4	49,5
10,00	85,3	82,3	75,9	68,5	62,3	55,8	53,3
15,00	85,6	83,5	77,7	71,3	65,7	59,6	57,2
20,00	85,9	84,0	78,8	73,0	68,0	62,5	60,1

Таблица 12

Значения коэффициента γ

Род русла	γ
Очень гладкие стенки (цементная штукатурка, строганные доски) . . .	0,06
Гладкие стенки (нестроганные доски, кирпич, тесовая кладка, весьма хорошая бетонировка)	0,16
Бутовая (чистая) кладка; посредственная бетонировка	0,46
Грубая бутовая кладка, замощение булыжником; хорошо содержимые стенки в плотном земляном грунте; стенки, чисто высеченные в скале . .	0,85
Земляные стенки в обычном состоянии (сюда же — мощёные, но несколько заросшие)	1,30
Земляные русла, оказывающие особенно сильное сопротивление (при плохом содержании, значительных водорослях, скалистом с валунами или крупногалечном дне)	1,75

Значения $C \sqrt{R}$ и \sqrt{i} приведены в табл. 13 и 14.

По полученной скорости v и принятому живому сечению ω определяют расход $Q_i = \omega v$, который может пропустить канаву, и сравнивают с расчётным расходом Q , определяемым по формуле: $Q = G j K F^{2/3}$; допустимое расхождение 5%.

Таблица 13

Значения $C \sqrt{R}$ в формуле: $v = C \sqrt{R} i$

$R \backslash \gamma$	0,06	0,16	0,46	0,85	1,30	1,75	2,00
0,05	15,37	11,45	6,37	4,07	2,92	2,20	2,04
0,06	17,12	12,90	7,46	4,79	3,52	2,62	2,35
0,07	18,77	14,33	8,46	5,49	4,02	3,15	2,71
0,08	20,90	15,74	9,41	6,16	4,70	3,42	3,09
0,09	21,78	17,00	10,20	6,81	5,04	3,80	3,34
0,10	23,07	18,23	11,25	7,34	5,55	4,19	3,76
0,12	25,64	20,59	12,89	8,70	6,46	4,98	4,46
0,14	28,20	22,80	14,60	9,98	7,48	5,71	5,02
0,15	29,30	23,80	15,35	10,52	7,93	6,11	5,43
0,17	31,70	25,83	17,00	11,74	8,74	6,84	6,13
0,18	34,23	28,70	19,18	13,38	10,23	7,90	7,15
0,25	38,75	32,95	22,66	16,11	12,40	9,69	8,70
0,30	42,90	36,82	25,84	18,64	14,50	11,40	10,24
0,35	46,70	40,50	29,00	21,15	16,33	13,00	11,76
0,40	50,20	43,80	31,88	23,51	18,85	14,52	13,40
0,45	53,50	47,20	34,61	25,75	20,22	16,22	14,55
0,50	56,70	50,02	37,26	27,88	22,20	17,82	15,92
0,60	62,70	56,00	42,29	32,22	25,90	20,70	18,85
0,70	68,00	61,00	46,94	36,04	29,24	23,55	21,44
0,80	73,00	65,00	51,34	40,00	32,66	26,25	24,00
0,90	76,70	70,60	55,59	43,56	34,55	29,00	26,58
1,00	82,00	75,00	59,60	47,03	38,70	31,60	29,00
1,50	101,20	93,70	77,40	62,58	52,60	44,10	40,50
2,00	117,20	110,20	92,57	76,49	65,00	55,10	53,80
3,00	145,20	136,00	118,99	101,63	87,30	74,90	69,80
4,00	168,90	161,00	141,40	122,11	107,00	92,60	87,00
5,00	189,80	181,89	161,22	141,69	124,80	109,50	102,70
6,00	208,00	199,80	179,30	158,18	142,00	124,00	116,80
7,00	225,00	218,00	196,50	175,00	157,00	138,90	131,40
10,00	270,00	260,40	240,00	216,50	197,20	176,80	169,00
15,00	332,40	324,00	309,00	278,00	254,20	232,00	222,03
20,00	383,20	376,00	349,90	328,10	305,00	281,50	268,00

Таблица 14

Значения квадратных корней из величин уклона

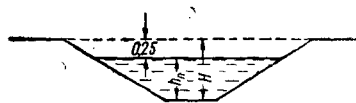
Уклон	\sqrt{i}	Уклон	\sqrt{i}	Уклон	\sqrt{i}
0,0001	0,0100	0,01	0,1000	0,065	0,2550
0,0002	0,0141	0,011	0,1049	0,07	0,2646
0,0003	0,0173	0,012	0,1095	0,075	0,2739
0,0004	0,0200	0,013	0,1140	0,08	0,2828
0,0005	0,0224	0,014	0,1183	0,085	0,2915
0,0006	0,0245	0,015	0,1225	0,09	0,3000
0,0007	0,0265	0,016	0,1265	0,095	0,3082
0,0008	0,0283	0,017	0,1304	0,10	0,3162
0,0009	0,0300	0,018	0,1342	0,105	0,3240
0,001	0,0316	0,019	0,1378	0,11	0,3317
0,0015	0,0387	0,02	0,1414	0,115	0,3391
0,002	0,0447	0,021	0,1449	0,12	0,3464
0,0025	0,0500	0,022	0,1483	0,125	0,3536
0,003	0,0542	0,023	0,1517	0,13	0,3606
0,0035	0,0592	0,024	0,1549	0,135	0,3674
0,004	0,0632	0,025	0,1582	0,14	0,3742
0,0045	0,0671	0,026	0,1612	0,145	0,3808
0,005	0,0707	0,027	0,1643	0,15	0,3873
0,0055	0,0742	0,028	0,1673	0,155	0,3937
0,006	0,0775	0,029	0,1703	0,16	0,4000
0,0065	0,0806	0,03	0,1752	0,165	0,4062
0,007	0,0837	0,035	0,1871	0,17	0,4123
0,0075	0,0866	0,04	0,2000	0,175	0,4172
0,008	0,0894	0,045	0,2121	0,18	0,4243
0,0085	0,0922	0,05	0,2236	0,185	0,4301
0,009	0,0949	0,055	0,2345	0,19	0,4359
0,0095	0,0975	0,06	0,2450	0,195	0,4416
				0,20	0,4472

Подбор сечения производят в форме таблицы:

№ по пор.	Форма сечения	ω	ρ	R	i	C	v	Q	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Глубина канавы $H = h_n + 0,25$ м (фиг. 24).

Приток воды и элементы сечения канавы определяют, разбивая её по длине на ряд участков, для каждого участка отдельно, прибавляя для каждого последующего участка расходы $Q_1, Q_2, Q_3 \dots$ предыдущих.



Фиг. 24. Расчётная схема канавы

Наименьшая допустимая скорость течения воды в канаве по условиям заиливания может быть определена по формуле:

$$v > \alpha h^{0,64},$$

где v — скорость течения воды в канаве в м/сек;

h — высота слоя воды в м;

значения α — по табл. 15.

Значения α Таблица 15

Песчаные наносы	α
Крупные	0,60—0,71
Средние	0,54—0,57
Мелкие	0,39—0,41
Очень мелкие	0,34—0,37

С целью уменьшения заиливания канав следует:

- а) устраивать их с приданием дну наибольших возможных уклонов;
- б) избегать резких переходов от более крутых уклонов к более пологим;
- в) избегать резких изменений ширины канавы по дну;
- г) избегать крутых поворотов в канавах;
- д) при прочих равных условиях отдавать предпочтение канавам с узким дном и большой глубиной.

Наименьший допустимый радиус закруглений

$$r = 2,27 b \text{ (м)} \text{ и } r > 11 v \sqrt{\omega} + R \text{ (м)},$$

где b — средняя ширина канавы поверху.

С увеличением высоты слоя воды в канаве h возрастают R и v ; наоборот, с увеличением ширины канавы по дну уменьшаются h, R и v .

Если расчётная скорость превышает допустимую для данного грунта, то подбирают тип укрепления дна и стенок канавы по табл. 7.

При небольшом превышении расчётной скорости над допустимой снижение скорости может быть достигнуто уширением канавы по дну.

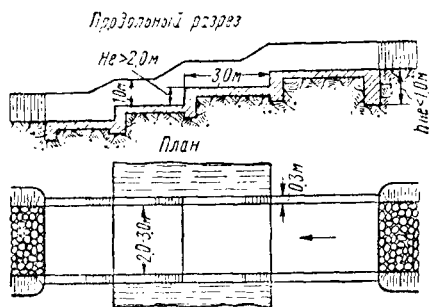
Водоспуски

Для сброса воды по склонам косогоров в горной или холмистой местности на водоотводных канавах устраивают искусственные русла в виде каменных, бетонных, железобетонных или деревянных перепадов или быстротоков. Гидравлический расчёт перепадов и быстротоков приводит в курсах гидравлики и специальных курсах гидротехнических сооружений, перечень которых указан в конце раздела.

При конструировании быстротоков и перепадов размер и прочность отдельных их элементов определяют расчётом.

Обычно применяют следующие конструкции перепадов и быстротоков.

Каменные перепады и быстротоки (фиг. 25 и 26). Высота стенок перепада обычно не бо-



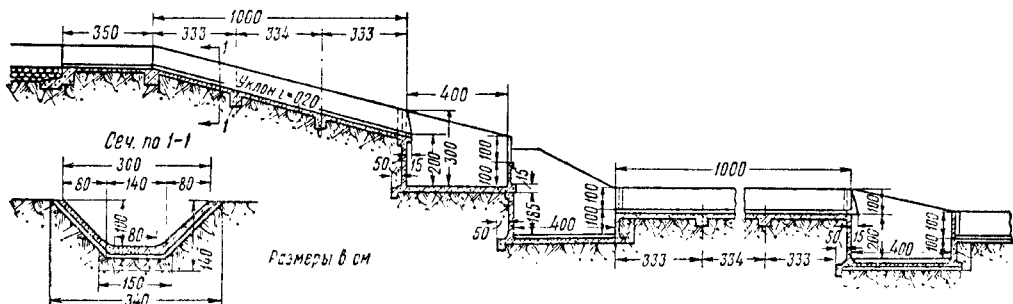
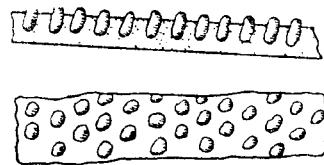
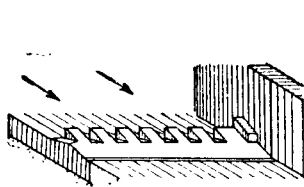
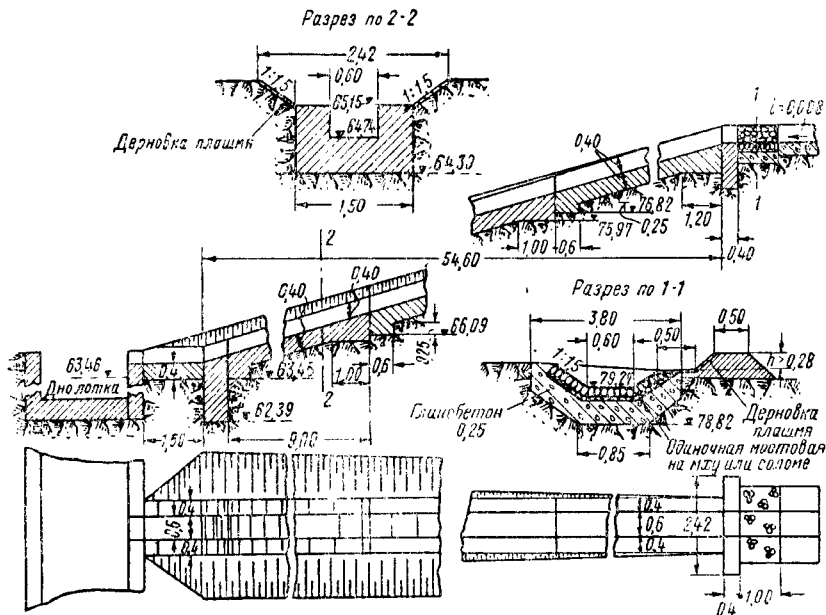
Фиг. 25. Лоток с перепадами

лее 2 м. Для предотвращения подмыва перепады и быстротоки ограждают у входов и выходов шпорами и боковыми крыльями, закладывая их на глубину промерзания, но во всяком случае не менее чем на 1,0 м. С целью устранения возможности скольжения быстротока по грунту под лотком через 1,5—2,5 м устраивают дополнительные шпоры, заглубляя их на 0,3—0,5 м. В качестве гасителя скорости внизу у быстротока или на ступенях перепадов применяют успокоители (водобойные колодцы) или стенки. Для слива воды из колодцев, во избежание её замерзания, в передней стенке колодцев на ступенях перепадов устраивают отверстия, закрываемые в тёплое время года деревянной пробкой. На лотках быстротоков применяют дополнительные гасители энергии (фиг. 27 и 28).

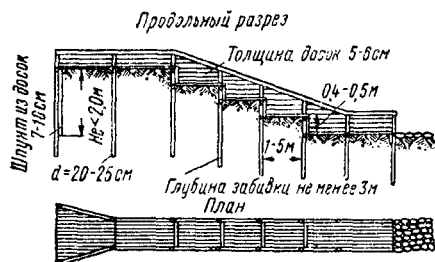
Дно водотока укрепляют мощением; выше и ниже перепада или быстротока на длину не менее 10 м в отдельных случаях с нижней стороны устраивают из камня рисберму глубиной 0,5—2,0 м, длиной 2,5 м (фиг. 29).

Бетонные и железобетонные перепады и быстротоки устраивают по тому же типу, что и каменные. Лоток выполняется из секций длиной 5—6 м. Температурные швы между секциями заполняют асфальтом. Продольный уклон не более 1 : 2.

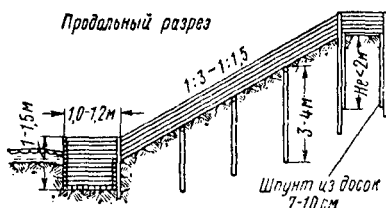
На фиг. 30 приведено поперечное сечение железобетонного лотка по типу, разработанному ДорНИИ.



Деревянные перепады и быстротоки (фиг. 31 и 32). Дно водотока на 10 м выше и ниже сооружения укрепляют мощением.



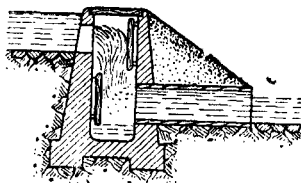
Фиг. 31. Деревянный лоток с перепадами



Фиг. 32. Деревянный быстроток с успокоительным колодцем

У входного отверстия лотка забивают шпунтовый ряд из одного или двух рядов досок толщиной 7—10 см на глубину не менее 2 м.

Водобойные колодцы (фиг. 33) устраивают взамен быстротоков или многоступенчатых перепадов при значительной длине последних.

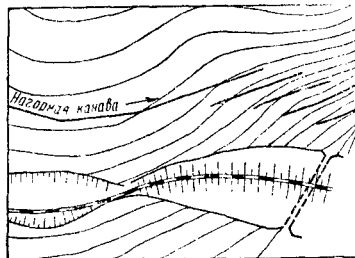


Фиг. 33. Водобойный колодец

Стенки колодца защищают деревянными щитами; на дне колодца обязательна водяная подушка. Высота колодцев может достигать до 15 м.

На косогорах взамен сооружения водосбросов (перепадов или быстротоков) допу-

навы в нижележащую путём постепенного уменьшения сечения верхней канавы, вызывая тем самым перелив из неё воды, спускающейся широким потоком по склону (фиг. 34).

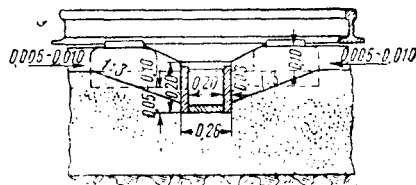


Фиг. 34. Веерообразные каналы для спуска воды по склону косогора

На оползневых и неустойчивых косогорах сооружение такой системы канав недопустимо.

Водоотводы на станциях

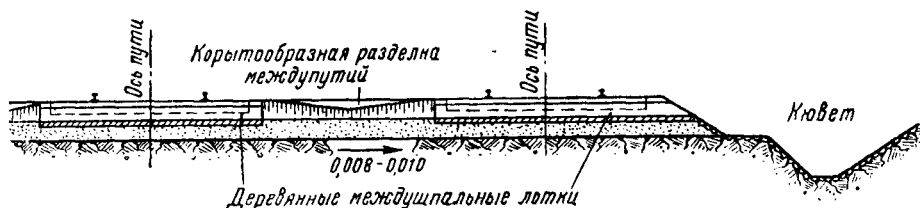
На станциях для отвода поверхностных вод через каждые 40—50 м устраивают в балластном слое мелкие поперечные дощатые лотки с сечением 0,2×0,2 м или 0,3×0,3 м, выводящие воду к кюветам или на откосы (фиг. 35). Про-



Фиг. 35. Поперечные дощатые лотки на станционных путях

должный уклон лотков 0,008—0,010—в соответствии с поперечным уклоном основной площадки земляного полотна. Для стока воды по междупутьям поверхность балласта иногда разделявают в виде треугольной канавки с продольным уклоном к поперечным лоткам (фиг. 36).

При значительной ширине станционных площадок (10 путей и более) для сбора воды из поперечных лотков можно устраивать



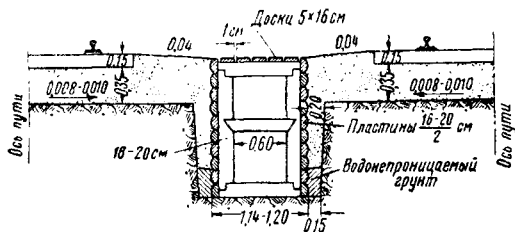
Фиг. 36. Продольное сечение лотка на станционных путях

стимо устройство системы веерообразных канав, расположенных террасами одна под другой, со сбросом воды из вышележащей ка-

продольный лоток вдоль одного из междупутий по середине станционной площадки, с уклоном не менее 0,002. Междупутный ло-

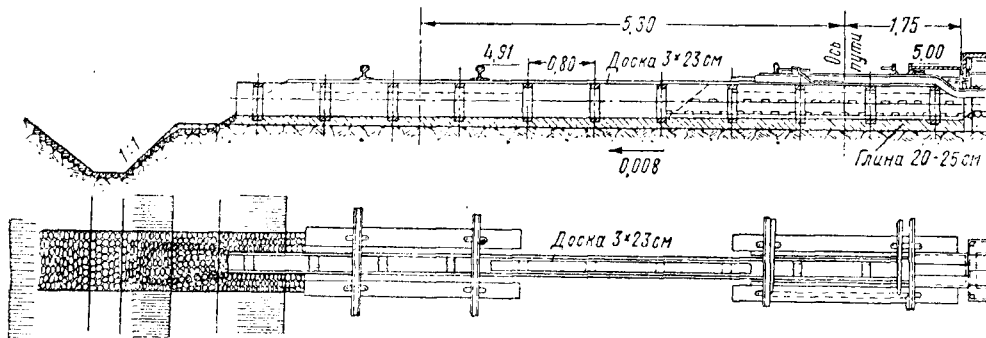
ток сверху закрывают дощатым настилом (фиг. 37).

Для отвода воды от централизованных стрелочных переводов, уложенных на щебне, устраивают продольные (на длину стрелоч-



Фиг. 37. Поперечный разрез продольного лотка на станционных путях

ного перевода) и поперечные дощатые лотки шириной 0,2—0,3 м или дренажные канавки, заполненные щебнем, с выпуском их на откос, в кювет или междупутный лоток (фиг. 38).



Фиг. 38. Лоток для отвода воды от стрелочного перевода

Дно лотков и дренажных канавок заглубляют ниже подошвы щебёночного балласта, а по дну лотка укладывают изоляцию из глины слоем 0,15—0,20 м во избежание насыщения водой песчаной подушки. Продольный уклон лотков и канавок 0,008—0,010.

БОРЬБА С ОВРАГАМИ

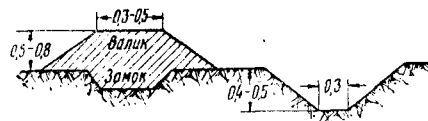
Разрушения земляного полотна. Наиболее частые случаи разрушения земляного полотна вследствие образования оврагов следующие:

- приближение вершины активного оврага к искусственному сооружению с низовой стороны;
- образование оврага в месте выпуска нагорной канавы или кювета и приближение его к земляному полотну;
- боковой рост продольного оврага в сторону земляного полотна;
- заполнение овражными выносами русла реки, текущей вдоль железнодорожной линии, вызывающее отклонение русла реки к линии с угрозой подмыва земляного полотна и т. д.

Легче всего поддаются размыву лёссы, лёссовидные суглинки и супеси.

Мероприятия по прекращению роста оврагов следующие:

- 1) задержание и отвод воды, направляющейся в овраг;
- 2) защита и укрепление вершины оврага от размывающего действия воды;
- 3) защита и укрепление дна оврага от размыва водой;
- 4) облесение склонов оврага и прилегающего приовражного района с целью



Фиг. 39. Водозащитные валики

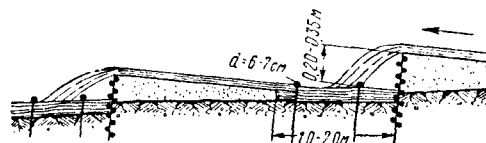
ослабления оврагообразовательной деятельности воды.

Воду, направляющуюся к оврагу, задерживают путём:

- а) устройства около вершины оврага водозащитных валиков (фиг. 39) в комби-

нации с водоотводными канавками, которые собирают стекающую воду к лотку, отводящему её на дно оврага; ширина валиков 0,3—0,5 м, высота 0,5—0,8 м; откосы укрепляют дерновой;

- б) устройства вокруг оврага нескольких рядов хворостяных полос из ивы шириной 1,0—1,5 м и толщиной 0,10—0,15 м на расстоянии 10—20 м друг от друга.

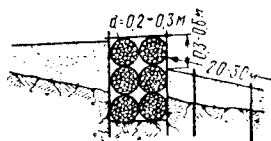


Фиг. 40. Плетневый перепад

Защита вершины оврага от размыва достигается устройством в месте спуска воды следующих сбросных сооружений:

- а) хворостяных перепадов (фиг. 40) из плетней высотой не более 0,20—0,35 м с врезкой в дно оврага на 0,30 м; их применяют при небольшом уклоне водотока; дно водотока (водобойная пло-

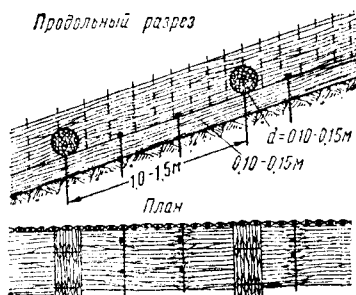
шадка) ниже перепада при высоте последнего до 0,25 м укрепляют сплошной деревянной или при высоте перепада 0,35 м хворостяной выстилкой (фиг. 40);



Фиг. 41. Перепад из фаши

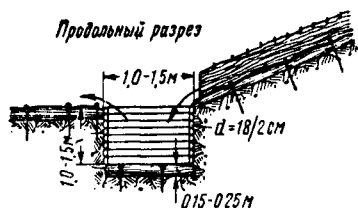
добойную площадку укрепляют также хворостом или фашинами;

в) хворостяных быстротоков (фиг. 42) из хворостяной выстилки толщиной 0,10—0,15 м, укладываемой вдоль



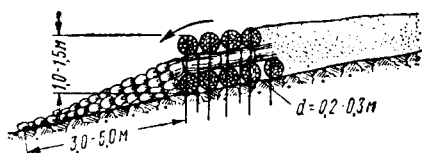
Фиг. 42. Простейший тип гасителей скорости воды в лотках

или поперёк быстротока по слою глины такой же толщины; предельный уклон не более 1 : 6; в лотке быстротока устраивают гасители скорости из фаши, расположенных поперёк лотка через 1,0—1,5 м, или



Фиг. 43. Хворостяно-деревянный лоток

в устье лотка быстротока устраивают успокоительные колодцы глубиной и длиной 1,0—1,5 м, стенки которых укрепляют хворостом, фашинами или рубят из пластин (фиг. 43);



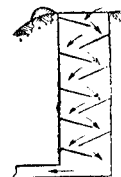
Фиг. 44. Перепад из фашиной кладки

г) хворостяно-каменных перепадов (фиг. 44) и быстротоков в мест-

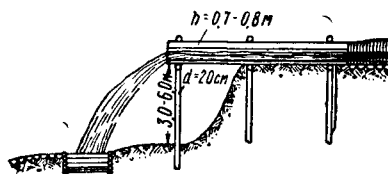
ностях, богатых камнем; дно лотка быстротока покрывают хворостяной выстилкой с загрузкой камнем в плетневых клетках; откосы укрепляют плетнями или фашиной выстилкой;

д) каменных, бетонных и деревянных перепадов и быстротоков (фиг. 25, 26, 31 и 32);

е) шахтных перепадов (фиг. 45) в виде колодцев сечением 0,9×0,9 м или 1,0×1,0 м, рубленых из пластин или тонких брёвен; отвод воды от колодца на дно оврага можно осуществить штольной; в колодце полезно устроить наклонные дощатые полки для распыления водяной струи; ж) консолей (фиг. 46) в виде деревянного дощатого лотка (сечение назначается по расчёту), укрепляемого на стой-



Фиг. 45. Гасители живой силы воды в вертикальном колодце



Фиг. 46. Деревянная консоль

ках; в месте падения водяной струи устраивают успокоительный колодец из пластин или тонких брёвен; для лучшего направления струи воды в колодец на лотке устраивают козырёк или патрубков; помимо деревянных лотков иногда применяют железобетонные с устройством бетонного водоприёмного колодца.

Укрепление дна оврага. Наибольший эффект достигается устройством террас с донными запрудами. Число запруд

$$N = \frac{H - iL}{h},$$

где H — разность высот начальной (базис эрозии) и конечной (устье оврага) точек в м;

i — средний допустимый уклон дна оврага, — не более 0,1;

L — длина оврага в м;

h — высота запруды в м.

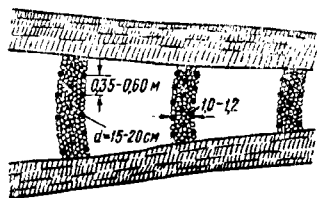
Хворостяные донные укрепления устраивают подобно хворостяным перепадам (фиг. 40) из плетней.

Хворостяно-каменные донные укрепления устраивают из тяжёлых фаши, которые укладывают поперёк оврага, или устраивают хворостяную выстилку с загрузкой поверх камнем в плетневых клетках при высоте такого перепада 0,20—0,25 м и ширине 1,5—2,0 м.

Палисады (фиг. 47) состоят из трёх рядов свай длиной 1,5—2,0 м, толщиной 0,15—0,20 м, забиваемых в дно оврага в шахматном порядке на расстоянии 0,35—0,60 м друг от друга; сваи выступают на

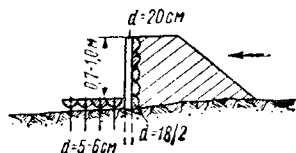
0,2—0,4 м над дном оврага. Промежутки между сваями заполняют камнем.

Деревянные перемычки (фиг. 48) устраивают в виде заборной стен-



Фиг. 47. Укрепление дна палисадами

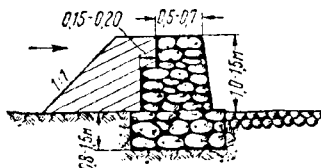
ки из пластин, удерживаемых деревянными сваями, забитыми в дно оврага; позади стенки делают земляную отсыпку; высота перемычки 0,7—1,0 м; ниже перепада дно



Фиг. 48. Донное укрепление заборной стенкой с земляной отсыпкой

оврага укрепляют от размыва настилом из пластин, фашинами и т. д.

Каменные и бетонные донные укрепления (фиг. 49) устраивают в виде поперечных стенок по дну оврага из сухой каменной кладки или кладки на растворе; позади стенки де-



Фиг. 49. Донное укрепление каменной стенкой на растворе

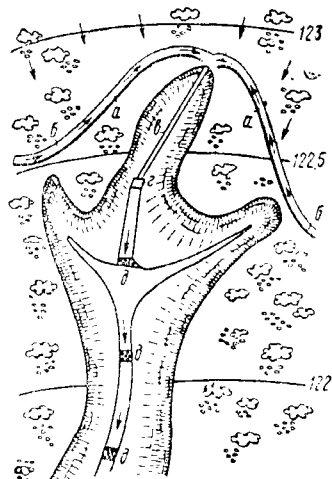
лают земляную отсыпку. Высота стенки до 1,0—1,5 м.

Водобойную площадку укрепляют двойным мощением.

Овражные откосы и приовражные территории укрепляют обсадкой склонов оврага и прилегающей к оврагу зоны кустарником или деревьями, лучше всего ивовых пород (белотал, чернотал, красная ива, корзиночная верба и др.), а также обсеменением откосов оврага травами с сильно развитой стелющейся корневой системой. В голове оврага производят иногда планировку откосов крутизной 1:1,25; 1:1,5 с последующей дерновкой или засевом травами.

На фиг. 50 показан пример комплексного применения водозащитных валиков а, водоотводных канав б, быстротока в, водобойного колодца г, донных запруд д и облес-

нения приовражной территории с целью прекращения роста оврага.



Фиг. 50. Комплексное укрепление растущего оврага

Обводнение оврагов может также служить одним из способов борьбы с оврагообразованием. С этой целью устраивают плотины и искусственные водоёмы.

ОТВОД ГРУНТОВЫХ ВОД

Для отвода или понижения уровня грунтовых вод служат дренажи.

По схеме расположения различают дренажи одиночные, кольцевые и дренажные системы.

По конструкции и способу действия дренажи бывают:

- 1) горизонтальные, которые можно сооружать с укладкой по дну дренажных труб или устройством галлереи;
- 2) вертикальные — в виде одиночных поглощающих колодцев и скважин или в виде их системы;
- 3) комбинированные — в виде дренажной завесы из вертикальных колодцев или скважин, из которых воду сбрасывают в горизонтальную штольню.

По расположению относительно оси земляного полотна дренажи делают на поперечные и продольные. Последние бывают: а) подкуветные, б) закуветные и в) удалённые от пути, предназначенные для осушения оползневых косогоров или местности, прилегающей к железной дороге.

Дренажи могут отводить только гравитационную воду, заключённую в грунте, и понижать уровень связанной с ней капиллярной воды. Отвод капиллярно-подвешенной, плёночной и гигроскопической воды при помощи дренажей существующих типов невозможен.

Горизонтальные дренажи

Основными искомыми величинами при расчёте дренажей при выбранных размерах дрен и глубине заложения являются (для одиночной дрены):

- а) количество притекающей воды к дрене;
б) величина понижения уровня воды дреной;

в) предельный радиус действия дрены.
Для дренажной системы, кроме того, определяется расстояние между дренами.

Ниже приводятся простейшие формулы, применяемые при расчёте дренажей.

Расчёт одиночной дрены. Расход грунтовой воды, стекающей к дрене при ламинарном движении в мелкозернистых грунтах, выражается формулой:

$$q = k \omega I \text{ (м}^3\text{/сек)}, \quad (1)$$

а скорость фильтрации — формулой:

$$v = kI \text{ (м/сек)},$$

где q — количество воды, просачивающейся через грунт в единицу времени, в м³;
 k — коэффициент фильтрации грунта в м/сек;

ω — площадь поперечного сечения фильтрующего слоя в м²;

I — гидравлический градиент, или падение напора на единицу пути фильтрации, определяемый по формуле:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{l}.$$

Здесь H_1 и H_2 — величины пьезометрических напоров в двух сечениях подземного потока в м;

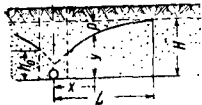
l — расстояние между этими сечениями по пути фильтрации в м.

Коэффициент фильтрации грунта при расчётах определяется способом пробных откачек или лабораторным путём.

Возможны два случая расположения дренажа:

1) дно дренажа расположено на водоупоре (совершенный дренаж);

2) при значительной мощности водоносного слоя дренаж располагается в пределах последнего (несовершенный дренаж).



Фиг. 51. Расчётная схема дренажа

Совершенный дренаж. Двусторонний приток грунтовой воды на 1 пог. м длины дрены при однородном грунте, горизонтальной поверхности водоупора и горизонтальной поверхности грунтового потока при отсутствии инфильтрации определяют по формуле (фиг. 51):

$$q = \frac{k(H^2 - h_0^2)}{L} \text{ (м}^3\text{/сек)}, \quad (2)$$

и полный расход при длине дрены l (м)

$$Q = ql \text{ (м}^3\text{/сек)}. \quad (3)$$

Односторонний приток

$$q = \frac{k(H^2 - h_0^2)}{2L} \text{ (м}^3\text{/сек)}.$$

В случае **наклонного** залегания водоносного (однородного) пласта (фиг. 52) односторонний приток

$$q = k \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot \frac{H_1 - H_2}{l} \text{ (м}^3\text{/сек)}. \quad (A)$$

В случае **постоянной** мощности пласта, т. е. при $h_1 = h_2 = h$ (равномерное движение), имеем:

$$q = kh \frac{H_1 - H_2}{l} \text{ (м}^3\text{/сек)}. \quad (B)$$

В приведённых выше формулах H_1 и H_2 — высотные отметки уровня воды в верхнем и нижнем сечениях потока в м;

h_1 и h_2 — мощности водоносного пласта в тех же сечениях в м;

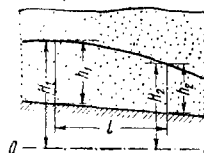
l — расстояние между сечениями в м;

k — коэффициент фильтрации (в зависимости от размерности k — м/сек или м/сутки — получается размерность q). Формулы (A) и (B) применимы при угле падения пласта не более 10°.

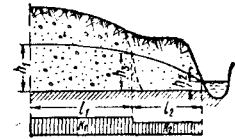
При движении подземных вод в неоднородных пластах **единичный расход** потока будет:

$$q = \frac{k_{1cp}h_1 + k_{2cp}h_2}{2} \cdot \frac{H_1 - H_2}{l} \text{ (м}^3\text{/сек)},$$

где k_{1cp} и k_{2cp} — средние коэффициенты фильтрации пласта в первом и втором сечениях в м/сек. Остальные обозначения те же.



Фиг. 52. Расчётная схема дренажа при наклонном водоносном пласте



Фиг. 53. Расчётная схема дренажа при смене пластов с различной водопроницаемостью в горизонтальном направлении

Для пласта с резкой сменой водопроницаемости в горизонтальном направлении (фиг. 53) расход грунтового потока при горизонтальном заложении водоупора будет:

$$q = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2 \left(\frac{l_1}{k_1} + \frac{l_2}{k_2} \right)},$$

где h_1 и h_2 — мощности или уровни грунтовых вод в I и II сечениях в м;

l_1 и l_2 — расстояния по пути потока в пределах первого и второго участков потока в м;

k_1 и k_2 — коэффициенты фильтрации первого и второго участков в м/сек.

Построение кривой депрессии сводится к определению любой третьей точки с известным h_3 (в случае горизонтального залегания пласта) и неизвестными h_3 и H_3 в случае наклонного залегания пласта.

Составляя два уравнения (А) — одно для пары заданных точек кривой депрессии с ординатами h_1 и h_2 и H_1 и H_2 , а второе для одной из данных точек и третьей искомой с ординатами h_3 и H_3 , исключают из них q и сокращают на k (при однородном пласте).

Для исключения одного из двух неизвестных h_3 и H_3 в случае наклонного пласта выражают мощность пласта h_3 через разность отметок уровня воды H_3 и основания водоносного пласта Z_3 :

$$h_3 = H_3 - Z_3.$$

Подставляя в формулу (А) и приравнявая оба уравнения, получим:

$$\frac{(H-H_3)(h_1+H_3-Z_3)}{x} \cdot \frac{(H_1-H_2)(h_1+h_2)}{l},$$

где x — расстояние от первого сечения до искомого третьего в m .

Величину понижения уровня воды дренажной определяют из уравнения кривой депрессии (фиг. 51) при двустороннем притоке и отсутствии инфильтрации по формуле:

$$y = \sqrt{\frac{q}{k}x + h_0^2} \quad (м), \quad (C)$$

где y — ордината кривой депрессии над водоупором в расстоянии x от оси дренажа. Остальные обозначения те же.

Предел действия дренажа L проще всего определяется по среднему уклону кривой депрессии I_0 (см. табл. 16) из условия (при горизонтальной поверхности грунтового потока):

$$L = \frac{H^2 - h_0^2}{I_0(H + h_0)} \quad (м).$$

Если поверхность грунтовых вод имеет уклон I , а h_{cp} — средняя глубина воды, то

$$L = \frac{H^2 - h_0^2}{I_0(H + h_0) + 2h_{cp}I} \quad (м).$$

Таблица 16

Ориентировочный средний уклон кривой депрессии I_0 (по А. Н. Костякову)

Наименование грунтов	I_0
Песок крупный и галька	0,003—0,005
Пески	0,005—0,020
Супесь	0,020—0,05
Суглинок	0,05—0,10
Глина	0,10—0,15
Глина тяжёлая	0,15—0,20
Торф	0,02—0,12

Несовершенный дренаж. В этом случае определение количества воды, притекающей к дренажу, сильно осложняется наличием притока воды не только с боков, но и через дно дренажа. Задача может быть решена только,

если известна конфигурация линий равного напора (живое сечение грунтового потока) (фиг. 54).

А. Н. Костяков, делая допущение, что поверхности равного напора представляют собой концентрические окружности, даёт приближённое уравнение для погонного расхода воды при двустороннем притоке:

$$q = \frac{2\alpha k H_1}{\ln \frac{L}{r_0}} \quad (м^3/сек),$$

где $\alpha = \frac{\pi}{2} + \frac{H_1}{L} = \text{const};$

L — предел действия дренажа в m ;

H_1 — глубина заложения дрена в водоносный слой в m ;

r_0 — радиус дрена в m .

Ещё более приближённо решают задачу по формулам для совершенного дренажа, пренебрегая притоком воды снизу. Для обычно встречающихся на практике небольших расходов дренажа последнее решение является допустимым.

Глубина заложения дренажа в этом случае при заданной норме осушения P определяется по формуле (С) (фиг. 51),

где H — величина заглубления дрена в водоносный слой в m ;

h_0 — высота уровня воды в дрене в m ;

y — ордината кривой депрессии над дном дренажа в расстоянии x от его оси в m .

Время осушения грунта дренажем в зависимости от коэффициента фильтрации:

$$T = \frac{L}{kI_0} \frac{n}{100} \quad (\text{суток})$$

или, заменяя $I_0 = \frac{h}{L}$:

$$T = \frac{L^2}{kh} \frac{n}{100} \quad (\text{суток}),$$

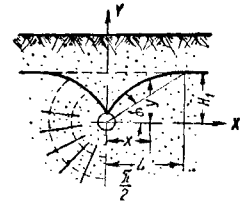
где L — в m и k — в $m/сутки$;

n — пористость грунта в %;

h — высота понижения уровня воды дренажной в m .

Расчёт подкюветного дренажа. В случае заложения дренажа под одним кюветом двусторонний приток определяют по формуле (2).

При отсутствии явно выраженного уклона поверхности грунтового потока или в случае значительной ширины полотна дренажи закладывают под обоими кюветами. Для каждого дренажа учитывают половину полевого притока по формуле (2) (односторонний приток) и сверх того определяют приток воды



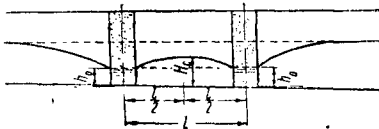
Фиг. 54. Конфигурация линий равного напора

из междупутного пространства (фиг. 55) по формуле:

$$q_m = \frac{k}{2} (H_c + h_0) I \text{ (м}^3/\text{сек)},$$

где h_0 — высота столба воды в дренаже в м;
 I — уклон кривой депрессии;
 k — коэффициент фильтрации грунта в м/сек;
 H_c — высота уровня воды между дренажами при однородном грунте в м:

$$H_c = h_0 + I \frac{l}{2}.$$

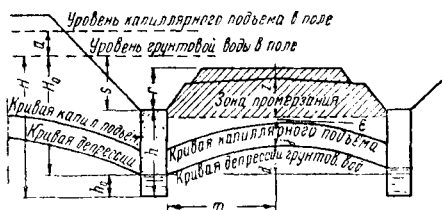


Фиг. 55. Подкуветные дренажи с двух сторон пути

Глубину заложения несовершенного подкуветного дренажа, предназначенного для понижения уровня грунтовых вод, определяют по формуле:

$$h = Z + \epsilon + j + d + h_0 - r \text{ (фиг. 56)},$$

где h — полная глубина дренажа в м;
 Z — глубина промерзания по оси пути в м;
 j — высота капиллярного поднятия воды в м;
 ϵ — расстояние от уровня промерзания земляного полотна по оси пути до кривой капиллярного поднятия после осушения. Ориентировочно может быть принято $\epsilon = 0,25$ м;
 r — расстояние от подошвы рельса до дна кювета в м;
 h_0 — высота столба воды в дренаже; обычно принимается $h_0 = 0,3$ м;
 d — наибольшая стрела поднятия депрессионной кривой внутри земляного полотна в м.



Фиг. 56. Расчётная схема двустороннего подкуветного дренажа

Для одностороннего дренажа (фиг. 57)

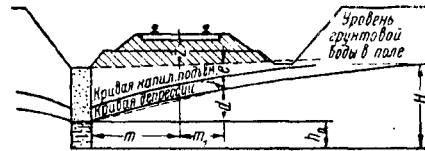
$$d = \sqrt{I_0 (H \div h_0) (m + m_1) + h_0^2} - h_0.$$

Для двустороннего дренажа

$$d = I_0 m,$$

где I_0 — средний уклон кривой депрессии (см. выше);

H — высота уровня грунтовых вод в м над дном дренажа;
 m — расстояние от стенки дренажа до оси пути в м;
 m_1 — расстояние от оси пути до расчётной точки понижения кривой депрессии (обычно 0,20 м от конца шпалы).



Фиг. 57. Расчётная схема одностороннего подкуветного дренажа

Глубину заложения совершенного дренажа определяют отметками залегания водоупорного слоя и выпуска дренажа. При этом глубина дренажа должна быть больше глубины наибольшего промерзания грунтов по оси дренажа не менее чем на 0,3 м.

Расчёт дренажа, как водоотводных сооружений, заключается в определении расхода и подборе сечений труб.

Если расходы на единицу длины, определённые выше, на участках дренажа длиной l_1, l_2, l_3 составляют соответственно q_1, q_2, q_3 , то в конце первого участка необходимо обеспечить пропуск расхода $Q_1 = q_1 l_1$, в конце второго $Q_2 = q_2 l_2 + q_1 l_1$, в конце третьего $Q_3 = q_3 l_3 + q_2 l_2 + q_1 l_1$.

Учитывая возможность засорения труб, принимают $Q_{расч} = 1,5 Q_n$.

Сечение дренажа подбирается по формулам гидравлики.

При круглых трубах, работающих полным сечением

$$Q_{расч} = \omega_n v_n = \frac{\pi d_n^2}{4} v_n \text{ (м}^3/\text{сек)},$$

Здесь

$$v_n = C \sqrt{R i_n},$$

где

$$C = \frac{100}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}}.$$

Для гончарных и цементных труб

$$m = 0,25 - 0,35; R = \frac{d_n}{4}.$$

После подстановки получаем:

$$Q_{расч} = \frac{\pi}{8} C \sqrt{d_n^5 i_n} \text{ (м}^3/\text{сек)}.$$

При ожидаемом малом притоке воды к дренажу гидравлического расчёта дренажных трубок обычно не делают, а принимают их диаметр равным 150—200 мм, исходя из возможности прочистки.

В табл. 17 приведены скорости v и наибольшие расходы q для дренажных труб (при полном заполнении).

Таблица 17
Скорости движения и максимальные расходы воды
в дренажных трубах (v в м/сек, q в л/сек)

t	Круглые гончарные или цементные трубы								Деревянные прямоугольные трубы	
	d=150 мм		d=200 мм		d=250 мм		d=300 мм		b=125 мм h=200 мм	
	v	q	v	q	v	q	v	q	v	q
0,003	0,42	7,35	0,52	16,43	0,62	30,55	0,72	50,60	0,47	11,84
0,004	0,48	8,49	0,60	18,97	0,72	35,28	0,83	58,43	0,55	13,68
0,005	0,54	9,49	0,68	21,21	0,80	39,44	0,92	65,32	0,61	15,29
0,006	0,59	10,40	0,74	23,24	0,88	43,21	1,01	70,56	0,67	16,75
0,007	0,64	11,23	0,80	25,10	0,95	46,67	1,09	77,29	0,72	18,09
0,008	0,68	12,00	0,85	26,83	1,02	49,82	—	—	0,77	19,35
0,009	0,72	12,73	0,91	28,46	1,08	52,92	—	—	0,82	20,52
0,010	0,76	13,42	0,95	30,00	—	—	—	—	0,87	21,63
0,011	0,80	14,08	1,00	31,46	—	—	—	—	0,91	22,68
0,012	0,83	14,71	1,05	32,86	—	—	—	—	0,95	23,69
0,013	0,87	15,31	1,09	34,21	—	—	—	—	0,99	24,66
0,014	0,90	15,88	—	—	—	—	—	—	1,02	25,59
0,015	0,93	16,44	—	—	—	—	—	—	1,06	26,49
0,016	0,96	16,98	—	—	—	—	—	—	1,09	27,35
0,017	0,99	17,50	—	—	—	—	—	—	1,13	28,20
0,018	1,02	18,01	—	—	—	—	—	—	1,16	29,01
0,019	1,05	18,50	—	—	—	—	—	—	1,19	29,81
0,020	1,07	18,98	—	—	—	—	—	—	1,22	30,53
0,025	—	—	—	—	—	—	—	—	1,37	34,19
0,030	—	—	—	—	—	—	—	—	1,50	37,46
0,035	—	—	—	—	—	—	—	—	1,62	40,46
0,040	—	—	—	—	—	—	—	—	1,73	43,25
0,045	—	—	—	—	—	—	—	—	1,83	45,87
0,050	—	—	—	—	—	—	—	—	1,93	48,35

Уклоны и скорости течения воды в дренажах. Наименьшую допустимую скорость течения воды в дренаже по условию недопущения заиливания дрен принимают для обыкновенных связных грунтов 0,2 м/сек; для грунтов с песчанистыми прослойками—0,30—0,35 м/сек; при возможности попадания в трубы поверхностных вод — 0,6 м/сек. Оптимальная скорость для обычных условий 0,5—0,7 м/сек.

Наибольшая допустимая скорость для дрен из гончарных труб — 1,0 м/сек. Исходя из предельных скоростей течения воды, гидравлическим расчётом определяют допускаемый продольный уклон дренажа и пропускную способность дрен.

Наименьший уклон дна дренажа при наличии дренажных труб — 0,005.

Допускают применение ломаного профиля дренажа с увеличением продольных уклонов к устью дренажа.

При необходимости провести воду большим падением в дренаже устраивают перепады высотой не более 1,0 м, приурочивая их к смотровым колодцам.

Вертикальный дренаж (одиночные колодцы или их система)

Вертикальные колодцы могут быть водоотдающими и водопоглощающими.

Водоотдающими называют такие колодцы, из которых откачивают воду, поступающую в них из водоносного слоя.

Водопоглощающими называют колодцы, которые, наоборот, отдают водоносному слою воду, поступающую в них с поверхности

земли или из вышележащих водоносных горизонтов.

Грунтовыми колодцами, в отличие от артезианских, называются такие, движение воды к которым происходит при наличии свободной поверхности грунтового потока.

Аналогично горизонтальным дренажам, совершенными колодцами называются колодцы, дно которых опущено до водоупора, а несовершенными — такие, которые не доведены до водоупора.

Совершенный грунтовый колодец. Дебит совершенного водоотдающего колодца (фиг. 58)

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h_0^2)}{\ln \frac{R}{r_0}} \text{ (м}^3\text{/сек)},$$

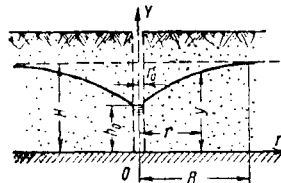
где k — коэффициент фильтрации прилегающего к колодцу грунта в м/сек;

R — радиус влияния колодца в м;

r_0 — радиус колодца в м;

H — бытовая глубина воды в водоносном слое в м;

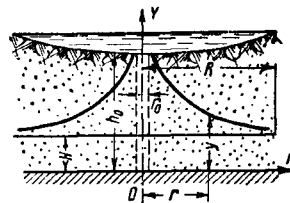
h_0 — глубина воды в колодце в м.



Фиг. 58. К расчёту водоотдающего колодца

Расход водопоглощающего совершенного колодца (фиг. 59) при водоотдаче только через стенки равен:

$$Q = \frac{\pi k (h_0^2 - H^2)}{\ln \frac{R}{r_c}} \text{ (м}^3\text{/сек)}.$$



Фиг. 59. К расчёту водопоглощающего колодца

Радиус влияния того и другого колодца определяется при откачке приблизительно по эмпирическим формулам¹ (без учёта выпадения осадков), например, по формуле Кусакина

$$R = 575 S \sqrt{Hk} \text{ (м)},$$

где S — понижение в центральной скважине в м. Остальные обозначения те же.

¹ См., например, А. П. Коротеев, *Спутник гидрогеолога*, 1934 г. или В. С. Козлов, *Расчёт дренажных сооружений*, 1940 г.

Для предварительных расчётов можно принять приблизительно следующие значения радиуса влияния на 1 м понижения:

Грунт	R в м
Песок мелкозернистый	50—100
» среднезернистый	100—200
» крупнозернистый	200—400
Галечник	400—600

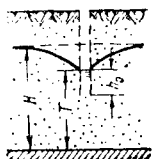
Несовершенный грунтовый колодец. В предположении работы колодца дном и стенками и притока воды в пределах всей мощности водоносного слоя дебит водоотдающего колодца (фиг. 60) будет:

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - T^2)}{\ln \frac{R}{r_0}} \times \sqrt{\frac{h_0 + 0,520}{T}} \sqrt{\frac{2T - h_0}{T}} \quad (м^3/сек),$$

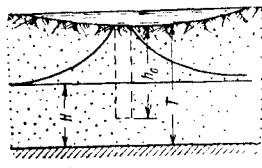
а расход водопоглощающего колодца (фиг. 61) в этом случае будет:

$$Q = \frac{\pi k (T^2 - H^2)}{\ln \frac{R}{r_0}} \times \sqrt{\frac{h_0 + 0,520}{T}} \sqrt{\frac{2T - h_0}{T}} \quad (м^3/сек),$$

где T — глубина воды в несовершенном колоде до водонепроницаемого слоя.



Фиг. 60. К расчёту несовершенного водоотдающего колодца



Фиг. 61. К расчёту несовершенного водопоглощающего колодца

Более детальное рассмотрение расчётных схем одиночных вертикальных колодцев и их системы (дренажной завесы) даётся в специальных курсах.

КОНСТРУКЦИЯ ДРЕНАЖЕЙ

Горизонтальный дренаж. Продольные подкововетный и закововетный дренажи показаны на фиг. 62 и 63. При мощных водоносных горизонтах заполнение дренажа устраивают с двухслойным вертикальным фильтром по фиг. 64, располагая на контакте с грунтом мелкозернистый материал заполнения. В случае возможности значительной суффозии частиц грунта устраивают трёхслойные вертикальные фильтры.

Соотношение между размерами частиц соседних слоёв фильтра должно быть 1 : 4 — 1 : 6. Обычно наружный слой фильтра отсыпается крупнозернистым песком ($d = 1 \text{ мм}$). При наличии мелкозернистых водоносных грунтов допускают применение среднезернистых песков.

Высоту заполнения дренажа дренирующим материалом принимают в $2/3$ от мощности водоносного горизонта.

Ширину дренажной траншеи принимают в зависимости от глубины.

Глубина дренажа в м Ширина в м

До 2	0,8—1,0
От 2 до 5	1,0—1,5
От 5 и более	1,5—2,0

Конструкция дрен и фильтров показана на фиг. 65, 66 и 67. Наилучшими считают дрены из гончарных трубок. Если дренаж врезан в водоупор (совершенный дренаж), то при наличии слабого, легко размокающего грунта на дне дренажа устраивают глинобетонный или бетонный лоток (фиг. 65).

Сверху дренажную траншею изолируют от попадания поверхностных вод глинобетоном (мятая жирная глина и 10—12% песка) или забивкой местным глинистым грунтом поверх слоя мха или дёрна корнями вверх.

При необходимости обеспечить осмотр дренажной траншеи и для наблюдения за работой дренажа иногда вместо дрен устраивают дренажную галлерею. Последние устраивают бетонные, железобетонные, из каменной кладки насухо или на растворе, с отверстиями для притока воды (фиг. 68).

Обычные размеры галлерей: высота 1,3—1,8 м, ширина 0,7—1,0 м. По дну галлерей укладывают бетонный лоток толщиной 0,15—0,20 м.

Заполнителем дренажей может служить отсеянный паровозный шлак. Последний должен быть лежалый в отвалах, с крупностью фракций от 2 до 30 мм; при этом запрещается применение шлаков, полученных от сжигания углей, подверженных быстрому разрушению при изменении температуры и обладающих высокой зольностью (например углей Черемховского и Подмосковского бассейнов).

Заполнителем дренажа может также служить чистый крупнозернистый песок, материалом для фильтра — крупнозернистый песок, гравий, галька, мелкий щебень. Допустимое содержание глинистых частиц не более 3%; при большем содержании обязательна промывка заполнителя дренажа водой.

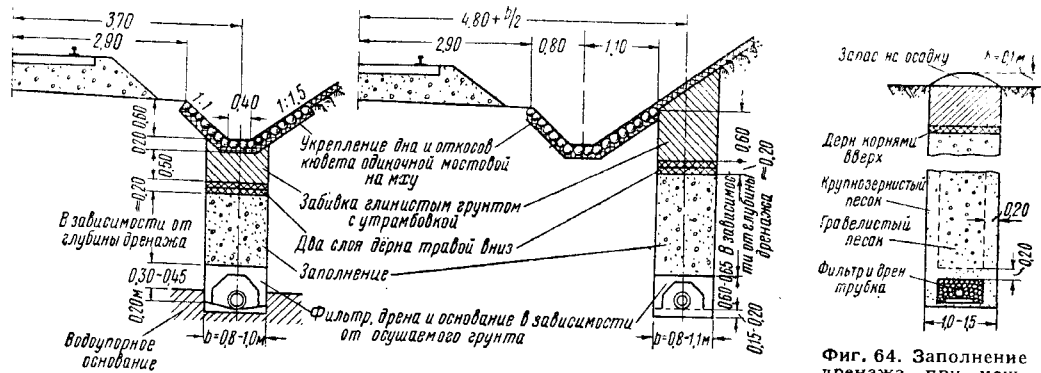
Для сбора и выпуска воды, собирающейся за подпорными стенками, устраиваются застенные дренажи (фиг. 69).

Штольи. Для перехвата водоносных пластов, находящихся на большой глубине, устраивают штольни деревянные (фиг. 70 и 71) или железобетонные, сборной конструкции. Тип по фиг. 71 с забивной крепью (марчеваны) применяют в пльвуниных, песчаных или иных легко обрушающихся грунтах, оказывающих большое горное давление.

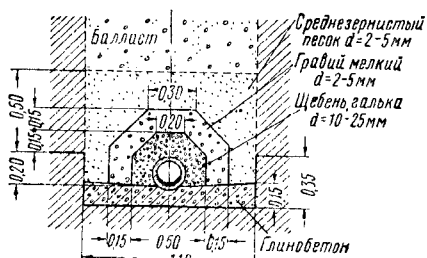
При откатке грунта вагонетками размеры штольни увеличивают с расчётом пропуска вагонетки, и через каждые 50—75 м устраивают боковые ниши.

Для вентиляции штолен через каждые 150—250 м устраивают шахты. В шахтах при разработке штолен устанавливают подъёмники для удаления грунта.

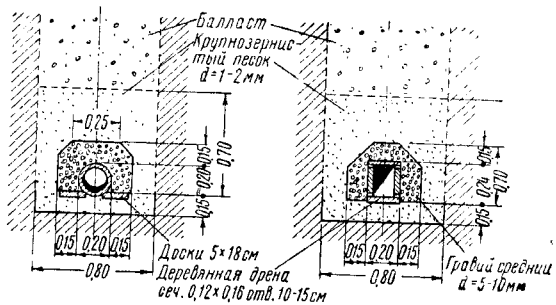
Вертикальные дренажи устраивают в виде шахтных или буровых поглощающих колодцев (фиг. 72). Последние состоят из двух частей: верхней водосборной части и нижней,



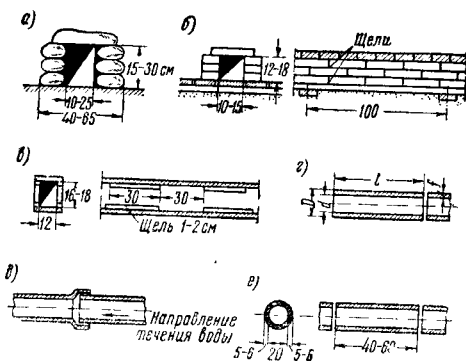
Фиг. 62 и 63. Продольные подкуветный и закуветный дренажи



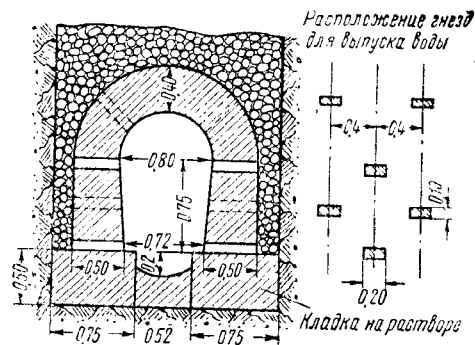
Фиг. 65. Конструкция фильтра с глинобетонным лотком



Фиг. 66. Конструкция фильтров



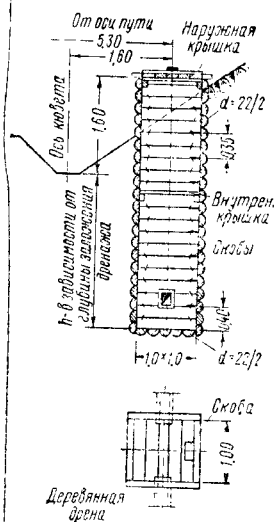
Фиг. 67. Конструкция дрена: а—каменная; б—кирпичная; в—деревянная; г—гончарные или керамиковые; д—гончарные; е—бетонная



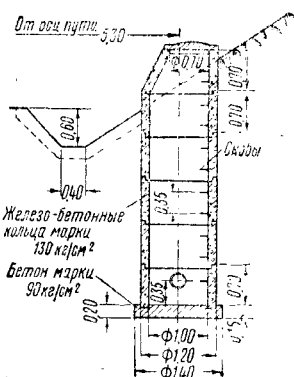
Фиг. 68. Дренажная галерея из каменной кладки на растворе

Размеры труб в см

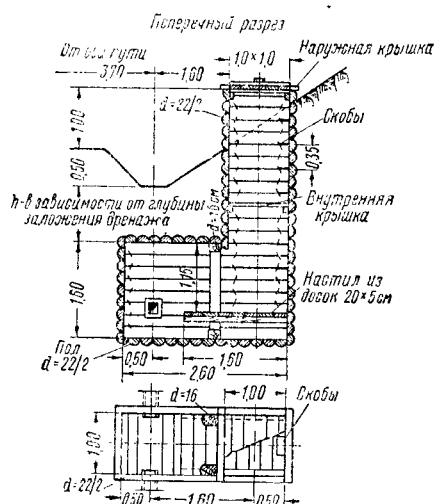
Трубки	d	D	L	f
Гончарные	10—25	12—30	30—60	1,2—2,5
Керамиковые	12,5—25	16—29,4	80—100	1,8—2,2



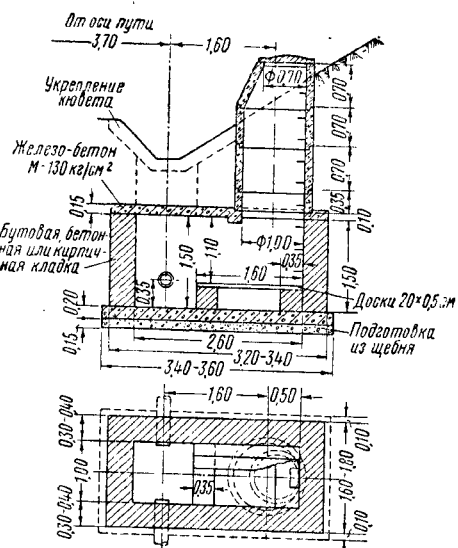
Фиг. 75. Смотровой деревянный колодец закуветного дренажа



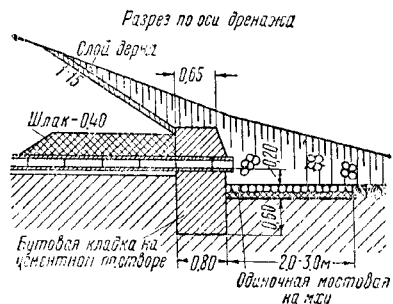
Фиг. 76. Смотровой бетонный колодец закуветного дренажа



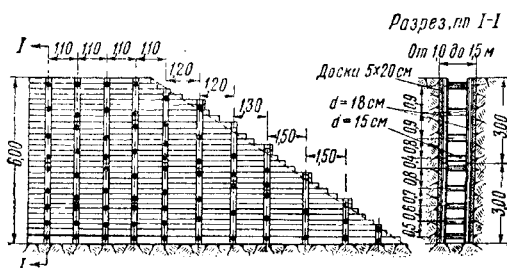
Фиг. 77. Смотровой деревянный колодец подкуветного дренажа



Фиг. 78. Смотровой бетонный колодец подкуветного дренажа



Фиг. 79. Выпуск из горизонтального дренажа



Фиг. 80. Крепление дренажных траншей при проходке

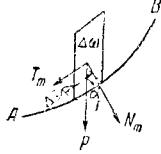
РАСЧЁТ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Графо-аналитический способ

При расчёте устойчивости откосов земляного полотна широкое применение получил графо-аналитический способ.

Основным допущением этого способа расчёта, как и аналитического, является принятие поверхности скольжения за цилиндрическую, считая, что силы трения и сцепления одновременно сопротивляются обрушению земляных масс.

Выделяем на круговой кривой AB элементарную площадку при длине дуги ΔS (фиг. 81), где α — угол, образуемый дугой AB с горизонтом; T_m — проекция веса элемента на касательную (тангенциальная составляющая), а N_m — проекция на перпендикуляр к ней (нормальная составляющая); f — коэффициент трения грунта; φ — угол трения; c — коэффициент сцепления; L — длина кривой раздела.



Фиг. 81. К расчёту устойчивости откосов

Момент всех сил, сопротивляющихся смещению по круговой кривой раздела относительно её центра, равен:

$$(cL + f \sum N_m) R$$

или

$$(cL + \operatorname{tg} \varphi \sum N_m) R.$$

Устойчивость откоса будет обеспечена при соблюдении следующего условия:

$$R \sum T_m \leq (cL + \sum \operatorname{tg} \varphi N_m) R,$$

где $R \sum T_m$ — сумма сил, стремящихся сместить объём, как одно целое.

Отсюда

$$c \geq \frac{\sum T_m - \sum \operatorname{tg} \varphi N_m}{L},$$

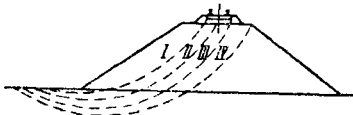
где c — средний коэффициент сцепления по кривой раздела.

Степень устойчивости откоса характеризуется коэффициентом устойчивости

$$K = \frac{Lc + \sum \operatorname{tg} \varphi N_m}{\sum T_m}.$$

Расчёт устойчивости откосов обычно ведётся по следующей схеме.

1. Устойчивость откоса обычно проверяют в предположении, что круговая кривая раз-



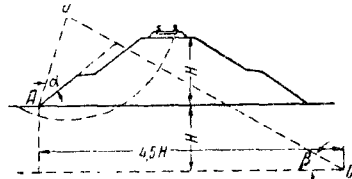
Фиг. 82. К расчёту проверки устойчивости откосов высоких насыпей

дела пройдёт ниже подошвы откоса для круговых кривых I, II, III и IV (фиг. 82).

2. Центры круговых кривых располагают на прямой, проходящей через точки C и O .

Последняя определяется графически, как это показано на фиг. 83, причём углы α и β берутся из диаграммы (фиг. 84) по заданному среднему углу i откоса земляной массы.

Таким образом, прямая центров круговых кривых проходит через точку C , отстоящую от бровки земляного полотна на $2H$ (двойную высоту откоса), а от точки A (подошва



Фиг. 83. К расчёту устойчивости откосов насыпей

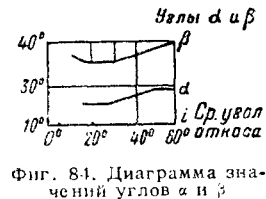
откоса) — на $4,5H$ в горизонтальном направлении. От точки A откладывается угол α и от точки C — угол β .

Точка пересечения прямых AO и CO обычно является центром круговой кривой, при которой коэффициент устойчивости оказывается наименьшим. Эту точку O называют критическим центром.

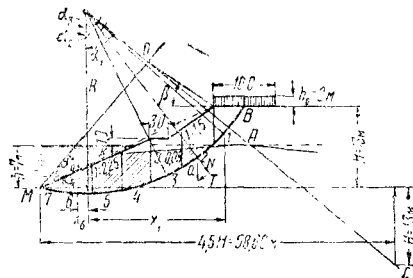
3. Намечают кривые в наиболее вероятных местах возможных оползаний. Расчёт ведут отдельно для каждой кривой.

4. Находят центр данной кривой, для чего проводят прямую, соединяющую начало кривой в точке B с концом кривой в точке A . Прямую AB делят пополам, и из середины её восстанавливают перпендикуляр до пересечения с продолжением прямой расположения центров вращения OC . Полученные точки O_1, O_2, O_3 и т. д. — центры каждой кривой (см. табл. 21).

5. Отсечённый кривой участок откоса разбивают на ряд элементов (отсеков) вертикальными прямыми, плуциями от наружного кон-



Фиг. 84. Диаграмма значений углов α и β



Фиг. 85. К расчёту пойменной насыпи

тура насыпи до кривой сползания. Чем на большее количество отсеков разбита площадь отсечённой части, тем точнее будет расчёт (фиг. 85).

6. Определяют углы α наклона нормальных сил (нормальных от веса отсека) к вер-

тикали. Сила тяжести каждого отсека проходит через его центр тяжести. Для определения углов α центр тяжести каждого отсека проектируется на кривую (точки 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7).

Угол α определяется по синусу:

$$\sin \alpha = \frac{x}{R},$$

где R — радиус кривой сползания, определяемый по чертежу;

x — расстояние от точек 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 до вертикального радиуса.

Если x справа от вертикального радиуса, то угол α считается положительным, если слева, — то отрицательным.

7. Определяют площадь каждого отсека и вес грунта каждого отсека.

8. Определяют силы N по формуле $N = Q \cos \alpha$ и силы T по формуле $T = Q \sin \alpha$ и алгебраические их суммы.

9. Определяют по масштабу длину круговой кривой.

10. Определяют коэффициент устойчивости по формуле:

$$K = \frac{f \sum N + cL}{\sum T}.$$

Если K окажется меньше единицы, то откос находится в неустойчивом состоянии. Расчёт повторяют при изменённом профиле земляного полотна до получения коэффициента устойчивости 1,25—1,5. В случае расчёта устойчивости затопляемой насыпи дополнительно определяют влияние сил фильтрации по формуле:

$$D = I \sum \Omega_{\theta} \Delta_{\theta},$$

где I — гидравлический градиент;

$\sum \Omega_{\theta}$ — площадь всей отсечённой части, находящейся во взвешенном состоянии;

Δ_{θ} — объёмный вес воды, равный единице.

Площади и веса грунтов каждого отсека и длины кривых определяют отдельно для сухой части (с индексом c) до кривой депрессии и подтопленного (с индексом θ). При расчётах получаемые данные обычно заносят в таблицу, форма которой приведена в табл. 18.

Таблица 18

Таблица для записей расчёта устойчивости откосов

№ кривых сползания	№ отсеков	$\sin \alpha$	α°	$\cos \alpha$		Ω в m^2		Q в t		$Q_c = Q_c \gamma_c$	$Q_{\theta} = Q_{\theta} \gamma_{\theta}$	$Q = Q_c + Q_{\theta}$	$N_1 = Q \cos \alpha$	$T_m = Q \sin \alpha$	$D = I \sum \Omega_{\theta}$	L_c	L_{θ}
				Ω_c	Ω_{θ}	Q_c	Q_{θ}	Q_c	Q_{θ}								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Способ М. Н. Гольдштейна

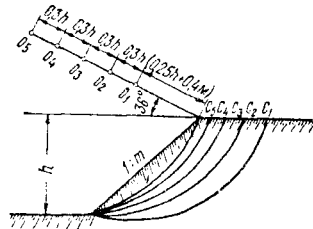
М. Н. Гольдштейном предложен приближённый метод расчёта высоты h устойчивости откоса по значениям коэффициента устойчивости K , крутизны откоса $1:n$, коэффициента

сцепления грунта c , угла трения φ и объёмного веса γ :

$$f = \operatorname{tg} \varphi,$$

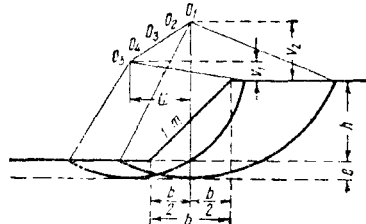
$$h = \frac{cB}{\gamma(K - fA)}.$$

В табл. 19 и 20 приведены значения коэффициентов A и B для откосов различной крутизны $1:n$, найденные для пяти центров наиболее опасных дуг скольжения; при этом табл. 19 соответствует случаю прохождения



Фиг. 86. К расчёту устойчивости откосов насыпей

кривых скольжения через подошву откоса (фиг. 86), табл. 20 — кривым скольжения, выходящим за пределы откоса (фиг. 87).



Фиг. 87. К расчёту устойчивости откосов насыпей

По табл. 21 определяют центры опаснейших поверхностей скольжения для случая, показанного на фиг. 87. (Построение ясно из чертежа).

Таблица 19

Значения коэффициентов A и B для различных откосов, если кривая скольжения проходит через подошву откоса

Заложение откоса	Центры кривых скольжения (фиг. 86)									
	O_1		O_2		O_3		O_4		O_5	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1:1	2,34	5,79	1,87	6,00	1,57	6,57	1,40	7,50	1,24	8,80
1:1¼	2,64	6,05	2,16	6,35	1,82	7,03	1,66	8,02	1,48	9,65
1:1½	3,04	6,25	2,64	6,50	2,15	7,15	1,90	8,33	1,71	10,16
1:1¾	3,44	6,35	2,87	6,58	2,50	7,22	2,18	8,50	1,96	10,41
1:2	3,84	6,50	3,23	6,70	2,80	7,26	2,45	8,45	2,21	10,10
1:2¼	4,25	6,64	3,58	6,80	3,19	7,27	2,84	8,30	2,53	9,80
1:2½	4,67	6,65	3,98	6,78	3,53	7,30	3,21	8,15	2,85	9,50
1:2¾	4,99	6,64	4,33	6,78	3,86	7,24	3,59	8,02	3,20	9,21
1:3	5,32	6,60	4,69	6,75	4,24	7,23	3,97	7,87	3,59	8,81

Таблица 20

Значения коэффициентов A и B для различных откосов, если кривая скольжения выходит за пределы откоса

Заложение откоса b	Центры кривых скольжения (фиг. 87)									
	O_1		O_2		O_3		O_4		O_5	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
$l = 1/4$										
1:1	2,87	5,93	2,56	6,10	2,29	6,70	2,11	7,80	2,02	9,70
1:1 $^{1/4}$	2,98	6,12	2,66	6,32	2,43	6,80	2,27	7,75	2,15	9,35
1:1 $^{1/2}$	3,10	6,35	2,80	6,53	2,58	6,91	2,42	7,70	2,30	9,02
1:1 $^{3/4}$	3,22	6,54	2,93	6,72	2,74	7,02	2,59	7,65	2,46	8,70
1:2	3,37	6,76	3,10	6,87	2,91	7,15	2,76	7,60	2,63	8,40
1:2 $^{1/4}$	3,53	7,12	3,26	7,23	3,10	7,50	2,95	7,93	2,82	8,75
1:2 $^{1/2}$	3,73	7,51	3,46	7,62	3,30	7,86	3,14	8,31	3,02	9,13
1:2 $^{3/4}$	3,94	7,90	3,68	8,00	3,50	8,20	3,35	8,70	3,25	9,51
1:3	4,20	8,31	3,93	8,40	3,71	8,60	3,57	9,10	3,51	9,90
$l = 1/2$										
1:1	3,40	5,91	3,17	5,92	2,97	6,00	2,82	6,25	2,74	6,93
1:1 $^{1/4}$	3,47	5,98	3,24	6,02	3,04	6,14	2,91	6,46	2,82	7,18
1:1 $^{1/2}$	3,55	6,08	3,32	6,13	3,13	6,28	3,05	6,68	2,91	7,43
1:1 $^{3/4}$	3,64	6,18	3,41	6,26	3,22	6,41	3,11	6,89	3,01	7,68
1:2	3,76	6,30	3,53	6,40	3,33	6,62	3,23	7,10	3,12	7,93
1:2 $^{1/4}$	3,90	6,44	3,66	6,55	3,49	6,81	3,38	7,32	3,27	8,05
1:2 $^{1/2}$	4,06	6,61	3,82	6,74	3,66	7,01	3,56	7,55	3,47	8,17
1:2 $^{3/4}$	4,25	6,81	4,02	6,95	3,86	7,25	3,76	7,77	3,63	8,28
1:3	4,40	7,06	4,24	7,20	4,07	7,50	3,97	8,00	3,91	8,40
$l = h$										
1:1	4,47	5,77	4,32	5,80	4,19	5,86	4,15	6,19	4,13	6,60
1:1 $^{1/4}$	4,58	5,84	4,43	5,86	4,27	5,90	4,22	6,20	4,19	6,60
1:1 $^{1/2}$	4,70	5,91	4,54	5,93	4,37	5,97	4,30	6,22	4,26	6,60
1:1 $^{3/4}$	4,82	5,98	4,66	6,00	4,46	6,05	4,38	6,25	4,34	6,61
1:2	4,95	6,05	4,78	6,08	4,58	6,13	4,48	6,31	4,43	6,61
1:2 $^{1/4}$	5,08	6,12	4,90	6,16	4,69	6,22	4,58	6,38	4,53	6,61
1:2 $^{1/2}$	5,21	6,19	5,03	6,26	4,81	6,33	4,70	6,46	4,65	6,71
1:2 $^{3/4}$	5,35	6,26	5,17	6,36	4,95	6,45	4,84	6,57	4,78	6,81
1:3	5,50	6,33	5,31	6,47	5,10	6,60	5,00	6,70	4,95	6,91
$l = 1^{1/2} h$										
1:1	5,92	6,73	5,78	5,75	5,67	5,77	5,57	5,79	5,44	5,83
1:1 $^{1/4}$	5,99	5,78	5,87	5,80	5,73	5,84	5,65	5,87	5,53	5,97
1:1 $^{1/2}$	6,07	5,82	5,94	5,85	5,81	5,92	5,72	5,95	5,63	6,12
1:1 $^{3/4}$	6,14	5,87	6,02	5,90	5,89	5,99	5,81	6,04	5,72	6,27
1:2	6,22	5,92	6,10	5,95	5,97	6,07	5,89	6,12	5,81	6,42
1:2 $^{1/4}$	6,30	5,95	6,18	5,98	6,05	6,08	5,97	6,15	5,90	6,43
1:2 $^{1/2}$	6,38	5,98	6,26	6,02	6,14	6,10	6,06	6,19	5,99	6,44
1:2 $^{3/4}$	6,46	6,01	6,34	6,05	6,23	6,11	6,15	6,22	6,08	6,45
1:3	6,55	6,04	6,44	6,09	6,32	6,12	6,24	6,25	6,17	6,46

Таблица 21

Координаты центров кривых скольжения для кривых, выходящих за пределы основания откоса

e	Координаты центров скольжения	Откосы		
		1:1 $b=h$	1:2 $b=2h$	1:3 $b=3h$
$1/4 h$	u v_1 v_2	0,75 h 0,50 h 0,75 h	0,50 h 0,35 h 0,95 h	0,60 h 1,15 h 1,75 h
$1/2 h$	u v_1 v_2	0,50 h 0,12 h 0,63 h	0,60 h 0,30 h 1,10 h	0,60 h 0,90 h 1,70 h
h	u v_1 v_2	0,50 h 0,12 h 1,38 h	0,40 h 0,20 h 1,00 h	0,40 h 0,60 h 1,50 h
$1^{1/2} h$	u v_1 v_2	0,25 h 0,25 h 1,00 h	0,50 h 0,50 h 1,25 h	0,40 h 0,50 h 1,70 h

Данные табл. 19, соответствующие кривым скольжения, проходящим через подошву откоса (фиг. 86), следует применять в том случае, когда грунт основания характеризуется более низкими показателями c и φ , чем грунты откоса.

Если же в основании залегают грунты с более высокими показателями c и φ , чем грунты откоса, то устойчивость откоса следует проверить по данным табл. 18; при этом коэффициент устойчивости во всех случаях не должен быть менее 1,6.

Если грунт неоднороден или откос сверху нагружен равномерно распределенной нагрузкой, то вычисляют приведенные высоты соответствующих слоёв, умножая высоту каждого слоя на соотношение объемных весов. Для величин же c и f определяют средневзвешенные значения по формулам:

$$c_m = \frac{c_1 h_1 + c_2 h_2 + c_3 h_3 \dots}{h_1 + h_2 + h_3 + \dots}$$

$$f = \frac{f_1 h_1 + f_2 h_2 + f_3 h_3 \dots}{h_1 + h_2 + h_3 + \dots}$$

Пример. Подставляя в формулу для h последовательно различные значения A и B , находим ряд значений для высоты h . Значение h , которое окажется наименьшим, принимается за высоту устойчивого откоса.

Если при крутизне откоса $1:1,5$ $K=1,5$; $\varphi=22$; $c=1 \text{ т/м}^2$; $\gamma=1,8 \text{ т/м}^3$, то из табл. 15 находим последовательные значения A и B для положений центров O_1, O_2, O_3, O_4 и O_5 . При положении центра в точке O_1 окажется, что $A=3,04$ и $B=6,25$; при положении центра в точке O_2 $A=2,54$, $B=6,5$ и т. п.

Находим высоты h_1, h_2, h_3, h_4 и h_5 при положениях центров в точках O_1, O_2, O_3, O_4 и O_5 :

$$h_2 = \frac{1,0 \cdot 6,50}{1,8 \cdot (1,5 - 0,404 \cdot 2,54)} = 7,67 \text{ м},$$

$$h_1 = 12,9 \text{ м}; h_3 = 6,3 \text{ м}; h_4 = 6,4 \text{ м}; h_5 = 6,9 \text{ м}.$$

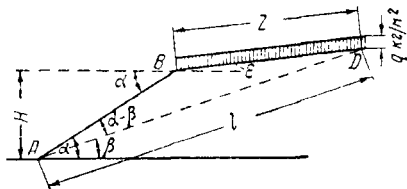
Наименьшим будет $h_2 = 6,3 \text{ м}$; эта высота и принимается за высоту устойчивого откоса при принятых значениях K, c, φ и γ .

Способ Г. М. Шахунянца для свободных откосов

Критической плоскостью, по которой возможность смещения земляных масс при свободном откосе наиболее вероятна, является плоскость, при которой коэффициент устойчивости K имеет наименьшее значение.

Положение критической плоскости определяется углом β_0 наклона плоскости к горизонту (фиг. 88) из условия:

$$\frac{dk}{d\beta} = 0 \text{ и } \frac{d^2k}{d\beta^2} > 0.$$



Фиг. 88. К расчёту устойчивости свободных прямых откосов

Для откоса AB , нагруженного сплошной равномерной нагрузкой $q \text{ кг/м}^2$, определяют следующие характеристики:

γ — объёмный вес грунта в кг/м^3 ;

φ — угол внутреннего трения;

f — коэффициент трения; при этом $f = \tan \varphi$;

c — удельное сцепление в кг/м^2 ;

β — угол, образуемый плоскостью возможного смещения AD с горизонтом;

Q — вес призмы ABD возможного смещения;

$Q = Q_1 + qZ$ — вес призмы ABD и равномерно распределённой нагрузки на ней;

K — коэффициент устойчивости.

Остальные обозначения показаны на фиг. 88.

$$Q = \frac{1}{2} \gamma h l \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha} + qZ. \quad (1)$$

Приведённой высотой называют значение

$$H = h + \frac{2q \sin \alpha}{\gamma \sin(\alpha - \beta)}. \quad (2)$$

Коэффициент устойчивости откоса

$$K = \frac{fN + cl}{T} = \frac{f}{\tan \beta} + \frac{2c \sin \alpha}{\gamma H \sin(\alpha - \beta) \sin \beta}. \quad (3)$$

Критический угол β определяют по формуле:

$$\frac{\sin(2\beta - \alpha)}{\sin^2(\alpha - \beta)} = \frac{\gamma f H}{2c \sin \alpha} = \frac{a}{\sin \alpha}; \quad (4)$$

корни этого уравнения:

$$\sin \beta_0 = \pm \sqrt{\frac{a_0}{2} \pm \sqrt{\frac{a_0^2}{4} - b_0}}, \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{2(a+1)(a+2)\sin^2 \alpha}{a^2 + 4(a+1)\sin^2 \alpha}; \\ b_0 &= \frac{(a^2+1)^2 \sin^4 \alpha}{a^2 + 4(a+1)\sin^2 \alpha}; \\ a &= \frac{\gamma f H}{2c}. \end{aligned} \quad (6)$$

Значение β_0 должно лежать в следующих границах

$$\frac{\alpha}{2} \leq \beta_0 \leq \alpha. \quad (7)$$

Из формулы (4) видно, что $\beta = \frac{\alpha}{2}$ в грунтах, не имеющих трения ($f=0$), и $\beta=\alpha$ соответствует грунтам, не имеющим сцепления ($c=0$).

Наименьшее значение $K = K_0$ получится постановкой в формулу (3) значения $\beta = \beta_0$. Преобразуя это выражение, имеем:

$$\begin{aligned} K &= \frac{fN + cl}{T} = \\ &= \frac{f}{\tan \beta_0} \left[1 + \frac{\sin \alpha}{a \sin(\alpha - \beta_0) \cos \beta_0} \right]. \end{aligned} \quad (8)$$

В целях обеспечения заданной устойчивости необходимо, чтобы

$$K_0 \geq K_{\text{зад}},$$

где $K_{\text{зад}}$ — наименьший допустимый коэффициент устойчивости.

Пример. Пусть задан откос (фиг. 88) со следующими характеристиками:

$$\gamma = 2 \text{ т/м}^3; c = 2 \text{ кг/м}^2; f = 0,57735;$$

$$\varphi = \arctg f; f = 30^\circ; \text{ высота } H = 6 \text{ м}; \tan \alpha = 1:1,5;$$

$$\alpha = 33^\circ 41' 25''.$$

По формуле (6) имеем:

$$a = 1,732; b_0 = 0,1111 \text{ и } a_0 = 0,9862.$$

По формуле (5)

$$\sin \beta_0 = 0,3603,$$

$$\beta_0 = 21^\circ 7' 6''.$$

Поскольку это значение удовлетворяет требованию (7), оно является критическим.

Для проверки правильности вычисления полученное значение подставляем в уравнение (4). В результате получаем, что $3,137 \approx 3,122$.

Наименьший коэффициент устойчивости по формуле (8) будет равен $K_0 = 3,85$.

Метод В. В. Соколовского

Метод расчёта устойчивости откосов, разработанный В. В. Соколовским, заключается в том, что задачи о предельном равновесии сыпучих тел сводятся к крайним задачам некоторой системы дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа¹. Интегрирование этих уравнений выполнено приближёнными методами.

Метод В. В. Соколовского для определения устойчивости откосов развит для самых разнообразных условий работы откосов. Этот метод расчёта наиболее точен и теоретически правилен. Недостатком его является большое количество вычислений, требующих значительных затрат времени.

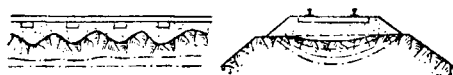
ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Деформации земляного полотна делятся на упругие и остаточные. Остаточные деформации, при которых происходит изменение форм постепенно, с сохранением объёма, называются пластическими деформациями. В земляном полотне могут происходить пластические деформации, которые нередко заканчиваются внезапным разрушением.

Характеристику основных видов деформаций см. в ТСЖ, т. 2, раздел «Инженерная геология и гидрогеология», стр. 610—630.

Балластные корыта, ложа, гнёзда, мешки

Балластными корытами называют углубления в основной площадке земляного полотна, индивидуально расположенные под каждой шпалой (фиг. 89).



Фиг. 89. Балластные корыта

Балластными ложами называют продольные углубления в основной площадке, общие для ряда шпал (фиг. 90).



Фиг. 90. Балластное ложе

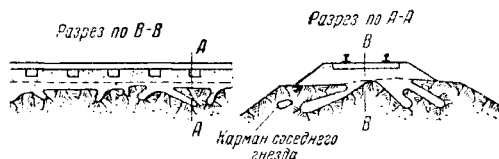
Балластными гнёздами называют балластные ложа с развитием карманов (фиг. 91).

Балластными мешками называют отдельные гнёзда (фиг. 92).

Основной причиной образования балластных корыт, лож, мешков и гнёзд является понижение несущей способности грунтов вследствие переувлажнения их в результате плохого содержания балластной призмы, а

также недостаточной мощности и большой загрязнённости балласта.

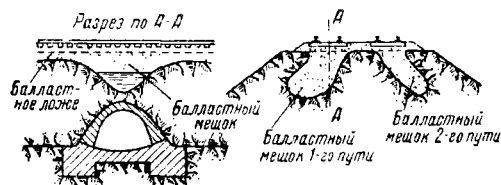
Для ликвидации балластных корыт, лож и мешков применяют: а) срезку бортов бал-



Фиг. 91. Балластные гнёзда

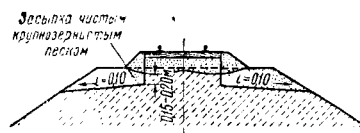
ластных корыт и лож; б) полную вырезку балластных корыт и лож; в) устройство поперечных дренажных прорезей.

Поперечные прорезы для ликвидации отдельных балластных корыт не применяются.



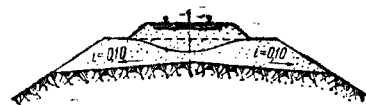
Фиг. 92. Балластные мешки

Срезку бортов балластных корыт и лож производят с расчётом обеспечения полного выпуска воды на глубину не менее чем на 0,15—0,20 м ниже дна балластного корыта или ложа (фиг. 93).



Фиг. 93. Срезка бортов балластных корыт и лож

Полную вырезку углублений в основной площадке производят в тех случаях, когда возможно закрытие перегона на время производства работ (фиг. 94).



Фиг. 94. Вырезка углублений в основной площадке

Поперечные дренажные прорезы закладывают на полную величину углубления в основной площадке с запасом не менее чем 0,2 м ниже дна углубления (фиг. 95). В случае когда грунты тела земляного полотна ниже дна ложа, мешки или гнёзда насыщены водой, прорезы закладывают ниже слоя повышено-влажных грунтов не менее чем на 0,2 м.

В балластном ложе при сравнительно ровной поверхности дна ложа поперечные дре-

¹ Сыпучей средой называется среда, состоящая из весьма мелких твёрдых однородных частиц, между которыми имеют место трение и сцепление.

нажные разрезы располагают на расстоянии 12,5 м и, во всяком случае, не более 25 м, в зависимости от загрязнённости балласта (фиг. 96). При наличии в балластном ложе



Фиг. 95. Поперечные дренажные разрезы

или мешке значительных углублений разрезы закладывают с таким расчётом, чтобы каждое изолированное углубление имело выпуск (фиг. 97).



Фиг. 96. Расположение поперечных дренажных разрезов при ровной поверхности дна ложа



Фиг. 97. Расположение поперечных дренажных разрезов при неровном дне ложа

Пучины

Вопросы пучения грунтов и метод борьбы с пучинами на земляном полотне впервые разработаны русскими инженерами Штукенбергом, Войсловым, Карейша, Любимовым и др., опередившими почти на 40 лет зарубежных учёных.

Верховые пучины возникают в результате замерзания воды, скопившейся в балластных корытах или ложах, а также в балластном слое при значительном его загрязнении.

Высота верховых пучин обычно не превышает 50 мм. Растут они преимущественно в первую половину зимы.

Коренные пучины образуются в результате замерзания воды, находящейся в зоне промерзания грунта, и главным образом воды из нижних слоёв, передвигающейся в эту зону в процессе промерзания грунта.

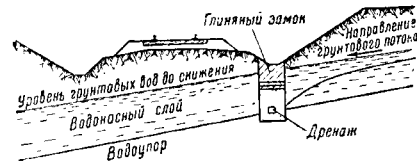
Коренные пучины начинают расти обычно в середине зимы и достигают максимума в конце зимы. Эти пучины наблюдаются преимущественно в выемках и нулевых местах при наличии пылевато-глинистых грунтов и близкого залегания уровня грунтовых вод.

При оттаивании на пучинных горбах, особенно при неглубоком залегании линз и прослоек льда, грунты основной площадки иногда разжижаются (весенняя фаза пучения). Вследствие этого возникают просадки, всплески и выдавливание грунта.

Для ликвидации коренных пучин применяют дренажи, шлаковые подушки, а в отдельных случаях замену пучащего грунта хорошо дренирующим.

Продольные дренажи сооружают для понижения уровня (несовершенный дренаж) или полного перехвата грунтовых вод (совершенный дренаж). Их располагают под кюветами или за кюветами у подошвы откоса выемки (фиг. 62 и 63).

Совершенный дренаж для полного перехвата грунтовых вод обычно устраивают с верховой стороны (со стороны направления потока грунтовых вод) (фиг. 98).



Фиг. 98. Совершенный дренаж для полного перехвата грунтовых вод

Несовершенные дренажи располагают также с верховой или, при необходимости, с обеих сторон пути (фиг. 99).

В тех случаях, когда вследствие плохой водоотдачи грунтов применение дренажей не может дать эффекта, а также в тех случаях,



Фиг. 99. Несовершенный двусторонний дренаж

когда это экономически целесообразно, применяют шлаковые подушки.

Шлаковую подушку для ликвидации ряда близко расположенных пучинных горбов укладывают на всём протяжении участка пучения. Сопряжение шлаковой подушки с грунтом земляного полотна производят посредством пологих отводов. Толщину шлаковой подушки определяют термическим расчётом или по табл. 22.

Таблица 22

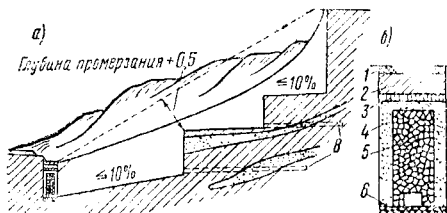
Ориентировочная толщина шлаковой подушки

Глубина промерзания в см	Толщина шлаковой подушки в см	Длина отвода в м
100—115	40	13,5
116—150	50	16,5
151—175	55	18,5
Более 175	60	20,0

Для устройства шлаковой подушки применяют отсеянный паровозный шлак с крупностью зёрен 2—30 мм. Шлак в подушке должен быть хорошо утрамбован или укатан послойно.

При сплывах откосов, связанных с увлажнением поверхностных слоёв за счёт передвижения воды из нижних слоёв во время промерзания, могут применяться откосные дренажи (фиг. 104), а в отдельных случаях каменные контрфорсы (фиг. 105).

Если причиной оползания откосов выемки является действие грунтовых вод, то одной



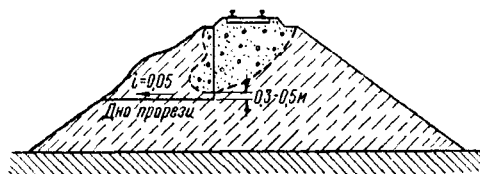
Фиг. 105. Каменный контрфорс

из наиболее рациональных мер ликвидации сплыва является устройство со стороны направления грунтового потока продольного дренажа, расположенного за бровкой выемки.

При спорадическом распространении водоносного горизонта и ясно выраженных ключах, выбивающихся в немногих местах откоса, их каптаж производят путём устройства поперечных откосных дренажей.

Мероприятия по борьбе со сплывами откосов насыпей сводятся к следующему.

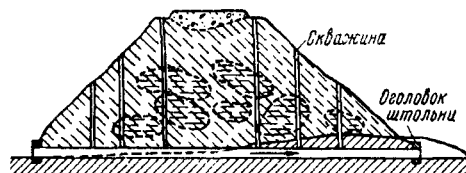
В тех случаях, когда причиной сплывов откосов насыпей являются балластные ко-



Фиг. 106. Поперечная дренажная прорезь

рыта или ложа, проводят мероприятия по ликвидации их путём полной вырезки или устройства поперечных прорезей.

При наличии в теле насыпи грязевого мешка для выпуска из него воды устраивают



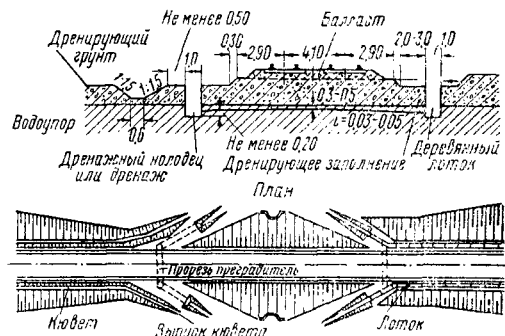
Фиг. 107. Осушение тела насыпи штольной

односторонние или двусторонние поперечные дренажные прорези (фиг. 106). В отдельных случаях при глубоком расположении грязевого мешка целесообразно взамен поперечного дренажа выпуск воды из мешка осуществлять путём устройства штольни (фиг. 107).

При плохой водоотдаче грунтов, а также в целях быстрой стабилизации насыпи помимо устройства поперечных дренажей следует устраивать бермы или контрбанкетты. Размеры берм и контрбанкеттов определяют расчётом.

Контрбанкетты и бермы должны отсыпаться из грунтов с возможно большим объёмным весом и хорошими фильтрационными свойствами.

Для защиты тела насыпи от проникновения грунтовых вод из рядом расположенных выемок на нулевых местах устраивают дренаж-преградители (фиг. 108).



Фиг. 108. Дренаж-преградитель

Осыпи

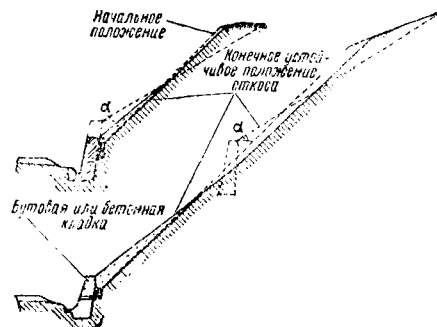
Осыпи могут забалить кюветы выемок и тем нарушить водоотвод, а иногда засыпать железнодорожный путь.

Для борьбы с осыпями применяются следующие мероприятия:

1) устройство у подошвы откоса закуветных полок шириной 1,0—2,0 м, а в некоторых случаях до 4 м;

2) устройство одевающих стенок для защиты от выветривания обнажений легковыветривающихся скальных пород на косогорах;

3) сооружение улавливающих стенок (фиг. 109) у подошвы косоголов или откосов выемок, покрытых осыпями.

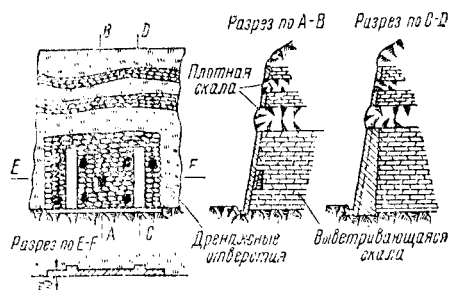


Фиг. 109. Улавливающие стенки

Одевающие стенки сооружают из каменной кладки насухо или на цементном растворе (фиг. 110); реже применяют бетонные стенки.

При наличии воды за одевающими стенками закладывают застенный дренаж, а в стенке устраивают выпускные окна.

В случае чередующихся напластований крепких и легковыветривающихся скальных



Фиг. 110. Одевающие стенки

пород одевающими стенками укрепляют только обнажения слабой скалы.

Одевающие стенки из бутовой кладки делают толщиной 0,35 м, бстонные — 0,20 м. Нагрузки от давления грунта одевающие стенки не несут.

Улавливающие стенки сооружают из каменной кладки насухо или на растворе. Применяют также бетонные и железобетонные стенки. На высоких косогорах стенки могут сооружаться в 2 и 3 ряда (фиг. 109). Высота стенок определяется ожидаемым объёмом осыпавшегося материала, обычно 2—3 м.

Обвалы

Борьба с обвалами может вестись путём применения одевающих и улавливающих стенок, а в случае падения камней сравнительно небольшого размера — путём устройства на склоне сеток-уловителей, устанавливаемых в 2—3 ряда.

Высота улавливающих стенок, их количество и расположение в плане должны обеспечить улавливание отдельных камней при самом неблагоприятном условии их падения.

Сетки изготавливают из проволоки диаметром 3—5 мм, натягиваемой на кольях высотой 1—1,5 м. В отдельных случаях железнодорожный путь сооружают в галлереях.

К профилактическим мероприятиям относится уборка отдельных камней и скальных останцев, угрожающих падением на путь, а также установка автоматической электрической сигнализации.

Сели

Борьба с селями может вестись путём применения следующих основных мероприятий:

1) сохранения и развития лесного и травяного покрова в верховьях горных долин, подверженных образованию селей; запрещения на этих участках выпаса скота, производства агрокультурных работ, связанных с рыхлением почвы, и т. д.;

2) террасирования долины путём устройства на пути селевого потока невысоких каменных заград;

3) сооружения мощных защитных дамб

для отклонения селевого потока от железнодорожного полотна;

4) устройства железнодорожного пути на эстакаде с приданием опорам эстакады обтекаемой формы;

5) устройства селеспусков над полотном железной дороги.

УКРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

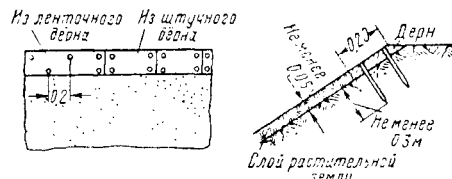
Верхние бровки насыпей, возведённых из всяких грунтов, кроме каменистых, закрепляют укладкой вдоль откоса дерновой ленты. Последнюю врезают заподлицо с откосом (фиг. 111).

Откосы насыпей высотой до 12 м могут укрепляться обсевом трав.

Откосы насыпей высотой более 2 м, отсыпанные из легко подвергающихся размыву или выдуванию грунтов (лёссовые, солончаковые грунты, мелкий песок), укрепляют дерновкой «в клетку» с засевом клеток травяными.

Насыпи высотой более 12 м укрепляют по индивидуальным проектам.

Откосы насыпей, конусы мостов и струенаправляющие дамбы на участках, подверженных действию текучих вод или прибою волн (речные поймы, морские и озёрные берега), укрепляют на высоту не менее 0,5 м над расчётным горизонтом высоких вод, с учётом



Фиг. 111. Укрепление бровки насыпей дерновой лентой

подпора, поверхностных уклонов водотоков вдоль насыпи и высоты волны. Типы укреплений выбирают в зависимости от скорости течения и силы волноприбоя.

Способы укреплений откосов выемок при различной их глубине следующие:

а) обсев травами при глубине до 2 м,
б) дерновка «в клетку» с засевом клеток травами при глубине от 2 до 6 м,
в) сплошная дерновка плашмя при глубине свыше 6—10 м.

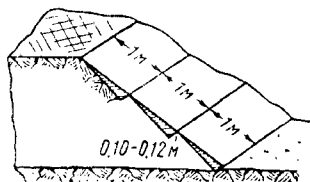
Откосы мокрых выемок и выемок в грунтах, подверженных поверхностным сплывам (лёссовидные суглинки и др.), укрепляют сплошной дерновкой плашмя. Откосы кюветов также укрепляют сплошной дерновкой плашмя.

Укрепление откосов земляного полотна, не подверженных размыву

Посев трав производят или непосредственно в грунт откоса или при грунтах, не пригодных для произрастания трав, с предварительной обсыпкой откосов растительной землёй слоем 0,10 м. Для удержания растительной земли на откосах устраивают вдоль насыпи через

1 м по высоте мелкие уступы (плакировка) (фиг. 112).

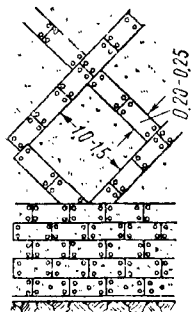
Для обыкновенных суглинистых грунтов применяют смесь трав: тимopheевки (25%), красного и белого клевера (30%), райграсса (30%), люцерны (15%). Для прочих грунтов



Фиг. 112. Схема устройства уступов на откосах для засыпки при укреплении посевом

необходим специальный подбор смесей трав. Расход семян — 0,2—0,5 кг на 100 м².

Дерновку «в клетку» (фиг. 113) производят путём укладки дерновых лент под углом 45° к горизонтали. Размеры клеток 1,0 × 1,0 м или 1,5 × 1,5 м. Клетки заполняют растительной землёй и засевают травами.

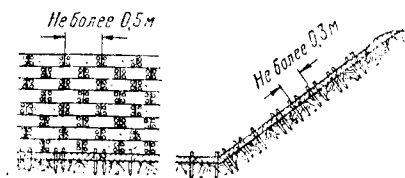


Фиг. 113. Дерновка «в клетку»

При отсутствии дерна ленты могут укладываться из камня при размерах клетки 2 × 2 м или же из камышовых жгутов толщиной 6—7 см с прикреплением их к откосу деревянными кольями длиной 0,25—0,30 м.

Сплошную дерновку плашмя (фиг. 114) производят укладкой дерна параллельными рядами с перевязкой швов по всей длине откоса, начиная с подошвы.

Размеры штучных дернин — 20 × 30, 25 × 40 и 30 × 50 см; при толщине дерновой ленты 6—9 см ширина — 25 см, длина



Фиг. 114. Дерновка плашмя

2—3 м. Каждую дернину прибивают четырьмя спицами длиной 25—30 см.

Для дерновых работ применяют свежий плотный луговой дерн. Не допускается применение дерна с болотистых мест, покрытого мхом.

Посадку кустарников применяют для закрепления откосов насыпей из летучих песков и предохранения пути от песчаных заносов, а также для укрепления откосов выемок

в грунтах, подверженных поверхностным срывам.

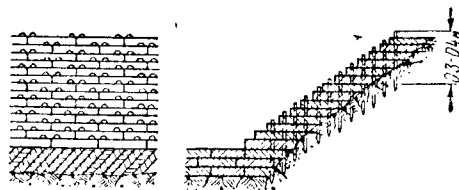
Посадки производят на большей части территории Советского Союза ивовыми черенками длиной 0,5—1,0 м в шахматном порядке в расстоянии 0,4—0,7 м между рядами и 0,2—0,7 м в рядах. В засушливых районах распространения сыпучих песков применяют местные виды кустарников.

Укрепление откосов земляного полотна, подверженных размыву речными водами или прибоем волн

Типы укрепления устанавливают в зависимости от скорости течения (табл. 7).

При малых скоростях течения применяют укрепление откосов насыпей сплошной дерновкой плашмя, причём верх насыпи выше зоны затопления может укрепляться дерновкой «в клетку».

При дерновке «в стенку» (фиг. 115) дернины укладывают горизонтальными рядами (при крутизне откосов 1 : 1) впритык к от-

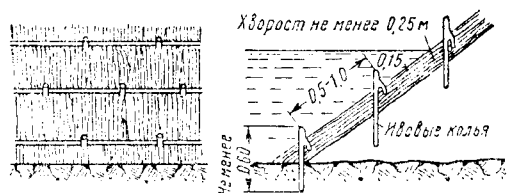


Фиг. 115. Дерновка «в стенку»

косу узкой стороной и пришивают спицами длиной 0,30—0,40 м и свежими ивовыми кольями длиной 0,75—1,5 м через 0,5—1,0 м. При более пологих откосах дернины укладывают с уклоном внутрь по направлению биссектрисы угла между горизонтальной и линией, перпендикулярной к поверхности откоса.

Дерновку в плетневых клетках устраивают в один и два слоя; в последнем случае оба слоя прошивают ивовыми кольями. Плетневые клетки размером 1,0 × 1,0 м сплетают из свежего ивового хвороста по забитым в грунт живым ивовым же кольям толщиной 5—8 см, длиной 1—1,2 м.

Хворостяную выстилку (фиг. 116) из ивовых прутьев укладывают слоем толщиной не



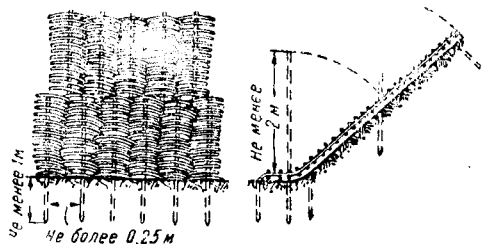
Фиг. 116. Хворостяная выстилка

менее 0,25 м внахлестку и закрепляют прутьями жгутами или жердями, укладываемыми поперёк хвороста через 0,5—1,0 м. Жгуты или жерди пришивают к откосу кольями-вилками.

Покрытие плетнями плашмя (фиг. 117) состоит из кольев толщиной 5—7 см, рас-

полагаемых на расстоянии не более 0,25 м и сплетённых свежезрубленными ивовыми прутьями.

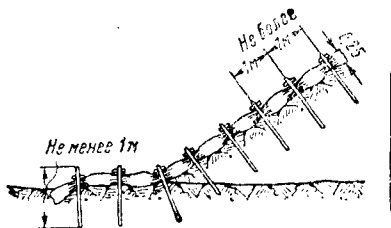
Последние типы укреплений большей частью применяют как временные.



Фиг. 117. Плетнёвое покрытие

Укрепление фашинами производят:

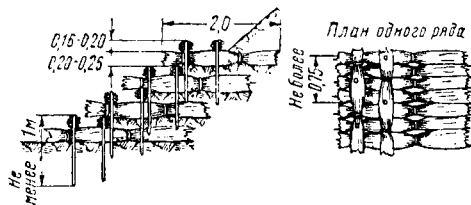
- а) плашмя (фиг. 118);
- б) «в стенку» (фиг. 119);
- в) фашинными тюфяками (фиг. 120) для подводных откосов.



Фиг. 118. Укладка фашии плашмя

Фашины прикрепляют к откосу свежими ивовыми кольями длиной 1—2 м; фашинные тюфяки загружают камнем.

Фашины вяжут из свежего ивового хвоста: однокомельные — длиной 2—3 м, тол-



Фиг. 119. Укладка фашии «в стенку»

щиной 25—30 см; двухкомельные — той же толщины, но длиной около 4 м и тяжёлые (толщиной не менее 0,65 м) — длиной 5—6 м, заполненные внутри мелким камнем.

Фашинные тюфяки состоят из двух или более сеток с размером клеток 1 × 1 м или 1 × 2 м, образуемых из хвостяных канатов толщиной 10—13 см, между которыми укладывают хворост. Сетки скрепляют проволокой. Толщина тюфяка 0,45—0,75 м.

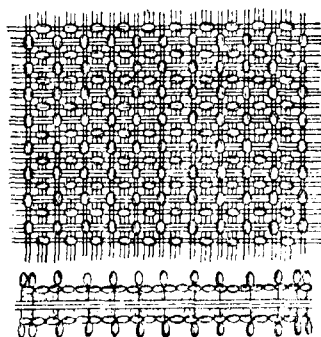
Мощение откосов применяют одиночное (фиг. 121), двойное (фиг. 122) и в плетнях

(фиг. 123). Мощение производят из камня твёрдых пород по слою мха, соломы, навоза толщиной 5—10 см или щебня толщиной 10—15 см.

Толщина одиночной мостовой—15—25 см; двойной — нижнего слоя 15—20 см, верхнего — 30—40 см; у подшвы откоса мостовую врезают в грунт основания.

Каменную наброску выполняют или в виде контрбанкета (фиг. 124), возводимого при сооружении насыпи, или в виде обсыпки камнем (фиг. 125) ранее возведённого откоса.

Габионы (фиг. 126) представляют собой ящики длиной 2—3 м, шириной и высотой 0,5—1,0 м, сплетённые из оцинкованной проволоки $d = 2,5—3$ мм и заполненные мелким (не менее 4 см) камнем. Из габионов вы-



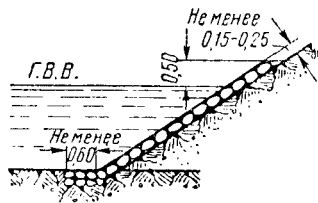
Фиг. 120. Фашинный тюфяк

кладывают защитные стенки для укрепления подводных частей откосов. Габионы скрепляют между собой проволокой.

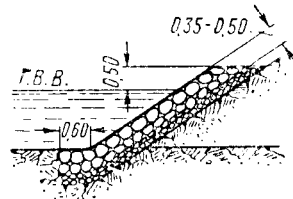
Гибкие бетонные тюфяки применяют для укрепления берегов горных рек с целью защиты земляного полотна от подмыва. Бетонные тюфяки устраивают из тяжёлых плит размером 1,0 × 1,0 × 0,4 м или 1,0 × 1,5 × 0,4 м и весом до 1300 кг (фиг. 127) или из лёгких плиток размером 0,5 × 0,5 × 0,08 м и весом 35—40 кг (фиг. 128). Плитки шарнирно соединяются крючьями, кольцами и т. п. с расчётом возможности вращения в двух плоскостях. Плитки могут быть прямоугольные, квадратные, восьми- и шестиугольные и т. д. Бетонные тюфяки укладывают на подготовке из песка, гравия или на наброске из мелкого камня.

Таштуганные укрепления (фиг. 129) с успехом применяют в Средней Азии для укрепления берегов рек с большими скоростями течения (до 6 м/сек). Таштуганная кладка состоит из чередующихся слоёв хвороста толщиной 0,1—0,2 м и камня размером 0,3—0,5 м. Применяется рваный камень размером не менее 0,3—0,4 м.

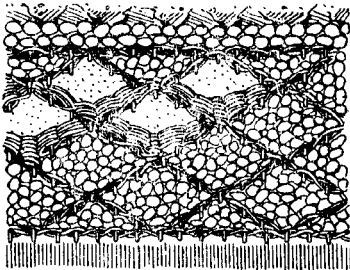
Там же с успехом применяют сипаи (фиг. 130). Последние представляют собой треноги из брёвен диаметром 12—20 см, длиной 4—6 м, скреплённые понизу обвязкой из таких же брёвен, связанных проволокой. По обвязке укладывают решётчатый пол из жердей или подвязывают проволочную сетку, поверх которой укладывают слой хвороста толщиной до 1 м и загружают его сверху слоем камня



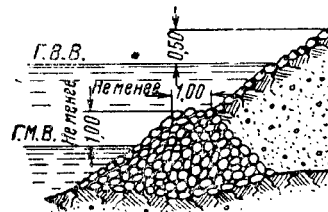
Фиг. 121. Одинокое мощение



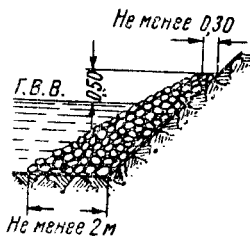
Фиг. 122. Двойное мощение



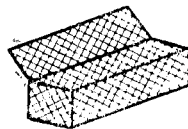
Фиг. 123. Укрепление плетнёвыми клетками



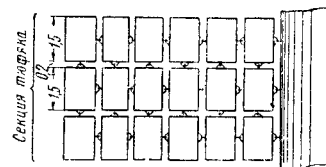
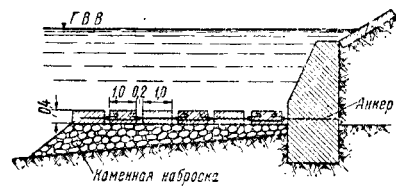
Фиг. 124. Каменная наброска — контрбанкет



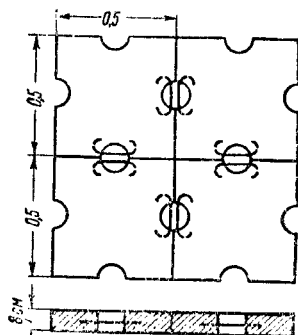
Фиг. 125. Обсыпка камнем



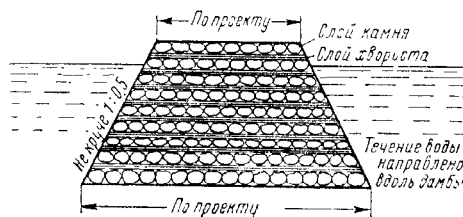
Фиг. 126. Габионы



Фиг. 127. Бетонные тюфяки из тяжёлых плит



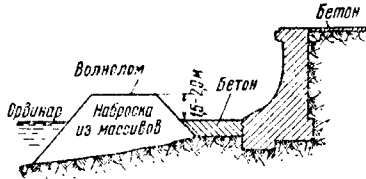
Фиг. 128. Бетонные тюфяки из лёгких плиток



Фиг. 129. Схема таштуганной кладки

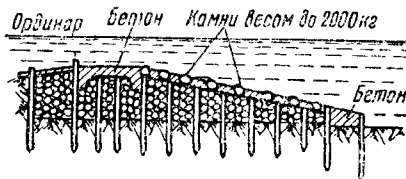
Береговые волноломы устраивают на пологих подводных откосах. Конструкция волноломов обычно затопленного типа, с отметкой гребня на 0,5—1,0 м ниже ординара (фиг. 136).

Буны (полузапруды) речные устраивают из тюфячной кладки, каменной наброски



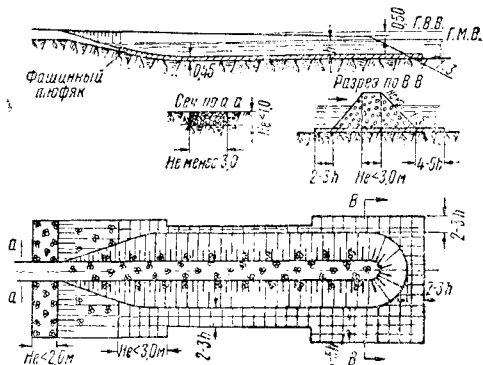
Фиг. 135. Укрепление основания стенки наброской бетонных массивов

(фиг. 137) или применяют смешанные типы — частью из тюфячной или фашинной кладки, частью из камня. При неразрываемом русле реки буны основывают непосредственно на



Фиг. 136. Волнолом

грунте дна, при размываемом русле под буны укладывают фашинный тюфяк с выпусками вбок: с напорной стороны не менее чем на 2—3 h , со сливной 4—5 h , где h — высота буны.

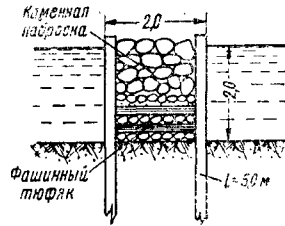


Фиг. 137. Буна из каменной наброски

Крутизна напорного откоса бун всех типов не менее 1:1½, а сливного не менее 1:3. Голова буны должна возвышаться над горизонтом самых низких вод на 0,5 м или находится на уровне междени, а корень должен возвышаться над расчетным горизонтом высоких вод на 0,5 м. Расстояние между бунами от 2 до 10 их длин.

Буны озёрные и морские устраивают более мощного типа:

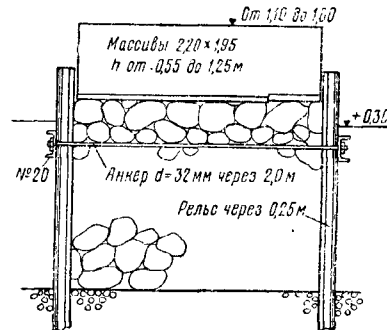
а) свайные с заполнением бутовым камнем поверх фашинного тюфяка (фиг. 138) или



Фиг. 138. Буна свайная с заполнением бутовым камнем поверх фашинного тюфяка

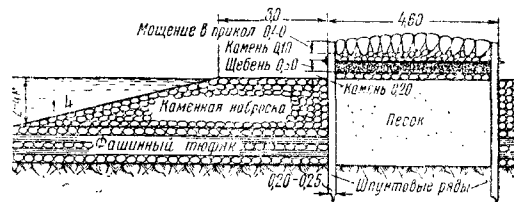
с укладкой бетонного массива поверх каменной наброски (фиг. 139);

б) из двойного шпунтового ряда с заполнением между шпунтами песком; последний укрывают сверху каменной наброской и мо-



Фиг. 139. Буна свайная с укладкой бетонного массива поверх каменной наброски

щением вприкол крупным камнем; с боков шпунты ограждают каменной наброской из камня весом 50—150 кг поверх фашинного тюфяка (фиг. 140);



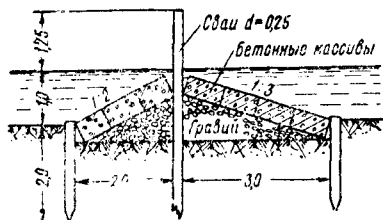
Фиг. 140. Буна из двойного шпунтового ряда

в) из одиночного свайного ряда, прикрытого бетонными массивами размером 0,7 × 0,4 × 0,4 м (около 250 кг весом), уложенными поверх гравийной призмы (фиг. 141);

г) ряжевые — из ряжей шириной 4—5 м, заполненных камнем весом 40—100 кг, прикрытым сверху массивами весом 400—600 кг;

д) смешанного типа — из габрионов или из наброски крупного камня (100—150 кг) поверх фашинных тюфяков.

Из приведённых типов следует предпочесть типы, не имеющие вертикальных стенок.



Фиг. 141. Буна из одиночного свайного ряда

Гребень бун располагают в озёрах на высоте ординара, а в приливных морях на высоте среднего уровня. Верху бун придают уклон от берега от $1/30$ до $1/50$ (фиг. 137).

Длину бун назначают от 10 до 70 м, в зависимости от конфигурации дна и высоты волны. Расстояние между бунами на песчаных берегах— $1 \div 1\frac{1}{2}$ длины буны, на гравийных— $1\frac{1}{2} \div 2$ длины бун.



Фиг. 142. Сопряжение бун с берегом

Для предохранения от размыва участка берега за бунами устраивают плавное сопряжение последних с берегом, постепенно уменьшая длину бун (фиг. 142).

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

Альбом чертежей противодеформационных сооружений. Союзтранспроект, 1942.

Беденисов Б. Н. Устройство железнодорожного пути. I, II и III т., М., Трансжелдориздат, 1944.

Евреинов В. Н. Гидравлика. Изд. 4, Л.—М., Речиздат, 1947.

Козлов В. С. Расчёт дренажных сооружений. М., Госстройиздат, 1940.

Ливеровский А. В. и Паталеев А. В. Укрепление откосов земляного полотна. М., Трансжелдориздат, 1943.

Новиков С. С. Отвод поверхностных и подземных вод от железнодорожного полотна. М., Трансжелдориздат, 1938.

Ордуянц К. С. Устройство железнодорожных насыпей на болотах. М., Трансжелдориздат, 1946.

Предупреждение и лечение болезней земляного полотна. М., Трансжелдориздат, 1941.

Соколовский В. В. Статика сыпучей среды. М.—Л., Академия наук СССР, 1942.

Технические указания по сооружению земляного полотна. М., Трансжелдориздат, 1947.

Холмогоров В. С. Защита железнодорожного полотна и сооружений от оврагов. М., Трансжелдориздат, 1938.

Шахунянц Г. М. Земляное полотно. М., Трансжелдориздат, 1946.

Шахунянц Г. М. Путь и путевое хозяйство. М., Трансжелдориздат, 1949.

ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ ПУТИ



РЕЛЬСЫ

ТИПЫ, РАЗМЕРЫ И ФОРМА РЕЛЬСОВ

Типы рельсов определяются их профилем и погонным весом (фиг. 1—13, табл. 1—9).

Стандартными рельсами для железных дорог СССР являются рельсы типов Р50, Р43 и Р38. Последний тип предусматривается только для изготовления стрелочных переводов к ранее уложенным рельсам типа II а.

По форме поперечного сечения рельсы разделяются на широкоподшвенные и двухголовые. Широкоподшвенные рельсы имеют плоское основание — подошву, благодаря чему могут устанавливаться непосредственно на опоры — шпалы. Двухголовые рельсы удерживаются на шпалах в нужном положении при помощи специальных опорных ступей. Двухголовые рельсы применяют на английских и некоторых западноевропейских железных дорогах; общее протяжение их не превышает 9% протяжения мировой железнодорожной сети.

Сложность и громоздкость прикрепления двухголовых рельсов к шпалам ограничивают их распространение. Предположение о возможности двукратного использования двухголовых рельсов путём их переворачивания после износа одной из головок, считавшееся их основным достоинством, на практике не оправдалось. Головка рельсов в результате воздействия подвижного состава в местах её опирания на ступья получает такие вмятины, что её использование как поверхности катания в дальнейшем исключается.

На железных дорогах СССР применяются исключительно широкоподшвенные рельсы.

КАЧЕСТВО РЕЛЬСОВ

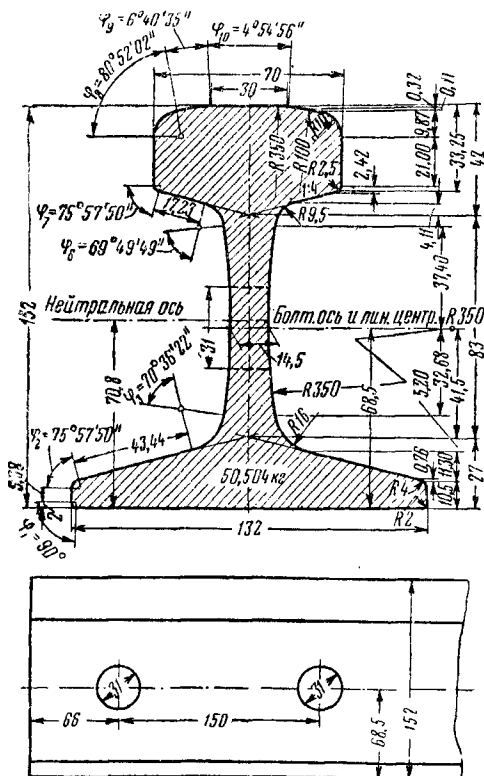
Важнейшими эксплуатационными признаками доброкачественности рельсов являются их высокая износостойкость и сопротивляемость изломам.

К основным качественным характеристикам рельсов относятся: способ изготовления рельсовой стали, её химический состав и механические свойства.

Рельсы прокатываются из мартеновской и бессемеровской стали; рельсы типа Р50 и тяжелее только из мартеновской стали. Химический состав рельсов приведён в табл. 10.

Классификацию рельсов по твёрдости см. в табл. 11.

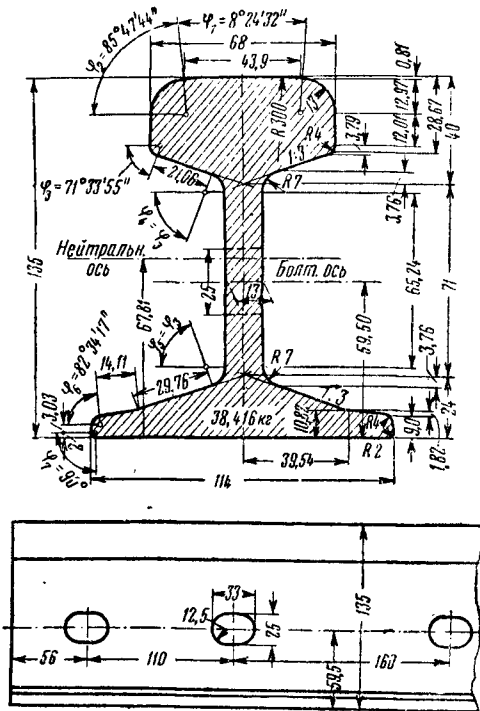
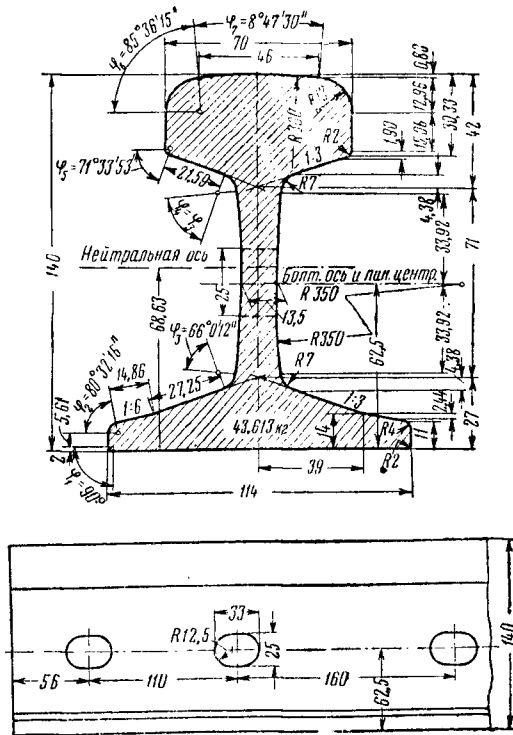
Обрезка на заводах рельсовой полосы, из которой прокатываются рельсы, должна производиться до полного удаления усадочной раковины и вредной ликвационной зоны.



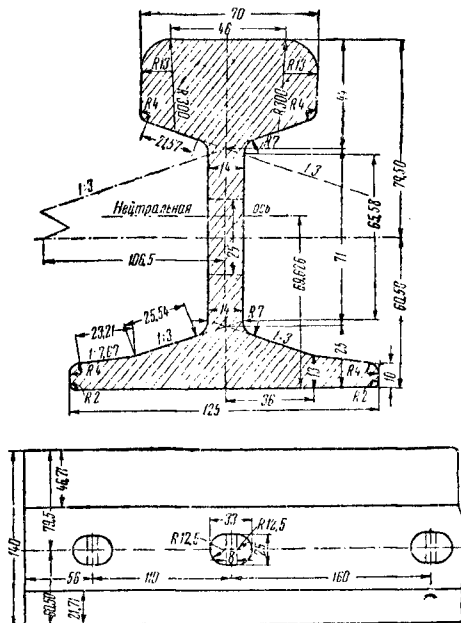
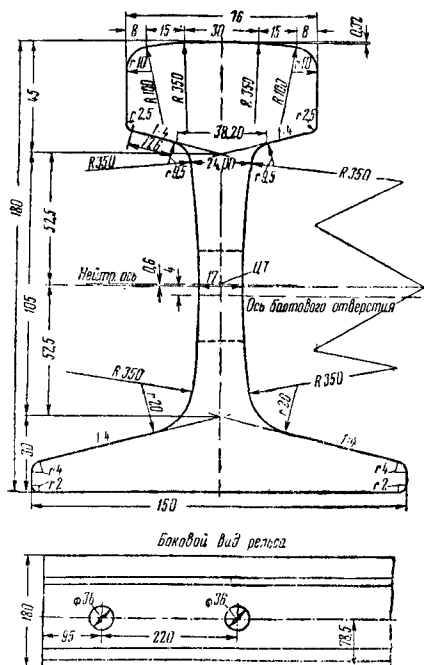
Фиг. 1. Профиль рельса типа Р50 (размеры в мм)

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЛЬСОВ НА ЗАВОДАХ

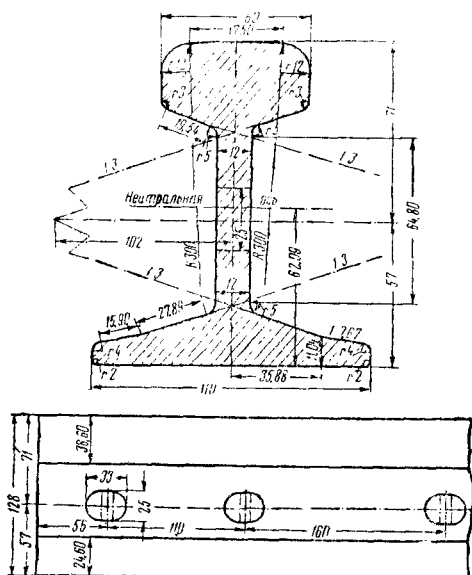
Термическая обработка рельсов весом до 45 кг/пог. м на заводах по ГОСТ 4224-48 в качестве обязательной не предусматривается. Что же касается рельсов весом 50 кг/пог. м и более, то они после прокатки должны



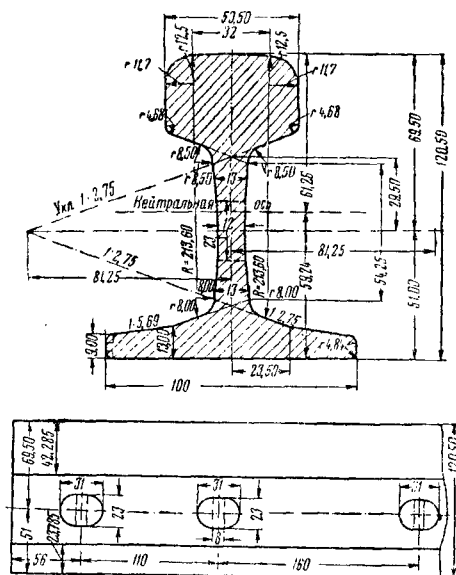
Фиг. 2. Профиль рельса типа Р43; вес 43,613 кг/м Фиг. 3. Профиль рельса типа Р38; вес 38,416 кг/м



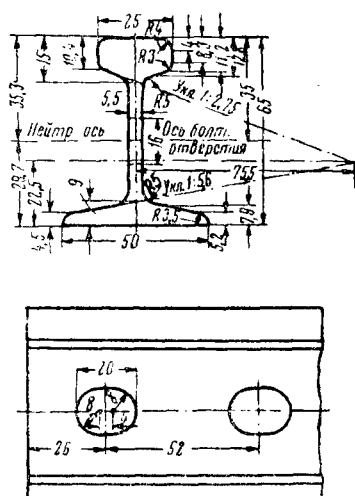
Фиг. 4. Профиль рельса типа Р65; вес 64,4 кг/м Фиг. 5. Профиль рельса типа 1-а; вес 43,567 кг/м



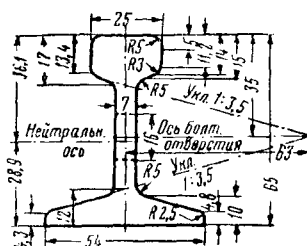
Фиг. 6. Профиль рельса типа III-а; вес 33,48 кг/м



Фиг. 7. Профиль рельса типа IV-а; вес 30,89 кг/м

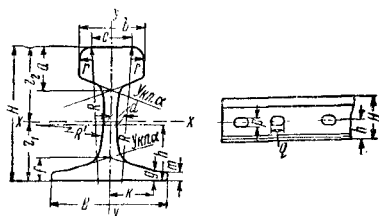


Фиг. 8. Профиль рельса типа 7 кг/пог.м



Фиг. 9. Профиль рельса типа 8 кг/пог. м

Таблица 1



Размеры поперечного сечения рельса
(по ГОСТ 3542-47 и ОСТ 118, 119, 120, 121, 122)

Тип рельса	Размеры в мм															
	H	B	a	b	c	d	h	f	g	k	m	r	R	Уклон <i>i</i>	p	q
P50	152,0	132	42	70,0	30,0	14,5	68,5	27,0	—	—	10,5	10,00	350,0	1:4	31	31
P43	140,0	114	42	70,0	46,0	13,5	62,5	27,0	14,00	39,00	11,0	13,00	300,0	1:3	25	33
P38	135,0	114	40	68,0	43,9	13	59,5	24,0	10,82	39,54	9,0	13,00	300,0	1:3	25	33
I-a	140,0	125	44	70,0	46,0	14,0	59,5	25,0	13,00	36,00	10,0	13,00	300,0	1:3	25	33
III-a	128,0	110	37	60	37,5	12	57	23	11,04	35,88	9	12,00	300,0	1:3	25	33
IV-a	120,5	100	40	53,5	32	12	51	21,5	13,00	23,5	9	11,68	213,6	1:2,75	23	31
P65 опытный	180,0	150	45	76,0	30,0	17	78,0	30,0	—	—	11,75	10,00	350,0	1:4	36	36

Таблица 2

Основные характеристики рельсов

Тип рельса	Площадь поперечного сечения f в см^2	Распределение металла по сечению рельса в процентах от площади сечения			Расстояние центра тяжести в см		Момент инерции рельса I_x см^4	Момент сопротивления рельса относительно оси $x-x$		Расстояние центра тяжести до боковой грани пополюс рельса, равное половине ширины подложки ($B/2$) в см	Момент инерции рельса I_y см^4	Момент сопротивления рельса I_y $\frac{\text{см}^4}{\text{см}^2}$ $W_y = \frac{I_y}{\text{см}^2}$
		голов- ка	шейка	подош- ва	до низа по- дошвы рель- са z_1	до верха го- ловки рельса z_2		по нижнему волоку $W_1 = \frac{I_x}{z_1}$ см^3	по верхнему волоку $W_2 = \frac{I_x}{z_2}$ см^3			
P50	64,500	39,50	22,22	38,28	7,080	8,120	2016,00	284,69	248,35	6,60	416,0	63,03
P43	55,70	43,0	20,5	36,5	6,863	7,137	1472,00	214,50	206,20	5,70	257,0	45,0
P38	49,063	45,4	19,8	34,8	6,781	6,719	1222,54	180,29	181,95	5,70	209,28	36,72
I-a	55,640	45,9	19,3	34,8	6,9626	7,0374	1476,11	212,00	209,75	6,25	284,18	45,47
III-a	42,758	48,0	19,9	37,1	6,209	6,591	967,98	155,90	146,86	5,50	166,72	30,31
IV-a	39,451	44,9	23,7	31,4	5,924	6,126	751,0	126,77	122,59	5,00	120,20	24,04

Таблица 2а

Рельсы Р65

Характеристика	Единицы измерения	Показатели	Характеристика	Единицы измерения	Показатели
Площадь поперечного сечения:			Момент инерции:		
головки	см^2	29,46	относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести I_x	см^4	3 588
шейки	»	22,50	относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести I_y	»	576
пяты	»	30,94			
Всего сечения . . .		82,90	Момент сопротивления:		
Теоретический вес:			относительно горизонтальной оси по нижнему волокну W_x	см^3	432
1 м рельса (брутто) . .	кг	64,91	относительно горизонтальной оси по верхнему волокну W_x	»	370
1 рельса длиной 12,5 м (нетто)	»	811	относительно вертикальной оси по наиболее удаленному волокну W_y	»	77
1 рельса длиной 25,0 м (нетто)	»	1 622,0			

Таблица 3

Главнейшие характеристики типов рельсов казенных русских железных дорог

Тип рельса (фунтов/ пог.м)	Год утверждения	Вес, кг/пог. м	Площадь поперечного сечения, см ²	Момент инерции, см ⁴	Момент сопротивления относительно головки, см ³	Момент сопротивления относительно подожвы, см ³	Высота рельса в мм	Ширина головки в мм	Толщина шейки в мм	Ширина подожвы в мм
22 ¹ / ₂	1863	30,23	38,61	704,40	118,25	119,25	119,25	53,5	12	100
21 ¹ / ₂	1874—1875	29,11	37,18	625,98	109,24	110,40	114	56,5	13	95,0
20	1874—1875	26,87	34,31	528,87	95,81	100,16	108	54,5	12	95
18 ¹ / ₂	1874—1875	24,63	31,46	434,6	82,63	87,90	102	62,5	11	90
17	1874—1875	22,84	29,17	381,06	73,99	78,57	100	50,5	10	90
24	1879	32,24	41,17	778,0	123,70	135,5	119,25	54,5	14,0	100
18	1891	24,18	30,88	468,56	87,86	87,38	107	51	10,5	92

Таблица 4

Вес рельсов

Тип рельса	Теоретический вес в кг при удельном весе рельсовой стали 7,83					
	одного пог.м рельса брутто	одного рельса длиной 12,5 м брутто	одного рельса длиной 12,5 м нетто за вычетом отверстий для болтов	одного рельса длиной 25 м брутто	одного рельса длиной 25 м нетто за вычетом отверстий для болтов	части рельса, соответствующие по весу болтовым отверстиям
	без вычета отверстий					
P50	50,504	631,293	630,670	1262,587	1261,958	0,625
P43	43,613	545,163	544,662	1090,325	1089,825	0,500
P38	38,416	480,200	479,778	960,400	959,978	0,4219
I-a	43,567	544,587	544,133	653,505	653,051	0,4544
III-a	33,480	418,500	418,111	—	—	0,3895
IV-a	30,890	386,125	385,787	—	—	0,3380
P65 опытный	64,91	811,375	811,000	1622,75	1622,375	0,375

Таблица 5

Длина рельсов в м для железных дорог широкой колеи

до 1924 г.	Прокат				
	после 1924 г.		после 1933 г.	ГОСТ 3542-47	
	вес рельсов в кг/пог. м	нормальная		нормальная	укороченная для кривых
18,802	37	15,00; 12,5 и 10,00	12,5	12,50 и 25,00	12,46; 12,42; 12,38;
10,668	30—37	12,50 и 10,00			24,96; 24,92
8,534	<30	10,00			

Таблица 6

Допуски при изготовлении рельсов в мм

Тип рельса	Д о п у с к и							Несимметричность поперечного сечения относительно вертикальной оси в мм	
	в толщине шейки	в ширине головки	в высоте рельса	в ширине подошвы	в длине рельса	в размерах отверстий для болтов, по расстояниям между отверстиями, от крайнего отверстия до конца рельса	в прочих измерениях	в подошве	в прочих измерениях
P50	+0,75 -0,5	±0,5	+0,3 -0,5	-2 +1,5	±6	±1	±0,3	Не свыше 1,0	Не свыше 0,3
P43	+0,75 -0,5	±0,5	+0,3 -0,5	-2 +1,5	±6	±1	±0,3	Не свыше 1,0	Не свыше 0,3
P38	+0,75 -0,5	±0,5	+0,3 -0,5	-2 +1,5	±6	±1	±0,3	Не свыше 1,0	Не свыше 0,3
I-a	+0,75 -0,5	±0,5	+0,3 -0,5	-2 +1,5	±6	±1	±0,25	Не свыше 1,0	Не свыше 0,25
III-a	+0,75 -0,5	±0,5	±0,5	±2	±6	±1	±0,25	Не свыше 1,0	Не свыше 0,25
IV-a	+0,75 -0,5	±0,5	±0,5	±2	±6	±1	±0,25	Не свыше 1,0	Не свыше 0,25
P65 опытный	+0,75 -0,5	±0,5	±0,5	±1,5	±6	±1	±0,3	Не свыше 1,0	Не свыше 0,3

Таблица 7

[illegible]

Таблица 8

Тип рельса (кг/пог. м)	Нормаль- ная (льготная)	Укороченная для кривых		Тип рельса (кг/пог. м)	Нормаль- ная (льготная)	Укороченная для кривых	
		колея 750 мм	колея 1 000 мм			колея 750 мм	колея 1 000 мм
7	5	4,925		15	7 (6 и 5)	6,900 (5,925)	6,925 (5,950)
8	7 (6 и 5)	6,900 (5,925)		18	8 (7 и 6)	7,875 (6,900)	7,900 (6,925)
11	7 (6 и 5)	6,900 (5,925)		24	8 (7 и 6)	7,875 (6,900)	7,900 (6,925)

¹ Кроме рельсов специальной длины для стрелочных переводов.

Т а б л и ц а 9

Характеристика допуска	Величина допуска в мм	Характеристика допуска	Величина допуска в мм
В высоте рельса	$\pm 0,75$	В размерах дыр для стыковых болтов	$\pm 0,75$
В ширине головки	$\pm 0,75$	Отступление в высоте пазухи для стыковых накладок	$\pm 0,25$
В толщине шейки	$+0,75$ и $-0,25$	В прочих измерениях	$\pm 0,25$
В ширине подошвы	± 2	В длине рельсов	± 6
В расстоянии между центрами болтовых дыр и от крайней дыры до конца рельса	$\pm 0,75$	В весе рельсов	$+2\%$ и -1%

Примечание. Несимметричность поперечного сечения рельсов относительно вертикальной оси не должна превышать половины указанных допусков.

Примечание. Несимметричность поперечного сечения рельсов относительно вертикальной оси не должна превышать половины указанных допусков.

Т а б л и ц а 10

ГОСТ	Вес рельсов в кг/пог. м	Род стали	Марка стали	Содержание элементов в %				
				C	Mn	Si	P	S
							не более	
4224-48	До 45	Мартеновская	M62	0,55—0,70	0,60—0,90	0,13—0,18	0,050	0,050
Проект ЦНИИ	50	Бессемеровская	Б48	0,42—0,55	0,60—1,10	0,10—0,30	0,080	0,060
	65	Мартеновская	M66	0,60—0,72	0,60—0,90	0,13—0,23	0,040	0,050
		Мартеновская	M71	0,64—0,78	0,60—0,90	0,13—0,28	0,040	0,050

Таблица 11
Классификация рельсов по твердости

Вес рельсов в кг/пог. м	Марка стали	Содержание углерода в %	Твердость
До 45	M62	0,64 и больше	Твердые
	B48	0,50 » »	»
	M62	<0,64	Нормальные
	B48	<0,50	»
	M66	0,68 и более	Твердые
	M71	0,73 » 3 »	»
50	M66	<0,68	Нормальные
65	M71	<0,73	»

подвергаться обязательной термической обработке с целью уменьшения коробления и остаточных напряжений в рельсах после проката, получения в результате перекристаллизации металла повышенной ударной вязкости и пониженной хладоломкости, а также с целью предотвращения образования флокенов (тончайших поперечных волосных трещин), которые при дальнейшем развитии могут привести к изломам.

Кроме обязательной полной термической обработки рельсов тяжёлого типа (весом 50 кг/пог. м и более) предусматривается закалка (до $H_B = 321-401$) всех стандартных типов рельсов на длину 200 мм от конца.

Закалённый слой должен начинаться не далее 5 мм от торца рельсов. В поперечном сечении закалённый слой не должен простирается ниже начала закругления нижних граней головки. Толщина закалённого слоя должна быть не менее 4 мм и не более 10 мм.

Верхняя кромка головки закалённого конца рельса с торца должна быть снята фаской на 2 мм. У рельсов, предназначенных для сварки в плети, закалка и сверление болтовых отверстий, а также снятие фаски на одном из концов не производится.

На рельсопрокатных заводах СССР намечено ввести сорбитизацию рельсов, т. е. закалку поверхности катания головки рельса по всей длине.

После окончательной холодной правки ось рельса должна быть прямой, но допускается равномерная на всю длину кривизна в горизонтальной плоскости, величина стрелы которой не должна быть более $\frac{1}{2200}$ от длины рельса. Изгиб в других плоскостях, скручивание, волнистость и концевые искривления не допускаются.

Наружная поверхность рельса должна быть гладкой, чистой, без плён, рванин и трещин.

Волосовины на поверхности допускаются глубиной не более 1 мм; глубину волосовин на заводе проверяют при приёмке рельсов пробной вырубкой крейцмиселем на длине до 20 мм. Рельсы с вырубленными волосовинами не принимаются. В средней трети подошвы волосовины допускаются глубиной не более 0,5 мм. На шейке, вне пределов накладки, допускаются выступы высотой до 5 мм. Не допускается вогнутость подошвы. Выпуклость подошвы допускается не более 0,5 мм по отношению середины подошвы к её краям.

Торцевые сечения рельсов и поверхности болтовых отверстий не должны иметь расслоений и трещин. В сомнительных случаях

наличие расслоения на торцах проверяется вырубкой зубилом стружки, раздвоение которой считается признаком расслоения. Поверхность болтовых отверстий должна быть гладкой, без рванин и заусенцев на кромках.

Концы рельсов должны быть обрезаны в торцах перпендикулярно продольной оси рельса с допуском перекаса не более 1 мм при измерении в любом направлении. Фрезеровка концов рельсов обязательна. Концы должны быть чистые, без заусенцев; последние должны обрубаться или запиливаться.

В изломе рельс не должен иметь остатков усадочной раковины, видимой невооружённым глазом.

Пробный отрезок рельса должен выдерживать испытание на удар при температуре от 0 до 40°C, причём на нём не должно быть обнаружено никаких признаков разрушения. Трещины на поверхности и выколы подошвы как в пролёте, так и на опорах должны считаться признаками разрушения.

Предел прочности металла для рельсов весом до 45 кг/пог. м, определяемый при пробе на растяжение, должен быть для мартевских рельсов не ниже 72 кг/мм² и для бессемеровских — не ниже 70 кг/мм². Для рельсов тяжёлого типа (50 кг/пог. м и более) этот предел должен быть не менее 75 кг/мм².

Правила приёмки и методы испытания рельсов на заводах

Все рельсы после наружного осмотра, проверки по шаблону, обмера и испытаний сортируют на 1-й и 2-й сорт и брак.

Ко 2-му сорту относятся рельсы, имеющие один или более из следующих недостатков:

а) волосовины на головке глубиной не более 3 мм, а также плёны и рванины, которые могут быть удалены вырубкой глубиной не более 3 мм;

б) волосовины на подошве вне средней трети глубиной не более 3 мм, а также плёны и рванины, которые могут быть удалены вырубкой; волосовины у краёв и в средней трети подошвы допускаются глубиной не более 2 мм;

в) отклонения в размерах, за исключением ширины подошвы, превышающие допуски не более чем вдвое;

г) пониженный предел прочности при растяжении, но не ниже 60 кг/мм² для рельсов весом до 45 кг/пог. м и 65 кг/мм² — для тяжёлых типов;

д) отклонения при плавочном анализе в химическом составе от установленных норм, но не более: для рельсов весом до 45 кг/пог. м по углероду $\pm 0,03\%$, по марганцу $\pm 0,10\%$, по кремнию $+0,07\%$, по фосфору $+0,005\%$, по сере $+0,01\%$; для рельсов весом 50 кг/пог. м и более: по углероду $\pm 0,03$ — $0,05\%$, по марганцу $\pm 0,10\%$, по кремнию $+0,05$ — $0,03\%$, по фосфору $+0,005\%$, по сере $+0,010\%$;

е) все рельсы со стрелой прогиба до холодной правки, превышающей $\frac{1}{160}$ длины хорды, которой произведено измерение.

Приёмка рельсов производится заказчиком (инспектором Министерства путей сообщения) по актам.

Испытание рельсов производится по плавкам. Если рельсовая сталь выплавляется в мартеновских печах большой ёмкости (более 100 т) и разливается в два ковша, каждый ковш считается самостоятельной плавкой.

Химический анализ рельсовой стали производят при разливке, для чего от каждой плавки отбирают по одной пробе согласно ГОСТ 380-41. Анализ стали производится по ГОСТ 2331-43.

При плавке стали из керченских руд, кроме элементов, указанных в табл. 10, один раз в сутки определяется содержание мышьяка. Норма содержания мышьяка в стали устанавливается соглашением сторон.

В сомнительных случаях по требованию инспектора производится контрольный химический анализ отобранного им рельса, причём для анализа берут стружку, полученную посредством строжки по всему поперечному сечению рельса.

Для испытания на удар под копром из рельсовых полос каждой плавки в горячем состоянии вслед за обрезкой усадочного конца полосы отрезают пробный отрезок длиной около 1,3 м, который клеймят номером плавки и инспекторским клеймом. Пробный отрезок укладывается головкой вверх на опоре с радиусом закругления в 50 мм.

Рельсы, изготовленные по ГОСТ 4224-48, можно испытывать одним из следующих методов.

1. Отрезок подвергают одному удару бабой весом 1 000 кг при расстоянии между опорами 1 м с высоты, указанной в табл. 12.

Таблица 12
Испытание рельсов

Марка рельсовой стали	Вес рельса в кг/пог. м	Высота падения бабы в м
M62 и ДМ62	35,1—40	5,2
M62 и ДМ62	40,1—45	5,5
B48	35,1—40	5,9
B48	40,1—45	6,7

После удара измеряют стрелу прогиба относительно ребра линейки длиной 1 м, приложенной к поверхности катания головки отрезка рельса; при этом учитывается стрела прогиба отрезка до испытания. Результаты измерения стрелы прогиба не могут служить причиной бракования рельсов.

2. Отрезок подвергают двум ударам бабой весом 500 кг при расстоянии между опорами 1 м с высоты, указанной в табл. 13.

Таблица 13
Испытание рельсов

Вес рельса в кг/пог. м	Высота падения бабы в м
35,1—40	7,3
40,1—45	8,2

После первого удара отрезок должен иметь стрелу прогиба не более 55 мм. Если после второго удара стрела прогиба будет менее 90 мм для бессемеровских и нормальных

мартеновских рельсов и менее 80 мм для твёрдых мартеновских рельсов, то последующими ударами (высота падения бабы — по указанию завода-изготовителя) прогиб должен быть доведён до 90 мм в первом случае и до 80 мм во втором. Число ударов, которым был подвергнут отрезок для получения требуемой стрелы прогиба, фиксируется при испытании.

После испытания на удар пробный отрезок рельса ломают с целью проверки отсутствия в изломе остатков усадочной раковины. В случае их обнаружения проверяют торцы каждого рельса с клеймами «1» и «2». Завод-изготовитель обязан в этом случае принять меры к устранению остатков усадочной раковины на рельсах.

Если результаты испытания на удар не удовлетворяют требованиям, то от двух других рельсов той же плавки с клеймом «1» с усадочного конца берут по одному пробному отрезку для повторного испытания. В случае неудовлетворительных результатов повторного испытания, в отношении хотя бы одного из этих отрезков, бракуются все рельсы данной плавки с клеймом «1», и третьему испытанию подвергаются два пробных отрезка, взятых от противоположных концов тех же рельсов или от усадочных концов рельсов с клеймом «2». Если при этом испытании хотя бы один из результатов окажется неудовлетворительным, — все рельсы данной плавки бракуются.

В случае необходимости испытания на растяжение от одного из рельсов данной плавки с клеймом «1» берут отрезок достаточной длины для изготовления нормального цилиндрического образца диаметром 15 мм с расчётной длиной 150 мм; отрезок клеймится номером плавки и инспекторским клеймом. Образец для испытания на растяжение вытачивают из верхнего угла головки рельса ближе к поверхности катания. Изготовление и испытание образцов на растяжение производят по ГОСТ 1497-42. Если результаты испытания окажутся не удовлетворяющими установленным требованиям, производят повторное испытание на растяжение двух образцов, вырезанных из каких-либо двух рельсов с клеймом «1» той же плавки. В случае неудовлетворительных результатов повторного испытания в отношении хотя бы одного из двух образцов все рельсы данной плавки бракуются или переводятся во 2-й сорт.

Твёрдость поверхности закалённых концов рельсов определяют на обоих концах трёх рельсов каждой мартеновской плавки и двух рельсов каждой бессемеровской плавки, отобранных по выбору инспектора. Допускается производить это определение на одном из концов у шести мартеновских и четырёх бессемеровских рельсов. Твёрдость определяют по ОСТ 10241-40. Место для надавливания шариком должно находиться на расстоянии около 20 мм от торца рельса.

Если результаты определения твёрдости концов не удовлетворяют установленному требованию, заводу-изготовителю предоставляется право рассортировать рельсы по твёрдости концов или подвергнуть дополнительной термообработке. В случае неудовлетворительных результатов повторной проверки твёрдости из-за превышения установ-

ленных норм концы могут быть обрезаны для сдачи рельсов данной плавки с незакалёнными концами или для закалки обрезанных концов.

В случае если при повторной проверке твёрдость закалённых концов окажется ниже установленных норм, допускается сдача рельсов данной плавки как рельсов с незакалёнными концами.

Для контроля правильности конфигурации закалённой зоны, структуры закалённых концов и отсутствия закалочных трещин два раза в месяц от одного из рельсов (по указанию инспектора) отбирают один продольный темплет головки рельса длиной около 210 мм, поверхность которого совпадает с плоскостью симметрии, и один поперечный темплет полного сечения. Метод контроля макроструктуры темплетов устанавливается специальной инструкцией, согласованной между сторонами.

В случае обнаружения закалочных трещин, перегрева металла или распространения закалённой зоны за пределы нижних граней головки рельса закалённые концы рельсов данной плавки удаляют обрезкой, а концы рельсов снова подвергают закалке или рельсы сдают с незакалёнными концами. Из рельсов двух последующих плавки по указанию инспектора отбирают по одному отрезку для проверки отсутствия этих дефектов закалки. Если они будут обнаружены, то у рельсов с закалёнными концами данной плавки отрезают концы и затем устанавливают поплавоочный контроль макроструктуры впредь до получения устойчивых благоприятных результатов, после чего вводится контроль макроструктуры два раза в месяц.

В случае выявления отступлений от правильной конфигурации закалённой зоны, не опасных для работы рельсов, рельсы данной плавки сдаются как рельсы с незакалёнными концами.

Рельсы из стали, выплавленной в мартеновской печи или дуплекс-процессом с окончанием в мартеновской печи, не прошедшие специальной термической обработки для предупреждения образования флокенов (замедленного охлаждения, изотермической выдержки и т. п.), контролируются на отсутствие флокенов поплавоочно.

Для рельсов, прошедших специальную термическую обработку, порядок контроля на флокены устанавливается соглашением между Министерством металлургической промышленности и Министерством путей сообщения.

В случае обнаружения флокенов все рельсы данной плавки бракуются.

Маркировка рельсов на заводе

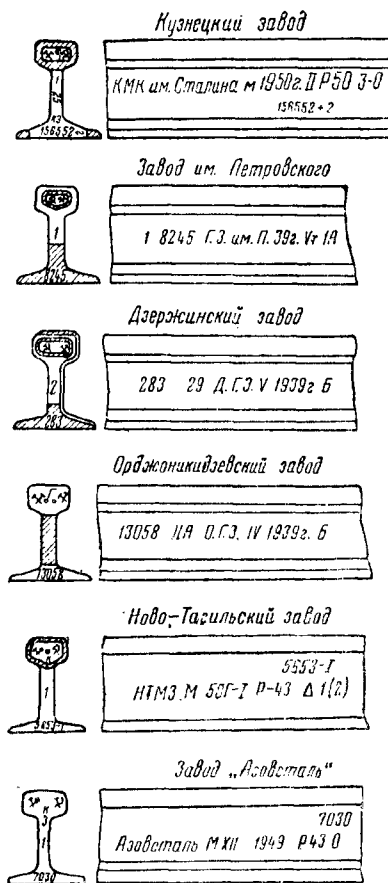
Рельсы на заводе маркируют. На шейке каждого рельса накатывают выпуклые в 1 мм цифры и буквы высотой не менее 20 мм, которыми обозначают марку завода (буквенная); род металла (М — мартеновский, Б — бессемеровский); год и месяц изготовления, тип рельса, род термической обработки.

Независимо от вышеупомянутых знаков на шейке каждого рельса с той же стороны, вне пределов накладок, на расстоянии около

1 м от конца должен быть выбит в горячем состоянии номер плавки.

Рельсы, у которых горячее клеймо номера плавки неясно и затруднительно для чтения, к приёмке не допускаются.

Дополнительно к указанным выше знакам на шейке первого рельса от усадочного конца выбивается также в горячем состоянии цифра «1» в кружке. Этот знак ставится на шейке рядом с номером плавки. Вторые рельсы от усадочного конца клеймятся в таком же порядке цифрой «2». Номер плавки и порядковый номер рельсов по окончании отделки перебиваются в холодном состоянии на торец рельса, причём номер плавки набивается у подошвы, а порядковый номер рельса ставится над ним на шейке. В верхней части шейки над порядковым номером рельса набивается буква «Н» или «Р», обозначающая вид термической обработки: Н — нормализация, Р — замедленное охлаждение. Образцы маркировки рельсов различными заводами показаны на фиг. 14.



Фиг. 14. Маркировка рельсов на заводах

На торце рельса арабские цифры (1,2) означают порядковый номер головного рельса; числа (156552, 8245, 283, 13058) — номер плавки; дополнительная цифра на торце рельса Кузнецкого завода — номер ковша;

знаки на торце: ключ и молоток, серп и молот — инспекторское клеймо МПС на рельсах 1-го сорта; два одинаковых знака — ключ и молоток — инспекторское клеймо МПС на рельсах 2-го сорта; штриховка показывает окраску (заводское обозначение); «КМК им. Сталина М. 1950 г. II Р50» означает: Кузнецкий завод им. Сталина, рельс типа Р50 из мартеновской стали, прокатки февраля 1950 г.; «З. им. П. 39 г. V. р. 1А» — Государственный завод им. Петровского, прокатки мая 1939 г., рельс типа I-а; «ДГЗ V 1939 Б.» — Дзержинский государственный завод, год прокатки 1939 г., май месяц, из бессемеровской стали; «II-а О. Г. З. IV 1939 г. Б.» — рельс типа II-а, Орджоникидзевский государственный завод, прокатки апреля месяца 1939 г., из бессемеровской стали; на марке Дзержинского завода буква Г означает головной рельс; число 29 — номер завода; на марке Орджоникидзевского завода буква Г — головной рельс, О — заводское обозначение рельсов 1-го сорта, ОО — 2-го сорта, ООО — брак.

Замедленное охлаждение рельсов производится в специальных коробах.

Твёрдые рельсы окрашиваются жёлтой масляной краской с одного конца по верхним поверхностям подошвы на длину не менее 200 мм.

На рельсах, удовлетворяющих всем требованиям технических условий для 1-го сорта, подошва и половина шейки с торца у одного конца окрашиваются белой масляной краской. Знаки приёмочных инспекторских клейм, наносимые на торец головки, обводятся также белой масляной краской.

На рельсах 2-го сорта делается вырубка крейцмеселем на ширину 5 мм поперёк марки завода на средней части рельса, а подошва и половина шейки с одного торца рельса окрашиваются красной масляной краской. Знаки приёмочного клейма у таких рельсов обводятся красной масляной краской.

На всех рельсах, предъявленных для приёмки и не удовлетворяющих техническим условиям для рельсов 1-го и 2-го сорта, делается крейцмеселем вырубка по середине шейки поперёк всего комплекта клейм на ширину около 5 мм.

Забракованные рельсы по торцам окрашиваются синей краской.

ПРИЗНАКИ ДЕФЕКТОВ В РЕЛЬСАХ И ПОРЯДОК ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАРОГОДНЫХ РЕЛЬСОВ

К дефектным рельсам в главных путях относятся рельсы:

а) имеющие на всём протяжении вертикальный износ головки более 9 мм для рельсов типов Р43 и Р38 и более 6 мм для рельсов более лёгких типов;

б) имеющие горизонтальный износ боковой грани головки более 5 мм с каждой стороны или более 10 мм с одной стороны для рельсов типов Р43 и Р38 и более 3 мм с каждой стороны или более 5 мм с одной стороны для рельсов более лёгких типов;

в) со следами боксования колёс на глубину более 2 мм;

г) имеющие провисшие концы более чем на 5 мм, считая в том числе и смятые головки от расплющивания;

д) с изношенной или изъеденной ржавчиной подошвой более чем на 25% сечения подошвы;

е) все близнецы, т. е. парно уложенные куски рельсов, по длине равные длине нормального рельса и рубки корон 4,5 м.

К остродефектным рельсам в главных путях относятся рельсы, имеющие: продольные трещины на поверхности катания или на боковых гранях головки (или под головкой), в том числе горизонтальное расщепление (фиг. 15₁₀), расслоение головки, продольную горизонтальную трещину под головкой рельса длиной более 3 см (фиг. 15₁₀), заметное уширение головки при наличии ржавчины под головкой как явные признаки скрытого вертикального расслоения, видимое искривление шейки, трещины по болтовым отверстиям или в других местах, серповидный выкол подошвы, тонкие закалочные трещины на поверхности головки и в местах повреждений от торможения и боксования (фиг. 15₁₀).

Рельсы при смене подвергаются рассортировке в зависимости от степени годности и возможности дальнейшего использования на следующие группы:

I группа — рельсы, годные без ремонта для укладки в главные пути при одиночной или сплошной смене. К этой группе относят рельсы типа Р38 и тяжелее при приведённом вертикальном износе не более 9 мм, а рельсы более лёгких типов — с приведённым износом не более 6 мм. Для сплошной смены в главных путях используются лишь старогодные рельсы типов Р38 и тяжелее, имеющие износ менее 6 мм, и более лёгкие — с износом менее 4 мм. Рельсы с большим износом употребляются только для одиночной замены в главных путях. Боковой износ рельсов этой группы не должен превосходить: у рельсов типа Р38 и тяжелее — 5 мм с каждой стороны или 10 мм с одной стороны; у более лёгких — 4 мм с каждой стороны и 7 мм с одной стороны.

Рельсы этой группы не должны иметь провисание концов более чем на 3 мм, включая и смятие головки от расплющивания, и не должны являться дефектными или остродефектными.

II группа — рельсы, годные для укладки в главные пути после ремонта.

К этой группе относят рельсы, которые посредством ремонта (обрезки сбитых концов), наплавки, снятия боковых наплывов могут быть приведены в соответствие с требованиями для рельсов I группы. Старогодные рельсы, которые посредством ремонта можно привести в соответствие с требованиями для рельсов главного пути, запрещается использовать без ремонта на станционных путях.

III группа — рельсы, годные для укладки в станционные пути, а также подъездные, карьерные и прочие как без ремонта, так и после ремонта.

К этой группе относят рельсы, имеющие приведённый вертикальный износ не более 17 мм для рельсов типа Р38 и тяжелее и 13 мм — для более лёгких.

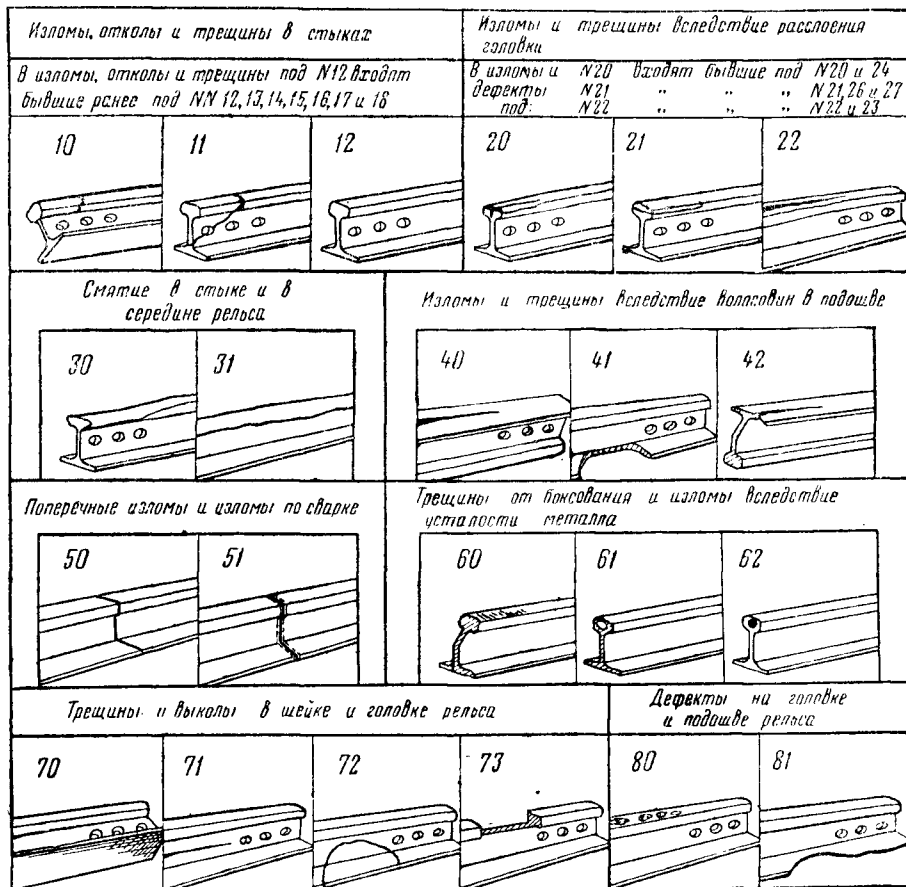
В эту группу также включают остродефектные рельсы, если их пороки могут быть удалены при ремонте и длина рельсов после обрезки будет не менее 7 м, а также рельсовые куски длиной не менее 3 м при условии

их последующей сварки, если они в остальном удовлетворяют требованиям рельсов III группы.

IV группа — рельсы, не годные для укладки в путь.

К этой группе относят рельсы, которые ремонтом нельзя привести в состояние, годное для последующей службы, хотя бы в карьерных и второстепенных путях, т. е. все куски рельсов короче 3 м; рельсы, имеющие

ных в табл. 14. Нормальная длина свариваемых рельсов для главных путей должна быть равной 12,5 и 25,0 м. Длина укороченных рельсов допускается со стандартной для новых рельсов величиной укорочения. Длина сваренных плетей для главных путей всей сети допускается до 25,6 м, для приемо-отправочных станционных путей — до 38,4 м, а для горочных и прочих путей, где не следуют организованные поезда, — до 50 м.



Фиг. 15. Классификация изломов рельсов

износ более допускаемого для III группы; рельсы, резко искривленные или скрученные, рельсы с трещинами и пороками, если из них нельзя вырезать годного куска длиной не короче 3 м.

РЕМОНТ СТАРОГОДНЫХ РЕЛЬСОВ

Основными видами ремонта рельсов являются сварка, наплавка или обрезка концов.

К сварке допускаются мартеновские и бесемеровские рельсы всех типов как нормальной длины, так и куски не короче 3 м. Рельсы, имеющие не устранимые посредством ремонта дефекты, сварке не подлежат. Износ свариваемых рельсов не должен превышать предельных величин, установленных ТУ на укладку в путь старогодных рельсов, указан-

Для участков южнее и западнее линии Ладожское озеро — Бологое — Тула — Воронеж — Палассовка — Казалинск — озеро Балхаш допускается сварка рельсов для главных путей в плети длиной до 37,5 м, для приемо-отправочных — до 50 м, на горках и прочих путях — до 75 м. Для участков сети южнее и западнее линии Радошковичи — Минск — Калинин — Киев — Одесса — Джанкой — Керчь — Краснодар — Армавир — Будённовск — Кизляр допускается сварка рельсов в плети для главных путей длиной до 50 м и для приемо-отправочных — до 60 м.

Наплавка концов разрешается у рельсов всех типов, имеющих неравномерный износ головки вместе с остаточным прогибом конца относительно поверхности катания всего рельса не более 6 мм. Наплавляемые рельсовые

концы не должны иметь начальных трещин у болтовых отверстий, трещин от раздробления торца, признаков отрыва головки и других дефектов, препятствующих их нормальному использованию в главных или станционных путях. Рельсы, имеющие вертикальный износ в середине рельсового звена более 6 мм, а также местный износ в зоне накладок, на опорных плоскостях головки и подошвы более 2 мм, к наплавке не допускаются.

Обрезке подлежат рельсы: а) имеющие на своих концах те или иные дефекты, препятствующие использованию рельсов по прямому назначению; б) имеющие неравномерный износ вместе с остаточным прогибом конца, превышающий 6 мм.

Обрезанные рельсы должны иметь длину следующих размеров: 12,53; 11,96; 10,13; 12,23; 12,00; 11,00; 10,00; 9,50 и 9,00 м.

Перекатовка рельсов в главных путях запрещается.

МАРКИРОВКА СТАРОГОДНЫХ РЕЛЬСОВ

Перед сплошной сменой производится маркировка старогодных рельсов масляной краской на середине длины звена на шейке с внутренней стороны. Чтобы не смешать при повторной укладке в путь рельсов одной нити с другой, на всех рельсах ставятся знаки, различающиеся по нитям (правой, левой). Например, для одной нити везде ставится знак косога креста, для другой — черта.

После сортировки старогодных рельсов по группам, а также после их ремонта перед укладкой в штабели на шейке каждого рельса масляной краской наносится: группа, тип и длина. Например: I—P43—10,00, что означает: I группа, тип P43, длина 10 м.

У старогодных рельсов I и III групп, годных для укладки в станционные пути без ремонта, цифру, обозначающую группу, обводят кружком.

КЛАССИФИКАЦИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЛЬСОВ, СНИМАЕМЫХ В ПОРЯДКЕ ОДИНОЧНОЙ СМЕНЫ

Классификация изломов и дефектов рельсов приведена на фиг. 15, где цифрами обозначены номера изломов по принятой классификации: 10 — трещина или откол головки вне болтовых отверстий; 11 — трещина или откол головки через 1-е болтовое отверстие; 12 — все виды изломов и трещин, проходящих через болтовые отверстия или около них в стыках, кроме № 10 и 11; 20 — вертикальное расслоение и раздробление головки с продольными трещинами в стыке; 21 — горизонтальная трещина или отщепление куска головки; 22 — вертикальное продольное расслоение головки рельса (вышедшее или не вышедшее наружу); 30 — смятие головки с наплывом, но без трещин у стыка; 31 — смятие головки по всей длине с наплывом на одну или обе стороны; 40 — продольная трещина посредине подошвы; 41 — откол подошвы; 42 — излом вследствие тонкой трещины вдоль подошвы; 50 — поперечные изломы без видимых дефектов; 51 — излом сварного сты-

ка; 60 — трещины от боксования или излом по этим трещинам; 61 — поперечный излом со светлым пятном; 62 — поперечный излом с темным пятном; 70 — горизонтальная трещина под головкой рельса; 71 — продольная трещина посредине шейки; 72 — выкол шейки и подошвы в виде арки или трещины; 73 — выкол куска головки рельса по горизонтальной трещине под головкой; 80 — раковины сверху на головке и следы боксования; 81 — ржавление подошвы.

Рельсы, снятые с пути вследствие трещин, проходящих через болтовые отверстия (11 и 12), отрыва головки (10), расплоскивания или смятия конца (30), трещин в шейке (70 и 71), трещин в местах электрозакалки и сварки, боксовки без закалочных трещин (80), после обрезки дефектных мест можно укладывать в главные пути, если во всём остальном они удовлетворяют условиям I группы.

Дефектные и острodefектные рельсы, имевшие вертикальные продольные трещины вдоль головки (22), выколы головки (73), горизонтальные трещины в головке (21), рельсы с подошвой, изъеденной ржавчиной от 15 до 25% её сечения (81), раздробление рельса в стыке (20), односторонний серповидный выкол подошвы (41), трещины вдоль подошвы рельсов (40 и 42), — после ремонта с удалением дефектных мест относят не к I, а к III группе; их можно укладывать только в приёмно-отправочные и другие станционные пути.

Острodefектные рельсы, имевшие поперечные закалочные трещины на местах частого торможения (60), а также видимое на-глаз искривление шейки, после ремонта могут быть уложены только на малодеятельные станционные и тупиковые пути.

Рельсы, имевшие изломы по поперечной трещине в головке (светлое или тёмное овальное пятно) (61 и 62), после ремонта можно укладывать только на коротких малодеятельных станционных тупиках, ремонтных путях и путях отстоя вагонов.

НОРМЫ ДОПУСТИМОГО ИЗНОСА РЕЛЬСОВ

Допустимый износ рельсов ограничивают такой величиной, при которой обеспечивается безопасность движения поездов с установленными скоростями.

Износ рельсов нормируют либо по уменьшению площади поперечного сечения, либо по уменьшению высоты рельсов. На железных дорогах СССР допустимый износ рельсов принято характеризовать величиной уменьшения высоты головки в мм независимо от общей высоты рельса, а также по площади износа головки в процентах.

Действующие нормы допустимого (приведённого) равномерного износа рельсов железных дорог СССР приводятся в табл. 14. Под приведённым износом понимается суммарный вертикальный и боковой износ, причём при суммировании величина бокового износа приводится к вертикальному при помощи умножения на переводный коэффициент, равный 0,5.

Величина моментов сопротивления рельсов относительно горизонтальной оси поперечного

Таблица 14

Допустимая величина износа рельсов				
Тип рельса	Допустимый износ			
	в главных путях		в станционных путях	
	по высоте головки в мм	по площади поперечного сечения головки в %	по высоте головки в мм	по площади поперечного сечения головки в %
P50	9	25,5	18	49,5
P43	9	26,3	17	49,7
P38	9	27,5	17	51,9
I-a	9	24,7	17	46,6
III-a	6	19,6	13	42,4
IV-a	6	18,1	13	39,3

сечения, проходящей через центр тяжести, при различных величинах равномерного вертикального износа показана в табл. 15.

Таблица 15

Моменты сопротивления рельсов при различных величинах износа

Вертикальный равномерный по длине износ в мм	Минимальные моменты сопротивления в см ³ для рельсов типов					
	P50	P43	P38	I-a	III-a	IV-a
0	248,35	206,20	180,29	209,75	146,86	122,59
1	244,0	202,12	177,1	205,6	143,2	120,0
2	238,5	197,79	173,8	201,2	139,4	117,2
3	233,4	193,46	169,4	196,8	135,7	115,0
4	228,1	189,15	165,0	192,4	131,7	111,7
5	223,1	184,71	160,7	187,9	127,8	109,0
6	217,6	180,30	156,4	183,4	123,9	106,1
7	212,3	175,87	152,0	178,9	120,0	103,3
8	207,0	171,35	147,7	174,3	116,0	100,5
9	201,5	166,92	143,2	169,3	112,0	97,6
10	196,2	162,40	138,7	165,2	108,1	94,8
11	190,8	157,78	134,2	160,5	104,0	91,9
12	185,5	153,25	129,6	155,9	99,8	89,0
13	179,9	148,63	125,1	151,2	95,7	86,1
14	174,3	143,93	120,4	146,4	91,6	83,4
15	168,8	139,31	115,8	141,7	87,4	80,2
16	163,2	134,59	111,0	136,9	—	—
17	157,6	129,76	106,3	132,0	—	—
18	152,0	125,74	101,5	127,9	—	—

КОЭФИЦИЕНТЫ ИЗНОСА РЕЛЬСОВ

Коэффициентом износа рельсов называется площадь износа поперечного сечения головки рельса в мм² от прохода одного миллиона тонн груза брутто.

Этот коэффициент, характеризующий интенсивность изнашивания различных по качеству рельсов при разных условиях плана и профиля пути, позволяет по грузообороту ориентировочно рассчитывать так называемый эксплуатационный выход рельсов по износу, а следовательно, и потребность в рельсах для нормальной смены.

Коэффициенты износа рельсов для железных дорог СССР официально не установлены.

По результатам массового обмера износа рельсов, произведённого в 1947 г., для средних сетевых условий плана и профиля пути они

приняты впредь до уточнения равными: для рельсов весом до 45 кг/пог. м — 2,5 мм²/млн. т брутто; для более тяжёлых, а следовательно, и с большим содержанием углерода — 2 мм²/млн. т брутто.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В РЕЛЬСАХ ДЛЯ НОРМАЛЬНОЙ СМЕНЫ

Ежегодный эксплуатационный выход рельсов складывается из выхода по износу, одностороннего выхода по дефектам и изломам и выхода по коррозии.

Выход рельсов по изломам и дефектам при нормальных условиях эксплуатации и надлежащем содержании пути может быть полностью предотвращён или снижен до таких незначительных размеров, что с точки зрения расхода рельсового металла он теряет практическое значение. Потребность в рельсах для покрытия выхода по изломам и дефектам определяется по статистическим данным.

Выход рельсов по коррозии наблюдается в более или менее значительной степени в тоннелях, в зонах солончаков, в сырых местах, в местах, не защищённых от блуждающих электроток, и на малодоступных путях.

В главных путях с грузонапряжённостью более 2 млн. ткм брутто на 1 км в год, находящихся в обычных условиях, относительная величина интенсивности коррозии является ничтожной, и выходом рельсов по этой причине можно пренебречь.

При нормальных условиях эксплуатации основным фактором, определяющим выход рельсов из пути, является их износ. Выход рельсов по износу может быть рассчитан в зависимости от их веса, грузооборота и качества рельсовой стали, [например по методу, опубликованному инж. А. Ф. Золотарским.

Тоннаж груза брутто, который может быть пропущен до степени допустимого износа рельсов:

$$T = \frac{\omega_0}{\beta} \text{ млн. т брутто,} \quad (1)$$

где β — коэффициент износа рельсов, выражающий износ поперечного сечения головки рельса в мм², вызванный проходом 1 млн. т брутто; ω_0 — площадь допустимого износа головки рельса в мм².

Грузооборот (Q — в млн. ткм брутто), который может быть осуществлён до достижения рельсами допустимой степени износа на данном участке, как известно, равен величине тоннажа в млн. т брутто, умноженной на протяжение данного участка в км.

Параметр удельного эксплуатационного выхода рельсов по износу, т. е. выход, приходящийся на 1 млн. ткм брутто грузооборота, будет равен

$$l_v = \frac{L}{Q} = \frac{L}{LT} = \frac{1}{T} = \frac{\beta}{\omega_0} \quad (2)$$

Размерность этого параметра

$$\frac{1}{\text{млн. т. брутто}}$$

Общий за год¹ по износу эксплуатационный выход рельсов

$$L_0 = l_y Q = \frac{\beta}{\omega_0} Q \text{ км пути,} \quad (3)$$

где β — средневзвешенный коэффициент износа рельсов для данных условий плана и профиля пути и для данного качества рельсовой стали;

ω_0 — средневзвешенная площадь допустимого износа эксплуатируемых рельсов;

Q — величина годового грузооборота того участка дороги, округа или сети в целом, для которого определяется годовая потребность в смене рельсов.

Если определяется плановая потребность в смене рельсов, то грузооборот Q берётся предусматриваемый планом.

Изложенный метод даёт возможность при установившемся рельсообороте определять по выполненному или плановому грузообороту соответственно текущую или плановую потребность в рельсах для их нормальной смены по износу.

Точность подсчётов по предполагаемым формулам зависит от того, в какой степени принятые в расчёте коэффициенты износа рельсов и величины допустимого износа соответствуют фактическим.

РЕЛЬСОВЫЕ СКРЕПЛЕНИЯ

ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ

К рельсовым креплениям относят элементы верхнего строения пути, предназначенные для:

- а) восстановления непрерывности рельсовой нити в стыках отдельных звеньев;
- б) надёжной и устойчивой связи рельсовой нити с подрельсовым основанием;
- в) закрепления пути от угона;
- г) дополнительного усиления пути в кривых.

В соответствии с этим рельсовые крепления делятся на следующие группы:

- а) стыковые крепления;
- б) промежуточные крепления;
- в) противоугонные устройства;
- г) дополнительные устройства для усиления пути в кривых.

К каждому типу рельсов должен быть свой комплект рельсовых креплений. В некоторых случаях отдельные элементы креплений могут подходить к двум и более типам рельсов. Эти элементы для таких типов рельсов взаимозаменяемы.

По конструкции рельсовые стыки могут быть: а) навесу и б) на опоре (на шпале, двоянных шпалах, трёх шпалах).

Типовым стыком дорог СССР является стык навесу.

Концы встречных рельсов в стыках соединяют парой накладок и стягивают путевыми болтами с применением пружинных шайб.

Стандарты, нормы и утверждённые чертежи определяют точные размеры и форму отдельных деталей стыка и всего стыка в целом.

Рельсовые стыки бывают:

- а) нормальные, для обычного соединения рельсов накладками;
- б) изолирующие, применяемые на линиях с автоблокировкой, где рельсы одновременно служат электрической цепью;
- в) электропроводящие, применяемые для лучшей передачи тока из одного рельса в другой на электрифицированных линиях, где рельсы одновременно служат обратным проводом;
- г) переходные, у которых одна половина длины накладки приспособлена к пазухе одного типа рельса, а другая половина — к пазухе другого типа рельса;
- д) сварные.

Промежуточные крепления различаются по типам рельсов и конструкции. Каждый тип рельсов должен иметь свой комплект промежуточного крепления. Но здесь, так же как и в стыках, могут быть и взаимозаменяемые элементы.

По конструкции промежуточные крепления могут быть:

а) нераздельного типа, когда рельс прикрепляется костылями или шурупами непосредственно к подрельсовому основанию (шпалы, брусья и пр.);

б) то же, но с дополнительным креплением подкладок отдельными, не связанными с рельсами костылями или шурупами. Такое крепление называется полураздельным;

в) раздельного типа, когда рельс прикрепляют специальными клеммами к подкладке, а последняя самостоятельно закрепляется отдельными крепежителями (костыли, шурупы) на подрельсовом основании.

При каждом из этих типов связь рельсов с подрельсовым основанием может быть жёсткой или упругой. К жёсткому типу крепления рельсов относят:

а) костыльное нераздельное, полураздельное и раздельное крепление с жёсткими клеммами;

б) шурупное нераздельное, полураздельное и раздельное крепление с жёсткими клеммами.

К упругому типу крепления рельсов относятся:

а) нераздельное крепление с пружинными костылями;

б) раздельное пружинное крепление.

Противоугонные устройства по принципу действия различают в зависимости от способа передачи угодяющего усилия от рельсов: а) подкладкам, б) шпалам, в) балласту, г) земляному полотну.

Широким распространением пользуется второй тип с передачей угодяющего усилия от рельсов шпалам, а далее через балласт земляному полотну.

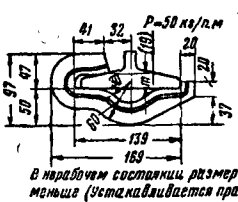
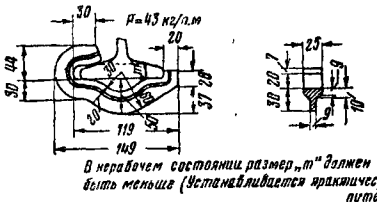
По конструкции противоугоны могут быть:

а) клиновые, б) болтовые, в) пружинные. Наиболее совершенными являются пружинные противоугоны.

К дополнительным устройствам для усиления пути в кривых относятся: а) боковые упоры; б) рельсовые стяжки; в) контррельсы.

Эти устройства применяют в комплексе с другими мероприятиями.

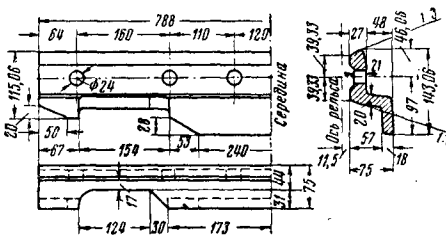
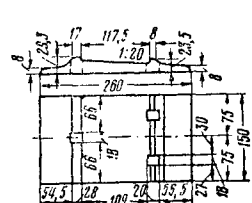
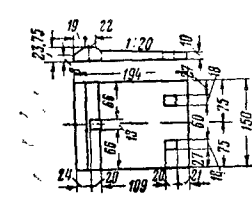
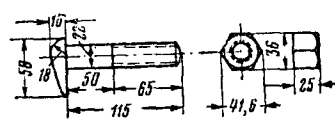
Продолжение табл. 16

Элементы скреплений	Типы	Э с к и з ы	
		Р50	Р43 и Р38
Противоугоны	Пружинные	 <p>В нерабочем состоянии, размер, т" должен быть меньше (устанавливается практическим путем).</p>	 <p>В нерабочем состоянии, размер, т" должен быть меньше (устанавливается практическим путем).</p>

П р и м е ч а н и е. Все приведённые в таблице элементы креплений не стандартизированы и изготавливаются по ведомственным чертежам. В процессе стандартизации могут быть уточнения.

Таблица 17

Скрепления прежних типов к рельсам типов Р43 и Р38 на переходный период

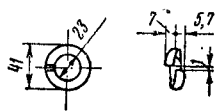
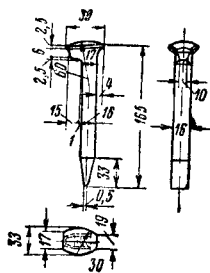
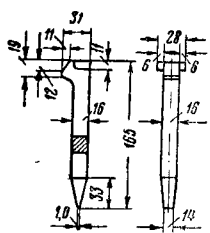
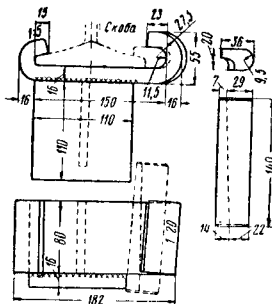
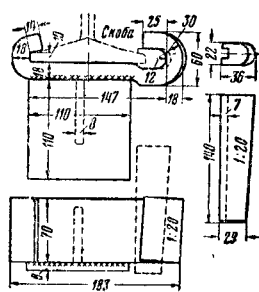
Элементы скреплений	Типы элементов на переходный период	Стандарт	Э с к и з
Накладки	Фартучные улучшенные	—	
Подкладки	Двухреборчатые симметричные дли- ной 260 мм	—	
	Клинчатые	—	
Болты с гайками	С утиной головкой (к фартучным наклад- кам)	ГОСТ 799-41	

Продолжение табл. 17

Элементы скреплений	Типы элементов на переходный период	Стандарт	Э с к и з
Шайбы пружинные	Обычные	ОСТ НКТП 3085	

Элементы креплений	Типы элементов	Стандарт	Э с к и з
Накладки	<p>Двухголовые, объединённые</p> <p>Фартучные улучшенные</p>	<p>—</p> <p>—</p>	
Подкладки	<p>Двухреборчатые симметричные</p> <p>Клинчатые</p>	<p>—</p> <p>—</p>	
Болты с гайками	<p>Круглоголовые $d=22$ мм</p> <p>С утиной головкой</p>	<p>—</p> <p>ГОСТ 799-41</p>	

Продолжение табл. 20

Элементы креплений	Типы элементов	Стандарт	Э с к и з
Шайбы пружинные	Усиленные	—	 См. стр. 67
	Обычные	ОСТ НКТП 3085	
Костыли	С овальной головкой сечением 16×16 мм	—	 
	С квадратной головкой	ГОСТ 818-41	
Противоугоны	Клиновые Шестопалова	—	 
	Клиновые Истомина	—	

Примечание. Двухголовые накладки, круглогловые болты, шайбы усиленные и костыли с овальной головкой в процессе стандартизации могут быть уточнены.

Скрепления к рельсам типов III-а и IV-а

Элементы скреплений	Типы элементов	Стандарт	Э С К И З Ы
Накладки	Фартучные улучшенные	—	<div data-bbox="327 223 527 699"> </div> <div data-bbox="327 699 527 1028"> </div>
Подкладки	Клиночатые	—	<div data-bbox="527 223 726 699"> </div> <div data-bbox="527 699 726 1028"> </div>
Болты с гайками	С утиной головкой	ГОСТ 799-41	<div data-bbox="726 223 925 699"> </div> <div data-bbox="726 699 925 1028"> </div>

Техническая характеристика рельсовых креплений

(См. табл. 24, 25, 26, 27, 28)

Таблица 24

Скрепления к рельсам типов Р65, Р50, Р43

Элементы характеристики	Обозначение характеристики	Измеритель	Скрепления к рельсам типов		
			Р65	Р50	Р43
Действующий стандарт рельсов	—	—	—	ГОСТ 3542-47	
Стыки	—	—	Н а в е с у		
Тип стыка	—	—	440		
Стыковой пролёт	l	мм	500		
Накладки	—	—	Двухголовый		
Профиль проката	—	—	Двухголовый и фартучный (объединённый для рельсов типов Р43, Р38, I-a)		
Конструкции	—	—	Постоянного сечения		
Площадь сечения (проката)	ω	см ²	43,32	29,06	26,04
Наибольшее напряжение при 100%-м напряжении рельсов (растяжении) . .	σ	кг/см ²	4 230	4 825	5 726
Марка стали	—	—	ГОСТ 4133-48	ГОСТ 4133-48	ГОСТ 4133-48
Предел текучести применённого металла	σ _т	кг/см ²	5 500	5 500	5 500
Предел прочности применённого металла	σ _{пч}	»	7 000	7 000	7 000
Болты путевые	—	—	Круглоголовые углеродистая, легированная фосфористая по ОСТ НКТП 4197		
Вид	—	—	а) 5 000—5 600 б) 6 000		
Сталь для болтов	—	—	а) 5 000—5 600 б) 6 000		
» для гаек	—	—	а) 7 000—7 700 б) 8 100		
Предел текучести применённой стали для болтов	σ _т	кг/см ²	а) 5 000—5 600 б) 6 000	а) 5 000—5 600 б) 6 000	а) 5 000—5 600 б) 6 000
Предел прочности применённого металла для болтов	σ _{пч}	»	а) 7 000—7 700 б) 8 100	а) 7 000—7 700 б) 8 100	а) 7 000—7 700 б) 8 100
Шайбы пружинные	—	—	У с и л е н н ы й		
Тип	—	—	1 638		
Реактивное давление накладки на гайку при полной напряжённости шайбы	R	кг	1 638	1 530	1 016
Развод концов	l	мм	8,2	6,5	5,7
Наибольшее рабочее напряжение . .	σ	кг/см ²	12 800	12 800	12 800
Марка стали	—	—	60C2 XA по ГОСТ 2052-43		
Предел текучести металла	σ _т	кг/см ²	16 000	16 000	16 000
Предел прочности	σ _{пч}	»	18 000	18 000	18 000
Промежуточные крепления	—	—	Полураздельный костыльный		
Тип	—	—	Двухребордчатый		
Подкладки	—	—	555,48		
Профиль проката	ω	см ²	555,48	475,48	418,0
Площадь нетто	—	—	2 400		
Наибольшее напряжение при 100%-м напряжении изношенного на 6 мм рельса	σ ₁₀₀	кг/см ²	2 400	2 198	—
Марка стали	—	—	Ст. 4	Ст. 4	Ст. 4
Предел текучести металла	σ _т	кг/см ²	2 500	2 500	2 500
Предел прочности металла	σ _{пч}	»	4 250	4 250	4 250
Напряжение в шпале на смятие . . .	σ _{max}	»	24,96	24,83	25,07
	σ _{min}	»	15,52	15,97	16,07
	σ _{ср}	»	20,24	20,24	20,57
Допускаемое напряжение на смятие в основной шпале	σ _{доп}	»	25	25	25
Костыли	—	—	С овальной головкой 1, 2 и 3 по ГОСТ 535-41		
Конструкция	—	—	П р у ж и н н ы е		
Марка стали	—	—	500		
Противоугоны	—	—	Т а в р о в о е		
Тип	Q	кг	500	500	500
Сдвигающее противоугоны усилие . .	—	—	4,325		
Сечение	ω	см ²	4,325	4,325	4,325
Площадь сечения	σ	кг/см ²	4 099	3 923	3 923
Наибольшие напряжения в скобе . .	—	—	Ст. 65 ГОСТ В 2052-43		
Марка стали	—	—	8 000		
Предел текучести металла	σ _т	кг/см ²	8 000	8 000	8 000
Предел прочности металла	σ _{пч}	»	10 000	10 000	10 000

Примечание. Типы креплений ещё не стандартизированы и техническая характеристика их в процессе стандартизации может измениться.

Примечание. Типы креплений ещё не стандартизированы и техническая характеристика их в процессе стандартизации может измениться.

[illegible]

Таблица 26

Промежуточные крепления к рельсам

Элементы характеристики	Обозначения	Единицы измерения	I-a	P38		III-a	IV-a
Действующий стандарт рельсов	—	—	—	ГОСТ 3542-47		—	—
Предшествующий стандарт рельсов	—	—	ОСТ 118	ОСТ 119	ОСТ 120	ОСТ 121	ОСТ 121
Промежуточные крепления							
Тип	—	—	Нераздельный костыльный				
Подкладки							
Профиль проката	—	—	Клинчатый	Двухреборчатый	Клинчатый	Двухреборчатый	Клинчатый
Конструкция	—	—	Симметричная	Симметричная	Симметричная	Симметричная	Симметричная
Площадь нетто	см ²	см ²	302,5	379	280	418	256
Наибольшее напряжение при 100%-ном напряжении изношенного на 6 мм рельса	σ_{100}	кг/см ²	1 887	2 210	1 700	1 941	1 474
Марка стали	—	—	Прокатная литая сталь любой марки				
Предел текучести применённого металла	σ_T	кг/см ²	Не нормируется				
Напряжение в шпале на смятие	σ_{max}	»	40,04	30,47	39,93	27,60	46,00
	σ_{min}	»	20,81	18,13	19,67	16,42	22,81
	σ_{cp}	»	30,43	24,30	29,80	22,01	34,41
Допускаемое напряжение на смятие в основной шпале	$\sigma_{доп}$	»	25	25	25	25	25
Костыли							
Конструкция	—	—	С овальной головкой				
Марка стали	—	—	Ст. 1, 2, 3 по ГОСТ 535-41				
							С квадратной головкой

Таблица 27

Скрепления к лёгким типам рельсов

Элементы креплений	Вес в кг	Элементы креплений	Вес в кг
Накладка объединённая к рельсам с расстоянием между болтовыми отверстиями 127—127—127 мм	8,680	Подкладка типа V	2,671
То же с расстоянием 140—125—140 мм	9,080	» » VI	2,628
Подкладка типа IА	3,693	» » VII	2,484
» » IIА	3,344	» » VIII	2,412
» » IIIА	3,003	Болт d=19 мм объединённый	0,256
» » IV	2,538	Шайбы (1 000 шт.)	23,753
		Гайка (1 шт.)	0,104
		Костыль объединённый сечением 14×14 мм	0,250
		То же сечением 16×16 мм	0,348

чество пружинных противоугонов, устанавливаемых на звене длиной 12,5 м при числе шпал 20 и 23 шт., должно быть не менее указанного в табл. 46.

На однопутных участках с явно выраженным односторонним грузовым движением закрепление пути от угона производится в одну сторону аналогично двухпутным линиям.

Тормозные спуски так называемого негрузового направления закрепляются в обе стороны.

После производства работ по реконструкции пути, капитальному или среднему ремонту, а также при подъёмке пути на свежий балласт указанное в таблице количество противоугонов следует увеличивать на 20%.

После укатки пути добавочное количество противоугонов может быть снято.

На участках с двухголовыми стыковыми накладками при одностороннем закреплении добавлять по две пары противоугонов, устанавливаемых в сторону, противоположную преимущественному движению.

Противоугоны следует устанавливать посередине звена.

Порядок распределения противоугонов внутри звена приводится на схемах № 1 и 2 (фиг. 25 и 26).

Начальникам дистанций предоставляется право по местным условиям менять установленное количество противоугонов с расчётом на полное закрепление пути от угона.

Порядок установки клиновых противоугонов с 1949 г.

Клиновые противоугоны устанавливаются на участках с нераздельным костыльным креплением.

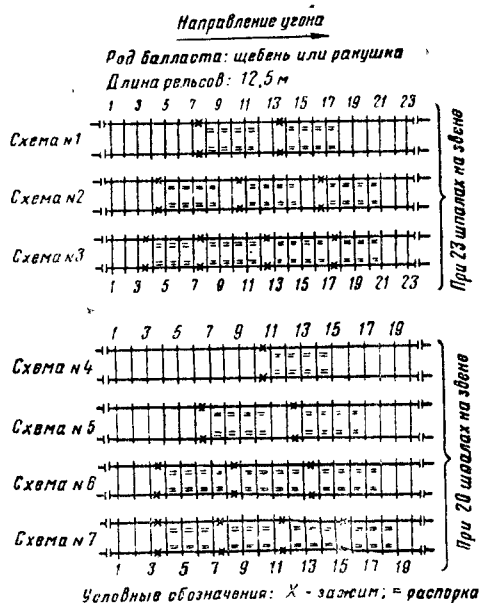
В зависимости от силы угона применяются 2—4 секции противоугонов на звено, состоящее из одной пары противоугонов, и, как правило, трёх пар распорок при щебёночном балласте и 4 пар распорок при песчаном балласте.

Распорки устанавливаются внутри колен, с расстоянием в свету между распоркой и

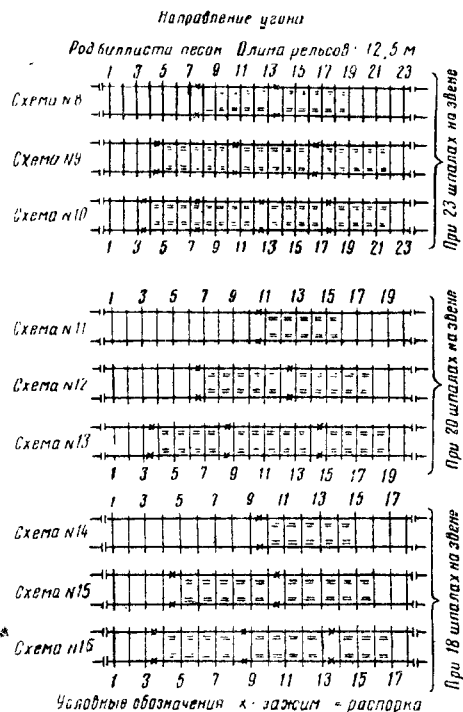
подошвой рельса (в плане) 25 см. Распорки устанавливаются плотно; расположение их в плане должно давать прямую линию, сечение распорки должно соответствовать половине сечения шпалы.

Количество секций противоугонов, необходимых для закрепления пути от угона, устанавливается согласно табл. 47.

Расстановка противоугонов производится по указанным ниже схемам (фиг. 27).



Фиг. 19. Схемы установки клиновых противоугонов на двухпутных линиях до 1949 г.

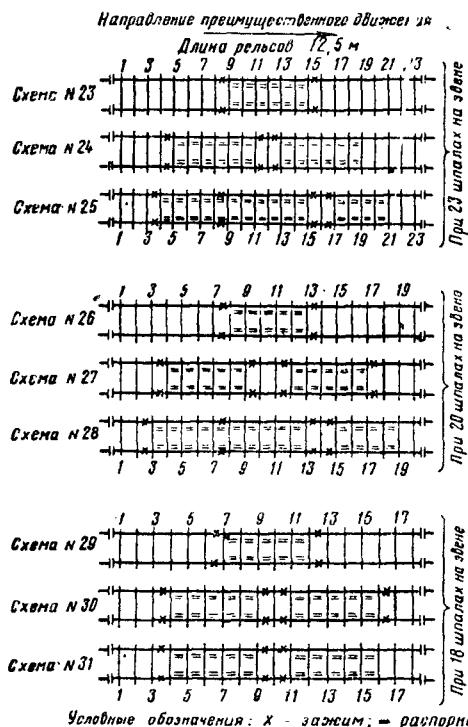


Фиг. 20. Схемы установки клиновых противоугонов на двухпутных линиях до 1949 г.



Фиг. 21. Схемы установки клиновых противоугонов на двухпутных линиях до 1949 г.

На участках пути с двухголовыми стыковыми накладками в схемах № 1—4 на двухпутных и однопутных линиях добавлять по одной паре противоугонов, устанавливаемых к средней секции в сторону, противоположную преимущественному движению.



Фиг. 22. Схемы установки клиновых противоугонов на однопутных линиях до 1949 г.

При рельсах длиной 25—30 м количество секций противоугонов удваивается.

На отдельных участках, в зависимости от местных условий и силы угона, разрешается начальникам дистанций пути увеличивать количество противоугонов до полной ликвидации угона.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ

Упругие прокладки между рельсами и подкладками

Для смягчения ударов между рельсами и подкладками, а также выравнивания неровностей подошвы рельса и верхней опорной поверхности подкладки в местах их взаимного опирания применяют упругие прокладки из прессованной древесины. Прокладки имеют толщину 4—5 мм. В плане они имеют размер верхней опорной поверхности подкладки. Иногда их края свешиваются с подкладки для образования в этих местах реборд против сползания.

Установленных типов прокладок пока не имеется.

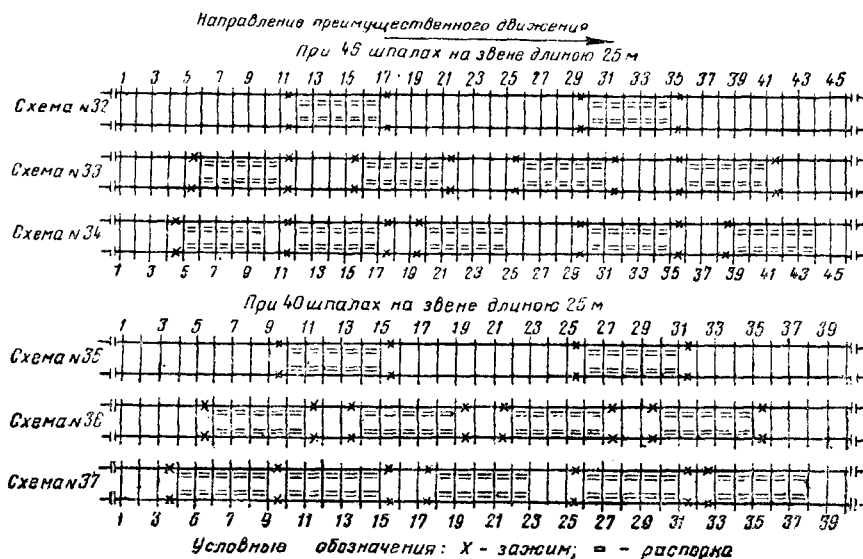
Хорошие результаты дают резиновые прокладки.

Карточки и напальники

Выправку пути на пучинах производят при помощи карточек, башмаков, коротких и сквозных напальников. Размеры их указаны в табл. 48 и 49.

Пучинные костыли

При исправлении пути на пучинах применяются кроме нормальных костылей ещё пучинные.



Фиг. 23. Схемы установки клиновых противоугонов на однопутных линиях до 1949 г.

Технические условия на рельсовые крепления

(см. табл. 29—31)

Таблица 29

Технические условия на накладки

Содержание технических условий	На к л а д к и	
	двухголовые к рельсам типов Р50, Р43	фартучные к рельсам типов Р43, I-a, Р38, III-a, IV-a
Стандарт Материал	ГОСТ 4133-48* Мартеновская сталь марок МСт. 6 и МСт. 7	ОСТ 967 Мартеновская сталь марки Ст. 4
Химический состав МСт. 6 в %	C = 0,38 — 0,50; Mn = 0,50 — 0,80; Si = 0,17 — 0,35; S ≤ 0,055; P ≤ 0,050	Соответствует Техническим условиям НКПС 302ТУ24
То же МСт. 7	C = 0,50 — 0,63; Mn = 0,55 — 0,80; Si = 0,17 — 0,35; S ≤ 0,055; P ≤ 0,050 (по ГОСТ 380-50) (взамен ГОСТ 380-41)	
Разрезка полос на мерные длины	В горячем или холодном состоянии	В холодном состоянии
Прошивка болтовых отверстий и шпунтов	В горячем состоянии	В холодном состоянии
Термическая обработка	Закалка и отпуск	Не применяется
Внешний вид	Наружная поверхность накладок должна быть ровной, чистой, без шлаков, пузырей, трещин, заусенцев, выступов и бугорков. Заусенцы на торцах и в отверстиях допускаются	Наружная поверхность накладок должна быть чистой, без шлаков, трещин и пузырей. Заделка недостатков воспрещается. Незначительные разрешается срубить или спилить, плёны и закаты незначительных размеров допускаются
Допуски	Указываются на чертежах	В диаметрах дыр +0,5 мм В ширине выреза +1,0 мм В глубине выреза: для III-a — +3 мм, для I-a, II-a, III-a — +1,5 мм В расстоянии между дырами и в поперечном направлении ±1 В расстоянии между шпунтами относительно середины накладки и в положении шпунтов относительно дыр ±1 В толщине накладки —0,5+1 В длине накладки +4—2 В прочих измерениях ±0,5
Испытание на растяжение: предел прочности на растяжение в кг/мм² не менее предел текучести в кг/мм² не менее относительное удлинение в процентах не менее	70 50 10	42,50 22,50 —
Испытание на холодный загиб	Диаметр оправки должен быть равен трёхкратной толщине образца. Угол загиба для стали: МСт. 6—90°, МСт. 7—60°. Образцы должны выдержать испытание без излома, надрывов и трещин	—
Испытание на удар	—	Накладки свинчивают с кусками рельсов длиной 500 мм и все вместе подвергаются удару бабы весом 500 кг при расстоянии между опорами 1 м и высоте бабы: для рельсов типа I-a . . . 1,8 м » » » II-a . . . 1,65 » » » » III-a . . . 1,35 » » » » IV-a . . . 1,2 » при этом в стыке не должно быть трещин и надрывов
Испытание на твёрдость	Средняя арифметическая результатов испытаний трёх накладок на твёрдость по Бринеллю должна быть в пределах 202 — 302. При поплавочной сдаче накладок определение твёрдости не обязательно	—

* ГОСТ 4133-48 распространяется на стыковые накладки к рельсам весом до 45 кг/пог.м. Временно по этому же ГОСТ изготавливаются и накладки к рельсам Р50.

Продолжение табл. 29

Содержание технических условий	Н а к л а д к и	
	двухголовые к рельсам типов Р50, Р43	фартучные к рельсам типов Р43, I-a, Р38, III-a, IV-a
Проверка качества	Производится ОТК завода-изготовителя	Приёмщиком
Приёмка накладок	Производится инспектором МПС	Приёмщиком
Партии приёмки	Не более 1 500 шт. каждая. При поплавоочной сдаче 3 000 шт.	2 000 шт., разрешается и 4 000 шт.
Отбор проб для испытаний	Для химического анализа — 1 проба от плавки Для контрольного осмотра и обмера — 1% от партии Для испытания на растяжение — 1 образец от партии На загиб — 1 образец от партии На твердость — 3 накладки от партии	До 10% от числа предъявленных накладок 1 накладка от партии На удар 4 накладки от партии
Методы освидетельствования и испытания	Отбор образцов для химического анализа по ГОСТ 380-50. Химический анализ по ГОСТ 2331-43. Проверка размеров шаблонами. Испытание на растяжение по ГОСТ 1497-42. Испытание на загиб по ОСТ 1683. Определение твердости по ОСТ 10241-40	
Маркировка, упаковка и паспортизация	Поставка по актам с указанием результатов испытаний, рода термообработки, количества накладок и веса партии. Поставка по маркам стали и типам накладок. Прокат маркируется	Накладки связываются проволокой в 4 мм пачками по 5 шт. На каждой прокатанной полосе выкачивается через каждые 500 мм две цифры: год изготовления и марка или условный номер завода

Примечание. Накладки к лёгким типам рельсов — по ОСТ 350ТУ-26; к рельсам узкой колеи ТУ на накладки не установлены. Крепления изготавливаются по техническим требованиям заказчиков, согласованным с МЧМ.

Таблица 30

Технические условия на подкладки

Содержание технических условий	Подкладки двухребордчатые к рельсам типов Р65, Р50, Р43, Р38, I-a, III-a и IV-a
Стандарт	ГОСТ 3280-46
Материал	Бессемеровская, томасовская и мартиновская сталь
Химический состав стали	Бессемеровская: С — 0,12%, Р — 0,085%; томасовская: С — 0,10%, Р — 0,08%; мартиновская: С — 0,16%, Р — 0,05%
Размеры и допуски	По согласованным с заказчиком чертежам
Внешний вид	Наружная поверхность должна быть чистой, без плёнок, шлаков, закатов, пузырей, трещин, заусенцев, а также без выступов и бугорков на поверхности прилегания к рельсам. Поверхности прилегания подкладки к рельсу и шпалу должны быть плоскими. Выпуклость поверхности прилегания к рельсу не допускается; выпуклость может быть не больше 0,5 мм. Вогнутость и выпуклость поверхности прилегания к шпале не должны превышать 1 мм. Местные выпуклости у верха костыльных отверстий не допускаются
Разрезка полосы и прошивка отверстий	Могут производиться в горячем и холодном состояниях
Испытание на загиб	Под прессом или молотом на 60° (внутренний угол 120°). В результате не должно быть излома, трещин и надрывов
Приёмка подкладок	Производится ОТК завода-изготовителя
Партии приёмки	Не более 3 000 шт., при поплавоочной сдаче до 5 000 шт.
Отбор проб для испытаний	Для химического анализа — одна проба на плавку, для испытания на загиб — одна подкладка от партии, для контрольного осмотра и обмера — не менее 1% подкладок от партии
Методы освидетельствования и испытания	Отбор проб для химического анализа — по ГОСТ 380-50, химический анализ — по ГОСТ 2331-43

Продолжение табл. 30

Содержание технических условий	Подкладки двухребордчатые к рельсам типов Р65, Р50, Р43, Р38, I-а, III-а и IV-а
Маркировка, упаковка и паспортизация	<p>Промеры — посредством универсальных измерительных приборов и шаблонов</p> <p>При испытании на загиб подкладку кладут продольными краями нижней поверхности на опоры и загибают при помощи оправки радиусом 10 мм</p> <p>Поставка — по сертификатам с указанием результатов испытаний, количества подкладок и веса партии. На наружной стороне реборды выкатывается марка завода-изготовителя,</p> <p>Примечание. ТУ на подкладки к рельсам узкой колеи не установлены. Прокладки изготавливаются по техническим требованиям заказчиков, согласованным с МЧМ</p>

Технические условия на болты и гайки

Таблица 31

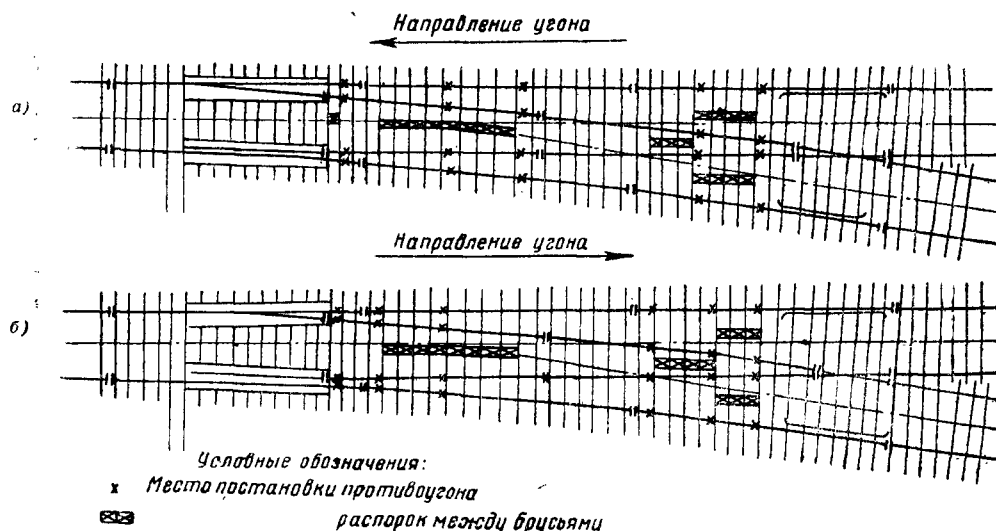
Содержание технических условий	Б о л т ы										
	круглоголовые к рельсам типов Р63, Р50, Р43	с утиной головкой к рельсам типов Р43, I-а, Р38, III-а и IV-а									
Стандарт	Временные ТУ	ГОСТ 799-41									
Материал: для болтов	Сталь мартеновская	Сталь марок Ст. 3 или Ст. 4 по ГОСТ 380-50 (взамен ГОСТ 380-41)									
для гаек	Мартеновская или конверторная сталь	Фосфористая сталь по ОСТ НКТП 4197									
Профиль резьбы	По ОСТ НКТП 1260	По ОСТ НКТП 32 или ОСТ НКТП 1260. При новой сплошной укладке применяются болты только с метрической резьбой									
Изготовление резьбы	Резьба изготавливается путём накатки или нарезки	Накаткой с предварительной подготовкой стержня или без предварительной подготовки									
Качество резьбы	Резьба не должна иметь сорванных ниток. Вмятины и заусенцы, препятствующие завинчиванию, не допускаются	Резьба не должна иметь сорванных ниток. Вмятины и заусенцы, препятствующие завинчиванию, не допускаются									
Устойчивость гайки	Гайки должны свободно навинчиваться от руки на длину от 2 до 6 ниток (оборотов) и плотно доводиться ключом на всю длину резьбы, не срывая последней	Гайка, навинченная от руки не более чем на 6 винтов, не должна иметь качки и на остальную часть резьбы должна навинчиваться ключом длиной 550 мм без повреждения резьбы									
Поверхность болтов и гаек	Не допускаются на поверхности болтов и гаек риски и раковины глубиной более 0,5 мм, а также трещины, надрывы, пережжённые места, плёны, раковины	Не допускаются риски и раковины глубиной более 0,5 мм, а также трещины, надрывы, пережжённые места, плёны, рванина									
Отклонения от перпендикулярности опорных поверхностей головки болта и гайки к оси стержня	—	<p>Не должны превышать:</p> <table> <tr> <th>При диаметре резьбы</th><th>Болт</th><th>Гайка</th></tr> <tr> <td>$\frac{3}{8}$"</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr> <td>22 мм и $\frac{7}{8}$"</td><td>2,4</td><td>1,2</td></tr> </table>	При диаметре резьбы	Болт	Гайка	$\frac{3}{8}$ "	2	1	22 мм и $\frac{7}{8}$ "	2,4	1,2
При диаметре резьбы	Болт	Гайка									
$\frac{3}{8}$ "	2	1									
22 мм и $\frac{7}{8}$ "	2,4	1,2									
Испытание болтов на прочность соединения головки со стержнем	Болт должен выдержать испытание в холодном состоянии без изломов и трещин	Болты должны выдержать в холодном состоянии испытание на прочность без изломов и трещин									
Испытание гаек на сплющивание	Гайки должны выдержать испытание в холодном состоянии до уменьшения размера «под ключ» не менее чем на 10% без разрушения	Гайки должны выдержать испытание в холодном состоянии до уменьшения размера «под ключ» не менее чем на 10% без разрушения									
Испытание заготовок на загиб	Без излома на 45° из углеродистой стали и на 90° из легированной	На угол 90° без излома и трещин									
Испытание на растяжение	Образцы, вырезанные из готовых болтов, должны при испытаниях на растяжение удовлетворять требованиям табл. 32										

Продолжение табл. 31

Содержание технических условий	Б о л т ы	
	круглоголовые к рельсам типов Р65, Р50, Р43	с утиной головкой к рельсам типов Р43, I-а, Р38, III-а и IV-а
Партии приёмки	Не более 5 т	Не более 5 т
Отбор болтов и гаек для осмотра и обмеров	До 1%, но не менее 50 шт.	До 1%, но не менее 50 шт.
Отбор образцов для испытаний	Из числа проверенных по 5 образцов для каждого вида испытаний	Из числа проверенных по 5 образцов для каждого вида испытаний
Методы испытаний	<p>Химический анализ по ГОСТ 2331-43 и ОСТ НКТП 8892/2373. Испытание на растяжение по ГОСТ 1497-42. Испытание на загиб по ОСТ 1683. Испытание на прочность соединения головки со стержнем по ГОСТ 779-41. Испытание гаек на сплющивание производится под прессом при нагрузке, приложенной перпендикулярно боковой грани</p> <p>Испытание гаек на прочность производится путём растяжения болта с навинченной на него гайкой до предела текучести болта</p>	<p>Наружный осмотр производится невооружённым глазом. Проверка размеров предельными калибрами или многомерным измерительным инструментом. Перпендикулярность проверяется в матрицах</p> <p>Заготовки проверяются на загиб вокруг оправки диаметром, равным диаметру заготовки</p> <p>Испытание прочности соединения головки с болтом производится на матрице со скошенной на 15° поверхностью. Испытание гаек на сплющивание производится под прессом</p>
Упаковка и маркировка	<p>На головке болта ставится знак завода-изготовителя и условный знак марки стали: У — углеродистая, Л — легированная.</p> <p>На головке болтов с метрической резьбой ставится, кроме того, буква М. В гайке метрическая резьба отмечается тремя выступами на верхней торцевой поверхности. Болты и гайки сдаются по сертификатам. Обязательна смазка противокоррозийным веществом</p>	<p>На головке болта ставится знак завода-изготовителя. Метрическая резьба отмечается буквой М на головке болта. В гайке она отмечается тремя выступами на верхней торцевой поверхности. Болты и гайки сдаются по сертификатам. Они смазываются для предохранения от коррозии. Смазка производится ящиками не более 80 кг и бочками не более 120 кг. Тара клеймится</p>

Примечания. 1. ТУ на болты и гайки для рельсов узкой колеи не установлены.

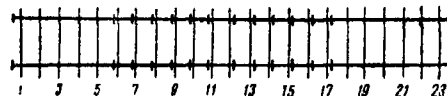
2. Болты изготавливают по техническим требованиям, согласованным с МЧМ.



Фиг. 24. Схемы установки клиновых противоугонов на стрелочных переводах и станционных путях до 1949 г.: а — схема № 38; б — схема № 39



Фиг. 25. Схема установки пружинных противоугонов на двухпутных линиях с 1949 г.



Фиг. 26. Схема установки пружинных противоугонов на однопутных линиях с 1949 г.

Механические свойства образцов для испытания болтов на растяжение

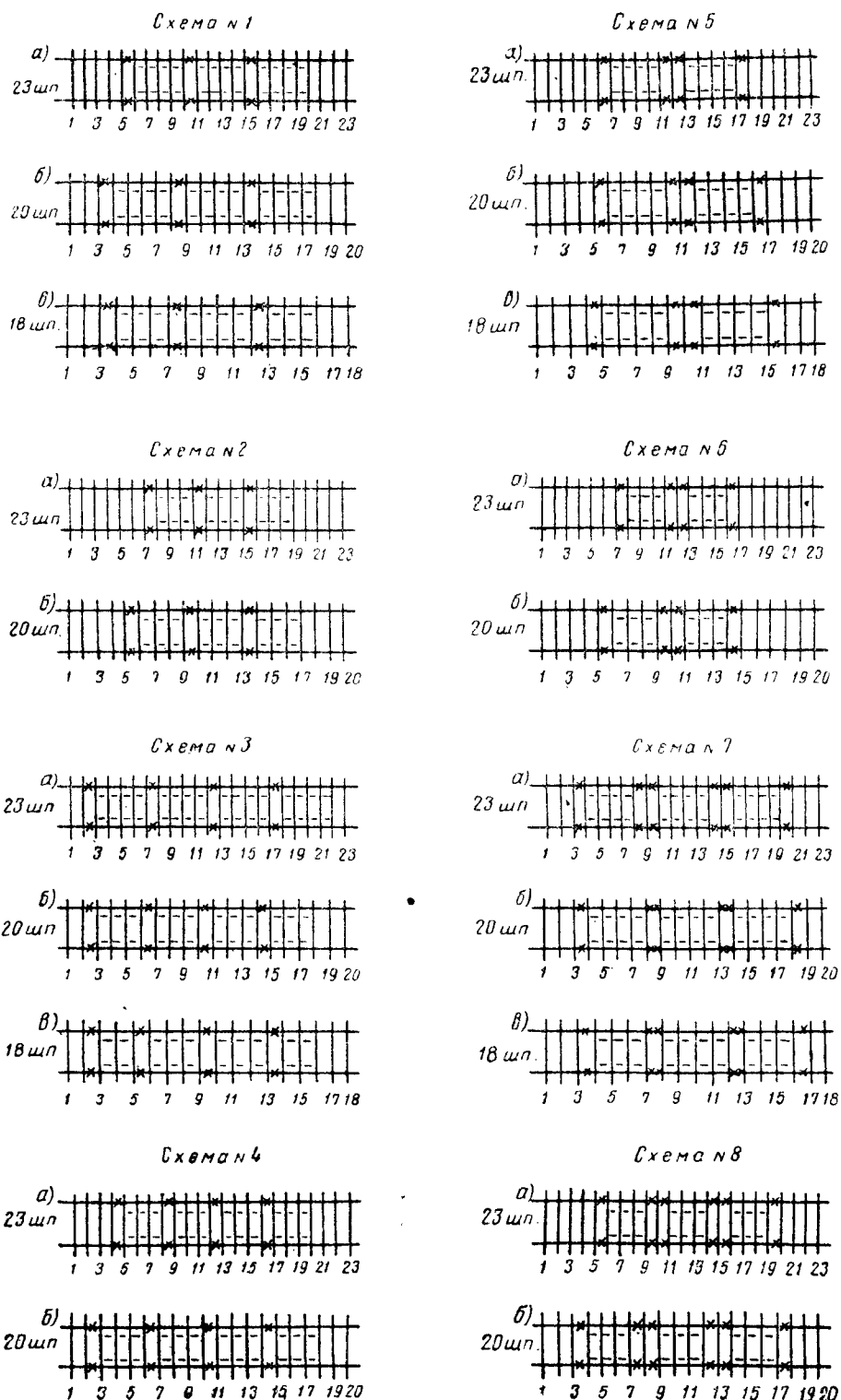
Таблица 32

Характеристика свойств	Болты из стали		
	углеродистой		легированной
	нормального качества	повышенного качества	
Предел прочности в кг/мм^2	70	77	81
Предел текучести в кг/мм^2	50	56	60
Удлинение в % (на пятикратной длине)	12	14	15
Сужение в %	25	35	40

Технические условия на шайбы

Таблица 33

Содержание технических условий	Шайбы		
	усиленные к рельсам типов Р65, Р50, Р43	обычные к рельсам типов I-a, Р38, III-a, IV-a	к болтам рельсов узкой колеи типа 24 кг/пог. м
Стандарт	Отсутствует	ОСТ НКТП 3085	ОСТ НКТП 3085
Материал	Выбор марки стали, способ изготовления и термической обработки—по усмотрению Министерства металлургической промышленности. По требованию МПС шайбы должны выдерживать без излома, трещин и остаточных деформаций реактивное давление не менее 1 500 кг	Кремнистая катанка: углерод 0,45—0,55%; марганец 0,6—0,9%; кремний 1,8—2,2%; фосфор не более 0,045%; сера не более 0,045%	Кремнистая катанка: углерод 0,45—0,55%; марганец 0,6—0,9%; кремний 1,8—2,2%; фосфор не более 0,045%; сера не более 0,045%
Внешний вид		Должны быть однообразны и правильны по форме и сечению, иметь ровную поверхность без заусенцев, трещин и наружных дефектов	
Механические свойства		При испытании на пружинение путём десятикратного обжатия доотказа продолжительностью 10 сек. каждого шайбы не должны ломаться и разность между высотой развода до первого обжатия и после первых пяти обжатий не должна превышать 0,4 мм, а после вторых пяти обжатий 0,2 мм. Испытанные по п. 1 шайбы подвергаются повторному обжатию в течение 24 час. под давлением 4 000—5 000 кг, после чего в них не должно быть изломов и трещин	
Партии приёмки		1 000 шт.	
Отбор образцов для обмера и осмотра		По 10 шт. от каждой партии	
Отбор образцов для механических испытаний		Из отобранных ранее 10 шт. при удовлетворительном результате обмера отбирается 1 шт.	
Упаковка и маркировка		Шайбы, смазанные предохраняющим от ржавления веществом, упаковываются в деревянные ящики с общим весом около 50—20 кг. Ящики маркируются с указанием типа, размеров шайб, веса (нетто), завода и стандарта. В одном ящике упаковываются шайбы одного размера	



Фиг. 27. Схемы установки клиновых противоугонов с 1949 г.
Условные обозначения: х — зажим; - — распорка

Таблица 34

Технические условия на костыли

Содержание технических условий	Костыли к рельсам типов Р65, Р50, Р43, Р38, I-а, III-а, IV-а и лёгких типов
Стандарт Материал Качество изделия Технологические пробы Партии приёмки Отбор для наружного осмотра и обмера Отбор образцов для технологических проб Испытание на загиб Испытание на забивку Упаковка и маркировка	Проект ГОСТ Сталь марок 1, 2 и 3 по ГОСТ 535-45 Костыли должны быть без прогаров, рванин и пузырей. Не допускаются поверхностные складки более 2 мм а) На загиб в холодном состоянии на 180° по ГОСТ 380-50; на наружной поверхности загиба не должно быть трещин; б) На шестикратную забивку в дубовую шпалу с выдёргиванием 10—20 т 5% от партии по усмотрению ОТК Из отобранных 5% костылей отбирают по усмотрению ОТК 10 костылей Испытанию подвергают шесть отобранных костылей Испытанию подвергают 4 костыля. Удлиненные костыли забивают в шпалу на глубину 135—140 мм, нормальные—на глубину 115—120 мм Костыли отгружаются в ящиках, бочках или кулях весом не более 80 кг. В одну тару упаковываются костыли одного размера. На поверхности тары наносят краской условное обозначение костыля, сорт, вес нетто, марку завода и клеймо ОТК. Разрешается отгрузка костылей без упаковки
Примечание. На костыли к рельсам узкой колеи ТУ не регламентированы и устанавливаются заказчиками по согласованию с Министерством металлургической промышленности.	

Таблица 35

Технические условия на шурупы

Содержание технических условий	Шурупы путевые для крепления рельсов и деталей стрелочных переводов
Стандарт Материал Качество изделия Испытание Партии приёмки Отбор образцов для наружного осмотра и обмера Отбор образцов для испытания на изгиб Методы испытаний Упаковка и маркировка	ГОСТ 809-41 Сталь марки Ст. 3 по ГОСТ 380-50 Поверхность должна быть без трещин, надрывов, пережатых мест и рванин. Не допускаются: риски и раковины глубиной более 0,5 мм, заусенцы более 1 мм и затупление рёбер шипа головки, превышающее 1 мм на сторону в нижних двух третях высоты шипа и 2 мм на сторону в верхней трети В резьбе не должно быть сорванных ниток, наплывов металла и рванин Шурупы должны выдерживать в холодном состоянии испытание на загиб на угол 45° без признаков излома и трещин Не более 20 т 0,5% от партии, но не менее 50 шт. Из проверенных по наружному осмотру и обмеру отбирают пять образцов для испытания на изгиб Наружный осмотр шурупов производится невооружённым глазом. Размеры проверяются предельными калибрами (шаблонами) Испытание на изгиб производится вокруг оправки, диаметр которой равен удвоенному диаметру шурупа На сферической части головки шурупа выштамповывается условный знак завода-изготовителя и номер, присвоенный типу шурупа На каждую партию составляется сертификат Шурупы покрываются каменноугольной смолой Шурупы упаковываются в ящики или бочки весом брутто не более 80 кг для ящика и не более 120 кг для бочки. На таре наносится условное обозначение шурупа, вес нетто, клеймо ОТК, марка завода

Расход укладочных материалов на 1 км

(см. табл. 36—42)

Таблица 36

Расход рельсов

Тип рельса	Длина рельса в м	Вес в кг		На 1 км нетто	Количество на 1 км в шт.
		1 пог. м нетто	1 штуки нетто		
Р65	25,0	64,91	1 622,12	129 769,6	80
Р65	12,5	64,91	810,745	129 719,2	160
Р50	25,0	50,504	1 261,96	100 958,8	80
Р50	12,5	50,504	630,67	100 907,2	160
Р43	25,0	43,6	1 089,5	87 160,0	80
Р43	12,5	43,6	544,5	87 120,0	160

Таблица 37

Расход накладок

Тип рельса	Форма накладок	Число болтов в шт.	Число накладок на 1 км при длине рельса		Вес одной штуки в кг	Вес в кг на 1 км при длине рельса	
			25,0 м	12,5 м		25,0 м	12,5 м
P65	Двухголовая	4	160	320	22,35	3 576,0	7 152,0
P50	»	6	160	320	19,60	3 136,0	6 272,0
P43 и P38	»	6	160	320	15,40	2 464,0	4 928,0
P43 и P38	Фарт. улучшенная .	6	160	320	19,10	3 056,0	6 112,0

Таблица 38

Расход болтов с гайками

Тип рельса	Длина рельса в м	Форма головки	Количество шт.		Вес в кг	
			на один стык	на 1 км	1 шт.	на 1 км
P65	25,0	Круглая	4	320	1,042	333,4
P65	12,5	»	4	640	1,042	666,9
P50	25,0	»	6	480	0,800	384,0
P50	12,5	»	6	960	0,800	768,0
P43	25,0	»	6	480	0,679	325,9
P43	12,5	»	6	960	0,679	651,8
P43	25,0	Утиная	6	480	0,617	296,2
P43	12,5	»	6	960	0,617	592,3

Таблица 39

Расход подкладок

Тип рельса	Форма подкладки	Количество подкладок в шт. на 1 км при числе шпал				Вес 1 шт. в кг	Вес на 1 км в кг
		1 440	1 600	1 840	2 000		
P65	Двухреборчатая симметричная .	—	—	3 680	—	7,91	29 108,8
P65	То же	—	—	—	4 000	7,91	31 640,0
P50	»	—	—	3 680	—	6,09	22 411,2
P50	»	—	—	—	4 000	6,09	24 360,0
P43	»	2 880	—	—	—	5,56	16 012,8
P43	»	—	3 200	—	—	5,56	17 792,0
P43	»	—	—	3 680	—	5,56	20 460,8
P43	Клиноватая	2 880	—	—	—	3,34	9 619,2
P43	»	—	3 200	—	—	3,34	10 688,0
P43	»	—	—	3 680	—	3,34	12 291,2

Таблица 40

Расход костылей с овальной головкой
(вес 1 шт. 0,375 кг)

Тип рельса	Форма подкладки	Количество костылей на 1 шпалу в шт.	На 1 км при количестве шпал							
			1 440		1 600		1 840		2 000	
			шт.	кг	шт.	кг	шт.	кг	шт.	кг
P65	Двухреборчатая симметричная . . .	10	—	—	—	—	18 400	6 900	20 000	7 500
P50	То же	10	—	—	—	—	18 400	6 900	20 000	7 500
P43	»	10	14 400	5 400	16 000	6 000	18 400	6 900	—	—
P43	Клиноватая	6	8 640	3 240	9 600	3 600	11 040	4 140	—	—

Таблица 41

Расход шайб

Тип рельса	Длина рельса в м	Диаметр болта в мм	Количество болтов в стыке в шт.	Вес 1 шт. в кг		Расход шайб на 1 км	
				обычной	мощной	в шт.	в кг
P65	25,0	27	4	—	0,161	320	51,5
P65	12,5	27	4	—	0,161	640	103,0
P50	25,0	24	6	—	0,078	480	37,4
P50	12,5	24	6	—	0,078	960	74,9
P43	25,0	22	6	0,05	—	480	24,0
P43	12,5	22	6	0,05	—	960	48,0

Таблица 42

Вес креплений на 1 км пути (не включая шайб)

Тип рельса	Длина рельса в м	Форма накладок и подкладок	Количе- ство бол- тов в сты- ке в шт.	При количестве шпал на 1 км			
				1 440	1 600	1 840	2 000
P65	25,0	Накладки двухголовые, подкладки двухребордчатые	4	—	—	39 918,2	43 049,4
P65	12,5	То же	4	—	—	43 827,7	46 958,9
P50	25,0	» »	6	—	—	32 831,2	35 380,0
P50	12,5	» »	6	—	—	36 351,2	38 900,0
P43	25,0	» »	6	24 202,7	26 781,9	30 150,7	—
P43	12,5	» »	6	26 992,6	29 571,8	32 940,6	—
P43	25,0	Накладки фартуч. улучшен., под- кладки двухребордчатые	6	16 211,4	17 640,2	19 783,4	—
P43	12,5	То же	6	19 563,5	20 992,3	23 135,5	—

Таблица 43

Установка клиновых противоугонов в зависимости от характеристики участка и вида балласта на двухпутных линиях до 1949 г.

Род балласта	Количество шпал на 1 км	Грузооборот в млн. ткм км в год	При длине рельсового звена					
			до 12,5 м			25 м		
			на уклонах больше 4‰	на пло- щадках, уклонах и подьё- мах мень- ше 4‰	на подьё- мах боль- ше 4‰	на уклонах больше 4‰	на пло- щадках, уклонах и подьё- мах мень- ше 4‰	на подьё- мах боль- ше 4‰
			№ применяемых схем					
Щебень или ракушка	1 840	Свыше 25	3	3	2	19	19	18
		От 14 до 25	3	2	2	19	18	18
		» 6 » 14	2	2	1	18	18	17
То же	1 600	От 14 до 25	7	6	6	22	21*	21*
		» 6 » 14	6	6	5	21*	21*	20*
		Меньше 6	6	5	4	—	—	—
Песок	1 840	От 14 до 25	10	10	9	19*	19*	18*
		» 6 » 14	9	9	8	18*	18*	17*
		» 6 » 14	13	13	12	22	22	21
»	1 600	Меньше 6	13	12	12	22	21	21
		От 6 до 14	16	16	15	—	—	—
		Меньше 6	15	15	14	—	—	—

* При 40 шпалах на звене на щебеночном и ракушечном балласте в схемах № 20 и 21 количество распорок, устанавливаемых за каждой парой противоугонных зажимов, уменьшается с пяти до четырёх пар. Расположение зажимов сохраняется. Схемы № 1—22 показаны на фиг. 19—21.

Таблица 44

Установка клиновых противоугонов в зависимости от характеристики участка на однопутных линиях до 1949 г.

Характеристика продольного профиля	Рельсы длиной				
	до 12,5 м		25 м		
	количество шпал на 1 км				
	1 840	1 600	1 440	1 840	1 640
	№ применяемых схем				
Площадки, расположенные на горбе между двумя уклонами	23	26	29	32	35
Площадки, расположенные в яме между двумя уклонами, и подъёмы для преимущественного направления движения	24	27	30	33	36
Уклоны для преимущественного направления движения	25	28	31	34	37

Примечания. 1. Распорки, указанные на фиг. 22 и 23 в схемах № 25 и 28 пунктиром, устанавливаются только при мелкозернистом песчаном балласте. ■

2. Вследствие обжатия шпал, соединённых распорками между противоугонными зажимами встречных направлений, на однопутных линиях не реже одного раза в месяц должна проводиться сплошная проверка состояния противоугонов и подгонка к шпалам отошедших.

Таблица 45

Установка клиновых противоугонов на станционных путях и стрелочных переводах до 1949 г.

Характеристика мест установки	№ применяемых схем
Пути, предназначенные для приёма поездов только с одного направления	1—22
Пути, предназначенные для приёма поездов с двух противоположных направлений	23—37
Стрелочные переводы	38—39
Примыкающие к стрелочному переводу рельсовые звенья каждого пути	1—37

Примечание. При необходимости примыкающие звенья укрепляются на одну степень выше остальных звеньев. Схемы № 38 и 39 показаны на фиг. 24.

Таблица 46

Установка пружинных противоугонов с 1949 г.

Характеристика линий	Нетормозные участки		Тормозные участки	
	щебень	песок	щебень	песок
	количество пар пружинных противоугонов на одном звене длиной 12,5 м			
Двухпутные	9	10	14	17
Однопутные с примерно равным грузооборотом в обоих направлениях	6/6	7/7	14/0	17/0

Примечание. Для однопутных линий в числителе указано количество противоугонов, устанавливаемых в одном направлении, а в знаменателе—в обратном направлении.

Таблица 47

Установка клиновых противоугонов в зависимости от характеристики пути и рода балласта с 1949 г.

Характеристика линий	Количество шпал на звене	Нетормозные участки			Тормозные участки		
		количество секций противоугонов	№ схемы по фиг. 27		количество секций противоугонов	№ схемы по фиг. 27	
			песок	щебень		песок	щебень
Двухпутные линии	23	3/0	1а	2а	4/0	3а	4а
	20	3/0	1б	2б	4/0	3б	4б
	18	3/0	1в	—	4/0	3в	—
Однопутные участки с примерно равным грузовым движением в обоих направлениях	23	2/2	5а	6а	4/0	3а	4а
	20	2/2	5б	6б	4/0	3б	4б
	18	2/2	5в	—	4/0	3в	—
Однопутные участки с явно выраженным односторонним движением	23	3/0	1а	2а	4/0	3а	4а
	20	3/0	1б	2б	4/0	3б	4б
	18	3/0	1в	—	4/0	3в	—
На тормозных участках для негрузового направления	23	—	—	—	3/3	7а	8а
	20	—	—	—	3/3	7б	8б
	18	—	—	—	3/3	7в	—

Примечание. В числителе указано количество пар противоугонов, устанавливаемых в одном направлении, в знаменателе—в другом.

Длина пучинного костыля обозначается количеством бороздок на головке (фиг. 28):

При $L = 205$ мм — одна бороздка
 » $L = 230$ » — две бороздки
 » $L = 255$ » — три »
 » $L = 280$ » — четыре »

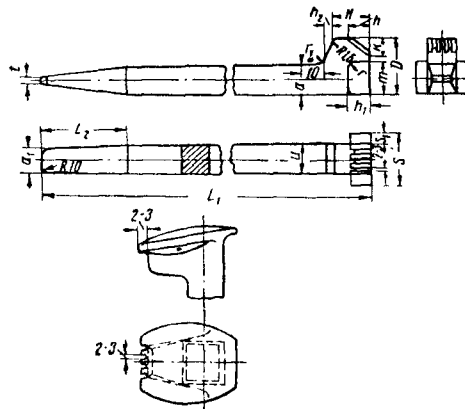
Таблица 48

Выправка пути на пучинах в мм

Выправка пути при подкладках		
клинчатых к рельсам типов IV-a, III-a, P38, I-a и P43	двухреборчатых к рельсам	
	P38, I-a	P43, P50
<i>Карточки¹</i>		
150 × 200 × 3	150 × 260 × 3	160 × 310 × 3
150 × 200 × 5	150 × 260 × 5	160 × 310 × 5
150 × 200 × 8	150 × 260 × 8	160 × 310 × 8
150 × 200 × 10	150 × 260 × 10	160 × 310 × 10
150 × 200 × 15	150 × 260 × 15	160 × 310 × 15
150 × 200 × 20	150 × 260 × 20	160 × 310 × 20
150 × 200 × 25	150 × 260 × 25	160 × 310 × 25
<i>Башмаки¹</i>		
150 × 300 × 25	150 × 300 × 25	160 × 400 × 25
150 × 300 × 30	150 × 300 × 30	160 × 400 × 30
150 × 300 × 40	150 × 300 × 40	160 × 400 × 40
150 × 300 × 50	150 × 300 × 50	160 × 400 × 50
<i>Короткие напальники</i>		
150 × 400 × 40	150 × 400 × 40	160 × 450 × 40
150 × 400 × 50	150 × 400 × 50	160 × 450 × 50
150 × 400 × 60	150 × 400 × 60	160 × 450 × 60
150 × 400 × 70	150 × 400 × 70	160 × 450 × 70
150 × 400 × 80	150 × 400 × 80	160 × 450 × 80
150 × 400 × 90	150 × 400 × 90	160 × 450 × 90
<i>Сквозные напальники</i>		
150 × 2400 × 50	150 × 2400 × 50	160 × 2400 × 50
150 × 2400 × 60	150 × 2400 × 60	160 × 2400 × 60
150 × 2400 × 70	150 × 2400 × 70	160 × 2400 × 70
150 × 2400 × 80	150 × 2400 × 80	160 × 2400 × 80
150 × 2400 × 90	150 × 2400 × 90	160 × 2400 × 90
150 × 2400 × 100	150 × 2400 × 100	160 × 2400 × 100
150 × 2400 × 110	150 × 2400 × 110	160 × 2400 × 110

¹ Для рельсов P43 размеры в плане: карточек—160×290 мм, башмаков—160×350 мм.

Общий вид пучинного костыля показан на фиг. 28.



Фиг. 28. Общий вид пучинного костыля

Правила забивки костылей приведены в табл. 49.

Способ закрепления рельсов на пучинных подкладках показан на фиг. 29—33.

ПРОЧИЕ РЕЛЬСОВЫЕ СКРЕПЛЕНИЯ

Изолирующие стыки

На сети железных дорог СССР имеют применение изолирующие стыки следующих конструкций:

- а) стык с металлическими накладками системы Шестопалова (фиг. 34);
- б) стык с лигнофолевыми накладками (фиг. 35);
- в) стык с металлическими накладками обьемлющего типа (фиг. 36).

Стык с лигнофолевыми прессованными накладками представляет собой простую и надёжную конструкцию; он получает ши-

Таблица 49
Порядок укладки карточек, башмаков, коротких и сквозных напальников

Высота пучины в мм	План пути	Применяемые пучинные подкладки	Длина основных костылей в мм	Обшивочные костыли		Количество сквозных напальников на звене
				длина в мм	количество в шт.	
До 25	Прямые и кривые участки пути	Карточки	165 (нормальная)	—	—	—
От 25 до 50	а) Прямые и кривые радиусом 1 500 м и более	Башмаки	205	165	Через шпалу	—
От 50 до 75	б) Кривые радиусом менее 1 500 м	Башмаки	205	165	Все шпалы	—
	а) Прямые и кривые радиусом более 1 500 м	Короткие напальники	230	165	Через шпалу	—
От 75 до 90	б) Кривые радиусом менее 1 500 м	Короткие и сквозные напальники	230	165	Все шпалы	2 стыковых и 3 промежуточных
	а) Прямые и кривые радиусом более 1 500 м	Короткие и сквозные напальники	255	165	То же	2 стыковых и 4 промежуточных
Свыше 90	б) Кривые радиусом менее 1 500 м	Короткие и сквозные напальники	255	165	» »	2 стыковых и 5 промежуточных
	Прямые и кривые участки	Напальники сквозные	280	230	» »	На всех шпалах звена

рокое распространение. Более высокими техническими качествами обладает стык с металлическими накладками объемлющего типа (фиг. 36).

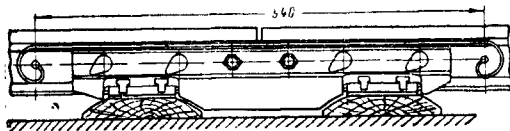
Приспособления для повышения электропроводимости рельсовых стыков

Для улучшения электропроводимости рельсовых стыков на электрифицированных линиях применяются стыковые соединители. Вид такого соединителя показан на фиг. 37. Эти



Фиг. 37. Стыковой соединитель для электрифицированных линий

же соединители используются также для целей автоблокировки. Они состоят обычно из медного троса сечением около 100 мм^2 , концы которого зажимаются в особые манжеты, привариваемые к головке рельсов с наружной стороны колеи. Эти же манжеты могут заклепываться в заранее заготовленные отверстия в головке рельса. На автоблокировочных



Фиг. 38. Стыковой соединитель для участков, оборудованных автоблокировкой

участках при паровой тяге применяется обычно тип соединителя, показанный на фиг. 38. Самым надежным соединителем является сварной стык.

Переходные стыки

Переходные стыки от одного типа рельсов к другому могут осуществляться при помощи:

- а) переходных накладок;
- б) переходных рельсов;
- в) сварки соединяемых разнотипных рельсовых концов.

В первом случае накладки могут изготавливаться:

- а) штамповкой под тяжёлыми прессами при помощи штампов;
- б) из прокатной полосы специального профиля с последующей обработкой на строгальных и фрезерных станках;
- в) литьём из специальной стали.

На дорогах СССР переходные накладки делаются пока в дистанционных мастерских путём кузнечной обработки обычных, нормальных накладок.

Наиболее совершенным типом переходного стыка следует считать сварной стык. При этом необходимо соблюдать последовательность соединения рельсов по типам: как пра-

вило, свариваться должны соседние типы рельсов (P50 — P43; P43 — P38; P38 — III-a, III-a — IV-a; P65 — P50).

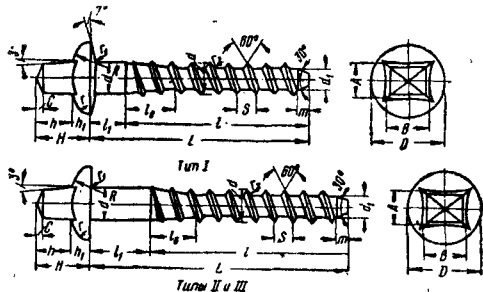
Шурупные скрепления

На сети железных дорог СССР нормальным является костыльное скрепление. Шурупы применяются только в метре, в стрелочных переводах и в раздельных опытных скреплениях.

Шурупы путевые в зависимости от их назначения разделяются на три типа:

- а) для нераздельного типа рельсовых скреплений—тип I;
- б) для подкладки раздельного типа скреплений—тип II;
- в) стрелочный—тип III.

Конструкция стандартных шурупов показана на фиг. 39, а их размеры в табл. 50.



Фиг. 39. Шурупы стандартные

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ПУТИ В КРИВЫХ

Усилению подлежат кривые радиусом 1200 м и менее, расположенные на главных путях. На кривых, подлежащих усилению, предварительно должны быть произведены следующие, общие для всех типов усиления работы:

- 1) проверка и выправка кривой,
- 2) установка реперов,
- 3) исправление возвышения,
- 4) исправление подуклонки,
- 5) смена негодных шпал,
- 6) трамбовка балласта в ящиках и у торцов шпал,
- 7) смена изношенных подкладок и костылей, не обеспечивающих одновременной работы всех костылей в подкладке,
- 8) полное закрепление пути от угона (не менее трёх пар противоугонов на звено рельса).

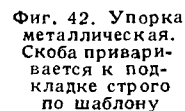
Усиление кривых участков пути производится по двум основным типам: I и II.

Назначение типа усиления пути в кривых производится начальником службы пути с учётом местных условий и особенностей работы пути на данной кривой (план и профиль, скорость движения, грузооборот, обрабатываемые типы локомотивов, изношенность рельсов и скреплений).

Усиление кривых по типу I, как правило, назначается для кривых радиусом 650 м и менее, расположенных на линиях с грузона-

В исключительно трудных условиях работы конструкции пути в кривой усиление производится по индивидуальным проектам. При этом в качестве дополнительного усиления рекомендуется применение контррельсов, установка рельсов по фиг. 47 или установка рельсов по хордам.

Размеры шурупов в мм



2. Добавление шпал до 2 000 шт на 1 км.

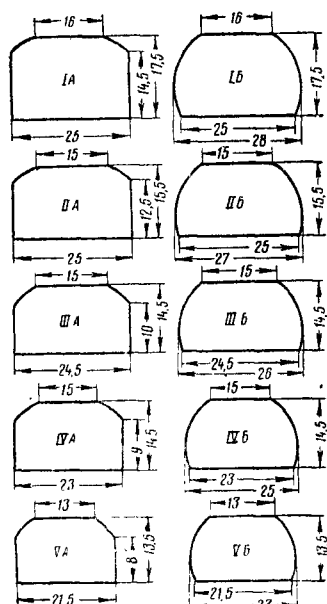
ШПАЛЫ

ШПАЛЫ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
ШИРОКОЙ КОЛЕИ

Деревянные шпалы по форме поперечного сечения подразделяются на обрезные, у которых опилены все четыре стороны, и брусковые, у которых опилены только две противоположные стороны.

В зависимости от формы и размеров по ГОСТ 78-40 установлены следующие типы шпал: а) для обрезных — IА, IIА, IIIА, IVА и VА; б) для брусковых — IБ, IIБ, IIIБ, IVБ и VБ.

Форма поперечного сечения и размеры стандартных шпал указаны на фиг. 48, а в



Фиг. 48. Размеры поперечного сечения шпал в см

табл. 51 приведены данные о длине, весе и объеме, занимаемом шпалами нормальных типов в балластном слое на 1 км пути.

Допускаемые при изготовлении шпал отклонения от установленных размеров приведены в табл. 52.

Указанные отклонения допускаются одновременно в размерах поперечного сечения только в сторону увеличения или уменьшения не более чем в двух размерах.

Таблица 51

Вес и объем шпал

Типы шпал	Длина в м	Вес 1 шпалы в кг			Занимаемый шпалами объём в м³ в балластном слое в одном уровне с верхней постелью шпал при количестве шпал на 1 км		
		сосновые					
		непропитанные	пропитанные				
			водным раствором	масляным раствором			
					1 840	1 600	1 440

Обрезные							
IA	2,70	58	86	70	217	187	169
IIA	2,70	51	77	61	188	163	147
IIIA	2,70	47	70	56	170	147	132
IVA	2,70	43	64	51	155	134	121
VA	2,5—2,7	36	53	43	135	117	105

Брусковые							
IB	2,70	59	88	70	219	190	170
IIB	2,70	51	77	61	187	162	145
IIIB	2,70	46	74	55	169	147	131
IVB	2,70	45	68	54	165	143	128
VB	2,5—2,7	38	57	46	139	121	108

Качество древесины

Заготовка шпал допускается из сосны, ели, лиственницы, пихты и кедра.

По качеству древесины шпалы подразделяются на три сорта, характеристика которых приведена в табл. 53.

1-й сорт первых трёх типов шпал предназначен для магистральных железнодорожных линий;

2-й сорт первых трёх типов шпал, а также 1-й сорт IV и V типов предназначены для станционных путей, второстепенных линий

Таблица 52

Допускаемые отклонения в размерах шпал в см

Допуски	В шпалах 1-го сорта		В шпалах 2-го и 3-го сорта	
	в сторону увеличения	в сторону уменьшения	в сторону увеличения	в сторону уменьшения
По длине	3	3	3	Для шпал длиной 2,7 м—10; 2,5 м—5
По высоте	0,5	0,5	0,5	0,5
По ширине верхней постели	До ширины нижней постели	1 — в местах укладки подкладок—0,5	До ширины нижней постели	1
По ширине нижней постели	3—в тонком конце, 6—в толстом	1 2	6	2
По высоте боковых сторон	До толщины (высоты) шпалы	2 — в шпалах I и II типов, 1—в шпалах III и IV типов	До толщины (высоты) шпалы	До половины толщины (высоты) шпалы

Таблица 53

Требования к качеству древесины для изготовления шпал

Название пороков древесины	Норма допускаемых пороков		
	1-й сорт	2-й сорт	3-й сорт
Гниль всех видов и степеней развития	Не допускается		
Засмолки, прорости и селянки	<p>Не допускаются в местах укладки подкладок; в других местах допускаются, если размер их не превышает:</p> <p>по длине 50 см 70 см 90 см</p> <p>по ширине (в долях ширины соответствующей стороны) $\frac{1}{3}$ доли $\frac{1}{2}$ доли $\frac{1}{2}$ доли</p> <p>по глубине 2 см 2 см 4 см</p>		
Короед	Не допускается		Допускается
Косослой	Не допускается, если отклонение волокон от прямого направления превышает 10 см на 1 пог. м	Допускается	
Краснина	Не допускается	Не допускается, если размер диаметра отдельных пятен на боковых поверхностях и торцах превышает 5 см	Не допускается, если размер её превышает по ширине 5 см, по длине 30 см
Кривизна	<p>Не допускается, если находится в плоскости, не параллельной постелям, и стрела прогиба на всю длину шпалы превышает на каждую сторону:</p> <p>для односторонней кривизны 10 см 12 см 12 см</p> <p>для разносторонней кривизны 5 см 6 см 6 см</p>		
Метик и ветреница	<p>Не допускаются, если они выходят на постели или расположены перпендикулярно к постелям. Протяжение их по торцу не допускается более следующих долей толщины шпалы:</p> <p>$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$</p>		
Морозобоина	<p>Не допускается на верхней постели шпалы. На боковых сторонах шпалы не допускается, если имеет гребни. Глубина морозобойн не должна превышать:</p> <p>3 см 4 см 5 см</p> <p>Одновременное наличие метика (ветреницы) и морозобойн в шпалах 1-го и 2-го сорта не допускается</p>		
Отлупы	<p>Не допускаются: длиной по торцу более:</p> <p>7 см 9 см 11 см</p> <p>а также, если они выходят на верхнюю постель и боковые стороны их расположены в одном годичном слое</p>		
Солнечные трещины	<p>Не допускаются длиной более</p> <p>25 см 60 см 70 см</p> <p>глубиной на верхней постели</p> <p>1 см 3 см 3 см</p> <p>на остальных сторонах</p> <p>2 см 1 см 4 см</p> <p>Количество трещин не ограничивается</p> <p>Сквозные торцевые трещины не допускаются, если протяжение их по длине шпалы более 5 см. При наличии сквозных торцевых трещин обязательна забивка скоб на торцах шпал</p>		
Сучки здоровые, вполне сросшиеся	<p>Не допускаются размером более:</p> <p>в местах укладки подкладок и забивки костылей</p> <p>2,5 см 4 см 6 см</p> <p>на остальных частях шпалы</p> <p>6 см 8 см 10 см</p>		
Сучки роговые	<p>Не допускаются размером более</p> <p>2,5 см 4 см 5 см</p>		

Продолжение табл. 53

Название пороков древесины	Норма допускаемых пороков		
	1-й сорт	2-й сорт	3-й сорт
Сучки выпадающие, ослабленные, рыхлые, чёрные и смолевые	Не допускаются на верхней постели. На остальной поверхности шпалы не допускаются размером более 1 см и глубиной более 1,5 см	Не допускаются в местах укладки подкладок. На остальной поверхности шпалы не допускаются, если размер их превышает: 2,5 см	4 см
Сучки табачные	Не допускаются		Не допускается более 3 сучков размером более 2,5 см. В местах укладки подкладок сучки табачные не допускаются
Червоточина	Не допускается	Не допускается более 3 шт. на 1 пог. м длины шпалы. Размер диаметра хода не должен превышать 0,5 см	Допускается
Синева и твёрдая темнина		Допускается	

МПС и линий промышленных предприятий с большим грузопотоком;

3-й сорт всех типов шпал, а также 2-й сорт IV и V типов предназначается для железнодорожных путей промышленного транспорта. У брусовых шпал допускается опиловка боковых сторон при сохранении установленных размеров ширины верхней и нижней постелей. Опиленные боковые стороны обрезных и брусовых шпал должны быть под прямым углом к постелям шпалы.

Постели шпал должны быть взаимно параллельны.

Отклонение от параллельности постелей по длине не должно превышать 1 см на всю длину шпалы. Отклонение от параллельности постелей по ширине шпалы (кособокость) в 1-м сорте не допускается, во 2-м сорте допускается не более 0,5 см и в шпалах 3-го сорта — не более 1 см.

Заделка пороков при помощи вкладышей и пробок, а также зачистка гнили в новых шпалах не допускается.

Сучки должны быть зачищены в уровень с поверхностью шпалы, причём отёска должна быть ровная и гладкая.

Шпалы всех сортов должны быть очищены от коры и луба, а также оторцованы. Вопросы хранения, сушки, ремонта шпал освещаются в разделе «Шпалопропиточные заводы».

Ремонт шпал и уход за ними в процессе эксплуатации должны производиться в полном соответствии с «Наставлением по уходу и ремонту шпал».

Эпюры укладки шпал

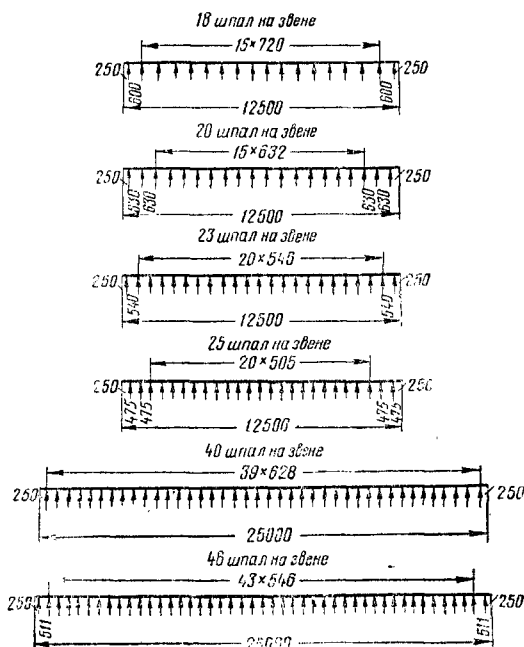
Число шпал, укладываемых на 1 км пути в зависимости от грузонапряжённости, характера эксплуатационной работы линии и типа верхнего строения пути, установлено равным 1 840, 1 600 и 1 440 штук.

В соответствии с этим на рельсовое звено длиной 12,5 м укладывают 23, 20 и 18 шпал,

а при длине звена 25 м — 40 и 46 шпал.

Порядок размещения шпал на звене показан на схемах фиг. 49.

На кривых участках с целью усиления пути применяется более частая укладка шпал, чем на прямых. На линиях, где нормальная укладка шпал в прямых принята равной 1 440, 1 600 и 1 840 штук на километр, в кривых радиусом 1 200 м и менее при обращении паровозов ФД и ИС, а также в кривых радиусом 640 м и менее при обращении более лёгких паровозов рекомендуется соответственно укладка 1 600, 1 840 и 2 000 шпал.



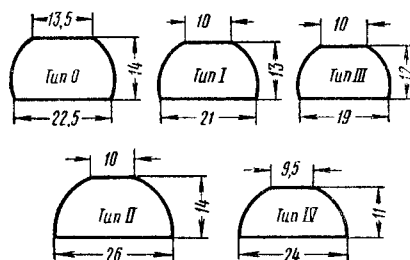
Фиг. 49. Эпюры укладки шпал

ШПАЛЫ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ УЗКОЙ КОЛЕИ

Шпалы для железных дорог узкой колеи согласно ОСТ 221 по способу изготовления подразделяют на брусковые, получаемые из целых шпальных тюлек путём опиловки или отёски их с двух или четырёх противоположных сторон, и пластинные, получаемые из шпальных тюлек, распиленных вдоль оси ствола.

По форме поперечного сечения шпалы подразделяют на следующие пять типов—0, I, II, III и IV.

Чертежи поперечного сечения этих типов шпал представлены на фиг. 50.



Фиг. 50. Шпалы для железных дорог узкой колеи

Шпалы типов 0, I и III изготовляют брусковыми, а типов II и IV—пластинными. Шпалы типов I, II, III и IV применяют для колеи 750 мм, а типов 0, I и II—для колеи 1000 мм.

При условии соблюдения размеров поперечного сечения допускаются шпалы обрзные с обзолами, а также шпалы с несимметричными боковыми сторонами, если смещение центра верхней постели по отношению к центру нижней составляет не более 3 мм.

Шпалы изготовляют из сосны, ели, лиственницы, кедра и пихты.

Длина шпал устанавливается в зависимости от ширины колеи и типа шпал:

Ширина колеи в мм	Типы шпал	Длина шпалы в м
1000 750	0, I и II I, II, III и IV	1,80 1,50

Для укладки на малоответственных участках пути колеи 750 мм (станционные, временные лесовозные пути и др.) допускается укорочение шпал до 1,35 м.

Размеры поперечного сечения шпал устанавливают согласно табл. 54.

Все размеры установлены для сухих шпал с абсолютной влажностью не более 20%, поэтому шпалы, сдаваемые сырыми или поставляемые сплавом, должны иметь соответствующие припуски на усушку в 2%.

Допускаемые отклонения от установленных размеров приведены в табл. 55.

Древесина шпал должна быть здоровая. Требования к качеству древесины для шпал узкой колеи следующие:

1. Двойная заболонь, кремнина и свилеватость—допускаются.

2. Засмолки, прорости и ройки—допускаются на всех сторонах шпал, за исключением мест укладки подкладок, протяжением по длине до 30 см, по глубине—до 2 см, по ширине—не более $\frac{1}{2}$ ширины соответствующей стороны шпалы.

3. Косослой—допускается при отклонении волокон от прямого направления не более 10 см на 1 пог. м длины шпалы.

4. Кривизна—допускается только в плоскости, параллельной постелям, со стрелой прогиба не более 6 см.

5. Лубоед—допускаются поверхностные повреждения боковых граней шпал лубоедом, не проникающие внутрь шпалы.

6. Метик и ветреница—допускаются, если они не выходят на постели шпал и если протяжение их по торцу не более $\frac{1}{4}$ расстояния между краями по направлению трещин.

Таблица 54

Шпалы для железных дорог узкой колеи

Типы шпал	Ширина колеи в мм	Размеры поперечного сечения в см			Диаметр тюльки в см	Данные для расчёта верхнего строения пути				
		толщина (вы- сота)	ширина в тонком конце			расстояние центра тяжести сечения в см		площадь сече- ния в см²	момент*	
			верхней постели	нижней постели		от ниж- ней по- стели	от центра круга		инерции в см⁴	сопро- тивления в см²
Брусковые										
0	1 000	14	13,5	22,5	24	6,6	2,4	304	4 597	621
I	1 000 и 750	13	10,0	21,0	22	6,1	2,7	253	3 206	458
III	750	12	10,0	19,0	20	5,6	2,2	215	2 378	353
Пластинные										
II	1 000 и 750	12	10,0	26,0	26	5,3	5,3	259	2 906	434
IV	750	11	9,5	24,0	24	4,9	4,9	226	2 025	329

* Относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести.

Таблица 55

Отклонения в размерах шпал					
По длине шпал	По толщине шпал	По верхней постели		По нижней постели	
		в сторону увеличения	в сторону уменьшения	в сторону увеличения	в сторону уменьшения
+ 3 см — 0 »	+ 1 см — 0,5 »	До ширины нижней постели	— 1,0 см вне зоны расположения подкладок	В тонком конце + 2 см, в толстом + 4 см	— 1 см

7. Морозобоина—допускаются морозобойные трещины только на боковых сторонах шпалы, если они не имеют гребней и если глубина их не более 3 см; наличие таких трещин одновременно в одном сечении с двух сторон не допускается.

8. Отлупы, серницы и серянки—допускаются отлупные трещины (луночки), серницы и серянки, не выходящие на постели бруса, протяжением по торцу не более 7 см без ограничения количества.

9. Плесень—допускается поверхностная (налётная), легко сметаемая плесень.

10. Синевая и твёрдая темнина—допускаются без ограничения.

11. Солнечные трещины—допускаются длиной не более 30 см, глубиной на верхней постели не более 1,5 см, а на всех прочих сторонах глубиной не более 3 см.

12. Сучки здоровые, вполне сросшиеся,—допускаются на всей шпале размером до 65 мм, за исключением мест укладки подкладок, где здоровые сучки допускаются не более 25 мм.

Сучки ослабленные и рыхлые—допускаются на боковых сторонах шпал размером до 1 см и глубиной до 1,5 см, кроме мест забивки костылей.

Сучки роговые размером до 25 мм и чёрные смолевые размером до 15 мм допускаются на всей шпале.

К укладке в путь допускаются шпалы, изготовленные из бурелома, ветровала и горного леса, если древесина их по качеству полностью отвечает требованиям стандарта.

Распиловка шпал должна быть правильная, отёска—гладкая и ровная; постели шпал должны быть параллельными. Отклонения от параллельности постелей не должны превышать 1 см на всю длину шпалы.

Шпалы должны быть очищены от коры и луба и оторцованы. Сучки должны быть зачищены в уровень с поверхностью шпалы.

Типовые эпюры для укладки шпал на дорогах с узкой колеёй пока не установлены.

УКРЕПЛЕНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ ВТУЛКАМИ (ДЮБЕЛЯМИ)

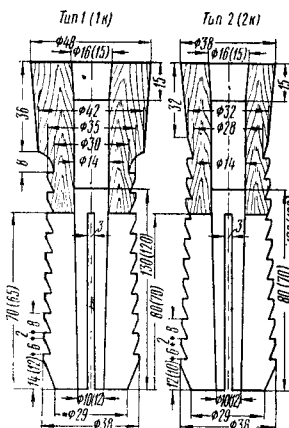
Шпалы изнашиваются неравномерно. Часто они снимаются с пути только из-за преждевременной разработки костыльных отверстий. С целью укрепления в эти места ставят втулки из прочной древесины.

Опыты инж. М. Д. Троицкого показали, что втулки целесообразно применять не только при шурупном, но и при костыльном

прикреплении. Сопротивление костылей выдёргиванию из новых и старогодных шпал, снабжённых втулками, составляет почти одну и ту же величину.

Кроме повышения сопротивления костылей и шурупов на выдёргивание и на боковое отжатие, втулки повышают прочность древесины в зоне подкладок и значительно снижают механический износ шпал, вызываемый подкладками.

Таким образом, применение дебюлей, изготовленных из твёрдых пород дерева, является эффективным средством продления срока службы шпал.



Фиг. 51. Типы шпальных втулок (дебелей). Цифры без скобок относятся к дебелям под шурупное крепление (типы 1 и 2), цифры в скобках — под костыльное крепление

Втулки для шурупного и костыльного (фиг. 51) крепления различают по длине и диаметру отверстия для крепежителей.

Втулки с диаметром верхнего конусообразного конца 38 мм применяют, как правило, для новых шпал, а с диаметром 48 мм — для старогодных, имеющих сильно разработанные или загнившие стенки костыльных или шурупных отверстий.

Постановку втулок можно производить на базах и в пути при текущем содержании пути.

Для просверливания отверстий в шпалах для втулок и их постановки применяют комплект несложного инструмента, который состоит из свёрл и приспособлений для забивки втулок в шпалы. Эти инструменты могут быть как ручного, так и машинного действия

ПЛАНИРОВАНИЕ СМЕНЫ ШПАЛ

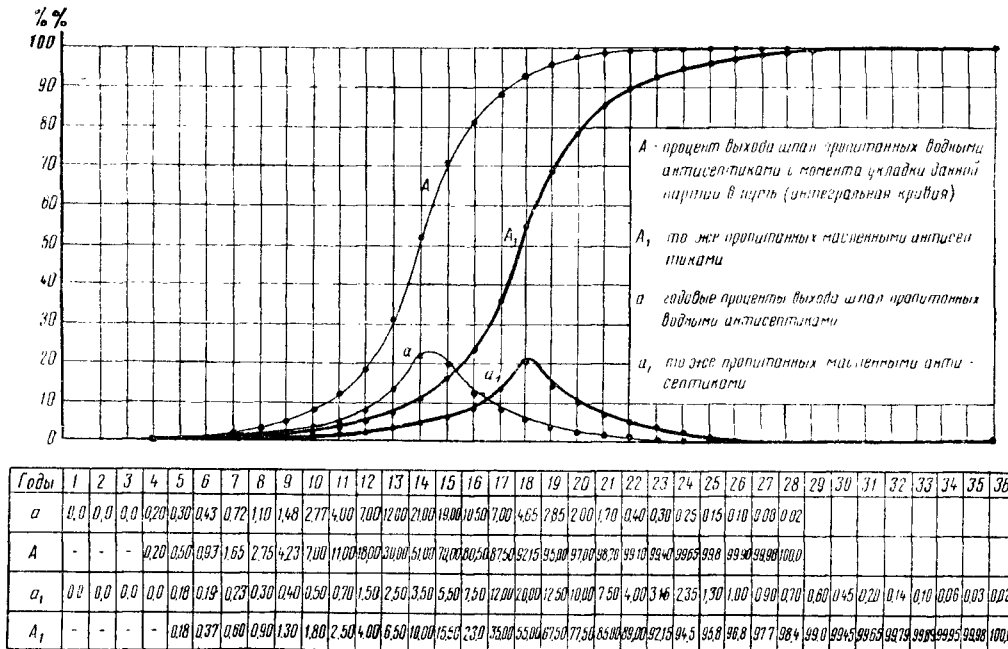
Современные методы планирования смены шпал основываются на использовании закономерности эксплуатационного выхода шпал и статистических сведений, характеризующих состояние шпального хозяйства.

Закономерность выхода шпал и сроки их службы зависят от породы и качества древесины, токсичности антисептиков и качества пропитки, конструкции верхнего строения,

качества содержания пути и самих шпал, величины осевых нагрузок, размеров и скоростей движения, климатических условий, а также плана и профиля пути, т. е. суммы всех факторов, которые в совокупности обуславливают средний срок службы шпал. Эта закономерность может быть представлена графически.

Поэтому кривые эксплуатационного выхода шпал строят для определённого среднего срока службы.

На фиг. 51а представлены кривые вероят-



Фиг. 51а. Кривые вероятного эксплуатационного выхода пропитанных шпал

Таблица 56

Пример расчёта вероятной потребности в шпалах для нормальной смены

Общее количество шпал, уложенных в данном году, в тыс. шт. ($k_1 + k_2$)	Время, прошедшее с момента укладки данной партии шпал в путь (лет)	Шпалы, пропитанные водными антисептиками			Шпалы, пропитанные масляными антисептиками			Общий выход шпал данного года укладки в тыс. шт.
		количество в тыс. шт. (k_1)	процент ежегодного выхода шпал (a_1)	выход шпал в расчётном году в тыс. шт. ($R_1 = k_1 a_1$)	количество в тыс. шт. (k_2)	процент ежегодного выхода шпал (a_2)	выход шпал в расчётном году в тыс. шт. ($R_2 = k_2 a_2$)	
17 160	15	2 860	19,0	543,4	14 300	5,50	786,5	1 329,9
15 300	14	2 560	21,0	537,6	12 800	3,50	448,0	985,6
18 360	13	2 060	12,0	247,2	15 300	2,50	382,5	749,7
18 960	12	3 160	7,0	221,2	15 800	1,50	237,0	458,2
19 320	11	3 220	4,0	128,8	16 100	0,70	112,7	256,0
20 280	10	3 380	2,77	93,6	16 900	0,50	84,5	178,1
21 000	9	3 500	1,48	51,8	17 500	0,40	70,0	121,8
21 080	8	2 680	1,10	29,5	18 400	0,30	55,2	84,7
26 960	7	3 660	0,72	26,4	23 300	0,23	53,6	84,7
23 520	6	3 420	0,43	14,7	20 100	0,19	38,2	52,9
202 000	—	31 500	—	2 014,2	170 500	—	2 287,4	4 301,6

ного эксплуатационного выхода шпал, разработанные инж. Д. В. Ковалевским и пересчитанные для средних сроков службы шпал, установленных МПС в 1949 г.

Пользуясь этими кривыми, эксплуатационный выход шпал в любом году может быть определен по формуле:

$$R_3 = k_1 a_1 + k_2 a_2 + k_3 a_3 + \dots + k_n a_n,$$

где $k_1, k_2, k_3 \dots k_n$ — годовое количество шпал данного качества, уложенных в путь в тот или иной год;

$a_1, a_2, a_3 \dots a_n$ — проценты вероятного ежегодного выхода шпал (берут из соответствующих кривых выхода).

В табл. 56 приводится пример расчёта вероятной потребности в шпалах для нормальной смены.

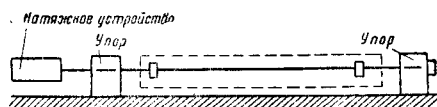
Кривые вероятного эксплуатационного выхода шпал должны разрабатываться для конкретных условий.

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ШПАЛЫ¹

Применявшиеся в различное время шпалы из обычного железобетона оказались не пригодными для эксплуатации. Вследствие малой растяжимости бетона в таких шпалах вскоре появлялись трещины при очень низких напряжениях в арматуре — порядка 200—250 кг/см². Появление трещин в шпалах из обычного железобетона объяснялось тем, что в них под действием динамической нагрузки возникают растягивающие усилия, часто превышающие предел прочности бетона при растяжении, которое примерно в 10 раз меньше предела прочности при сжатии. Железобетонные шпалы через сравнительно короткий срок разрушались и выходили из строя.

С целью устранения указанного недостатка в последние годы начали применять предварительно напряжённый железобетон.

При изготовлении шпал из предварительно напряжённого железобетона арматура натягивается до укладки бетона.



Фиг. 52. Схема стэнда для натяжения арматуры

* Возникающая при этом реактивная сила передаётся на специальные упоры, как показано на фиг. 52.

После укладки и отвердения бетона натяжные устройства освобождаются, и арматура

вследствие своей упругости сокращается, передавая сжимающие усилия на бетон.

Растянутая арматура шпал может быть освобождена от натяжных устройств только после приобретения бетоном прочности не менее 350 кг/см².

При проектировании конструкций из предварительно напряжённого железобетона во избежание усталости металла и бетона нельзя допускать напряжений в арматуре более 0,6 $\sigma_{лч}$ (предел прочности при растяжении), а сжимающих напряжений в бетоне — более 0,35 ÷ 0,40 R . При этом растягивающие напряжения в бетоне под поездной нагрузкой не должны превосходить $\frac{R_p}{k}$, где

k — коэффициент запаса прочности.

Монтажное напряжение арматуры для получения наибольшего эффекта должно быть возможно большим, однако для конструкций, подвергаемых повторной пульсационной нагрузке, оно не должно превосходить 80% предела текучести арматурной стали

$$(\sigma_m \leq 0,8 \sigma_m).$$

Начальное предварительное напряжение сжатия в бетоне (без учёта потерь) не должно превосходить 70% прочности бетона в момент передачи на него предварительного напряжения. В свою очередь эта величина должна быть не менее 70% расчётной прочности бетона. При этом прочность бетона при равномерном предварительном обжатии бетона в сечении принимается равной $R_{пр}$ (призмной прочности), а при неравномерном обжатии бетона в сечении — равной R_n (прочности бетона на сжатие при изгибе). Предел прочности и модули упругости бетона при сжатии можно принимать по табл. 57.

Таблица 57

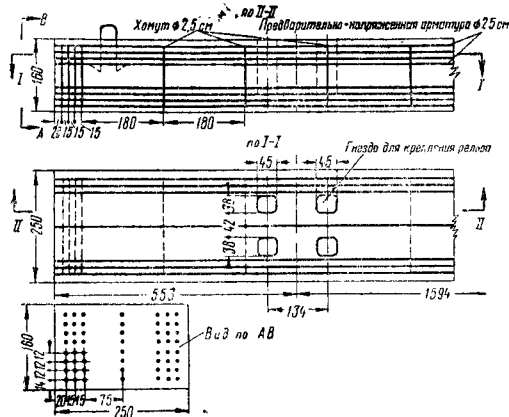
Предел прочности и модули упругости предварительно напряжённого бетона

Марка бетона	Предел прочности в кг/см ²			Модуль упругости при сжатии E_b в кг/см ²
	при сжатии призм $R_{пр}$	при растяжении R_p	на сжатие при изгибе R_n	
200	145	17	180	290 000
250	175	20	220	320 000
300	200	22,5	250	340 000
350	225	25	280	360 000
400	250	27	310	385 000
450	265	29	330	400 000
500	280	31	350	410 000
550	290	33	365	420 000
600	300	35	375	430 000

Расчёт на прочность предварительно напряжённых изгибаемых конструкций, к которым могут быть отнесены и шпалы, должен производиться в соответствии с ОСТ 90003-38 (§ 26, 27 и 28) и инструкциями к нему. См. также ТСЖ, т. 3, раздел «Расчёты строительных конструкций».

¹ Все основные положения и расчётные формулы этого пункта заимствованы из книги А. П. Коровкина «Предварительно напряжённый железобетон». Труды ЦНИИ, вып. 9, Трансжелдориздат, 1947 г. и Инструкции (проект) по проектированию предварительно напряжённых железобетонных конструкций и указания по их изготовлению. Стройиздат Наркомстрой, 1943 г.

Разработанный ЦНИИ опытный тип шпалы из предварительно напряженного бетона представлен на фиг. 53.



Фиг. 53. Схема распределения арматуры в железобетонной шпале

Основные характеристики этого типа шпал приводятся в табл. 58.

Рельсы при этом типе железобетонных шпал можно прикреплять как костылями, так и шурупами.

Для этой цели в шпалах предусматривается применение либо дубовых, либо асбестовых втулок.

Углы поперечного сечения шпалы должны быть скошены фасками шириной не менее 15 мм.

Толщина защитного бетонного слоя для продольной арматуры, а также для хомутов не должна быть менее 10 мм.

В местах соприкосновения элементов прикрепления рельсов к железобетонным шпалам должна быть обеспечена полная токопроводимость (изоляция) для обеспечения надежной работы автоблокировки.

Для шпал из предварительно напряженного железобетона в качестве арматуры должна применяться холоднокатанная проволока из углеродистой стали диаметром 2,5 мм канатного типа с пределом прочности при разрыве не менее 120—180 кг/мм². Ее остаточное удлинение после временной, медленно приложенной нагрузки, соответствующей 70% предела прочности при разрыве проволоки, должно быть не более 0,1% длины проволоки.

Для шпал из предварительно напряженного железобетона должен применяться портландцемент, отвечающий требованиям ГОСТ В 970-42, марки не ниже 500.

В качестве инертных материалов допускается применение щебня или гравия с размерами частиц от 3 до 10 мм и песка с крупностью зёрен до 5 мм.

Эти инертные добавки не должны содержать более установленного процента глины, пылеватых и илистых частиц, а также землянистых примесей.

Количество глины в песке не допускается более 2% по весу, что должно определяться перед включением песка в бетон установленным методом. Общее же содержание пылеватых и глинистых частиц, определяемых отмучиванием, не допускается более: а) в мелкой добавке—5% по весу и б) в крупной добавке—1% по весу.

Крупная добавка должна быть из морозоустойчивых горных пород с прочностью на сжатие не менее 800 кг/см². Морозоустойчивость горной породы проверяется по методу, принятому для щебёночного балласта в Технических условиях МПС 1947 г. на балластные материалы.

Вода для приготовления бетона должна быть чистой и пресной и не содержать примесей каких-либо кислот. Лучше всего для этой цели вода из водопроводной сети или колодезев, а также дождевая.

Бетон для шпал с предварительно напряженной арматурой должен изготавливаться механизированным способом и, будучи уложенным в металлические или деревянные формы, подвергаться тщательному уплотнению путём вибрации.

Температура в помещении, где изготавливаются железобетонные шпалы, должна быть не ниже +10°C.

В случае понижения температуры ниже 0°C забетонированные шпалы необходимо утеплять опилками, войлоком или другими утепляющими материалами.

В продолжение всего времени нахождения шпал в формах следует принимать меры к тому, чтобы бетон не высыхал слишком быстро, для чего шпалы следует защищать от солнца и сухого ветра и периодически обрызгивать чистой свежей водой или покрывать увлажнённой мешковиной.

Шпалы обязательно маркируют. На марке обозначают название завода, дату изготовления, номер замеса и номер шпалы по ведомости их изготовления данным заводом.

Таблица 58

Характеристика шпал из предварительно напряженного бетона

Размеры шпалы	Количество стержней арматуры в шт.	Диаметр арматуры в мм	Площадь поперечного сечения всей арматуры в см ²	Процент армирования	Марка бетона	Прочность бетона к моменту распада в кг/см ²	Объём бетона на одну шпалу в м ³	Вес одной шпалы в кг	Расход арматуры на одну шпалу в кг
160 × 250 × × 2 700	56	2,5	3,6	0,82	500	400	0,11	250	5,9

БЕССТЫКОВЫЙ ПУТЬ

При расчёте, устройстве и содержании так называемого бесстыкового пути (с укладкой длинных звеньев рельсов) необходимо учитывать особые условия его работы, вытекающие из того обстоятельства, что воздействие температуры на рельсы при отсутствии зазоров или большого расстояния между ними не ограничивается общим повышением в них напряжений, а при определённых условиях может повести к внезапному нарушению устойчивости рельсовой колеи. Поэтому бесстыковый путь надо рассчитывать и содержать так, чтобы полностью устранялась возможность внезапного искривления колеи.

Ввиду этого расчёт бесстыкового пути, по сравнению с обычным, содержит дополнительно определение напряжений от действия температуры и проверку устойчивости пути.

Температурные напряжения в рельсах определяют, исходя из годовой температурной амплитуды для данной местности и характера распределения зон растяжения и сжатия в рельсах от влияния температуры.

Если конструкция верхнего строения бесстыкового пути может обеспечить его устойчивость при сравнительно высоких сжимающих напряжениях в рельсах, то наиболее благоприятной температурой укладки будет температура, равная половине годовой амплитуды температуры, так как при этом вероятно, что наибольшие растягивающие и сжимающие напряжения будут одинаковы.

Однако на практике годовую амплитуду приходится делить на две неравные части. Обычно меньшая из этих частей, вызывающая в рельсах сжимающие напряжения, определяется по условиям устойчивости рельсовой колеи.

Устойчивость рельсовой колеи обеспечивается при условии

$$x_K = E\alpha\omega t_K. \quad (1)$$

Отсюда наибольшая температурная амплитуда, вызывающая в рельсах сжимающие напряжения, не должна превосходить

$$t_K = \frac{x_K}{E\alpha\omega}. \quad (2)$$

В зоне температур, вызывающих растягивающие напряжения в рельсах, производят проверку, исходя из условия, чтобы суммарное напряжение в рельсах от температуры и всех остальных факторов не превосходило предела текучести металла, соответственно уменьшенного вследствие влияния сварки рельсов и других не учтённых при расчёте факторов.

Для приближённого практического расчёта устойчивости бесстыкового пути проф. К. Н. Мищенко разработали и предложили следующие формулы.

Устойчивость бесстыкового пути в вертикальной плоскости при форме изгиба колеи после выбрасывания по схеме фиг. 54 определяется по формулам:

$$x_K = \frac{2,68}{4\sqrt{\frac{n}{\omega}}} \sqrt{I_2 \omega g^2 E^2}; \quad (3)$$

$$l_K = 13,92 \sqrt{\frac{EI_2}{x_K}}; \quad (4)$$

$$g_K = \frac{x_K^2 \sqrt{n}}{7,18 E \sqrt{I_2 \omega}}; \quad (5)$$

$$f_K = 4,18 \sqrt{\frac{n I_2}{\omega}}, \quad (6)$$

где x_K — наименьшая сжимающая температурная сила, при которой становится возможным нарушение устойчивости, в кг;

$t_K = \frac{x_K}{E\alpha\omega}$ — превышение расчётной температуры над температурой укладки в °C;

ω — удвоенная площадь поперечного сечения одного рельса в см²;

α — коэффициент относительного удлинения рельса при нагреве на 1°, равный 0,0000118;

I_2 — удвоенный момент инерции рельса в вертикальной плоскости в см⁴;

g — погонный вес верхнего строения пути (рельсы, скрепления, шпалы) в кг;

E — модуль упругости рельсовой стали, равный $2,1 \cdot 10^6$ кг/см²;

$n = 1 + \frac{x_K}{4pl_K}$ — коэффициент влияния на устойчивость продольного погонного сопротивления;

p — погонное сопротивление перемещению колеи вдоль пути в кг/см;

l_K — длина волны искривления в см;

g_K — наименьший погонный вес конструкции, обеспечивающий её устойчивость при заданном значении сжимающей силы $x_K = E\alpha\omega t_K$ в кг;

f_K — стрела волны искривления в см.

Устойчивость в горизонтальной плоскости при форме изгиба колеи после выбрасывания в виде змейки (ряда волн) определяется по формулам:

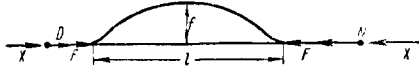
$$x_K = \frac{2,416}{4\sqrt{\frac{n}{\omega}}} \sqrt{I_2 \omega E^2 q^2}; \quad (7)$$

$$q_K = \frac{x_K^2 \sqrt{n}}{5,84 E \sqrt{I_2 \omega}}; \quad (8)$$

$$l_K = 19,18 \sqrt{\frac{EI_2}{x_K}}; \quad (9)$$

$$f_K = 2,88 \sqrt{\frac{n I_2}{\omega}}, \quad (10)$$

где I_z — удвоенный момент инерции рельса в горизонтальной плоскости с учётом влияния жёсткости рамы в см^4 ;
 q — погонное сопротивление перемещению колеи поперёк пути в кг/см ;
 q_k — наименьшее значение поперечного погонного сопротивления, обеспечивающего устойчивость конструкции при заданном $x_k = E\alpha\omega t$, в кг/см .



Фиг. 54. Схема к расчёту бесстыкового пути

Устойчивость колеи в горизонтальной плоскости в кривой при форме колеи после выбрасывания по схеме, показанной на фиг. 54, определяется по формулам:

$$q_k = \frac{x_k^2 \sqrt{n}}{7,18E \sqrt{I_z \omega}} + \frac{x_k}{R}; \quad (11)$$

$$l_k = 13,92 \sqrt{\frac{EI_z}{x_k}}; \quad (12)$$

$$f_k = 4,18 \sqrt{\frac{nI_z}{\omega}}. \quad (13)$$

Здесь, кроме ранее приведённых обозначений, R — радиус кривой в см .

Пример. Пусть запроектированная конструкция бесстыкового пути имеет следующие характеристики (табл. 59).

Наименьшая зимняя температура рельсов -40°C , максимальная летняя $+60^\circ\text{C}$ (40° — температура воздуха и 20° — превышение температуры рельса над температурой воздуха).

Требуется проверить прочность и устойчивость бесстыкового пути.

Расчёт прочности рельсов, произведённый по проекту инструкции ЦИИП 1940 г., показывает, что в принятой для расчётов конструкции пути наибольшие напряжения в рельсах получаются под 5-й осью паровоза серии ИС при скорости $v = 130 \text{ км/час}$ и составляют $1\,232 \text{ кг/см}^2$.

Принимая предел пропорциональности рельсовой стали $3\,500 \text{ кг/см}^2$ и учитывая ослабление, вызываемое сваркой рельсов и влиянием неучтённых факторов, допускаемое суммарное напряжение в рельсах принимаем равным $2\,800 \text{ кг/см}^2$.

Допускаемое напряжение в рельсах на растяжение от температуры будет

$$2\,800 - 1\,232 = 1\,568 \text{ кг/см}^2.$$

Температурная амплитуда растяжения: σ

$$\sigma = E\alpha t = 2\,100\,000 \cdot 0,0000118 t = 25 t;$$

отсюда

$$t = \frac{\sigma}{25} = \frac{1\,568}{25} = 62,7 \approx 63^\circ\text{C}.$$

Примем температуру воздуха при укладке бесстыкового пути в пределах $17-23^\circ\text{C}$. Тогда наибольшая амплитуда растяжения будет $23 + 40 = 63^\circ\text{C}$, а наибольшая амплитуда сжатия ($40^\circ + 20^\circ$) — $17^\circ = 43^\circ\text{C}$.

При данной наибольшей амплитуде сжатия (t_k) наименьшая сжимающая температурная сила, при которой становится возможным нарушение устойчивости пути,

$$x_k = E\alpha\omega t_k = 25 \cdot 129 \cdot 43 = 138\,675 \text{ кг}.$$

Устойчивость колеи в вертикальной плоскости при форме её изгиба после выбрасывания по фиг. 54 может быть проверена по формуле

$$q_k = \frac{x_k^2 \sqrt{n}}{7,18E \sqrt{I_z \omega}} = \frac{138\,675^2 \sqrt{1,65}}{7,18 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \sqrt{4\,032 \cdot 129}} = 2,27 \text{ кг/см} < 3,55 \text{ кг/см};$$

$$n = 1 + \frac{x_k}{4pl_k} = 1 + \frac{138\,675}{4 \cdot 15,5 \cdot 3\,440} = 1,65;$$

$$l_k = 13,92 \sqrt{\frac{EI_z}{x_k}} = 13,92 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^8 \cdot 4\,032}{138\,675}} = 3\,440 \text{ см};$$

$$f_k = 4,18 \sqrt{\frac{nI_z}{\omega}} = 4,18 \sqrt{\frac{1,65 \cdot 4\,032}{129}} = 30,62 \text{ см}.$$

Устойчивость в горизонтальной плоскости при форме изгиба колеи после выбрасывания в виде змейки (ряда волн) проверяется по наименьшему значению поперечного погонного сопротивления по формуле

$$q_k = \frac{x_k^2 \sqrt{n}}{5,84E \sqrt{I_z \omega}} = \frac{138\,675^2 \sqrt{2,04}}{5,84 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \sqrt{832 \cdot 129}} = 6,835 < 10,75 \text{ кг/см};$$

$$l_k = 19,18 \sqrt{\frac{EI_z}{x_k}} = 19,18 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^8 \cdot 832}{138\,675}} = 2\,153 \text{ см};$$

$$n = 1 + \frac{x_k}{4pl_k} = 1 + \frac{138\,675}{4 \cdot 15,5 \cdot 2\,153} = 2,04;$$

$$f_k = 2,88 \sqrt{\frac{nI_z}{\omega}} = 2,88 \sqrt{\frac{2,04 \cdot 832}{129}} = 10,44 \text{ см}.$$

То же в кривой:

$$q_k = \frac{x_k^2 \sqrt{n}}{7,18E \sqrt{I_z \omega}} + \frac{x_k}{R} = \frac{138\,675^2 \sqrt{2,04}}{7,18 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \sqrt{832 \cdot 129}} + \frac{138\,675}{60\,000} = 10,37 < 10,75 \text{ кг/см}.$$

(Для данного примера взята кривая $R = 600 \text{ м}$.)

Таблица 59

Тип рельса	Удвоенные моменты инерции в см^4		Удвоенная площадь поперечного сечения рельса ω в см^2	Погонное сопротивление вдоль пути p в кг/см	Погонное сопротивление поперек пути q в кг/см	Погонный вес верхнего строения (рельсы, скрепления, шпалы) g в кг/см
	в вертикальной плоскости I_z	в горизонтальной плоскости I_y				
P50	4 032	832	129	15,5	10,75	3,55

$$l_k = 13,92 \sqrt{\frac{EI_z}{x_k}} = 13,92 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 832}{138\,675}} = 1\,562,5 \text{ см};$$

$$n = 1 + \frac{x_k}{4pl_k} = 1 + \frac{138\,675}{4 \cdot 15,5 \cdot 1\,562,5} = 2,43;$$

$$f_k = 4,18 \sqrt{\frac{nI_z}{\omega}} = 4,18 \sqrt{\frac{2,43 \cdot 832}{129}} = 16,54 \text{ см}.$$

Приведённый расчёт показывает, что бесстыковый путь с характеристиками, принятыми в расчёте, обладает необходимой устойчивостью как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости в прямых и кривых участках радиусом не менее 600 м.

В том случае, когда необходимо определять не только наименьшую сжимающую

температурную силу x_k , но и наибольшую температурную силу сжатия t_k , воспользоваться формулой $x_k = E\alpha\omega t_k$ не представляется возможным. В этом случае наименьшая сжимающая температурная сила определяется соответственно по формулам (3) и (7). Формула (3) может быть переписана так:

$$x_k \sqrt[4]{1 + \frac{x_k}{4pl_k}} = 2,41 \sqrt[4]{I_z \omega E^2 g^2}.$$

Имея $l_k = 13,92 \sqrt{\frac{EI_z}{x}}$, путём ряда проб можно найти значения x_k и l_k , удовлетворяющие этим уравнениям.

При наличии значений x_k и l_k дальнейший ход решения не отличается от вышеизложенного.

БАЛЛАСТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

КЛАССИФИКАЦИЯ БАЛЛАСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для устройства балластного слоя железнодорожного пути применяют следующие материалы: щебень из камня, щебень из металлургических шлаков, сортированный гравий, карьерный гравий, ракушку, песок и прочие материалы.

Кроме того, на участках с мелкозернистым песчаным балластом допускается в порядке эксплуатационного опыта укладка смешанных балластных материалов, которые укладывают в путь в соответствии с техническими указаниями, утверждёнными МПС.

Нормы по гранулометрическому составу и качеству балластных материалов приведены в табл. 60 и 61.

ПОРЯДОК И СРОКИ ОТБОРА ПРОБ БАЛЛАСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В каждом действующем карьере или заводе в целях контроля за качеством сырья отбираются пробы.

В каменных карьерах, в отвалах металлургических шлаков, а также на щебёночных заводах пробы отбираются как из сырья (каменя или шлака), так и из готовой продукции — щебня.

В каждом действующем гравийном и песчаном карьере и гравийно-сортировочном заводе отбираются пробы для определения гранулометрического состава и чистоты гравия или песка.

Порядок и сроки отбора проб для проверки качества различных балластных материалов приведены в табл. 62.

ОБЪЁМНЫЙ ВЕС БАЛЛАСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Объёмный вес балластных материалов и объём погрузки их в двухосный 18-т вагон приведены в табл. 63.

ПРОЦЕСС ИЗНАШИВАНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ БАЛЛАСТА

Необходимость замены или очистки балласта, а следовательно, и ремонта пути по состоянию балластного слоя обуславливается его загрязнением.

Загрязнение происходит от механического износа самого балласта, т. е. раздробления его частиц от воздействий поездов и шпалоподбоек, и от попадания в него различных внешних засорителей.

Механический износ балласта прямо или косвенно связан с движением поездов. Износ балласта от выветривания и замораживания, по сравнению с механическим износом от подвижного состава, настолько незначителен, что его можно не учитывать.

Загрязнение балластных материалов внешними засорителями зависит от рода перевозимого груза и от района, по которому проходит железная дорога. Загрязнение внешними засорителями, попадающими на путь при перевозке грузов, полностью зависит от движения поездов. В этом отношении особо выделяются линии с преобладающими перевозками угля, руды и торфа. Загрязнение балласта внешними засорителями, заносимыми на путь ветром, также частично зависит от движения поездов, поскольку засорители попадают в балласт главным образом при подбивках и при отрясении шпал. Так как загрязнение балласта и собственными и внешними засорителями связано с движением поездов, то оно находится в прямой зависимости от размера и характера грузооборота. Поэтому интенсивность загрязнения можно определять коэффициентом загрязнения C , выражающим среднее загрязнение балластного слоя на данном километре пути от всех засорителей в совокупности (в процентах по весу), отнесённое на 1 млн. т груза брутто.

Величина коэффициента загрязнения балласта C зависит от качества балласта, главным образом от его прочности и грануло-

Таблица 60

Нормы по гранулометрическому составу балластных материалов

Наименование балластных материалов	Гранулометрический состав	Нормальные размеры частиц в мм		Наименьший % содержания мелких частиц по весу	Допуски			Содержание в % по весу		Порядок приготовления различных гранулометрических составов	Форма частиц	Примечание
		от	до		максимальный размер частиц в мм	размерами менее нормальных частиц	размерами более нормальных частиц	дроблёных частиц	песка			
Щебень твердых пород и средней твердости (из естественного камня и кусков металлургических шлаков)	1	25	70	90	100	5	5	100	—	Щебень по составу № 1 готовится обязательно при дроблении камня и кусков шлаков. Щебень по составу № 2 и № 3 готовится при использовании отходов различных производств, в том числе и щебеночной промышленности	Щебенки должны приближаться к форме куба с острыми ребрами. Лещадки не допускаются	Гранулометрический состав щебня должен быть по возможности равномерным. Щебень с размерами частиц 25—70 мм может быть рассортирован на щебень размерами частиц 25—40 мм и 40—70 мм. Допускаются те же, что и для щебня размерами частиц 25—70 мм
	2	7	50	90	100	5	5	100	—			
	3	7	25	90	70	5	5	100	—			
Щебень слабых пород	1	25	70	90	100	5	5	100	—	Щебень слабых пород допускается к укладке в путь только крупный	То же	То же
Гравий сортированный	1	3	40	90	60	5	5	20—100 в зависимости от содержания частиц размером 20—40 мм (см. примечание)	—	Частицы, крупные 40 мм, дробятся на щебень		Содержание частиц размером 20—40 мм в % по весу от общей массы гравия
									От 0 до 20			
									30 40 50 60 70 80 90			
									Наименьшее добавление дроблёных частиц 3—40 мм в % к общей массе			
									20 25 30 40 55 70 85 100			

Продолжение табл. 60

Наименование балластных материалов	Гранулометрический состав		Нормальные размеры частиц в мм		Наименьший % содержания по весу частиц размером	Допуски			Содержание в % по весу		Порядок приготовления различных гранулометрических составов	Форма частиц	Примечание
	№	характеристика по крупности частиц	от	до		максимальный размер частиц в мм	по содержанию частиц в % по весу	с размерами менее нормальных	с размерами более нормальных	дроблёных частиц	песка		
Смешанный балласт (песок с мелким щебнем)	1	Щебень мелкий Среднезернистый песок То же » »	7	50	95	50	5	—	—	30	—	При наличии в песке гравийных частиц количество щебня уменьшается на % содержания гравия	Добавление щебня мелких фракций производится на участках с мелкозернистым песчаным балластом впрямую до замены на щебеночный балласт
	2		0,5	1	50	60	5	> 50	> 50	—	70		
	3		0,5	1	95	60	5	< 50	< 50	40	—		
Гравий карьерный	1	Естественные отложения	3	60	От 50 до 80	100	20—50	5	Не менее 20 и не более 50	—	—	Гранулометрические составы применяются: № 1 — на линиях с грузонапряжённостью менее 10 млн. т brutto в год на 1 км; № 2 — от 10 до 15 млн. т brutto в год на 1 км; № 3 — более 15 млн. т brutto в год на 1 км.	
	2		—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	3		—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Песок	1	Крупнозернистый Среднезернистый	1	3	> 50	60	< 50	< 50	< 50	—	> 50		Мелкозернистые пески для использования в качестве путевого балласта не допускаются
	2		0,5	1	> 50	60	< 50	< 50	< 50	—	> 50		
Шлаки топливные Шлаки гранулированные	1	Крупный	5	70	75	100	10	5	—	—	—		Топливные и гранулированные шлаки применяются в исключительных случаях на второстепенных путях
	1		0,5	3	90	—	10	—	—	—	—		

Примечание. По гранулометрическому составу и качеству балластные материалы исследуются преимущественно на местах добычи и их обработки лабораториями полевого типа; отдельно производится исследование готовой продукции по пробам, взятым из штабелей готовой продукции или из вагонов.

Таблица 61

Нормы по качеству балластных материалов

Наименование балластных материалов	Механическая прочность			Водопоглощение в % по истечении 48 час.	Морозоустойчивость	Чистота балластных материалов	Распад		Модуль основности	Структура	Примечание
	сопротивление удару на конусе ГИМ	износ в % по весу					известковый	железистый			
Щебень из естественного камня пород: твёрдых средней твёрдости слабых	75—100 и более 50—75 35—50	До 15 15—30 30—45	До 5 5—7 7—10	<1,5	Не должен разрушаться после 25-кратного замораживания до -15° и оттаивания	Щебень должен быть чистым, свободным от грязи и мусора. Пылевидных частиц должно быть не более 1%	—	—	—	—	—
	75—100 и более 50—75 35—50	До 15 15—30 30—45	До 5 5—7 7—10	<1,5	Не должен разрушаться после 25-кратного замораживания до -15° и оттаивания	Щебень должен быть чистым, свободным от грязи и мусора	Не выдержавший испытания не допускается к укладке в путь	—	Щлаки должны быть кислые ($M < 1$). Основные шлаки ($M > 1$) в путь не допускаются. Нейтральные шлаки ($M = 1$) могут быть допущены к укладке, если после 3 лет нахождения в отвале не имеют признаков распада	Щлаки должны иметь мелкокристаллическое плотное строение. Содержание щебня стекловидной и пористой структуры не должно превышать 5% по весу	Щлаки стекловидные и пористые могут быть использованы в смешанном балласте
	75—100 и более 50—75 35—50	До 15 15—30 30—45	До 5 5—7 7—10	<1,5	Не должен разрушаться после 25-кратного замораживания до -15° и оттаивания	Загрязнение частицами линейных размеров менее 0,1 мм не более 1%	—	—	—	Содержание непрочных пород (слабых известняков, глинистых или известковых песчаников, выветренных гранитов и др.) не должно превышать 15% общей массы гравия	—
Гравий сортированный	>50	До 30	До 15	<1,5	Не должен разрушаться после 25-кратного замораживания до -15° и оттаивания	Щебень должен быть чистым. Песок должен иметь загрязнение не более 5%. Лиственные частицы не допускаются	—	—	—	—	Добавление мелкого щебня производится на участках с мелководными косыми пляжами и слабых песчаных балластов впрямь до замены его щебеном балластом
Смешанный балласт: Щебень Песок	>50	До 30	До 7	<1,5	Не должен разрушаться после 25-кратного замораживания до -15° и оттаивания	Щебень должен быть чистым. Песок должен иметь загрязнение не более 5%. Лиственные частицы не допускаются	—	—	—	—	Добавление мелкого щебня производится на участках с мелководными косыми пляжами и слабых песчаных балластов впрямь до замены его щебеном балластом

Продолжение табл. 61

Наименование балластных материалов	Механическая прочность			Морозоустойчивость	Чистота балластных материалов	Распад		Модуль основности	Структура	Примечание
	сопротивление удару на копире ПМ	износ в % по весу в барабане № 1	износ в % по весу в барабане № 2			известковый	железистый			
Гравий карьерный	—	—	—	—	Пылеватых частиц менее 0,1 мм должно быть не более 6%, в том числе глинистых частиц не более 1%	—	—	—	Содержание непрочных пород (слабых известняков, глинистых или известковых песчаников, выветренных гранитов и др.) не должно превышать 15% по весу от общей массы гравия	—
Ракушка	—	—	—	—	Частиц менее 0,1 мм должно быть не более 10% по весу	—	—	—	—	—
Песок	—	—	—	—	Частиц менее 0,1 мм должно быть не более 10% по весу, в том числе глинистых частиц не более 2%	—	—	—	Пески должны быть в основном кварцевые	—
Топливные шлаки	—	—	—	—	Шлаки должны быть чистые, без примеси глины и мусора	Выдерживают течение 6 мес. по сле выхода в отвалах	Не выдерживают испытания	—	—	—
Гранулированные шлаки	—	—	—	—	То же	Не выдерживают испытания	не допускаются	$M < 1$	—	—

Примечания. 1. Барабан № 1 — типа Лос-Анжелос, барабан № 2 — типа Деваля. Испытание на механическую прочность может производиться на одном из перечисленных приборов в зависимости от того, какими приборами оборудованы лаборатории.

2. Испытания на морозоустойчивость производятся обязательно в тех случаях, когда водопотребление превышает нормы.

3. Исследования из качества балластных материалов должны производиться полевыми лабораториями на местах разработок. Контрольные испытания производятся в лабораториях дорог, учебных заведений и т. д. Порядок и сроки отбора проб приведены в табл. 62.

4. Сопротивление удару на копире ПМ определяется по отношению к эталону; эталон принимают за 100 единиц.

Т а б л и ц а 62
Порядок и сроки отбора проб для проверки качества балластных материалов

Наименование проверяемых балластных материалов	В каких местах отбираются пробы	Сроки отбора проб	Размеры проб, отбираемых для проверки			
			гранулометрического состава щебня на основе гравия	гранулометрического состава в лабораториях	водоплавающейности	сопротивления удару на копре ПМ
Щебень путевой из естественных каменных материалов	В каждом действующем карьере или щебеночном заводе отбираются пробы как сырья (камень), так и готовой продукции—щебня. Пробы отбираются из каждого пласта и на каждом участке карьера, отличающегося по качеству камня. При большой мощности пласта (более 5 м) пробы отбираются отдельно в его кровле, середине и подошве. Из каждого вновь вскрытого пласта обязательно производится отбор проб в процессе разработки месторождения. Отбор проб в карьерах с большим фронтом работ—не реже чем через каждые 100 м протяжённости забоя в средней части этого интервала. Отбор проб для испытаний должен производиться из массива, не нарушенного взрывами. Отбираемые для исследований пробы шлаков должны быть характерными, отражающими разрабатываемые отвалы шлаков на всю их толщу	Пробы камня берутся не реже одного раза в год для лабораторного определения водоплавающейности, морозостойчивости и износа. Пробы щебня берутся не реже одного раза в квартал для определения гранулометрического состава и износа	200—300 кг	50 кг	5 кусков камня объёмом 40—50 см ³ каждый	Щебень размерами 25—70 мм в количестве 10 кг
Щебень путевой из металлургических шлаков	Проба отбирается из борозды, проведённой вертикально в забое от бровки до его основания в предварительно расчищенной стенке забоя. Сечение борозды 10×20 см или 15×20 см в зависимости от крупности материала; отбираемые пробы должны быть характерными, отражающими разрабатываемую гравийную толщу на всю её мощность. На каждые 50 м должна быть проведена одна борозда. То же	Периодически, не реже раза в месяц, производится отбор проб металлургических шлаков для определения шлакового модуля, водоплавающейности, морозостойчивости, износа, известкового и железного распада. В те же сроки производится отбор проб путевого щебня, изготовленного из шлаков, для определения известкового и железного распада, гранулометрического состава и износа. Не реже двух раз в год в карьере отбираются пробы для определения гранулометрического состава, износа и чистоты. Продукция гравийно-сортировочного завода не реже, чем один раз в квартал, контролируется отбором проб для определения гранулометрического состава и чистоты	200—300 кг	50 кг	5 кусков шлака объёмом 150 см ³ каждый	То же
Гравий сортированный	То же	Отобранный из борозды гравийный материал хорошо перемешивается и квартованием сокращается до 50 кг	То же			
Гравий карьерный	То же	Отобранный из борозды гравийный материал хорошо перемешивается и квартованием сокращается до 50 кг	То же			
Песчаный балласт	Проба отбирается из борозды, проведённой вертикально от бровки забоя до его основания в предварительно расчищенной стенке забоя. Сечение борозды 5×10 см или 10×10 см. На каждые 50 м должна быть проведена одна борозда. Отбираемые пробы должны быть характерными, отражающими разрабатываемую толщу песка на всю её мощность	Не реже двух раз в год в карьере отбираются пробы для определения гранулометрического состава и чистоты. В каждом действующем карьере не реже двух раз в год отбираются пробы для лабораторного исследования гранулометрического состава песка и определения его чистоты	То же			

Таблица 63

Объёмный вес балластных материалов

Наименование материалов	Прочность	Гранулометрический состав (размеры частиц в мм)	Объёмный вес насыпанного воздушно-сухого балластного материала в т	Объём загрузки в м³ балластного материала в 2-осный 18-т вагон
Щебень	Твёрдых пород и средней твёрдости Слабых пород	25—70 и 7—25 40—70 и 25—40	1,7 1,6	11
Гравий сортированный	—	25—70 и 7—25 40—70 и 25—40	1,6 1,5	12
Гравий карьерный	—	3—40	1,6—1,7	11
Ракушка	—	—	1,8—2,0	9—10
Песчаный балласт	—	—	1,25—1,35	14
Топливный шлак	—	—	1,7 1,35	11 14

метрического состава, рода перевозимых грузов, района прохождения линии, объёма деятельного слоя балласта, климатических условий и, наконец, от динамического воздействия, передаваемого на балласт. Последнее определяется осевыми нагрузками подвижного состава, скоростями движения, жёсткостью рельсов, частотой укладки шпал, устойчивостью нижнего слоя балласта и земляного полотна.

Исходя из того, что загрязнение и засорение балласта зависят в основном от грузооборота, можно считать, что на него наибольшее влияние оказывают вагоны, на долю которых падает более 85% всей тонно-километровой работы, совершаемой на путях. А так как движение по сети различных типов вагонов ограничений не имеет (за весьма редким исключением пропуска наиболее тяжёлых вагонов по самым лёгким типам рельсов), то в отношении величины динамического воздействия поездов балластный слой находится в приблизительно равных условиях. Однако такое положение можно признать справедливым только для линий, имеющих одинаковые рельсы, эпюры шпал и объёмы деятельного слоя балласта.

На линиях с различными типами рельсов, различными эпюрами шпал и различными объёмами деятельного слоя балласта загрязнение балласта при всех прочих равных условиях протекает с различной интенсивностью.

Загрязнение балласта происходит неравномерно, и в различных местах поперечного сечения балластной призмы он приходит в негодность в разное время. Наиболее интенсивное изнашивание балласта от воздействия подвижного состава и шпалоподбоек, а следовательно, и загрязнение собственными раздробленными частицами происходит в зоне нижних постелей шпал. Частицы балласта, расположенные вблизи боковых граней шпал, и засорители в отдельные периоды года не находятся в неподвижном состоянии, а под действием динамических нагрузок перемещаются из верхних слоёв под шпалы. Благодаря этому под шпалами в наибольшем количестве накапливаются не только раздробленные частицы самого балласта, но и мелкие фракции внешних засорителей, постепенно проникающие сюда с поверхности. По мере удаления от шпал вглубь и в стороны загрязнение постепенно уменьшается.

Такой характер загрязнения наблюдается как при песчаном, так и при щебёночном балласте. Призма из щебня и дроблёного гравия подвергается загрязнению на всю глубину, а из песка, ракушки и карьерного гравия только на глубину 10—20 см ниже подошвы шпалы в зависимости от гранулометрического состава балласта и типа верхнего строения пути. В отдельных случаях щебёночный балласт загрязняется только в верхней части призмы. В начальный период засорения при щебёночном балласте под шпалами образуется треугольник чистого щебня (вершиной вниз) высотой около 10 см, который в последующем заполняется засорителями.

Щебёночный балласт после загрязнения подвергается очистке. В отношении же других материалов на практике производят не полную, а частичную смену балластного слоя посредством вырезки загрязнённого балласта или подъёмки пути на свежий балласт с обязательной вырезкой загрязнённого балласта в шпальных ящиках. Объём этой замены обычно определяют из расчёта обеспечения под шпалами чистого слоя балласта толщиной не менее 10 см.

Прослойка балласта, заключённая между деятельным слоем и основной площадкой земляного полотна, при нормальном состоянии последней почти не загрязняется и её, как правило, не заменяют.

Загрязнение балласта под шпалами и вблизи них резко ухудшает его дренажные свойства и сильно снижает несущую способность балластного слоя.

Интенсивность засорения и нормы допускаемого засорения и загрязнения различных балластных материалов в процентах по весу приведены в табл. 64, 65 и 66.

Интенсивность износа щебня приведена в табл. 67.

ПОТРЕБНОСТЬ В БАЛЛАСТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

При применении различных балластных материалов и при их сравнении по каждому роду балласта необходимо знать отнесённые к 1 км пути:

- 1) межремонтный тоннаж в млн. т брутто;
- 2) затраты на устройство призмы в тысячах рублей (средний ежегодный расход по первоначальным затратам);

Таблица 64

Интенсивность засорения и загрязнения смешанного балласта, карьерного гравия, ракушки и песчаного балласта в % по весу на 1 млн. т brutto грузооборота

Тип рельсов	Количество шпал на 1 км в шт.	Расстояние от мест погрузки угольных маршрутов в км														
		>300					100—200					50				
		Наименование балластных материалов														
		смешанный балласт	карьерный гравий	ракушка	среднезернистый песок	мелкозернистый песок	смешанный балласт	карьерный гравий	ракушка	среднезернистый песок	мелкозернистый песок	смешанный балласт	карьерный гравий	ракушка	среднезернистый песок	мелкозернистый песок
Интенсивность загрязнения в % по весу на 1 млн. т брутто грузооборота																
P50	1 840	0,03	0,045	0,05	0,07	—	0,05	0,03	0,09	0,10	—	0,09	0,17	0,18	0,20	—
P43	1 840 1 600	0,04 0,05	0,06 0,074	0,07 0,08	0,10 0,12	0,15 0,18	0,06 0,08	0,11 0,14	0,12 0,15	0,15 0,19	0,20 0,25	0,10 0,12	0,18 0,22	0,19 0,23	0,25 0,27	0,27 0,33
P38	1 840 1 600 1 440	0,05 0,06 —	0,074 0,09 0,11	0,08 0,10 0,12	0,12 0,15 0,18	0,18 0,22 0,27	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —

Таблица 65

Интенсивность засорения и загрязнения щебня средней твердости в % по весу на 1 млн. т brutto грузооборота

Тип рельсов	Количество шпал на 1 км в шт.	Толщина балласта под шпалой в см	Расстояние перевозки угольных, рудных и торфяных маршрутов от мест погрузки в км				
			> 300 (нормальные условия)	200—300	100—200	50—100	< 50
			Интенсивность засорения и загрязнения щебня в % по весу на 1 млн. т brutto грузооборота				
P50	1 840 1 600	25 25	0,18 0,20	0,23 0,25	0,23 0,30	0,43 0,45	0,63 0,65
P43	1 840 1 600	25 25	0,22 0,26	0,27 0,31	0,32 0,36	0,47 0,51	0,67 0,71
P38	1 840 1 600	25 25	0,25 0,30	0,30 0,35	0,35 0,42	0,50 0,55	0,70 0,75

Таблица 66

Нормы допускаемого засорения и загрязнения балластных материалов в % по весу

Наименование балластных материалов	Нормы допускаемого засорения и загрязнения в % по весу	
	перед укладкой в путь	перед очисткой или заменой в пути
Щебень с размерами частиц 25—70 см	До 5 (частиц менее 25 мм, в том числе пылеватых частиц не более 1%)	35—40 (частицы менее 25 мм, из которых частицы < 0,1 мм составляют более 5%)
Гравий карьерный	До 6 (частиц менее 0,1 мм, в том числе глинистых не более 1%)	15 (частицы менее 0,1 мм)
Ракушка	До 10	20
Песчаный балласт	До 10 (в том числе глинистых частиц не более 2%)	15

Таблица 67

Интенсивность износа щебня средней твердости в % по весу на 1 млн. т брутто грузооборота при различных периодах между ремонтами, типах рельсов и количестве шпал на километре (C_1)

Периоды между ремонтами (лет)	Интенсивность износа щебня в % по весу при толщине слоя щебня под шпалой 25 см			
	при Р50 и 1 840 шпалах	при Р43		при Р38 и 1 600 шпалах
		и 1 840 шпалах	и 1 600 шпалах	
1-4	0,25	0,31	0,39	0,57
5	0,18	0,25	0,31	0,45
6	0,15	0,21	0,26	0,39
7	0,13	0,18	0,23	0,35
8	0,12	0,16	0,20	0,30
9	0,11	0,15	0,19	0,28
10	0,10	0,14	0,17	0,26
11	0,09	0,13	0,16	0,24
12	0,08	0,12	0,15	0,22
13	0,07	0,11	0,14	0,21
14	0,07	0,10	0,12	0,18
15	0,07	0,10	0,12	0,18

Таблица 67а

Значения коэффициента x — влияния толщины слоя щебня на его износ и загрязнение

Слой балластной призмы в см	Значения коэффициента x
25	1,00
15	1,66
10	2,50

3) средний ежегодный выход балластных материалов в m^3 ;

4) средний ежегодный расход балластных материалов на смену их в m^3 ;

5) работу подвижного состава при перевозке балластных материалов в вагоно-километрах за год;

6) расходы на материалы в тысячах рублей;

7) расходы на рабочую силу при ремонтных работах в тысячах рублей;

8) расходы на рабочую силу при текущем содержании пути в тысячах рублей.

Определение межремонтного тоннажа

Межремонтный тоннаж по балласту для производства ремонтных работ при всех видах балласта, равно как и для очистки щебёночного балласта на полный слой можно определить по формуле

$$T = \frac{(D-d)K}{C_1} \text{ (млн. т брутто),}$$

где T — межремонтный тоннаж по балласту;

D — допускаемый процент засорения балластных материалов при эксплуатации пути в % по весу;

d — засорение и загрязнение балластных материалов перед укладкой в путь в % по весу;

C_1 — интенсивность засорения и загрязнения балластных материалов в % по весу на 1 млн. т брутто грузооборота (с учётом района прохождения линии, типа рельсов, количества шпал на километре и толщины слоя балласта под шпалой);

K — коэффициент повышения межремонтного тоннажа по среднепрогрессивным нормам увеличения сроков службы элементов верхнего строения пути.

Средний ежегодный выход балластных материалов

Средний ежегодный выход балластных материалов в m^3 можно определить по формулам:

1) для щебня

$$W_1 = \frac{BC_1xG}{100};$$

2) для карьерного гравия

$$W_2 = 0,25 S \left[\frac{pC_1G}{D-d} + \frac{(P-p)C_1G}{n(D-d)} \right];$$

$$W_3 = S_1 \left[\frac{pC_1G}{D-d} + \frac{(P-p)C_1G}{n(D-d)} \right];$$

3) для ракушки и песчаного балласта

$$W_4 = \frac{pC_1G}{D-d} + \frac{(P-p)C_1G}{n(D-d)},$$

где W — средний ежегодный выход балластных материалов в m^3 на 1 км пути;

B — объём слоя щебёночного балласта в m^3 на 1 км пути при толщине слоя щебня под шпалой 25 см;

C_1 — интенсивность износа щебня в % по весу на 1 млн. т брутто грузооборота (с учётом периода между ремонтами, типов рельсов, количества шпал на километре и качества щебня);

x — коэффициент влияния толщины слоя щебня под шпалой на его износ и загрязнение (табл. 67а);

G — грузонапряжённость в млн. ткм брутто на 1 км пути в год

S — доля гравия, равная 0,5÷0,8;

S_1 — доля песка, равная 0,2÷0,5;

P — количество укладываемого балласта в m^3 при капитальном ремонте;

p — то же при среднем ремонте;

C_1 — интенсивность загрязнения балластных материалов в % по весу на 1 млн. т брутто грузооборота (с учётом типа рельсов, количества шпал и района прохождения линии);

n — количество периодов между средними ремонтами от капитального до капитального ремонта пути.

Остальные обозначения приведены выше.

Средний ежегодный расход балластных материалов

Средний ежегодный расход балластных материалов в m^3 на 1 км пути:

$$M_p = W + bG + tG + y,$$

где b — выдувание балласта проходящими поездами в m^3 на 1 км пути на 1 млн. t брутто грузооборота;

t — расход балласта при текущем содержании пути в m^3 на 1 млн. t брутто грузооборота;

y — убыль балласта от выдувания ветрами и вымывания дождями в m^3 на 1 км пути в год.

Остальные обозначения приведены выше.

Работа подвижного состава при перевозках балластных материалов

Работа подвижного состава при перевозках балластных материалов в вагоно-км

$$P_n = \frac{M_p a}{K_a} = B \cdot a,$$

где a — расстояние перевозки балластных материалов в км;

K_a — загрузка вагона в m^3 (в двухосном исчислении) балластными материалами.

B — количество вагонов с балластом.

Остальные обозначения приведены выше.

НОРМЫ ПО КАЧЕСТВУ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМУ СОСТАВУ ДЛЯ МЕЛКОГО ЩЕБНЯ, ПРЕДНАЗНАЧАЕМОГО ДЛЯ ПОДСЫПКИ ПОД ШПАЛЫ ПРИ ВЫПРАВКЕ ТОЛЧКОВ И ПРОСАДОК ПУТИ НА ЩЕБЕНОЧНОМ БАЛЛАСТЕ

Прочность

При выправке толчков и просядок пути должен применяться мелкий щебень, приготовленный из материалов, обладающих большой механической прочностью, сцеплением и морозоустойчивостью (из диабазы, гранита, базальта или песчаника); прочность материалов, предназначенных для приготовления мелкого щебня, как правило, определяют на копрах ПМ.

Горные породы, из которых готовится мелкий щебень для подсыпки, по прочности должны отвечать следующим нормам:

1) сопротивляемость образца щебня, приготовленного из горной породы, удару на копке ПМ должна быть не менее 85;

2) при испытании горной породы или путевого щебня в барабанах при отсутствии копров ПМ износ не должен превышать;

в барабане № 1 — 15%, а в барабане № 2 — 5% от веса испытываемого материала.

На участках пути с щебеночным балластом по прочности ниже твердых пород с разрешения Главного управления путевого хозяйства может быть допущен для подсыпки мелкий щебень, приготовленный из материалов с сопротивляемостью удару на копке от 50 до 85. При испытании в барабанах этот материал не должен давать износа: в барабане № 1 — более 30% и в барабане № 2 — более 7%.

Водопоглощаемость и морозоустойчивость

Нормы водопоглощаемости и морозоустойчивости горной породы или щебня, изготовленного из неё, должны отвечать требованиям, установленным для щебня с нормальными размерами частиц 25—70 мм.

Размеры и форма частиц

Для подсыпки при выправке толчков и просядок в течение первого года после реконструкции пути применяется щебень с размерами частиц 10—25 мм.

Для подсыпки при выправке пути в последующие годы применяется щебень с размерами частиц 3—10 мм.

Содержание частиц размерами больше или меньше установленных не допускается.

Мелкий щебень в своей массе должен иметь щебенки многогранной формы, близкой к кубу. Лещадки не допускаются.

Чистота

Мелкий щебень, предназначенный для подсыпки, должен быть совершенно чистым, свободным от грязи и мусора.

Балластный слой железных дорог узкой колеи

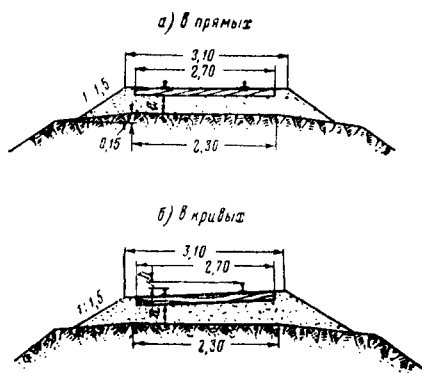
Балластные материалы, применяемые на железных дорогах узкой колеи, по качеству и гранулометрическому составу должны соответствовать нормам, установленным для балластных материалов, применяемых на железных дорогах широкой колеи.

ТИПОВЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ ПРОФИЛИ БАЛЛАСТНОГО СЛОЯ

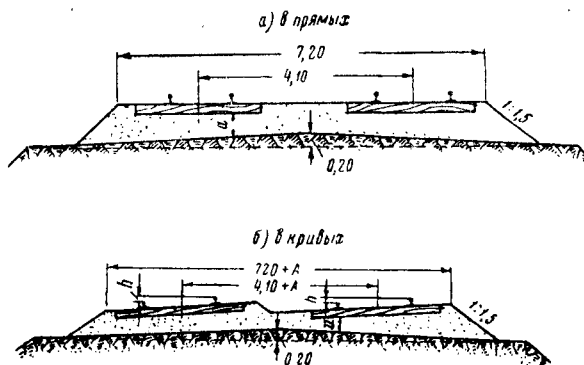
Поперечные профили балластного слоя отличаются между собой размерами в зависимости от материала балласта, плана линии, типа верхнего строения пути и количества путей на перегоне.

Ниже (фиг. 55—58) приведены профили для различных материалов и различных линий.

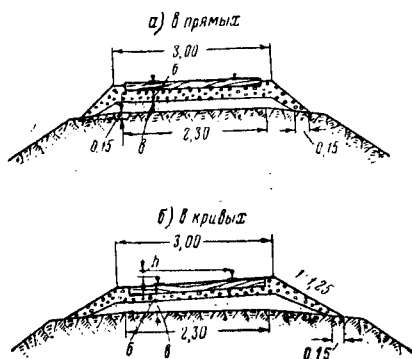
Основные размеры балластной призмы, объём балластной призмы, объём, занимаемый шпалами в теле балластного слоя, приведены в табл. 68—70.



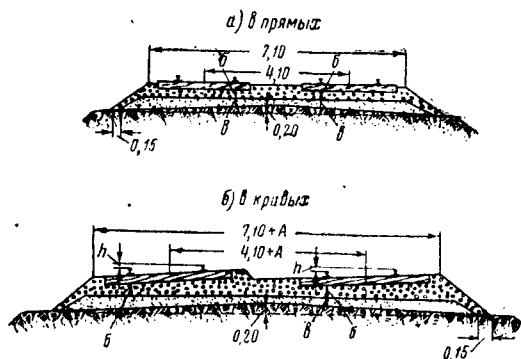
Фиг. 55. Песчаный балласт на однопутных линиях



Фиг. 56. Песчаный балласт на двухпутных линиях: А — увеличение расстояния между осями путей на кривых; h — возвышение наружного рельса



Фиг. 57. Щебёночный и сортированный гравийный балласт на однопутных линиях



Фиг. 58. Щебёночный и сортированный гравийный балласт на двухпутных линиях

Таблица 68

Основные размеры балластной призмы на магистральных железных дорогах

Род грунтов земляного полотна		Тип конструкции верхнего строения											
		I				II				III			
		Наименование балласта											
		щебень и сортированный гравий				щебень и сортированный гравий				песок, ракушка, гравий и щебень			
		наименьшая толщина под шпалой по оси рельса в см		крутизна откосов		наименьшая толщина под шпалой по оси рельса в см		крутизна откосов		наименьшая толщина под шпалой в см	крутизна откосов		
щебня	подушки	сорт. гравия	подушки	щебня	подушки	сорт. гравия	подушки	щебня	песка				
		б	в			б	в						
Грунты всякие, кроме скалы, щебня и чистого песка . .		25	20	1:1,25 1:1,5	1:2	25	20	1:1,25 1:1,5	1:2	35	1:1,25	1:1,5	
Скала, щебень и чистый песок		30	—	1:1,25 1:1,5	1:2	30	—	1:1,25 1:1,5	1:2	30	1:1,25	1:1,5	
Примечание. Толщина песчаного балластного слоя под шпалами для насыпей, сооружённых из чистого песка, должна быть 20 см.													

Примечание. Толщина песчаного балластного слоя под шпалами для насыпей, сооружённых из чистого песка, должна быть 20 см.

Т а б л и ц а 69

Теоретический объем балластной призмы главного пути магистральных железных
дорог без вычета объема шпал

Грунты земляного полотна	Тип верхнего строения	Балластный слой	Объем балластной призмы в м³/км					
			однопутные линии			двухпутные линии		
			в прямых	в кривых		в прямых	в кривых	
				h=70 мм	h=125 мм		h=70 мм	h=125 мм
Все грунты, за исклю- чением скальных, ще- бенистых и чистых пес- чаных	I	Щебеночный верх- ний	1 518	1 559	1 568	3 160	3 495	3 648
		Песчаный (подушка) нижний	796	924	1 067	1 803	1 928	1 962
	II	Щебеночный верхний Песчаный (подушка) нижний	1 435	1 469	1 477	3 000	3 305	3 458
		Щебеночный без пес- чаной подушки	783	908	1 052	1 803	1 919	1 952
	III	Щебеночный без пес- чаной подушки	1 716	1 858	2 001	3 833	4 199	4 410
		Щебеночный без пес- чаной подушки	1 582	1 733	1 861	3 409	3 717	3 897
Скальные, щебенистые и чистые песчаные грун- ты	I	Щебеночный верхний Песчаный (подушка) нижний	1 500	1 650	1 777	3 243	3 546	3 722
		То же	1 460	1 608	1 734	3 162	3 460	3 637
	II	Щебеночный верхний Песчаный (подушка) нижний	1 544	1 583	1 586	3 179	3 534	3 714
		То же	889	1 037	1 174	1 942	2 058	2 086
	III	Щебеночный верхний Песчаный (подушка) нижний	1 458	1 431	1 457	2 970	3 349	3 490
		То же	872	1 025	1 160	1 892	2 040	2 085
• Скальные, щебенистые и чистые песчаные грун- ты	I	Гравийный верхний Песчаный (подушка) нижний	1 781	1 935	2 089	3 926	4 328	4 536
		То же	1 632	1 792	1 923	3 457	3 780	3 974
	II	Гравийный верхний Песчаный (подушка) нижний	1 546	1 704	1 838	3 289	3 604	3 796
		То же	1 504	1 660	1 794	3 204	3 516	3 708
	III	Гравийный без подушки Песчаный	1 996	2 166	2 325	4 287	4 655	4 930
		То же	1 656	1 841	2 084	3 502	3 837	4 062

П р и м е ч а н и я. 1. h—величина возвышения наружного рельса в кривых.
2. Объем балластной призмы для разных типов верхнего строения при одной и той же
толщине балластного слоя под шпалой зависит от типа шпал, применяемых для разных типов
верхнего строения (от высоты шпал).

Т а б л и ц а 70

Теоретический объем в м³, занимаемый шпалами в теле балластного слоя

Погружение шпал в балластный слой	Колич. шпал на 1 км в шт.	Шпалы длиной 2,7 м обрезные типа					Шпалы длиной 2,7 м брусковые типа				
		IA	IIA	IIIA	IVA	VA	IB	IIB	IIIB	IVB	VB
Шпалы погружены в щебеночный или гравийный балласт при возвышении верхней постели на 3 см над поверх- ностью балласта	1 840	184	158	142	—	—	192	160	142	—	—
	1 600	160	133	123	—	—	167	139	123	—	—
	1 520	152	131	116	—	—	158	132	117	—	—
	1 440	144	124	111	102	86	150	125	111	106	90
	1 360	136	117	105	97	82	142	119	105	101	86
Шпалы погружены в песчаный балласт на всю толщину	1 840	215	188	172	—	—	216	188	169	—	—
	1 600	185	164	149	—	—	187	163	147	—	—
	1 520	176	155	142	—	—	178	155	140	—	—
	1 440	167	148	134	122	105	168	147	133	123	109
	1 360	159	140	127	116	99	160	139	125	121	103

СОЕДИНЕНИЯ И ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПУТЕЙ

Переход подвижного состава с одного пути на другой осуществляется при помощи стрелочных переводов, поворотных кругов и тележек.

Основными устройствами являются стрелочные переводы. К ним относятся:

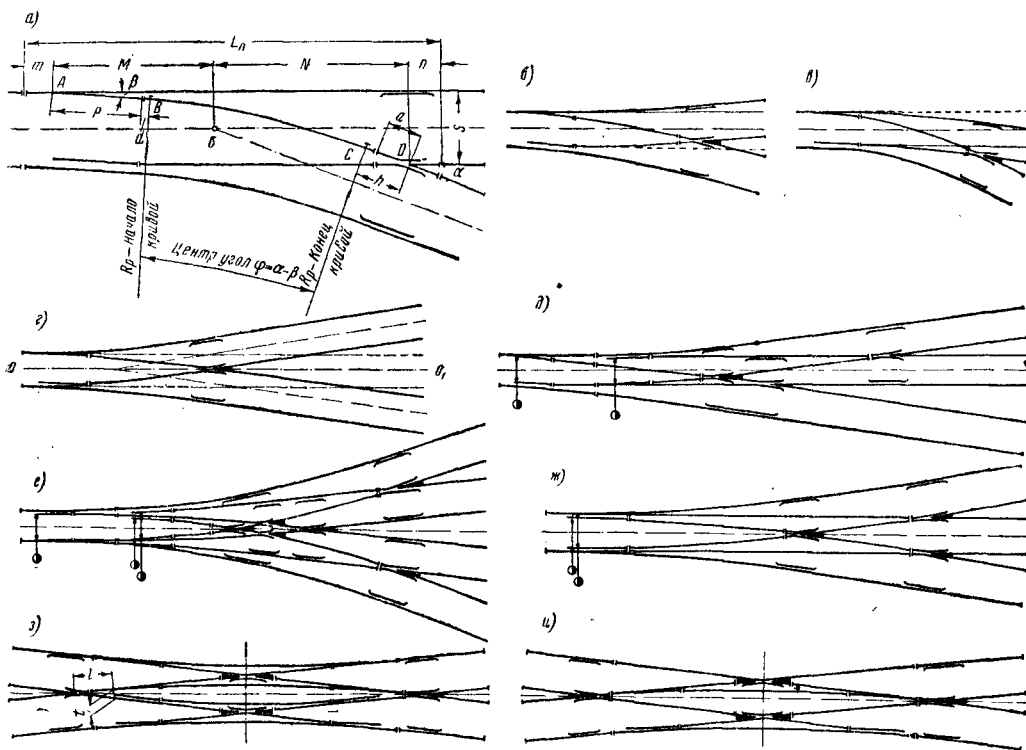
Обыкновенный стрелочный перевод (фиг. 59, а), разностороннее несимметричное разветвление (фиг. 59, б), одностороннее криволинейное разветвление (фиг. 59, в), двустороннее симметричное разветвление (фиг. 59, г), сдвоенный стрелочный перевод (фиг. 59, д), разветвление одного пути на четыре (фиг. 59, е),

стрелках, соединительные тяги и другие детали.

Для перевода остяков устанавливается стрелочный переводный механизм, заменяемый специальными устройствами при централизации стрелок.

Стрелки бывают правые и левые, считая по ходу поезда против шерсти (по направлению от стрелки к крестовине).

Стрелки, имеющие под остяком и рамным рельсом сплошной фундаментный лист, называются лафетными; при наличии взамен такого листа отдельных подкладок (стрелоч



Фиг. 59. Основные виды соединений путей

симметричный тройниковый стрелочный перевод (фиг. 59, ж), двойной перекрёстный стрелочный перевод (фиг. 59, з), одиночный перекрёстный стрелочный перевод (фиг. 59, и).

ОБЫКНОВЕННЫЕ СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ

Обыкновенный стрелочный перевод (фиг. 59, а) состоит из стрелки с переводным механизмом, крестовины и переводного пути между стрелкой и крестовиной.

Стрелка

В состав стрелки (фиг. 60) входят рамные рельсы, прилегающие к ним остяки, крепёжные устройства — корневое крепление остяков, упорные болты, стрелочные подушки, сплошные фундаментные листы в лафетных

ных подушек), к которым прикрепляется рамный рельс и по поверхности которых перемещается остяк своей подошвой, стрелки называются безлафетными.

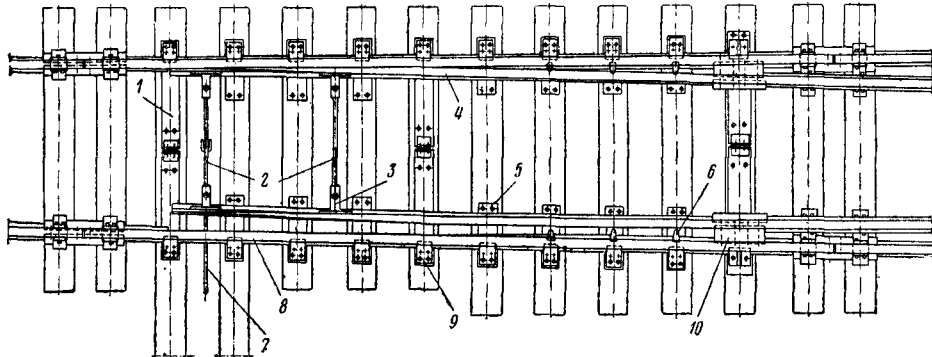
Различаются следующие конструкции стрелок: по форме остяков в плане — с прямыми или криволинейными (фиг. 61) остяками; по профилю остякового рельса — с остяками из обычных путевых рельсов (фиг. 62, а, б) и специальных низких профилей (фиг. 63) или одной высоты с рамным рельсом (фиг. 64); по закреплению корневой части остяков — с гибкими или жёсткими остяками; при гибких остяках корневое крепление накладочное, типа обычного стыка, при жёстких — шарнирное (фиг. 65) или накладочное с вкладышем (фиг. 66).

Основные размеры типовых стрелок см. в табл. 71.

Стрелки с прямыми острьяками можно применять для правого и левого разветвлений, но они имеют значительный угол удара (до $1^{\circ}21'$)*.

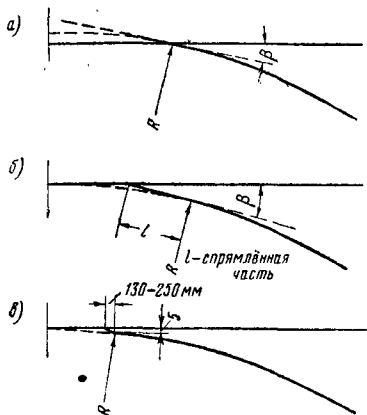
второй остряк (парный к криволинейному) — прямой.

Остряки из обычных путевых рельсов у нас мало распространены. Такие остряки уси-



Фиг. 60. Обыкновенная стрелка: 1—связная полоса; 2—стрелочные тяги; 3—стрелочная серёжка; 4—остряк; 5—стрелочная подушка; 6—упорный болт; 7—переводная тяга; 8—рамный рельс; 9—упорка; 10—корневой вкладыш

При пересечении рабочей грани криволинейного остряка с рабочей гранью рамного рельса (фиг. 61, а) остряк называется секущим, при касании кривой остряка к рабочей грани рамного рельса — касательным (фиг. 61, б), при спрямлённой головной части касательного остряка он называется полукасательным (фиг. 61, в).



Фиг. 61. Типы кривых остряков

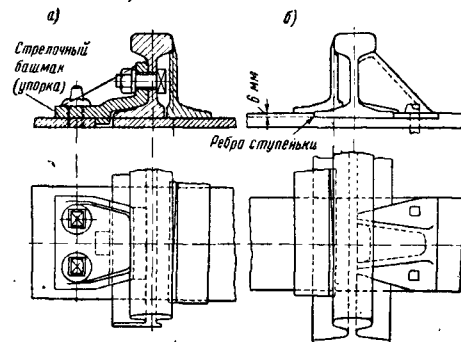
Секущим острьякам отдаётся предпочтение ввиду их повышенной прочности в начальной части.

Стрелки с криволинейным (ведущим на боковой путь) остряком различны для правого и левого ответвлений. В этих стрелках

* Начальным углом называется угол, под которым рабочая грань остряка (а в криволинейных остряках — касательная в острье) пересекает рабочую грань рамного рельса; угол, под которым гребень бандажа встречает остряк при противошёрстном движении на боковой путь, называется углом удара. В прямых остряках эти углы одинаковы. В криволинейных остряках различают ещё стрелочный угол, образуемый касательной к рабочей грани в корне с рабочей гранью рамного рельса.

ливаются приклёпкой металлических полос к шейке. Во избежание ослабления рамного рельса остряки из обычных путевых рельсов подстрагиваются снизу и опираются на верхнюю грань подошвы рамного рельса (фиг. 62, б); ввиду этого они в необработанной части головки возвышаются над рамным рельсом на 6—7 мм.

Как правило, в стрелках применяют остряки специального проката: низкие для стрелок типов I-а и Р38 и высокие — для стрелок типа III-а. Для новых стрелок к рельсам Р43, Р50 и Р65 запроектированы также низкие профили остряков. Имеются проекты стрелок с высокими острьяками к рельсам Р43, Р50 и Р65.



Фиг. 62. Остряки из путевых рельсов

Применение низких профилей остряков не вызывает необходимости в ослаблении рамных рельсов срезой их подошвы; в этом их преимущество перед остряками специального профиля одной высоты с рамным рельсом.

Для безопасного перехода подвижного состава с одного пути на другой головка остряка обрабатывается боковой и вертикальной строжкой. Боковая строжка (фиг. 67) необходима для входа состава на стрелку без удара внутренней грани бандажа в острье (начало остряка; эта строжка ведётся с того места

остряка, где его нерабочая грань встречает рабочую грань рамного рельса (в точке с). В этом же месте обычно делают изгиб острия с таким расчётом, чтобы его остриё после боковой строжки не выходило из пределов очертания вертикальных граней шейки, на-



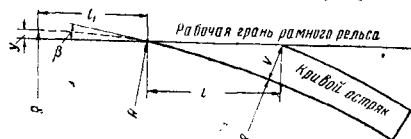
Фиг. 67. Боковая строжка прямого острия

ходясь примерно против $\frac{1}{4}$ её ширины. Длина боковой строжки прямого острия (фиг. 67) при заданном начальном угле β

$$l = \frac{v}{\tan \beta}, \quad (1)$$

где v — полная ширина головки острия.

Длина боковой строжки криволинейного острия секущей формы (фиг. 68) при задан-



Фиг. 68. Определение длины боковой строжки криволинейного острия

ных начальном угле β и радиусе кривой острия R

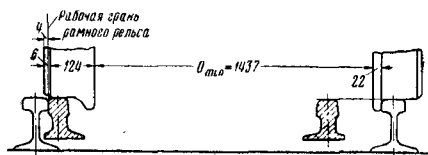
$$l = \sqrt{(R + v)^2 - (R - y)^2} - l_1, \quad (2)$$

где

$$y = R(1 - \cos \beta) \text{ и } l_1 = R \cdot \sin \beta.$$

Вертикальная строжка острия делается для того, чтобы бандаж, постепенно перекашиваясь с рамного рельса на остриё, начал касаться верхней грани острия в сечении его шириной около 20 мм.

Начало вертикальной строжки назначают в том сечении острия, где бандаж занимает положение (фиг. 69), при котором защитная

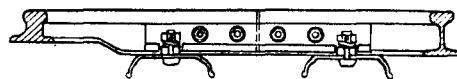


Фиг. 69. Положение колёсной пары в месте начала вертикальной строжки острия

фаска перекрывает выкружку головки рамного рельса не менее чем на 4 мм во избежание возможного распора колеи. Согласно ПТЭ, § 41-г, не разрешается по этим же соображениям понижение необработанной части головки острия (от начала вертикальной строжки к корню) против уровня головки рамного рельса на 2 мм и более. В стрелках существующих типов вертикальное понижение начинается с сечения острия шириной 50 мм.

Конструкции корневого крепления остриёв различны. При низких остриях обычно

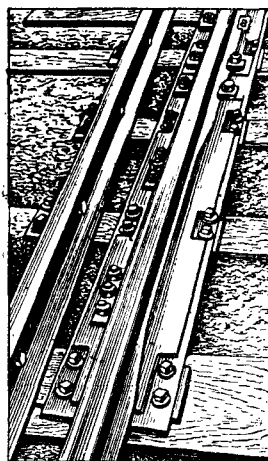
применяют корневое крепление шарнирного типа (фиг. 65). При высоких остриях корневое крепление устраивается накладочного типа (фиг. 66) с корневым вкладышем. Такое же корневое крепление можно применять и для низких остриёв, для чего предкорневая



Фиг. 70. Выпрессовка корневой части острия

их часть выпрессовывается (фиг. 70) под профиль путевого рельса.

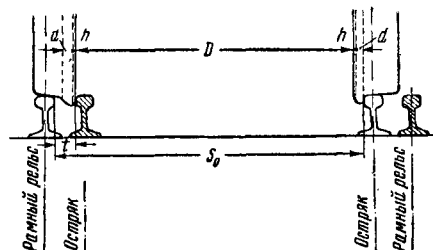
В целях устройства более совершенного корневого крепления применяют гибкие остриё с неподвижным закреплением корня острия с примыкающим рельсом. При переводе



Фиг. 71. Ослабление пружинящей части гибкого острия

остриё изгибается по месту его ослабления, которое делается вырезкой подошвы или выпрессовкой в предкорневой части на длине 800—1 000 мм (фиг. 71).

Длина гибких остриёв доходит до 15 м, в то время как жёсткие остриё имеют обычно длину 5,5—7 м.



Фиг. 72. Положение колёсной пары в корне острия

Длина жёсткого острия определяется при заданном начальном угле и радиусе кривой острия необходимой шириной жолоба в корне, при которой исключается возможность удара гребня бандажа в нерабочую

грань остряка при узкой насадке колёсной пары и подрезанном гребне (фиг. 72).

Ширина этого жолоба в мм

$$t = S_0 - (D_{\text{наим}} + d_{\text{наим}} + 2h - 2), \quad (3)$$

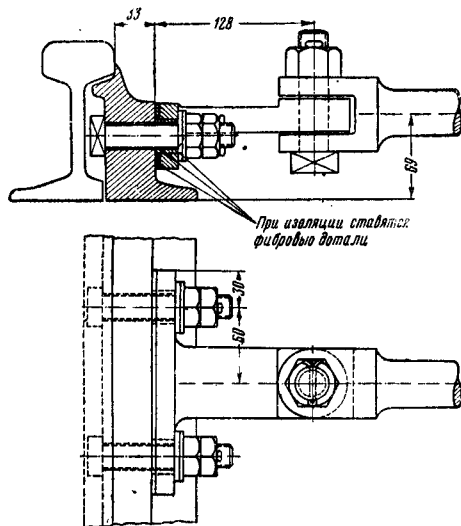
где S_0 — ширина колеи в корне в мм;

$D_{\text{наим}}$ — наименьшая величина насадки колёсной пары в мм (по ПТЭ § 189 расстояние между внутренними гранями бандажей установлено в 1440 ± 3 мм);

$d_{\text{наим}}$ — наименьшая допускаемая толщина подрезанного гребня в мм (по ПТЭ § 191-л и 220-а наименьшая толщина гребня тендерного и вагонного стального бандажа установлена в 22 мм);

h — забег вертикальной грани бандажа, равный 1 мм для стальных вагонных и тендерных бандажей;

2 мм — уменьшение расстояния между колёсами понижу при возможном выгибе оси полногрузного вагона.

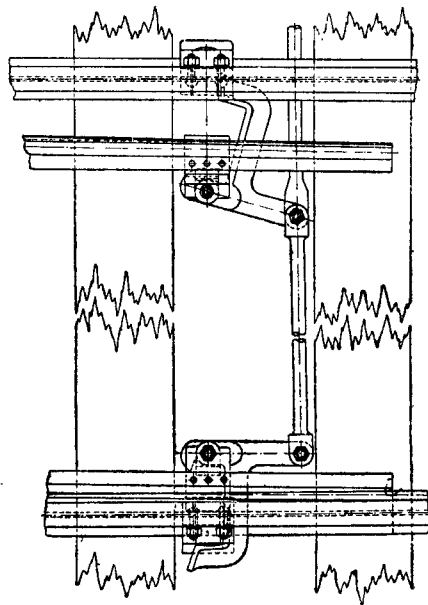


Фиг. 73. Стрелочная серёжка для соединения остряка с тягой

Остряк отводят на величину, обеспечивающую нерабочую грань отведённого остряка от удара гребня бандажа. Величина перемещения остряка, измеряемая по оси первой тяги между рабочей гранью рамного рельса и нерабочей гранью остряка, называется шагом (или ходом) остряка. В наших стрелках стандартная величина шага принята 152 мм.

Стрелочные серёжки (фиг. 73), прикреплённые к шейке остряка и шарнирно соединённые с тягой, не имеют приспособлений для жёсткого закрепления прижатого остряка к рамному рельсу. Для этой цели взамен серёжек применяют крючковые затворы (фиг. 74). При таких затворах происходит ступенчатый перевод остряков: сначала движется отжатый остряк с одновременным поворотом крюка затвора у прижатого остряка до выхода его из гнезда захвата на рамном рельсе; затем оба остряка перемещаются вместе до прижатия

ранее отведённого остряка к рамному рельсу; после этого движется только отводимый остряк до момента запора крюка прижатого остряка. Вместо крючковых затворов иногда применяют зажимные (фиг. 75).



Фиг. 74. Крючковый стрелочный затвор

Ширину колеи в пределах стрелки определяют по условиям вписывания подвижного состава с учётом опыта работы существующих стрелочных переводов.

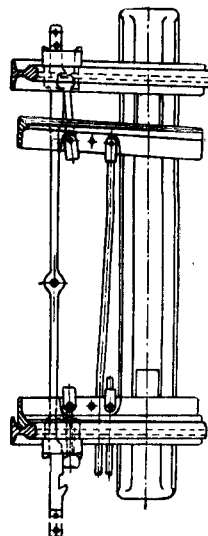
Проверку на вписывание производят в сечениях по переднему торцу рамного рельса, по острию остряков и в корне. Наиболее невыгодны для вписывания по своим жёстким базам паровозы серий СО и ОВ и трёхосный вагон с жёсткой базой $4,5 \times 2$ м. Схемы размещения осей этих экипажей приведены на фиг. 76.

Пример. Проверка на вписывание трёхосного вагона с жёсткой базой $4,5 \times 2$ в корне остряка стрелки с прямыми остряками; начало кривой расположено на расстоянии 300 мм за корнем, ширина колеи принята 1528 мм и радиус R переводной кривой по упорной нити принят 200 762 мм.

Требуемая ширина колеи S_0 для принудительного вписывания (фиг. 77) должна быть равна ширине колёсной колеи плюс величина просвета у бандажей средней колёсной пары и рабочей гранью рельса. Просвет

$$y = \frac{y_0}{2} = \frac{a^2}{2 \cdot 2R} = \frac{4640^2}{2 \cdot 2 \cdot 200762} = 26,8 \sim 27 \text{ мм},$$

где a — половина хорды.



Фиг. 75. Зажимной стрелочный затвор

Тогда

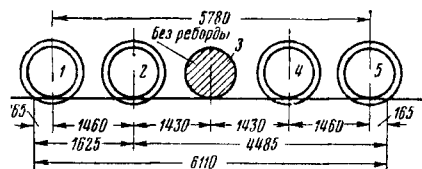
$$S_0 \geq 1443 + 34 \cdot 2 + 27 - 37,5 = 1500,5 \text{ мм.}$$

где 1443 — наибольшая насадка колёс в мм;

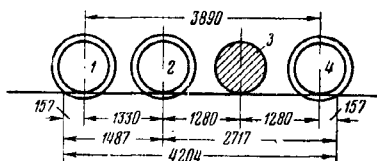
34 — толщина неизношенного гребня вагонного бандажа в мм;

1443+34·2 — наибольшее значение колёсной колеи;

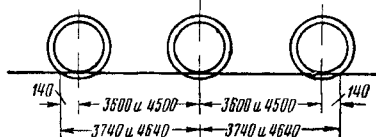
37,5 — возможное суммарное смещение осей в мм.



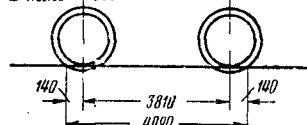
Паровоз серии СО
Суммарный поперечный разбег осей $\Sigma \eta = 10$ мм
Жёсткая база = 5780 мм
 ϕ колёс = 1320 мм



Паровоз серии ДВ
Суммарный поперечный разбег осей $\Sigma \eta = 3$ мм
Жёсткая база = 3890 мм
 ϕ колёс = 1200 мм



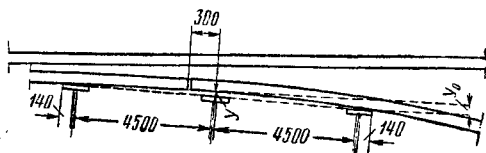
Трёхосные вагоны
Суммарное поперечное смещение осей
а) при базе 3,6×2 $\Sigma \eta = 30$ мм
б) при базе 4,5×2 $\Sigma \eta = 37,5$ мм
 ϕ колёс = 1050 мм



Нормальный двукосный вагон
 ϕ колёс = 1050 мм

Фиг. 76. Схемы расположения осей подвижного состава

Следовательно, при принятой ширине колеи в корне остряков 1528 мм имеем запас, равный 1528—1500,5=27,5 мм, т. е. для вписывания вагона достаточно свободного смещения осей на величину: 37,5—27,5=10 мм при возможном суммарном их смещении на 37,5 мм (фиг. 76).



Фиг. 77. Вписывание трёхосного вагона у корня остряка

Для ручного перевода остряков служат стрелочные переводные механизмы; они устанавливаются у острия на концах брусев,

называемых флюгарочными; длина этих брусев 4,5 м.

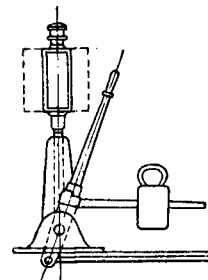
Помимо переводного механизма с балансом (фиг. 78) имеются и безбалансовые переводные механизмы; конструкция такого механизма, разработанная инж. П. И. Порпица, показана на фиг. 79.

При централизации стрелки переводят из одного центрального пункта; ручные переводные механизмы в этом случае не нужны.

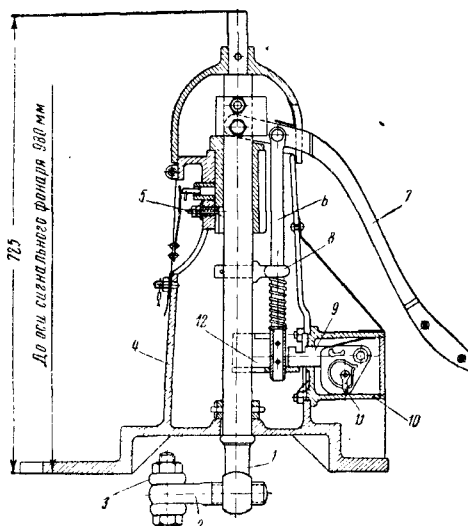
На стрелках с ручным переводом остряков применяются дополнительные устройства для плотного прижатия остряка к рамному рельсу в виде закладок или контрольных замков.

Один из видов закладки показан на фиг. 80. В случае необходимости закладку запирают висячим замком, надеваемым на ушко, пропущенное через отверстие закладки.

Наибольшее распространение имеют контрольные замки системы Мелентьева. Применяют также контрольные замки иных систем (Дмитренко и др.). На фиг. 81 показана установка замка Мелентьева.



Фиг. 78. Переводный механизм с балансом

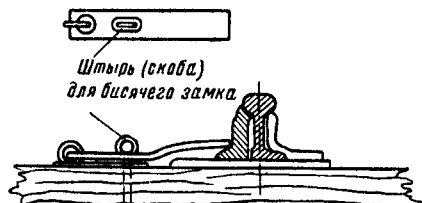


Фиг. 79. Переводный механизм конструкции Порпицы: 1—вертикальная ось; 2—кривошип; 3—вилка переводной штанги; 4—станина; 5—взрезной болтик; 6—запорный стержень; 7—поворотная рукоятка; 8—направляющая муфта; 9—ригель; 10—коробка для замков; 11—ключ; 12—запорный сегмент

Замки бывают одиночные, запирающие стрелку только в одном положении, и двойные, запирающие её в обоих положениях. В двойном замке имеется два ключа, причём вынуть можно только тот из них, которым заперта стрелка; второй ключ вынуть нельзя.

Переводная кривая

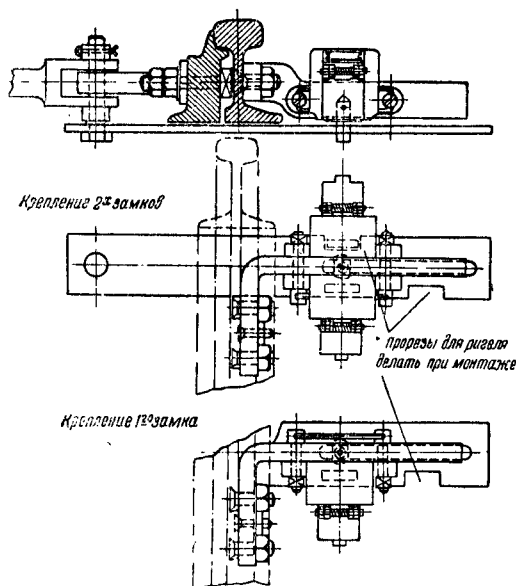
Круговая кривая между стрелкой и крестовиной называется переводной кривой. В стрелках с прямыми остриями начало кривой находится не ближе 300 мм от корня (для правильной установки корневых накладок). Радиус переводной кривой при этих стрелках



Фиг. 80. Стрелочная закладка

принят около 200 м. При кривых секущих остриях радиус кривой острья и упорной нити переводной кривой обычно одинаков и равен примерно 300 м.

Упорная нить переводной кривой устанавливается по ординатам, вычисляемым через 2 или 4 м от корня острья; величины ординат указываются на схеме разбивки перевода.



Фиг. 81. Установка замка системы Мелентьева

Определение ординат производится следующим образом. При стрелке с прямыми остриями надо сначала определить ординату для упорной нити переводной кривой в её начале. При известном расстоянии d от начала кривой до корня острья (фиг. 82), ординате в корне y_0 и угле острья β искомая ордината

$$y'_0 = y_0 + d \sin \beta \text{ мм.} \quad (4)$$

Следующая ордината y_1 в расстоянии от корня a при известном радиусе R будет равна

$$y_1 = y'_0 + R (\cos \beta - \cos \beta_1) \text{ мм,} \quad (5)$$

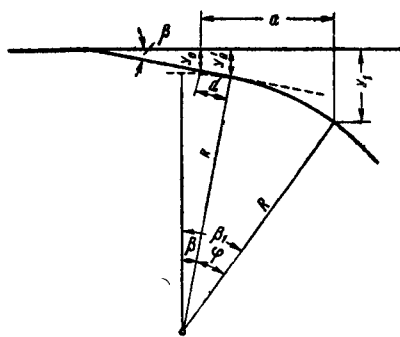
где угол β_1 равен сумме угла острья β и угла поворота φ кривой, соответствующего заданной абсциссе, равной $a - d \cos \beta$. Угол β_1 можно определить по формуле

$$\sin \beta_1 = \sin \beta + \frac{a - d \cos \beta}{R}. \quad (6)$$

Последующие ординаты находят следующим образом:

$$\sin \beta_n = \sin \beta_1 + \frac{a(n-1)}{R}; \quad (7)$$

$$y_n = y'_0 + R (\cos \beta - \cos \beta_n). \quad (8)$$



Фиг. 82. Схема для расчёта ординат переводной кривой

Аналогичным путём вычисляют и ординаты для переводной кривой при криволинейном секущем острье стрелки. Величины ординат для типовых стрелочных переводов приведены в табл. 72.

Ширина колеи на переводной кривой принята в наших стрелочных переводах 1540 мм при радиусе переводной кривой 200 м и 1536 мм при радиусе 300 м.

Как правило, стрелочные переводы в СССР укладывают без возвышения наружного рельса на переводной кривой, и только в случаях укладки переводов на кривых с односторонним направлением кривизны обоих путей допускается возвышение наружного рельса, но не более 75 мм.

Крестовина

Крестовина (фиг. 83) состоит из двух усювков и сердечника.

Для предупреждения возможности захода гребня бандажа не в надлежащий жолоб крестовины у путевых рельсов против крестовины устанавливаются контррельсы.

При сердечнике из рельсов крестовина называется сборно-рельсовой (фиг. 84), при литом сердечнике — называется сборной с литым сердечником (фиг. 85), при общей отливке усювков и сердечника — цельнолитой (фиг. 86).

Таблица 71

Основные размеры типовых стрелок

Тип рельсов	Марка перевода	Форма остряка, ведущего на боковой путь	Профиль остряка	Подушечка	Лафет	Длина в мм		Начальный угол остряка	Радиус остряка в мм	Длина остряка в мм		Корневое устройство
						рамного рельса	перпендикулярного рельса			крявого	прямого	
R65 (проект)	1/11	Кривой ¹	Высокий специальный	Нет	Есть ²	12 500 ³	3 535	0°41'24,66"	297 259	8 970	8 966	Накладочное
R50 (проект)	1/15	» ¹	То же	»	» ⁴	12 500	2 384	0°24'30"	600 762	11 640	11 638	»
R50 и P43 (проект)	1/11 и 1/9	»	Низкий специальный	»	Нет	12 500 ⁵	4 630	0°36'18,16"	300 762	6 840	6 838	»
R50 и P43	1/11 и 1/9	»	Низкий ⁶ (ОСТ 124)	»	» ⁶	12 500 ⁵	4 323	0°41'24,66"	297 259	6 515	6 513	Шкворневое улучшенное
P43	1/11	» ¹	Низкий (ОСТ 124)	»	Есть ¹	12 500 ⁵	4 323	0°41'24,66"	297 259	11 350	11 344	Жёсткое
P43	1/11	»	То же	»	Нет	10 668	2 900	0°41'24,66"	294 912	6 144	6 144	Шкворневое
I-a	1/11	»	»	Есть	Есть ⁶	10 668	2 900	0°41'24,66"	294 912	6 144	6 142	»
I-a	1/9	Прямой	»	Нет	» ⁶	8 229	763	1°17'13,29"	—	6 144	6 144	»
P38	1/11	Кривой	Низкий (ОСТ 125)	Есть	» ⁶	10 668	3 030	0°41'24,66"	294 912	6 144	6 142	»
P38	1/9	Прямой	То же ⁷	Нет	» ⁶	8 229	883	1°17'13,29"	—	6 144	6 144	»
III-a	1/11 и 1/9	»	Высокий ⁸ (ОСТ 126)	»	Нет	7 315	835	1°20'55,9"	—	5 565	5 565	Накладочное
III-a	1/11 и 1/9	»	Высокий ⁸ (ОСТ 126)	»	»	7 315	835	1°17'13,29"	—	5 565	5 565	»

¹ Гибкие остряки.² Под пружинящей частью остряка.³ Рамные рельсы предусмотрены длиной 12 500 мм, но на местах в зависимости от местных условий возможна обрезка их на требуемую длину.⁴ Имеются в пути такие же стрелки типа P43 с остряками из нормальных рельсов, а также с остряками из низких рельсов (ОСТ 124) со шкворневым корневым креплением.⁵ Имеются проекты таких же стрелок типа P43 с лафетами, а также с остряками из специальных рельсов высокого профиля с накладочным корневым креплением.⁶ Имеются такие же стрелки и без лафетов.⁷ Имеются такие же стрелки с остряками из нормальных рельсов и с накладочным корневым креплением.⁸ Имеются такие же стрелки с остряками из нормальных рельсов.⁹ Жолоб в корне 65 мм; изготовлялись до 1938 г.

Таблица 72

Ординаты для установки переводных кривых стрелочных переводов

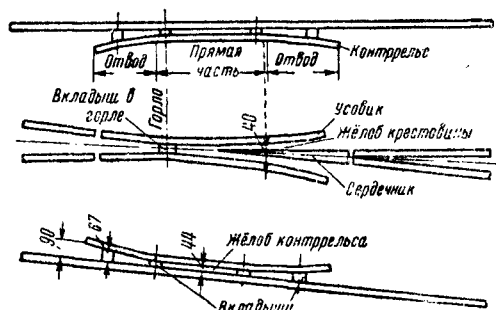
Тип рельса	Марка крестовины	Длина остряка в мм	Величины ординат в мм для следующих абсцисс в м													В конце переводной кривой	
			в корне остряка	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	абсцисса в мм	ордината в мм	
P65	1/11	8 970	243,5	335	439,5	558	600	835	994	—	—	—	—	—	14 366	1 199,5	
P50	1/15	11 640	196	252	315	385	461	544	634	730	833	943	1060	1183	24 041	1 316	
P50 и P43	1/11	6 840	150	—	310	—	523	—	790	—	1110	—	—	—	17 216	1 218,5	
P50 и P43	1/9	6 840	150	—	312	—	550	—	868	—	—	—	—	—	16 255	1 295	
P50 и P43	1/11	6 515	150	225	313	415	530	658	800	956	1126	—	—	—	16 819	1 199	
P50 и P43	1/9 ¹	6 515	150	225	314	422	550	698	866	1055	—	—	—	—	16 299	1 297	
P50 и P43	1/9 ²	6 515	150	222,5	297	386	497	629	782	956	1152	—	—	—	17 476	1 310,5	
P50 и P43	1/9 ³	6 515	150	222,5	297	389	502	636	791	967	1165	—	—	—	17 280,5	1 303	
P43	1/11	11 350	353,4	461	581	716	864	1 025	—	—	—	—	—	—	11 988	1 199	
I-a	1/11 ⁴	6 144	138	211	297	397	510	637	778	932	1100	—	—	—	17 005	1 190	
I-a	1/9	6 144	138	193	267	361	474	607	760	932	1124	—	—	—	18 022,5	1 339	
P38	1/11	6 144	138	211	297	397	510	637	778	932	1100	—	—	—	17 004	1 190	
P38	1/9	6 144	138	193	268	362	477	612	766	941	1136	—	—	—	17 708	1 318	
III-a	1/11	5 565	131	183	247	324	415	518	635	764	907	1063	1232	—	20 909	1 314	
III-a	1/9	5 565	131	185	259	353	468	604	760	936	1134	—	—	—	17 400	1 284	

¹ Для вновь укладываемых переводов.

² Эпюра — взаимозаменяемая с переводами существующего типа I-a с маркой крестовины 1/9 по устройствам централизации.

³ Эпюра — взаимозаменяемая с переводами существующего типа P38 с маркой крестовины 1/9 по устройствам централизации.

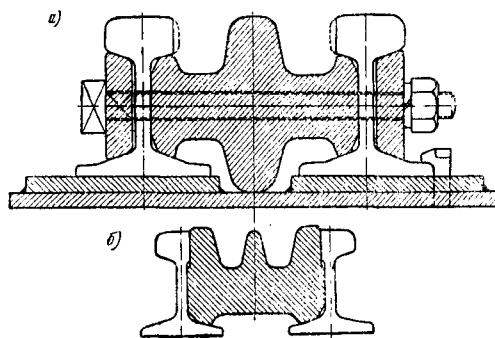
⁴ Эти же ординаты применяются и в переводах типа P43 с маркой крестовины 1/11 с острьяками длиной 6 144 мм.



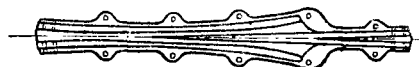
Фиг. 83. Схема крестовины



Фиг. 84. Сборно-рельсовая крестовина



Фиг. 85. Сборная крестовина с литым сердечником: а — литой двусторонний сердечник; б — сердечник в одной отливке с изнашиваемой частью, усвоиков



Фиг. 86. Цельнолитая крестовина

Конструкция цельнолитых крестовин и литых сердечников зависит от качества металла; так, при углеродистых сталях отливки делают сплошными (фиг. 87), а при сталях высокой износостойкости (в частности марганцовистые стали) отливки устраиваются пустотелыми с рёбрами жёсткости (фиг. 88).

По форме в плане крестовины бывают прямолинейные и криволинейные.

В криволинейных крестовинах проходные подвижного состава по переводу происходит более плавно вследствие сохранения однообразной кривизны в пределах всего перевода; кроме того, представляется возмож-

ным примкнуть в конце крестовины ответвляющийся путь под любым углом α_2 , большим основного угла α_1 (фиг. 89), а также уменьшается длина перевода. Но вместе с этим усложняется стрелочное хозяйство, так как приходится иметь отдельные крестовины для левых и правых стрелочных переводов. По этой причине на наших железных дорогах применяются почти исключительно прямолинейные крестовины.

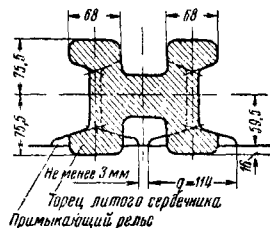
Марка прямолинейной крестовины определяется углом α , под которым пересекаются рабочие грани сердечника. Она обозначается как $\text{tg } \alpha$. Иногда обозначают марку величи-

ной $2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ (фиг. 90, а и б). Согласно ПТЭ, § 40, стрелочные переводы должны иметь крестовины следующих марок ($\operatorname{tg} \alpha$):

а) на главных и приемо-отправочных пассажирских путях—не круче 1/11, а для перекрёстных стрелочных переводов — 1/9; стрелки, по которым пассажирские поезда не отклоняются на боковые пути, могут быть марки 1/9;

б) на приемо-отправочных путях товарного движения—не круче 1/9;

в) на прочих путях — не круче 1/6.



Фиг. 87. Торец литого сердечника из углеродистой стали

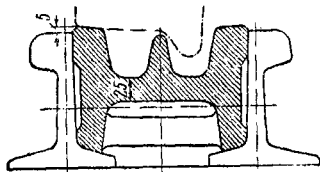
В настоящее время изготавливают также переводы с крестовинами марки 1/15 для пропуска поездов с повышенной скоростью (до 70 км/час) по боковому пути.

Наименьшее расстояние между рабочими кантами усовиков (желоб в горле крестовины) вычисляют по той же формуле, что и желоб в корне остряка

$$t_{\text{наим}} = S_0 - (D_{\text{наим}} + 2h + d_{\text{наим}}).$$

Подставляя здесь $S_0 = 1524$ мм, $D_{\text{наим}} = 1435$ мм (с учётом выгиба оси полногрузного вагона), $h = 1$ мм и $d_{\text{наим}} = 22$ мм, получим

$$t_{\text{наим}} = 1524 - (1435 + 2 \cdot 1 + 22) = 65 \text{ мм.}$$



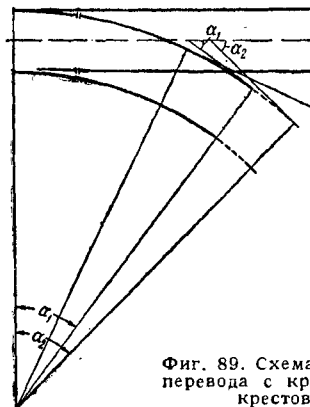
Фиг. 88. Поперечное сечение сердечника из износостойчивой стали

В типовых крестовинах желоб в горле принят 66 мм, т. е. с гарантийным запасом в 1 мм, для избежания возможности удара внутренней грани бандажа в рабочую грань усовика. Размеры крестовин см. в табл. 73.

Для того чтобы ослабленная часть сердечника, примерно до сечения его в 40 мм, не подвергалась боковым ударам гребней бандажей, направляющей грани контррельса придают такую длину, чтобы она перекрывала всё протяжение от горла до указанного сечения сердечника. При этом расстояние между рабочей боковой поверхностью головки контррельса и рабочим кантом сердечника крестовины согласно ПТЭ, § 41-д должно быть не менее 1477 мм (наибольшая ширина

насадки колёсной пары 1443 мм плюс толщина гребня вагонного бандажа 34 мм).

Отсюда следует, что наибольшая допускаемая ширина желоба у контррельса должна быть $1524 - 1477 = 47$ мм. Согласно нормам содержания стрелочных переводов нормальная ширина желобов у контррельсов установлена 44 мм, т. е. с запасом в 3 мм на боковой износ головки контррельса.

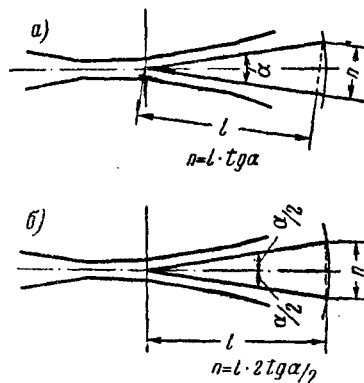


Фиг. 89. Схема стрелочного перевода с криволинейной крестовиной

Расстояние между рабочей гранью контррельса и рабочей гранью усовика во избежание возможности защемления колёсной пары должно быть не более 1435 мм, т. е. величины самой узкой насадки колёс 1437 мм, уменьшенной на 2 мм для учёта возможного выгиба оси полногрузного вагона.

Следовательно, сумма желобов у контррельса и крестовины должна быть не менее $1524 - 1435 = 89$ мм.

Так как ширина желоба у контррельса



Фиг. 90. Способы определения марки крестовины

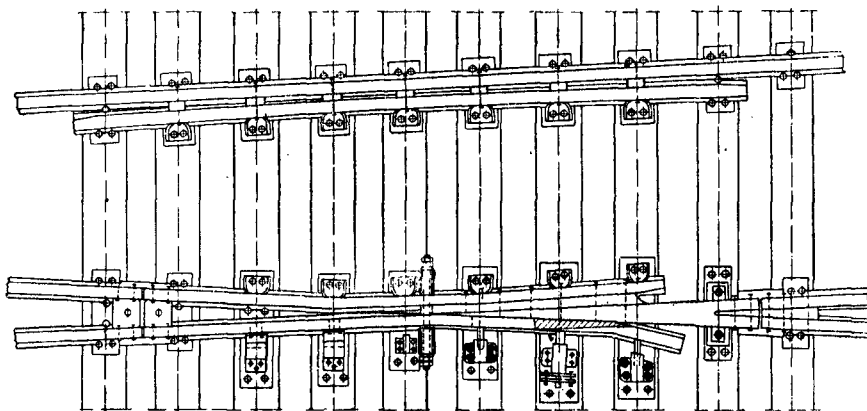
установлена 44 мм, то крестовинный желоб должен быть $89 - 44 = 45$ мм.

В целях увеличения ширины опорных полок усовиков (для предотвращения быстрого их износа) крестовинным желобам стремятся придать наименьшую ширину, а в сборных крестовинах, кроме того, срезают внутреннюю боковую грань усовиков на 5 мм по ширине. В том месте, где бандаж полностью переходит на сердечник (в сечении его шириной

40 мм), высота сердечника должна быть одинакова с высотой усювиков, а впереди этого места сердечник постепенно понижается к острию соответственно коничности бандажа. В цельнолитых крестовинах усювикам придаётся повышение, которое начинается впереди острия сердечника и сходит на-нет у сечения сердечника шириной 40 мм.

Сердечник крестовины в заднем конце должен иметь достаточную ширину для того, чтобы не требовалось острожки подошв при-мыкающих к нему путевых рельсов. Так, например, для рельсов типа Р38 (фиг. 87) наименьшее расстояние между рабочими гранями в заднем конце сердечника должно быть

$$2 \cdot \frac{114}{2} + 3 + 2 \cdot \frac{68}{2} = 185 \text{ мм.}$$



Фиг. 92. Крестовина с одним отжимным усювиком

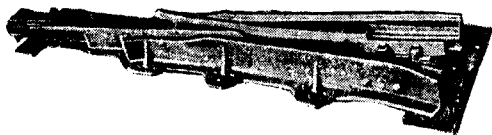
Отсюда определяется и наименьшая необходимая длина заднего конца крестовины. Кроме того, длина заднего и переднего концов должна быть достаточной для того, чтобы под ними можно было уложить необходимое количество переводных брусьев для обеспечения устойчивого положения всей крестовины.

Переводные брусья под крестовиной укладывают перпендикулярно к её продольной оси (биссектрисе крестовинного угла).

Вместо контррельсов на крестовинах иногда устраивают отбойные реборды с наружной стороны усювиков (фиг. 91). Они применяются в тех случаях, когда контррельсы нельзя поставить, например, в путях, соединяющих веерное паровозное здание с поворотным кругом, а также (в целях экономии) и на других путях, где скорости движения велики.

Особую разновидность крестовин представляют собой крестовины с одним отжимным усювиком (фиг. 92), которые применяют в местах с резко выраженным преимущественным движением по одному из разветвляющихся путей. Такие крестовины создают благоприятные условия для плавного хода поездов преимущественного направления (без мёртвого пространства) и для равномерного износа усювиков и сердечника. При проходе подвижного состава по второстепенному направлению (пошёрстно и протившёрстно)

прижатый усювик отжимается ребордами колёс, возвращаясь после прохода поезда обратно под действием пружин в своё нормаль-



Фиг. 91. Крестовина с отбойными ребордами (без контррельсов)

ное (прижатое к сердечнику) положение. Срок службы таких крестовин удлинится при одинаковых размерах работы в несколь-

ко раз по сравнению с крестовинами обычной конструкции.

Расчёт основных размеров

Обыкновенные стрелочные переводы (табл. 74) рассчитывают по формулам (9) — (13), в которых буквенные обозначения соответствуют следующим величинам¹ (фиг. 59, а):

- L_n — практическая длина перевода, измеряемая от оси переднего стыка рамного рельса стрелки до оси заднего стыка крестовины;
- L_p — расчётная длина стрелочного перевода от математического острия A остряка стрелки до математического острия D крестовины;
- m — длина переднего вылета рамного рельса (от оси переднего стыка до начала остряка);
- n — длина заднего хвоста крестовины;
- M — расстояние от центра O перевода до математического острия остряка стрелки;
- N — то же до математического острия крестовины;
- p — длина остряка;
- d — длина прямой вставки за корнем стрелки;
- h — расстояние от конца переводной кривой до математического острия крестовины;
- BC — длина упорной нити переводной кривой;

¹ Все размеры в мм.

R_p — расчётный радиус кривой по упорной нити;

α — угол крестовинного пересечения;

β — начальный угол острья;

ε — центральный угол переводной кривой;

S — нормальная ширина колеи.

Зависимость между основными элементами стрелочного перевода получается проектированием линии $ABCD$ на направления, параллельное и перпендикулярное оси основного пути, в результате чего имеем две основные формулы:

$$L_p = (p + d) \cos \beta + R_p (\sin \alpha - \sin \beta) + h \cos \alpha, \quad (9)$$

$$S = (p + d) \sin \beta + R_p (\cos \beta - \cos \alpha) + h \sin \alpha. \quad (10)$$

Исключая h из уравнений (9) и (10), получим:

$$R_p = \frac{L_p \sin \alpha - S \cos \alpha - (p + d) \sin (\alpha - \beta)}{(\sin \alpha - \sin \beta) \sin \alpha - (\cos \beta - \cos \alpha) \cos \alpha},$$

или

$$R_p = \frac{L_p \sin \alpha - S \cos \alpha - (p + d) \sin (\alpha - \beta)}{1 - \cos (\alpha - \beta)}. \quad (11)$$

Затем из уравнения для L_p определяем h :

$$h = \frac{L_p - (p + d) \cos \beta - R_p (\sin \alpha - \sin \beta)}{\cos \alpha}. \quad (12)$$

В уравнения (9) и (10) входит ряд элементов, из которых могут быть определены два, остальными же величинами задаются. Так, например, искомыми величинами могут быть R_p и h , или L_p и h , или R_p и L_p и т. д. Расстояние от центра перевода до математического центра крестовины

$$N = \frac{S}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}. \quad (13)$$

Для проектирования станций важно знать положение предельного столбика за концом крестовины, так как оно определяет полезную длину путей.

Таблица 73

Основные размеры типовых крестовин в мм

Тип рельса	Марка крестовины	Угол крестовины	Конструкция крестовины	Длина		Длина контр-рельса		Расположение стыков	
				переднего конца крестовины	заднего конца крестовины	полная	прямой части	переднего	заднего
P65 (проект)	1/11	5°11'40"	Сборная с сердечником в одной отливке с рабочими частями усювиков	2 740	2 550	4 550	1 400	Навесу	Навесу
P50 (проект)	1/15	3°18'50"	То же	3 715	3 225	6 100	1 660	»	»
P50	1/11	5°11'40"	» »	2 650	2 300	4 150	1 350	»	»
P50	1/11	5°11'40"	Сборная с литым двухсторонним сердечником	2 650	2 300	4 150	1 350	»	»
P50	1/9	6°20'25"	Сборная с сердечником в одной отливке с рабочими частями усювиков	2 085	1 880	3 220	1 120	»	»
P50	1/9	6°20'25"	Сборная с литым двухсторонним сердечником	2 085	1 880	3 220	1 350	»	»
P43	1/11	5°11'40"	Сборная с сердечником в одной отливке с рабочими частями усювиков	2 650	2 300	4 150	1 350	»	»
P43	1/11	5°11'40"	Сборная с литым двухсторонним сердечником	2 650	2 300	4 150	1 350	»	»
P43	1/11	5°11'40"	Сборно-рельсовая . . .	2 650	2 300	4 150	1 350	»	»
P43	1/9	6°20'25"	Сборная с сердечником в одной отливке с рабочими частями усювиков	2 085	1 880	3 220	1 120	»	»
P43	1/9	6°20'25"	Сборная с литым двухсторонним сердечником	2 085	1 880	3 250	1 350	»	»
P43	1/9	6°20'25"	Сборно-рельсовая . . .	2 085	1 880	3 220	1 120	»	»
I-a	1/11	5°11'40"	Цельнолитая	930	2 300	4 900	1 260	На бруссе	»
I-a	1/11	5°11'40"	Сборная с литым двухсторонним сердечником	2 460	2 300	4 900	1 200	Навесу	»
I-a	1/11	5°11'40"	Сборно-рельсовая . . .	2 460	2 300	3 500	1 200	»	»
I-a	1/9	6°20'25"	Сборная с литым двухсторонним сердечником	1 665	1 770	4 400	1 000	»	На бруссе
I-a	1/9	6°20'25"	Сборно-рельсовая . . .	1 665	1 770	3 500	1 200	»	Навесу
P-38	1/11	5°11'40"	Цельнолитая	930	2 170	4 640	1 200	На бруссе	»
P-38	1/11	5°11'40"	Сборная с литым двухсторонним сердечником	2 510	2 170	4 700	1 260	Навесу	»
P-38	1/11	5°11'40"	Сборно-рельсовая . . .	2 510	2 170	3 800	1 200	»	»
P-38	1/9	6°20'25"	Сборная с литым двухсторонним сердечником	1 665	1 650	4 200	1 000	»	На бруссе
P-38	1/9	6°20'25"	Сборно-рельсовая . . .	1 665	1 650	3 800	1 200	»	»
III-a	1/11	5°11'40"	Сборная с литым двухсторонним сердечником	1 810	1 890	4 500	1 300	»	»
III-a	1/11	5°11'40"	Сборно-рельсовая . . .	1 810	1 890	3 500	1 200	»	»
III-a	1/9	6°20'25"	Сборная с литым двухсторонним сердечником	1 665	1 550	4 200	1 100	»	»
III-a	1/9	6°20'25"	Сборно-рельсовая . . .	1 665	1 755	2 800	1 100	»	»

Таблица 74

Основные размеры обыкновенных стрелочных переводов в м.м.
(Буквенные обозначения — по фиг. 59, а)

№ стрелы	Тип рельса	Марка крестовины	Угол крестовины	Начальный угол остряка	Расстояние от оси переднего стыка до начала остряка	Длина остряка	Радиус переводной кривой по упорной нити	Расстояние от конца водной кривой до начала остряка	Длина переднего конца крестовины	Длина заднего конца крестовины	Расстояние от начала остряка до центра перевода	Расстояние от центра перевода до математического остряка крестовины	Расстояние от начала остряка до математического остряка крестовины	Расстояние от оси переднего стыка рамного рельса до оси заднего стыка крестовины
			α	β	m	p	R_p	h	a	n	M	N	$L_p = M + N$	$L_n = m + L_p + n$
1	P65 (проект)	1/11	5°11'40"	0°41'24,66"	2 894 ¹	8 970	297 259	3 585	2 740	2 553	10 103	16 799	26 902	32 279 ¹
2	P50 (проект)	1/15	3°48'50"	0°24'30"	2 388	11 640	300 762	3 132	3 715	3 228	15 917	22 887	38 804	44 420
3	P50 и P43	1/11	5°11'40"	0°36'18,16"	2 310 ²	6 840	200 762	3 375	2 650	2 303	10 616	16 759	27 415	32 028 ²
4	P50 и P43	1/9	6°20'25"	0°36'18,16"	1 334 ³	6 840	200 762	2 073	2 085	1 883	11 395	13 758	25 153	28 370 ³
5	P50 и P43	1/11	5°11'40"	0°41'24,66"	2 823 ⁴	6 515	297 259	3 585	2 650	2 303	10 103	16 799	26 902	32 028 ⁴
6	P50 и P43	1/9	6°20'25"	0°41'24,66"	1 744 ⁵	6 515	200 000	2 055	2 035	1 882	11 096	13 758	24 854	28 480 ⁵
7	P50 и P43	1/9	6°20'25"	0°41'24,66"	1 878 ⁶	6 515	190 000	1 934	2 085	1 882	12 153	13 758	25 911	29 670 ⁶
8	P50 и P43	1/9	6°20'25"	0°41'24,66"	1 878 ⁶	6 515	190 000	1 999	2 085	1 882	12 022	13 758	25 740	29 540 ⁶
9	P43	1/11	5°11'40"	0°41'24,66"	2 904	6 144	294 912	3 690	2 650	2 303	10 024	16 799	26 823	32 030
10	P43	1/11	5°11'40"	0°41'24,66"	4 327	11 350	297 259	3 585	2 650	2 303	10 103	16 799	26 902	32 532
11	I-a	1/11	5°11'40"	0°41'24,66"	2 904	6 144	294 912	3 690	930 ⁷	2 302	10 024	16 798	26 822	32 028
12	I-a	1/11	5°11'40"	0°41'24,66"	2 904	6 144	294 912	3 690	2 460 ⁸	2 302	10 024	16 798	26 822	32 028
13	I-a	1/9	6°20'25"	1°17'13,29"	767	6 144	205 000	1 663	1 665	1 772	12 073	13 753	25 831	28 370
14	P38	1/11	5°11'40"	0°41'24,66"	3 034	6 144	294 912	3 691	930 ⁷	2 172	10 024	16 798	26 822	32 023
15	P38	1/11	5°11'40"	0°41'24,66"	3 034	6 144	294 912	3 691	2 510 ⁸	2 172	10 024	16 798	26 822	32 028
16	P38	1/9	6°20'25"	1°17'13,29"	887	6 144	201 292	1 861	1 665	1 653	11 942	13 753	25 700	28 240
17	III-a	1/11	5°11'40"	1°20'55,9"	839	5 565	306 511	2 322	1 810	1 892	11 987	16 798	28 785	31 516
18	III-a	1/9	6°20'25"	1°20'55,9"	839	5 565	195 938	2 172	1 665	1 534 ⁹	11 365	13 753	25 123	27 516
19	III-a	1/9	6°20'25"	1°20'55,9"	839	5 565	195 938	2 172	1 665	1 759 ⁹	11 365	13 753	25 123	27 721

¹ Рамные рельсы поставляются длиной 12 500 м.м., но здесь приведены размеры, соответствующие обрезке их при замене перевода типа I-a с оставлением на месте как остряка крестовины, так и переднего стыка рамного рельса.

² Рамные рельсы поставляются длиной 12 500 м.м., но здесь приведены размеры, соответствующие обрезке их при замене перевода типа I-a с сохранением расстояния от оси переднего стыка рамного рельса до оси заднего стыка крестовины.

³ Рамные рельсы поставляются длиной 12 500 м.м., но здесь приведены размеры, соответствующие обрезке их при замене перевода типа I-a с оставлением на месте как остряка крестовины, так и переводной тяги.

⁴ Рамные рельсы поставляются длиной 12 500 м.м., но здесь приведены размеры, соответствующие обрезке их при замене перевода типа P38 с оставлением на месте как остряка крестовины, так и переводной тяги.

⁵ Цельнолитая крестовина.

⁶ Сборная крестовина.

⁷ Крестовина сборная с литым сердечником.

⁸ Сборно-рельсовая крестовина.

Таблица 75

Увеличение расстояния между осью пути и осью предельного столбика в кривых частях пути

R м	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	1 000	1 200	1 500	2 000	3 000	3 500
Δ мм	180	145	120	105	90	80	75	60	55	45	35	30	25	20	15	10

Таблица 76

Раскладка брусьев и рельсов в переводах типов Р50 и Р43 с крестовиной марки 1/11
(Длина остряка 6 840 мм, $a=51$ мм)

Брусья		Рельсы		Расстояние между осями брусьев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)						
длина в м	количество	длина в м	количество	под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной			
2,75	4	№ 1—9,379	1	<i>В переводах типа Р50</i> 670+535×8+540×3+ +440+542+440						
3,00	14									
3,25	8									
3,50	7	№ 2—10,343	1							
3,75	6									
4,00	6	№ 3—10,294	1							
4,25	5									
4,50	7*									
4,75	5	№ 4—9,239	1	<i>В переводах типа Р43</i> 670+535×8+530×3+ +500+482+500						
5,00	5									
5,25	4	№ 5 и 6—7,615	2							
		№ 7 и 8—12,500	2							

* В том числе 2 флюгарочных.

Таблица 77

Раскладка брусьев и рельсов в переводах типов Р50 и Р43 с крестовиной марки 1/9
(Длина остряка 6 840 мм, $a=51$ мм)

Брусья		Рельсы		Расстояние между осями брусьев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)													
длина в м	количество	длина в м	количество	под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной										
2,75	4	№ 1—6,698	1	<i>В переводах типа Р50</i> 670+535×8+540×3+ +440+542+440													
3,00	14							№ 2—7,682	1								
3,25	8																
3,50	5	№ 4—6,663	1					547+560+575×8+558+ +440+585×13+577+ +440									
3,75	5												№ 5—8,594	1			
4,00	4	№ 6—8,564	1														
4,25	4							№ 7—12,500	1								
4,50	6*																
4,75	4	№ 8—12,420	1	<i>В переводах типа Р43</i> 670+535×8+530×3+ +500+482+500													
5,00	4							№ 5—8,594	1								
5,25	4													№ 6—8,564	1		
		№ 7—12,500	1														
								№ 8—12,420	1								
		555+565×10+500+580× ×13+584+500															
								580×6+440									
		560×4+ +550×8															
							550×12										

* В том числе 2 флюгарочных.

Таблица 78

Раскладка брусев и рельсов в переводах типов Р50 и Р43 марки 1/11

(Длина остряка 6 515 мм, $a=41$ мм)

Брусья		Рельсы		Расстояние между осями брусев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)			
длина в м	количество	длина в м	количество	под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной
2,75	4	№ 1—10,202	1	В переводах типа Р50			
3,00	13	№ 2—11,867	1	675+550×7+565×2+ +564+440+613×2+440	560×3+545×14+552+ +255+555×4+560×6+ +440	560×4+ +553+560× ×3+440	610+609+ +440+550× ×12
3,25	7	№ 3—11,832	1				
3,50	7	№ 4—10,162	1	675+555×9+554+500+ +583×2+500	550×3+545×14+552+ +255+555×10+500	551×4+ +554+551× ×2+562+ +500	580+579+ +500+550× ×12
3,75	7	№ 5—5,907	1				
4,00	6	№ 6—5,890	1				
4,25	5	№ 7—12,500	1				
4,50	7*	№ 8—12,460	1				
4,75	5						
5,00	5						
5,25	4						

* В том числе 2 флюгарочных.

Таблица 79

Раскладка брусев и рельсов для вновь укладываемых переводов типов Р50 и Р43 марки 1/9

(Длина остряка 6 515 мм, $a=41$ мм)

Брусья		Рельсы		Расстояние между осями брусев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)			
длина в м	количество	длина в м	количество	под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной
2,75	4	№ 1—6,041	1	В переводах типа Р50			
3,00	13	№ 2—7,700	1	675+555×7+565×2+ +564+440+613×2+440	560×3+538+565×6+ +440+582×9+583×4+ +611+440	580×6+440	560×3+ +550×9
3,25	7	№ 3—7,678	1				
3,50	6	№ 4—6,003	1	675+555×9+554+500+ +583×2+500	550×3+538+560×6+ +500+530×13+531+500	570×6+500	550×12
3,75	5	№ 5—8,600	1				
4,00	4	№ 6—8,561	1				
4,25	4	№ 7—12,500	1				
4,50	6*	№ 8—12,420	1				
4,75	4						
5,00	4						
5,25	4						

* В том числе 2 флюгарочных.

Таблица 80

Раскладка брусев и рельсов в переводах типов Р50 и Р43 с крестовиной марки 1/9, взаимозаменяемых с существующими переводами типа I-а по устройствам централизации

(Длина остряка 6 515 мм, $a=41$ мм)

Брусья		Рельсы		Расстояние между осями брусев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)			
длина в м	количество	длина в м	количество	под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной
2,75	4	№ 1—7,098	1	В переводах типа Р50			
3,00	13	№ 2—8,767	1	675+555×7+565×2+ +564+440+613×2+440	555×11+560+440+ +582×9+533×4+611+ +440	580×6+ +440	560×3+ +550×9
3,25	9	№ 3—8,738	1				
3,50	6	№ 4—7,058	1	675+555×9+554+500+ +583×2+500	550×11+555+500+ +580×13+531+500	570×6+500	550×12
3,75	5	№ 5—8,588	1				
4,00	4	№ 6—8,558	1				
4,25	4	№ 7—12,500	1				
4,50	6*	№ 8—12,420	1				
4,75	4						
5,00	4						
5,25	4						

* В том числе 2 флюгарочных.

Таблица 81

Раскладка брусьев и рельсов в переводах типов Р50 и Р43 с крестовиной марки 1/9, взаимозаменяемых с существующими переводами типа Р38 по устройствам централизации

(Длина острья 6 515 мм, $a=41$ мм)

Брусья		Рельсы		Расстояние между осями брусьев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)			
длина в м	количество	длина в м	количество	под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной
В переводах типа Р50							
2,75	4	№ 1— 6,967	1	675+555×7+ +565×2+ +564+440+ +613×2+440	545×11+	580×6+440	560×3+ +550×9
3,00	13	№ 2— 8,636	1		+539+440+		
3,25	9	№ 3— 8,607	1		+582×9+		
3,50	6	№ 4— 6,927	1		+583×4+		
3,75	5	№ 5— 8,538	1		+611+440		
4,00	4	№ 6— 8,558	1				
4,25	4	№ 7—12,500	1	В переводах типа Р43			
4,50	6*	№ 8—12,420	1	675+555×9+ +554+500+ +583×2+500	540×11+	570×6+500	550×12
4,75	4				+534+500+		
5,00	4				+580×13+		
5,25	4				+581+500		

* В том числе 2 флюгарочных.

Таблица 82

Раскладка брусьев и рельсов в переводах типа Р43 с крестовиной марки 1/11

(Длина гибких острья—кривого 11 350 мм и прямого 11 344 мм, $a=41$ мм)

Брусья		Рельсы		Расстояние между осями брусьев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)			
длина в м	количество	длина в м	количество	под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной
2,75	4	№ 1—10,202	1	675+555× ×13+500+ +555+500× ×2+555×2+ +500	555×11+	551×4+554+ +551×2+ +562+500	580+579+ +500+550× ×12
3,00	13	№ 2— 7,034	1		+562+255+		
3,25	7	№ 3— 7,002	1		+555×10+		
3,50	7	№ 4—10,162	1		+500		
3,75	7	№ 5— 5,907	1				
4,00	6	№ 6— 5,890	1				
4,25	5	№ 7—12,500	1				
4,50	7*	№ 8—12,460	1				
4,75	5						
5,00	5						
5,25	4						

* В том числе 2 флюгарочных.

Таблица 83

Раскладка брусьев и рельсов в переводах типа I-а с крестовиной марки 1/9

(Длина острья 6 144 мм, $a = -57$ мм, флюгарочный брус впереди острья)

Длина рельсов в м	Брусья		Расстояние между осями брусьев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)			
	длина в м	количество	под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной
№ 1 — 12,500	2,75	4	700+583×3+ +534×2+583× ×4+500+270+ +558+500	655×3+656×11+	<i>Крестовина с литым двусторонним сердечником</i> 587+604+560+720×2	575×7+ +565+500+ +550×6
№ 2 — 12,500	3,00	13		+500×4+270+557+		
№ 3 — 12,500	3,25	7		+500+629×2+628× ×4÷500		
№ 4 — 12,500	3,50	5				
№ 5 — 5,562	3,75	5			<i>Крестовина сборно- рельсовая</i> 587+604+560+540+620+500	625+624× ×6+500+ +550×6
№ 6 — 5,505	4,00	4				
№ 7 — 12,500	4,25	4				
№ 8 — 12,500	4,50	8*				
№ 9 — 4,875	4,75	4	700+583×3+ +534×2+583× ×4+500+270+ +558+500	655×3+656×11+		
№ 10 — 4,875	5,00	5		+500×4+270+557+		
	5,25	4		+500+629×2+628× ×4+500		

* В том числе 2 флюгарочных.

Таблица 84

Раскладка брусьев и рельсов в переводах типов Р43 и I-а с крестовиной марки 1/11

(Длина острья 6 144 мм, $a = -39$ мм, флюгарочный брус впереди острья)

Длина рельсов в м			Брусья			Расстояние между осями брусьев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)			
Р43	I-а		длина в м	количество		под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной
	крестовина цельнолитая	крестовина с литым или сборно-рельсовым сердечником		Р43	I-а				
№ 1 — 8,769	12,500	12,500	2,75	4	4	В переводах типа Р43			
№ 2 -- 10,450	12,500	12,500	3,00	12	13	700+652×3+	570×3+517+550×	550×7+566+500	550×15
			3,25	7	8	+651+525×4+	×11+500+526+		
			3,50	7	7	+524+500+	+550×12+500		
№ 3 — 10,396	12,500	12,500	3,75	6	5	В переводах типа I-а (крестовина цельнолитая)			
№ 4 — 8,679	12,500	12,500	4,00	6	5	700+652×3+	570×9+585+583×	597+596×3+	545×16
			4,25	5	4	+651+525×4+	×8+500+564+565+	+563+500	
			4,50	5	4	+524+500+	+500+592+593×6+		
№ 5 — 7,615	7,284	5,754	4,50	7*	9*	+565×2+500	+640×2		
			4,75	5	5	В переводах типа I-а (крестовина с литым двусторонним сердечником или сборно-рельсовая)			
			5,00	5	5	700+652×3+	570×9+585+583×	640×2+597+	545×16
№ 6 — 7,615	7,231	5,701	5,00	5	5	+651+525×4+	×8+500+564+565+	+596×3+563+	
			5,25	5	3	+524+500+	+500+610+608×	+500	
			5,25	5	3	+565×2+500	×5+500		

* В том числе 2 флюгарочных.

Таблица 85

Раскладка брусьев и рельсов в переводах типа Р38 с крестовиной марки 1/11

(Длина острья 6 144 мм, $a = -39$ мм, флюгарочный брус впереди острья)

Длина рельсов в м		Брусья		Расстояние между осями брусьев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)			
крестовина цельнолитая	крестовина с литым двусторонним или сборно-рельсовым сердечником	длина в м	количество	под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной
№ 1 — 12,500	12,500	2,75	4	$700+630 \times 4 + 542 \times$ $\times 3 + 543 + 542 + 500 \times$ $\times 4$	$618 \times 14 + 619 \times 3 +$ $+500 \times 4 + 604 \times 2 +$ $+605 \times 5 + 664 \times 2$	$571+570 \times 3 + 535 +$ $+500$	$568 +$ $+574 \times$ $\times 16$
№ 2 — 12,500	12,500	3,00	14				
№ 3 — 12,500	12,500	3,25	7				
№ 4 — 12,500	12,500	3,50	7	$700+630 \times 4 + 542 \times$ $\times 3 + 543 + 542 + 500 \times$ $\times 4$	$618 \times 14 + 619 \times 3 +$ $+500 \times 4 + 622 \times 5 +$ $+623 + 500$	$664 \times 2 + 571 + 570 \times$ $\times 3 + 535 + 500$	$568 +$ $+574 \times$ $\times 16$
№ 5 — 7,281	5,701	3,75	4				
№ 6 — 7,230	5,650	4,00	5				
№ 7 — 8,837	8,837	4,25	4				
№ 8 — 8,748	8,748	4,50	8*				
		4,75	5				
		5,00	5				
		5,25	5				

* В том числе 2 флюгарочных.

Таблица 86

Раскладка брусьев и рельсов в переводах типа РЗ8 с крестовиной марки 1/9
(Длина острья 6 144 мм, $\alpha = -57$ мм, флюгарочный брус впереди острья)

Длина рельсов в м	Брусья		Расстояние между осями брусьев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)			
	длина в м	количество	под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной
№ 1 — 12,500	2,75	4	$700 + 583 \times 3 + 584 \times 2 + 583 \times 4 + 500 + 708 + 500$	$620 \times 15 + 500 \times 4 + 708 + 500 + 626 \times 4 + 627 \times 2 + 500$	<i>Крестовина с литым двусторонним сердечником или сборно-рельсовая</i> $587 \times 2 + 550 + 673 \times 2$	$560 \times 3 + 500 \times 7 + 534 + 591 \times 4$
№ 2 — 12,500	3,00	13				
№ 3 — 12,500	3,25	8				
№ 4 — 12,500	3,50	5				
№ 5 — 5,435	3,75	5				
№ 6 — 5,374	4,00	4				
№ 7 — 12,500	4,25	4				
№ 8 — 12,500	4,50	6*				
№ 9 — 5,006	4,75	4				
№ 10 — 5,006	5,00	4				
	5,25	5				

* В том числе 2 флюгарочных.

Таблица 87

Раскладка брусьев и рельсов в переводах типа III-а с крестовиной марки 1/11
(Длина острья 5 565 мм, $\alpha = 0$)

Длина рельсов в м	Брусья		Расстояние между осями брусьев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)			
	длина в м	количество	под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной
№ 1 — 12,500	2,75	3	$618 \times 7 + 620 \times 2 + 668 + 500$	$583 \times 19 + 500 + 432 + 500 + 581 \times 4 + 580 \times 5 + 581 \times 4 + 500$	<i>Крестовина с литым двусторонним сердечником</i> $600 + 630 + 571 + 550 \times 2 + 552$	$508 + 500 + 588 \times 2 + 595 \times 14$
№ 2 — 12,500	3,00	15				
№ 3 — 12,500	3,25	7				
№ 4 — 12,500	3,50	6				
№ 5 — 8,942	3,75	7				
№ 6 — 8,891	4,00	5				
№ 7 — 12,500	4,25	6				
№ 8 — 12,500	4,50	10*				
№ 9 — 12,500	4,75	4				
№ 10 — 12,500	5,00	4				
№ 11 — 11,676	5,25	5			<i>Крестовина сборно-рельсовая</i> $650 \times 2 + 505 + 550 \times 3$	$508 + 500 + 588 \times 2 + 595 \times 14$
№ 12 — 11,585						

* В том числе 2 флюгарочных.

Таблица 88

Раскладка брусьев и рельсов в переводах типа III-а с крестовиной марки 1/9
(Длина острья 5 565 мм, $\alpha = 0$)

Длина рельсов в м	Брусья		Расстояние между осями брусьев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)			
	длина в м	количество	под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной
№ 1 — 12,500	2,75	3	$618 \times 7 + 620 \times 2 + 668 + 500$	$598 \times 16 + 500 \times 3 + 470 \times 2 + 500 \times 3 + 609 \times 2 + 612 + 609 \times 2 + 500$	<i>Крестовина с литым двусторонним сердечником</i> $570 + 590 + 570 + 643 + 596$	$561 \times 7 + 560 + 500 + 557 \times 6$
№ 2 — 12,500	3,00	14				
№ 3 — 12,500	3,25	7				
№ 4 — 12,500	3,50	5				
№ 5 — 5,935	3,75	5				
№ 6 — 5,875	4,00	4				
№ 7 — 12,500	4,25	5**				
№ 8 — 12,500	4,50	7				
№ 9 — 12,500	4,75	4				
№ 10 — 12,500	5,00	4				
№ 11 — 7,675*	5,25	4	$618 \times 7 + 620 \times 2 + 663 + 500$	$598 \times 16 + 500 \times 3 + 470 \times 2 + 500 \times 3 + 609 \times 2 + 612 + 609 \times 2 + 500$	<i>Крестовина сборно-рельсовая</i> $504 + 535 + 480 + 520 + 570 + 569$	$622 + 610 \times 6 + 500 + 557 \times 6$
№ 12 — 7,562*						

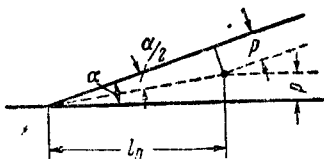
* При сборной крестовине из нормальных рельсов длина рубок № 11 — 7,880 и № 12 — 7,767.

** В том числе 2 флюгарочных.

В прямых частях пути расстояние от центра перевода до предельного столбика определяют по формуле (фиг. 93):

$$l_n = p \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (14)$$

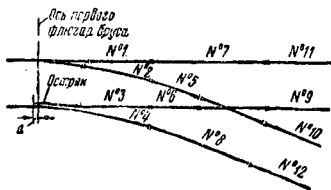
где p — расстояние от оси пути до оси предельного столбика, которое согласно правилам проектирования должно равняться 2,05 м.



Фиг. 93. Положение предельного столбика

В кривых для обращения подвижного состава по габариту 2-С это расстояние должно увеличиваться на величину Δ , зависящую от радиусов кривых. Значения величины Δ для различных радиусов приведены в табл. 75.

В табл. 76—88 приведены данные по раскладке брусков и рельсов в обыкновенных



Фиг. 94. Схема расположения рельсов в обыкновенном стрелочном переводе

стрелочных переводах марок 1/11 и 1/9 из рельсов типов Р50, Р43, I-а, Р38 и III-а (фиг. 94).

ПЕРЕКРЁСТНЫЙ СТРЕЛОЧНЫЙ ПЕРЕВОД

Перекрёстный стрелочный перевод даёт возможность при двух путях, пересекающихся под острым углом, пропускать подвижной состав не только по прямым направлениям пересекающихся путей, но и переводить его с одного из этих путей на другой. Перекрёстные переводы бывают двойные и одиночные. При двойных переводах (фиг. 59, з) переход состава с одного пути на другой может происходить в любом направлении, а при одиночных (фиг. 59, и) это передвижение осуществляется лишь с одной стороны от продольной оси перевода.

В состав перекрёстного перевода входят две острые крестовины, находящиеся в острых углах ромба пересечения, две тупые крестовины (в тупых углах), по две стрелки в каждом конце между острыми и тупыми крестовинами и переводные кривые между стрелками.

Безопасное прохождение подвижного состава по тупым крестовинам перекрёстного перевода обеспечивается путём повышения контррельса (в пределах, допускаемых габаритом приближения строений) для марок пересечения 1/9 и круче. При более пологих марках тупые крестовины устраивают без мёртвого пространства, для чего взамен неподвижных сердечников тупых крестовин устанавливают подвижные (фиг. 95). Перевод таких сердечников осуществляется согласованно с переводом остяков стрелки.

Стрелка одиночного перекрёстного перевода в конструктивном отношении не отличается от стрелки обыкновенного перевода. Стрелка двойного перекрёстного перевода состоит из двух обыкновенных стрелок, причём внутренний рамный рельс с остяком одной стрелки помещается внутри колеи другой стрелки (фиг. 96). Это требует применения специальных стрелочных тяг.

Начало остяков в стрелке (фиг. 59, з) расположено в таком расстоянии l от математического острия острой крестовины, которое обеспечивает свободное перемещение остяков внутри ромба пересечения при переводе их на принятую величину шага.

Величина этого расстояния l зависит не только от марки пересечения, но и от способа перевода остяков.

При несимметричном переводе остяков (фиг. 97) все четыре остяка передвигаются одновременно в одну сторону. При симметричном переводе (фиг. 98) каждая пара наружных или внутренних остяков располагается симметрично относительно продольной оси перевода AA_1 .

Наименьшее расстояние t (фиг. 59, з и 99, а) у острия остяков между рабочими гранями в ромбе определяют при несимметричном переводе остяков по формуле:

$$t = k_o + 2d + a, \quad (15)$$

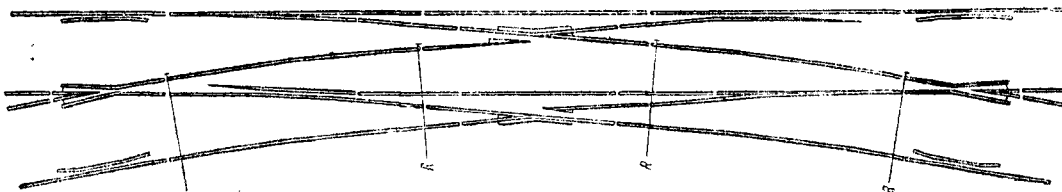
где k_o — шаг остяка по острию в мм;

d — расстояние от рабочей грани рамного рельса до грани подошвы остяка в мм;

a — просвет между подошвами остяков в мм.

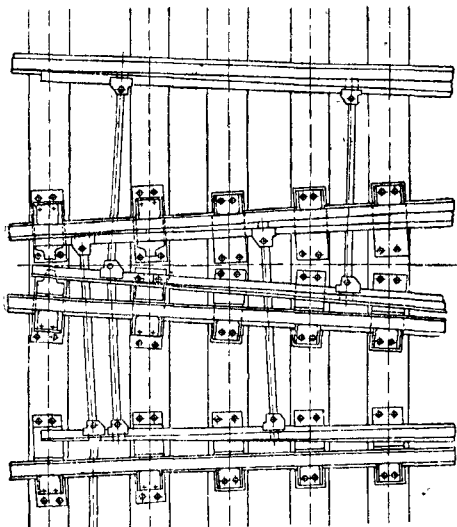
При симметричном переводе остяков (фиг. 99, б) расстояние

$$t = 2k_o + 2d + a. \quad (16)$$



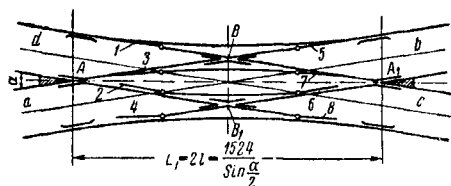
Фиг. 95. Тупая крестовина с подвижными сердечниками

Перевод остяков правой и левой стрелки перекрёстного перевода при симметричном способе должен быть взаимно увязан для обеспечения правильности маршрута. Поэтому при ручном обслуживании остяки переводятся одним механизмом, установленным сна-



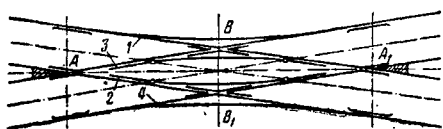
Фиг. 96. Размещение стрелочных тяг в стрелках двойного перекрёстного перевода

ружи перевода по оси $B-B_1$ (фиг. 98) и связанным приводом и системой рычагов с остяками каждой стороны.



Фиг. 97. Несимметричная система перевода остяков в двойном перекрёстном переводе

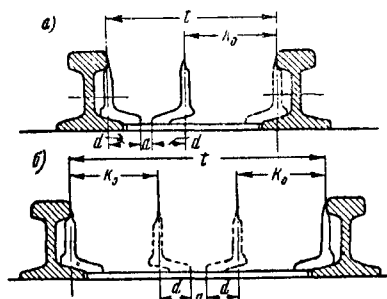
При несимметричном способе перевода остяков устанавливается два ручных переводных механизма нормального типа, кото-



Фиг. 98. Симметричная система перевода остяков в двойном перекрёстном переводе

рые соединяются приводами с крыльчатым (четырёхлопастным) фонарём (фиг. 100). Этот фонарь устанавливается в междупутье против середины пересекающихся путей.

Несимметричный способ перевода остяков в большей степени обеспечивает безопасность движения, так как при нём возможно прохождение состава лишь по одному какому-либо маршруту, в то время как при симметричном

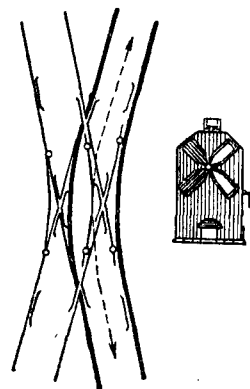


Фиг. 99. Схема определения наименьшего расстояния между рабочими гранями рамных рельсов у остяков в двойном перекрёстном переводе

переведе возможно осуществление двух различных маршрутов при одной и той же установке остяков.

Конструкции острых крестовин перекрёстного стрелочного перевода одинаковы с крестовинами обыкновенных стрелочных переводов. В тех случаях, когда сумма длин

Фиг. 100. Крыльчатый (четырёхлопастный) стрелочный фонарь для двойных перекрёстных переводов при несимметричном переводе остяков



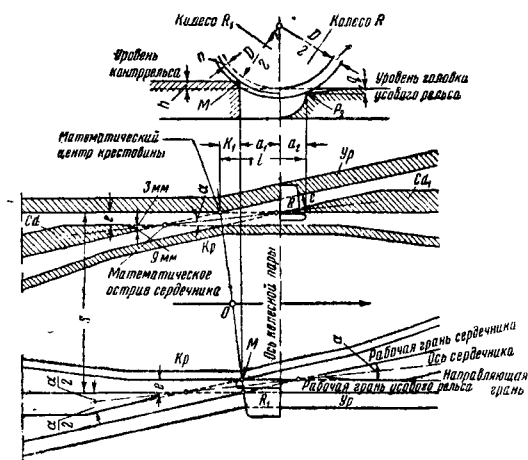
переднего вылета рамного рельса и переднего конца острой крестовины недостаточна для правильной установки остяков (расстояние l), изменяют длину усовых рельсов крестовины.

Каждая из тупых крестовин (фиг. 101) состоит из коленного (усового) рельса $у_p$, который является частью наружных рельсов глухого пересечения, двух сердечников cd и cd_1 , обращённых остриями друг к другу, и контррельса k_p , который служит для защиты острия от ударов гребней и направления колёс в соответствующий жолоб.

Точка пересечения рабочих граней усового рельса называется математическим центром тупой крестовины. Перерыв рабочей грани между реальным остриём сердечника и математическим центром крестовины называется вредным, или мёртвым, пространством.

В тупых крестовинах ширина жолоба e принята равной 46 мм.

Расчётная ширина v_0 реального острия сердечника — 12 мм. Длина вредного про-



Фиг. 101. Положение бандажа в мёртвом пространстве тупой крестовины

странства l может быть перекрыта в том случае, когда

$$l \leq a_1 + a_2 + k_1, \quad (17)$$

где

$$a_1 = \sqrt{\left(\frac{D}{2} + n\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - n\right)^2} = \sqrt{(D + n - h)(n + h)}, \quad (18)$$

$$a_2 = \sqrt{\left(\frac{D}{2} + f\right)^2 - \left(\frac{D}{2} + q\right)^2} = \sqrt{(D + f + q)(f - q)}, \quad (19)$$

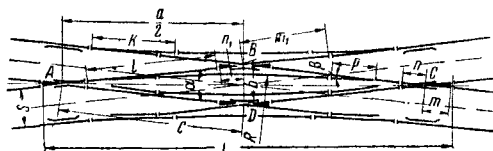
$$k_1 = (S - e) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (20)$$

Для определения l служит формула:

$$l = \frac{v_0}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{e}{\sin \alpha}. \quad (21)$$

При допускаемом по условиям габарита возвышении контррельса $h = 45$ мм и диаметре колёс $D = 1050$ мм для пересечения марки 1/9 непрерывное мёртвое пространство равно 67 мм. Как показал опыт, такое неперекрывание не представляет опасности.

Основными геометрическими величинами для расчёта эпюры перекрёстного стрелочного перевода являются (фиг. 102, табл. 89):



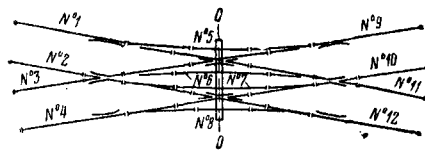
Фиг. 102. Схема двойного перекрёстного перевода

большая полуось ромба

$$\frac{a}{2} = \frac{S}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (22)$$

малая ось ромба

$$b = \frac{S}{\cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (23)$$



Фиг. 103. Схема расположения рельсов в двойном перекрёстном переводе

сторона ромба

$$c = \frac{S}{\sin \alpha}. \quad (24)$$

Таблица 89

Основные размеры перекрёстных стрелочных переводов в мм
(Обозначения по фиг. 102)

Тип	Марка крестовины	α	β	k	l	p	R	$\frac{a}{2}$	b	c	n	m	n_1	m_1	L
P43*	1/9	6°20'25"	0°47'48"	8 207	9 315	5 950	243 000	13 779	1 526	13 800	2 530	1 880	1 945	4 035	31 318
P43**	1/9	6°20'25"	0°47'48"	7 909	9 585	5 850	243 000	13 779	1 526	13 800	1 975	1 880	2 230	4 139	31 318
III-a	1/9	6°20'25"	1°28'07"	9 850	9 850	4 877	194 675	13 779	1 526	13 800	1 665	1 550	2 263	5 785	30 666
III-a	1/8	7°07'30"	0°53'33"	8 442	8 442	4 877	210 000	12 263	1 527	12 287	1 563	1 390	2 263	4 607	27 308

* Проект, остряки из рельсов по ОСТ 124. Крестовины с литыми сердечниками.
** Остряки из рельсов Р43. Крестовины сборно-рельсовые.

Таблица 90

Раскладка брусьев и рельсов в перекрёстных переводах типа Р43 с крестовиной марки 1/9 и типа III-а с крестовинами марок 1/9 и 1/8 (фиг. 103)

Брусья				Рельсы				Расстояние в мм между осями брусьев, считая от оси О—О в каждую сторону			
длина в м	количество			№ рельсов	длина в м			от оси О—О до корня остря- ков	от корня остря- ков до пе- реднего торца острой кресто- вины	под острой крестовиной	за острой крестовиной
	тип Р43 марка 1/9	тип III-а марка 1/9	тип III-а марка 1/8		тип Р43 марка 1/9	тип III-а марка 1/9	тип III-а марка 1/8				
3,50	19	17	17	1	12,500	12,500	12,500	550×2+500×2+ +255+535+ +500+535+500	В переводах типа Р43 марки 1/9**		
3,75	16	14	14	2	7,973	9,363	9,636		535×9+685+ +500×2+255+ +500+255	582,5×1+570× ×5+500	575×12+566+ +500+560
4,00	6	6	6	3	12,500	12,500	12,500		В переводах типа III-а марки 1/9		
4,25	10	6	6	5	6,272	4,512	4,500		505×3+504+ +500+652×4+ +653,5×1	698,5×1+696× ×6+665×2+255	652+653+546+ +646+596
4,50	10	8	8	6	8,422	11,560	9,197				
				7	8,422	11,560	9,197				
4,75	8	8	6	8	6,272	4,512	4,500				
5,00	8	8	8	9	12,500	12,500	12,500				
5,25	8	6	4	10	7,973	9,363	9,636				
5,50	8*	4*	4*	11	7,973	9,363	9,636				
Итого	93	77	73	12	12,500	12,500	12,500	505×2+565×2+ +255+555+ +550×3	597×7+650+ +572×2+255	603×2+540×3	600×11

* В том числе 4 флюгарочных.

** Для изготавливаемой конструкции с острьяками из нормальных рельсов и сборно-рельсовыми крестовинами.

НОРМЫ СОДЕРЖАНИЯ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

1. «Запрещается держать в пути стрелочные переводы, имеющие следующие неисправности:

- а) разъединение стрелочных острьяков;
- б) отставание острьяка от рамного рельса на 4 мм и более;
- в) выкрошивание острьяка, при котором создаётся опасность набегания гребня;
- г) понижение острьяка против рамного рельса на 2 мм и более;
- д) уменьшенное расстояние между рабочим кантом сердечника крестовины и рабочей боковой поверхностью головки контррельса (менее 1 477 мм);
- е) излом острьяка или рамного рельса;
- ж) излом крестовины (сердечника, усювиков);
- з) разрыв двух и более контррельсовых болтов» (ПТЭ, § 41).

2. Допуски в ширине колеи на крестовине 1524 ± 1 мм даны при условии, чтобы расстояние между рабочими гранями контррельса и сердечника было не менее 1 477 мм, а между рабочими гранями контррельса и усювика — не более 1 435 мм.

3. При этом сумма размеров желобов контррельса и крестовины должна быть не менее 89 мм.

4. Шаг острьяка для централизованных стрелок должен равняться 152 мм в обыкновенных стрелочных переводах типов Р50, Р43, I-а, Р38 и III-а, 145 мм в перекрёстных переводах типа Р43 и 140 мм в перекрёстных переводах типа III-а. Шаг острьяка измеряется против первой тяги между боковой (вертикальной) рабочей гранью рамного рельса и нерабочей гранью острьяка.

5. Во всех случаях должно быть обеспечено точное совпадение рабочих граней рельсовой нити в корне острьяка.

6. Отклонение по уровню (без перекосов) допускается не более 4 мм при отводе просадок на стрелках на главных путях с уклоном не более 0,0005, а на приёмно-отправочных и второстепенных путях — в зависимости от их значимости с уклоном от 0,001 до 0,003.

7. Прилегание острьяков к стрелочным подушкам должно быть плотное. Прозор не более 1 мм между острьяком и подушкой допускается при условии, что в загруженном состоянии понижение острьяка против рамного рельса вне пределов его вертикальной острояжки будет менее 2 мм.

8. Разбивка переводных кривых в стрелочных переводах делается по таблице ординат (см. табл. 72).

9. Проверка прилегания острьяка к рамному рельсу при запертом положении делается при помощи перекидки баланса. Получающийся при этом зазор между рамным рельсом и острьяком не должен быть более 4 мм; измерение этого зазора производится против первой стрелочной тяги.

10. При укладке новых переводов или сплошной смене рельсов на участке, где уложены стрелочные переводы, необходимо по обе стороны перевода уложить или оставить по одному звену рельсов того же типа новых или с тем же износом, что и на переводе. Стрелка, крестовина и рельсовый путь между ними должны быть из рельсов одного типа.

11. При укладке перекрёстных переводов необходимо иметь в виду, что приведённые в табл. 91 размеры и допуски малой диагонали ромба (так называемая «ширина колеи по брусу в горле») относятся к размерам между математическими центрами тупых крестовин. Так как при изгибе усювиков всегда получается некоторая кривая, то практический размер между рабочими гранями усювиков тупых крестовин в этом месте может быть: для переводов марки 1/9 — до 1 532 мм, для переводов марки 1/8 — до 1 533 мм.

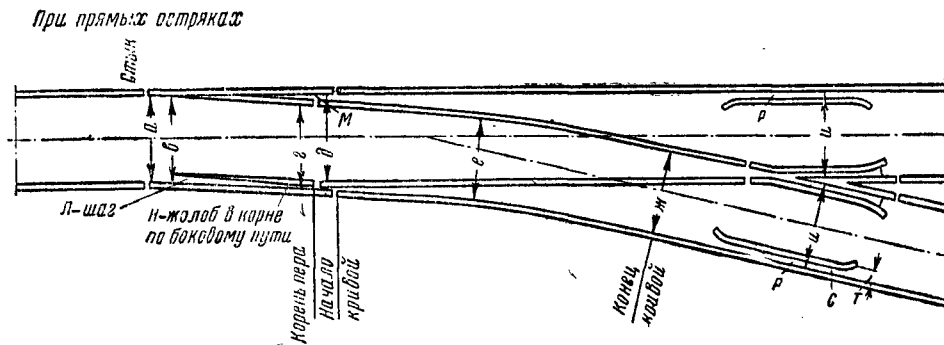
Таблица 91

Нормы содержания по шаблону обыкновенных стрелочных переводов типов Р50, Р43, I-a, Р38, III-a и перекрёстных переводов типов Р43 и III-a (размеры в мм)

(Обозначения по фиг. 104, 105 и 106)

Буквенные обозначения	Тип перевода Характеристика	Обыкновенные переводы										Перекрёстные переводы			Допускаемые отклонения
		типы рельсов и марки крестовин													
		Р50		Р43		I-a		Р38		III-a		Р43		III-a	
		1/11	1/9	1/11	1/9	1/11	1/9	1/11	1/9	1/11	1/9	1/9	1/9	1/8	
	Форма острьяка, ведущего на боковой путь	Кри-вой	Кри-вой	Кри-вой	Кри-вой	Кри-вой	Пря-мой	Кри-вой	Пря-мой	Пря-мой	Пря-мой	Кри-вой	Пря-мой	Кри-вой	—
a	Ширина колеи в переднем стыке рамного рельса . . .	1 524	1 524	1 524	1 524	1 524	1 526	1 524	1 526	1 526	1 526	1 524	1 524	1 524	+2 -3
к	Расстояние места изгиба рамного рельса от острья острьяка	1 000	1 000	1 000	1 000	1 218	—	1 218	—	—	—	—	—	—	—
б	Ширина колеи: в месте изгиба рамного рельса	1 530	1 530	1 530	1 530	1 526	—	1 526	—	—	—	—	—	—	+2 -3 ±2
в	у острья острьяков	1 536	1 536	1 536	1 536	1 536	1 541	1 536	1 541	1 541	1 541	1 536	1 541	1 540	±2
г	в корне острьяков: на боковой путь	1 536	1 536	1 536	1 536	1 536	1 528	1 536	1 528	1 528	1 528	1 536	1 526	1 540	+2 ±2
д	на прямой путь	1 524	1 524	1 524	1 524	1 524	1 528	1 524	1 528	1 528	1 528	1 524	1 526	1 524	+2 +3 -2
е	в середине кривой	1 536	1 540	1 536	1 540	1 536	1 540	1 536	1 540	1 536	1 540	1 536	1 540	1 540	-2
ж, и	в крестовине и в конце кривой	1 524	1 524	1 524	1 524	1 524	1 524	1 524	1 524	1 524	1 524	1 524	1 524	1 524	+1 +8 -2
л	Шаг острьяка против первой тяги	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	145	140	140	+3* -2
м	Ширина желобов: а) в корне острьяков: по прямому пути . . .	80	80	80	80	68	68	70	70	71	71	82	65	80	+2*
н	по боковому пути . . .	93	93	93	93	81	63	83	70	71	71	95	65	93	+3 -2 +3
р	б) в крестовине: в прямой части контр-рельса	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	+3 -2 +3 -0
о	в горле	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	±2
п	у сечения сердечника 40 мм	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	+3 -2 +3 -2
с	на отводах усювиков и контррельсов: в конце отведённой части	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	+3 -2 +3 -2
т	на входах	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	+3 -2
ф	Тупая крестовина: ширина колеи по брусу в горле	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 526	1 526	1 527	+3 -2
у	ширина жолоба в горле	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46	46	46	±3
	ширина жолоба у сердечника	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46	46	46	±2

* Допускаемые отклонения в величине корневых желобов при прямых острьяках: плюс 2 мм, минус 0.



Фиг. 104. Схема стрелочного перевода

Обычно в этих переводах применяются нормальные стрелки с прямыми острьями и прямолинейные крестовины; применяются также и специальные симметричные стрелки с криволинейными острьями в сочетании с прямолинейными или криволинейными крестовинами. Симметричные переводы имеют то преимущество перед обыкновенными, что дают возможность применить почти вдвое больший радиус переводной кривой, сохраняя ту же марку крестовины и примерно ту же длину перевода, или укоротить длину перевода при оставлении прежнего радиуса.

Для расчёта эпюры симметричного стрелочного перевода с прямыми острьями и прямолинейными крестовинами (фиг. 107) применяют те же формулы, что и для обыкновенного перевода, со следующими изменениями:

прямой вставки за корнем острья не требуется, так как стыковые накладки в корне свободно устанавливаются ввиду увеличения радиуса кривой по сравнению с радиусом в обыкновенном переводе;

вместо угла α в формуле должен быть угол $\frac{\alpha}{2}$ и вместо угла β — угол β_1 , вычисление которого приведено ниже.

Тогда расчётные формулы примут вид:

$$L_p = p \cos \beta_1 + R_p \left(\sin \frac{\alpha}{2} - \sin \beta_1 \right) + h \cos \frac{\alpha}{2}; \quad (25)$$

$$\frac{S_2}{2} = p \sin \beta_1 + R_p \left(\cos \beta_1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) + h \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (26)$$

Угол β_1 не равен углу $\frac{\beta}{2}$, так как в симметричной стрелке ширина колеи в острье острья больше ширины колеи в корне. Поэтому угол β_1 определяют по формуле:

$$\sin \beta_1 = \frac{S_2 - (S_n - k)}{2p}, \quad (27)$$

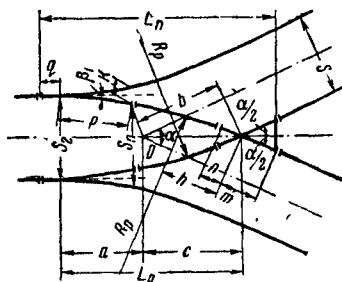
где k — ордината в корне острья в мм.

При стрелках с кривыми острьями кривая имеет один радиус на протяжении острья и переводной кривой. Поэтому в фор-

мулах (25) и (26) выпадает первый член правой части, и они имеют такой вид:

$$L_p = R_p \left(\sin \frac{\alpha}{2} - \sin \beta_1 \right) + h \cos \frac{\alpha}{2}; \quad (25')$$

$$\frac{S_2}{2} = R_p \left(\cos \beta_1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) + h \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (26')$$



Фиг. 107. Схема одиночного симметричного стрелочного перевода

В симметричных стрелочных переводах с прямыми или криволинейными острьями и прямолинейной крестовиной положение центра O перевода по отношению к математическому острью крестовины определяют по формуле:

$$c = \frac{S}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (27')$$

и по отношению к острью острья

$$a = L_p - \frac{S}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (28)$$

а расстояние между центром перевода и математическим острём крестовины по оси отклонённого пути равно

$$b = \frac{S}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}. \quad (29)$$

Т а б л и ц а 93

Основные размеры симметричных стрелочных переводов в мм (фиг. 107)

Тип рельсов	Марка крестовины	Форма острьяков	α	β_1	R_p	q	Длина рамного рельса	p	k	a	c	L_n	h	n	m	Длина контр-рельса
P43	1/6	Кривые	9°27'45"	0°40'	200 770	741	6 160	4 340	195,5	6 188	9 238	17 365	1 205	1 100	1 200	2 440
P38	1/9	Прямые	6°20'25"	0°42'15"	300 000	887	8 229	6 144	138	9 942	13 779	26 259	4 680	1 665	1 650	4 200
P38	1/6	Кривые	9°27'45"	0°40'	200 770	741	6 160	4 340	195,5	6 188	9 238	18 248*	1 206	1 100	2 085*	2 390
III-a	1/9	Прямые	6°20'25"	0°44'29"	350 188	839	7 315	5 565	131	10 090	13 779	26 259	3 474	1 665	1 550	4 200
III-a	1/8	"	7°07'30"	0°44'29"	200 000	839	7 315	5 565	131	8 422	12 263	22 914	5 290	1 563	1 390	4 200

* При крестовинах сборных с литыми сердечниками размеры 18 248 и 2 085 мм изменяются соответственно на 17 365 и 1 200 мм; остальные размеры остаются без изменения.

Симметричные переводы с криволинейными острьями применяют главным образом на горочных путях при марке крестовинного пересечения 1/6. Конструкции этих переводов к рельсам типа Р38 имеются двух видов: 1) со стрелками, имеющими низкий профиль острья, и прямолинейными крестовинами с литыми сердечниками и 2) со стрелками, имеющими острья из нормальных рельсов, и

сборно-рельсовыми крестовинами. В симметричных переводах с крестовинами марок 1/9 и 1/8 применяются типовые стрелки и крестовины обыкновенных переводов.

Основные геометрические размеры симметричных переводов к рельсам типов Р43, Р38 и III-а приведены в табл. 93, а данные по раскладке брусев и рельсов в этих переводах — в табл. 94 и 95.

Таблица 94

Раскладка брусев и рельсов в симметричных стрелочных переводах типов Р43 и Р38 с крестовиной марки 1/6 (фиг. 108)

(Длина острья 4 340 мм, $a=69$ мм)

Рельсы в м	Брусья		Расстояние между осями брусев в мм (считая от оси первого флюгарочного бруса)			
	длина в м	количество	под стрелкой	под переводной кривой	под крестовиной	за крестовиной
№ 1—11,096*	3,00	9	В переводах типов Р43 и Р38 с крестовинами с литым двусторонним сердечником			
№ 2— 4,385	3,25	6				
	3,50	3	В переводах типа Р38 со сборно-рельсовыми крестовинами			
№ 3— 4,385	3,75	3				
	4,00	3				
№ 4—11,093*	4,25	3				
	4,50	4**				
№ 5— 5,610	4,75	3				
	5,00	3				
№ 6— 5,610	5,25	3				
			660+560×6+ +500+585+500	607+580×4+ +255+580×9+ +500	560×3+500	600×9
			660+560×6+ +500+586+500	607+580×4+ +255+580×9+ +500	560+600+520+ +500×3	620+630×6

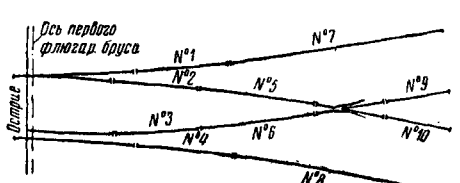
* В переводах типа Р38 с крестовинами с литым двусторонним сердечником длина рубок № 1 и № 6 по 11,085 мм

** В том числе 2 флюгарочных бруса.

Таблица 95

Раскладка брусев и рельсов в симметричных переводах типа Р38 с крестовиной марки 1/9 и типа III-а с крестовиной марок 1/9 и 1/8 (фиг. 108)

Рельсы в м			Брусья				Расстояние между осями брусев в мм (считая от оси первого флюгарочного бруса)			
тип Р38 марка 1/9	тип III-а марка 1/9	тип III-а марка 1/8	длина в м	количество			под стрелкой	под перевод- ной кривой	под крестовиной	за кресто- виной
				тип Р38 марка 1/9	тип III-а марка 1/9	тип III-а марка 1/8				
№ 1—12,500	12,500	9,350	2,75	4	3	3	В переводах типа Р38 марки 1/9 $a^{**}=-57$ мм (флюгарочный брус впереди острья)			
№ 2— 9,656	10,385	7,306	3,00	14	14	11				
№ 3— 9,656	10,385	7,306	3,25	7	7	5	В переводах типа III-а марки 1/9 $a^{**}=0$			
№ 4—12,500	12,500	9,350	3,50	5	6	5				
№ 5— 6,250	6,250	6,250	3,75	4	5	4	В переводах типа III-а марки 1/8 $a^{**}=0$			
№ 6— 6,250	6,250	6,250	4,00	4	4	4				
№ 7—12,500	12,500	12,500	4,25	4	4	4				
№ 8—12,500	12,500	12,500	4,50	6*	6*	6*				
№ 9— 7,055	6,139	6,250	4,75	3	3	3				
№ 10— 7,055	6,139	6,250	5,00	4	2	4				



Фиг. 108. Схема расположения рельсов в симметричном переводе

$a^{**}=0$ $618 \times 7 + 620 \times 2 + 668 + 500$				590 × 9 + 578 + + 500 + 615 × 3 + + 619 + 500 + + 580 × 4 + 589 + + 255		603 × 2 + 540 × × 2 + 539		545 × 10

Фиг. 108. Схема расположения рельсов в симметричном переводе

* В том числе 2 флюгарочных бруса.

** a —расстояние от острья острья до оси первого флюгарочного бруса.

ДВОЙНОЙ СИММЕТРИЧНЫЙ СТРЕЛОЧНЫЙ ПЕРЕВОД (ТРОЙНИК)

Для уменьшения длины головной части сортировочных и других парков в некоторых случаях применяют двойные симметричные стрелочные переводы (тройники).

Такой перевод (фиг. 59, жс) даёт симметричное разветвление двух боковых путей, ответвляющихся от среднего (основного) пути, и заменяет два обыкновенных стрелочных перевода. Эти переводы имеют тот недостаток, что в них нельзя поставить контррельсы у крестовин для направления подвижного состава при движении по основному пути.

Кроме того, ширина колеи для прямого направления у острия коротких острижков получается выше наибольшей допускаемой по ПТЭ § 33 (1 546 мм), в частности для тройникового перевода из рельсов типа Р38, при марках средней крестовины 1/8 и двух крайних 1/11, она равна 1 550 мм. Поэтому такие переводы на ответственных путях (главных, приёмо-отправочных, разъездных, обгонных и др.) не применяют.

вает установку маршрута по направлению каждого из трёх путей тройникового стрелочного перевода.

Положение острижков, указанное на фиг. 109, соответствует направлению движения по основному прямому пути.

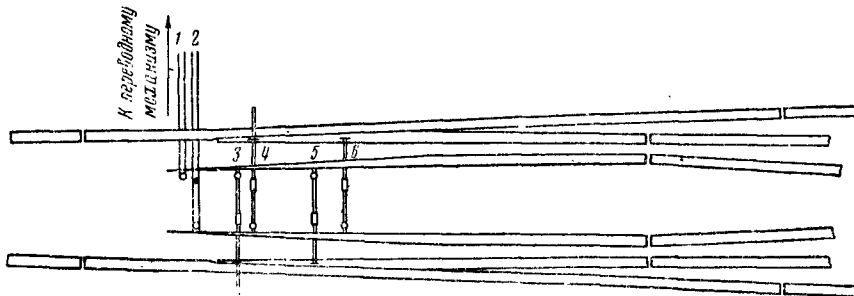
Расчёт эпюры (фиг. 110) тройникового симметричного стрелочного перевода с прямолинейными крестовинами может быть произведён по следующим формулам при заданных величинах $S, l, d, \beta, \alpha, \alpha_1, h, h_2, R_1$ и при $h_0=0$:

$$R = \frac{m - h \sin \alpha_1}{\cos \beta - \cos \alpha_1}; \quad (30)$$

$$L_1 = R (\sin \alpha_1 - \sin \beta) + h \cos \alpha_1; \quad (31)$$

$$h_1 = \frac{n - R_1 (\cos \alpha_1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha_1}; \quad (32)$$

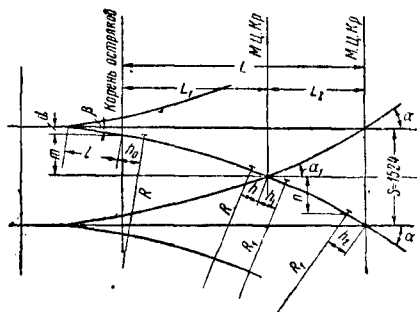
$$L_2 = h_1 \cos \alpha_1 + R_1 (\sin \alpha - \sin \alpha_1) + h_2 \cos \alpha. \quad (33)$$



Фиг. 109. Размещение стрелочных тяг в тройниковой стрелке

Тройниковая стрелка имеет четыре острия: два внутренних и два наружных, для перевода которых устанавливаются две переводные тяги 1 и 2 (фиг. 109). Каждая из этих

Основные размеры существующего двойного симметричного стрелочного перевода из рельсов типа Р38 показаны на приведённой схеме (фиг. 111).



Фиг. 110. Расчётная схема тройникового стрелочного перевода

тяг соединена со своим переводным механизмом. Помимо этих переводных тяг острия соединены между собой дополнительными тягами 3, 4, 5 и 6; наличие этих тяг обеспечи-

НЕСИММЕТРИЧНЫЙ ДВОЙНОЙ СТРЕЛОЧНЫЙ ПЕРЕВОД

В двойных стрелочных переводах вторая стрелка расположена сразу вслед за первой, а не за крестовиной первого стрелочного перевода, как это делается при обычном разветвлении на три пути. Поэтому применение двойных стрелочных переводов сокращает длину стрелочных развязок.

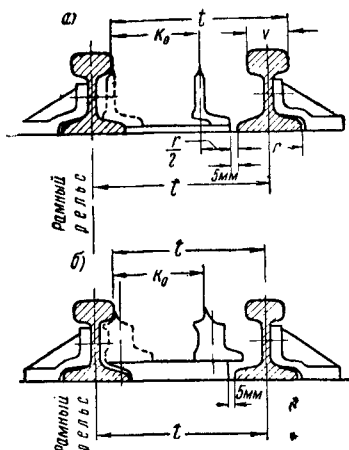
Такие переводы состоят из нормальных стрелок и нормальных или специальных крестовин и бывают с разносторонним (фиг. 112) или односторонним (фиг. 113 и 114) направлением ответвляющихся путей относительно основного прямого пути.

Переводы с односторонним ответвлением путей применяются двух видов: в первом (фиг. 113) вторая стрелка укладывается на ответвляющемся пути, а во втором (фиг. 114) — на основном пути.

где

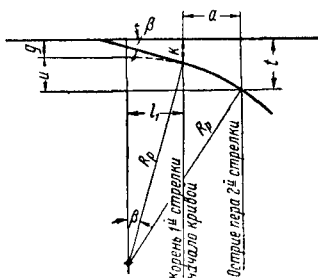
$$u = t - g; \quad g = k - (R_p - \sqrt{R_p^2 - l_1^2});$$

$$l_1 = R_p \sin \beta.$$



Фиг. 115. Определение наименьшего необходимого расстояния между рамными рельсами несимметричного двойного перевода у острия стрелки

Расчёт двойного разностороннего стрелочного перевода (фиг. 112) для случая, когда условные части каждой из крестовин соответственно равны, т. е. $h_3 = h'_3$ и $h_1 = h_2 = h$,



Фиг. 116. Определение положения острия второй стрелки в двойном несимметричном стрелочном переводе

все радиусы одинаковы, а также одинаковы марки боковых крестовин, т. е. $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$, производится по следующим формулам:

$$S_1 = e + R (\cos \beta - \cos \psi_1) + h_3 \sin \psi_1; \quad (36)$$

$$S_2 = e + R (\cos \beta - \cos \psi_2) + h_3 \sin \psi_2; \quad (37)$$

$$S_1 = p_3 \sin \psi_2 + R (\cos \psi_2 - \cos \alpha) + h \sin \alpha; \quad (38)$$

$$S_2 = p'_3 \sin \psi_1 + R (\cos \psi_1 - \cos \alpha) + h \sin \alpha; \quad (39)$$

$$c = R (\sin \psi_2 - \sin \psi_1) + h_3 (\cos \psi_2 - \cos \psi_1). \quad (40)$$

При заданных величинах $l, \beta, R, \alpha, h_3, h$ и c можно определить из этих уравнений искомые величины S_1, ψ_1, ψ_2, p_3 и p'_3 .

Положение математических центров крестовин по отношению к острию первой стрелки, т. е. величины L_1, L_2 и L_3 , определяют по нижеуказанным формулам, получаемым в результате проектирования соответствующих элементов перевода на горизонтальную ось:

$$L_1 = c + l_0 + R (\sin \psi_1 - \sin \beta + \sin \alpha - \sin \psi_2) + h_3 \cos \psi_1 + p_3 \cos \psi_2 + h \cos \alpha; \quad (41)$$

$$L_2 = l_0 + R (\sin \psi_2 - \sin \beta + \sin \alpha - \sin \psi_1) + h_3 \cos \psi_2 + p'_3 \cos \psi_1 + h \cos \alpha; \quad (42)$$

$$L_3 = c + l_0 + R (\sin \psi_1 - \sin \beta) + h_3 \cos \psi_1; \quad (43)$$

По вычислении всех размеров следует проверить, достаточно ли удалены друг от друга острия крестовин, лежащих на обоих нитях основного пути, для возможности укладки контррельсов.

При расчёте одностороннего двойного стрелочного перевода (фиг. 113) известными элементами являются $\alpha, \alpha_1, l, \beta, e, S, m_1, d_2, p_1, p_2$ и R_1 . Некоторые из этих величин получаются из эпюр обыкновенных стрелочных переводов, а частью из них надо задаться.

Кроме того, можно принять $R_2 = R_3 = R$. Тогда искомыми величинами будут $R, d_1, d_3, L_1, L_2, L_3$ и L_3 .

Метод расчёта заключается в проектировании частей перевода на горизонтальную ось XX , на вертикальную ось YY и дополнительно на ось ZZ , перпендикулярную к оси второго пути.

В итоге получаем следующие уравнения:

$$R = \frac{S - (l + m_1) \sin \beta - l \sin 2\beta - d_2 \sin \alpha}{\cos 2\beta - \cos \alpha}; \quad (44)$$

$$d_1 = \frac{S - (l + m_1 + l_1) \sin \beta}{\sin \alpha_1} - \frac{R_1 (\cos \beta - \cos \alpha_1)}{\sin \alpha_1}, \quad (45)$$

где через l_1 обозначен прямой участок BC , величиной которого задаются;

$$L_1 = (l + m_1 + l_1) \cos \beta + R_1 (\sin \alpha_1 - \sin \beta) + d_1 \cos \alpha_1; \quad (46)$$

$$L_2 = (l + m_1) \cos \beta + l \cos 2\beta + R (\sin \alpha - \sin 2\beta) + d_2 \cos \alpha; \quad (47)$$

$$d_3 = \frac{S - (L_1 - L_2) \sin \alpha_1 - p_2 \sin (\alpha - \alpha_1)}{\sin \alpha_1} - \frac{R [\cos (\alpha - \alpha_1) - \cos \alpha_1]}{\sin \alpha_1}; \quad (48)$$

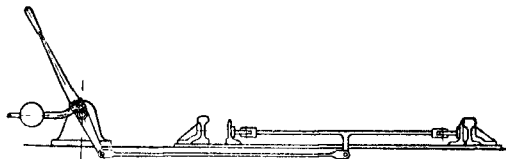
$$L'_3 = p_2 \cos \alpha + R (\sin 2\alpha_1 - \sin \alpha) + d_3 \cos 2\alpha_1; \quad (49)$$

$$L_3 = L_2 + L'_3. \quad (50)$$

Расчёт двойного одностороннего перевода с ответвлением обоих боковых путей от основного (фиг. 114) производится по тому же методу.

ОТЖИМНАЯ СТРЕЛКА

Отжимная стрелка в основном представляет собой обыкновенную стрелку с ручным переводным механизмом. В последнем балан-



Фиг. 117. Основной принцип устройства отжимной стрелки

совый рычаг закреплён неподвижно на переводном рычаге и, следовательно, не может перебрасываться в другое крайнее положение (фиг. 117). Один остряк стрелки всегда на-

б) входные стрелки всегда стоят в нормальном положении приёма поездов на специализированный путь;

в) выход поезда со станции или разъезда осуществляется пошёрстным отжимом остряков гребнями колёс;

г) управление входными семафорами, а также постоянный контроль за положением входных стрелок сосредоточены у дежурного по станции;

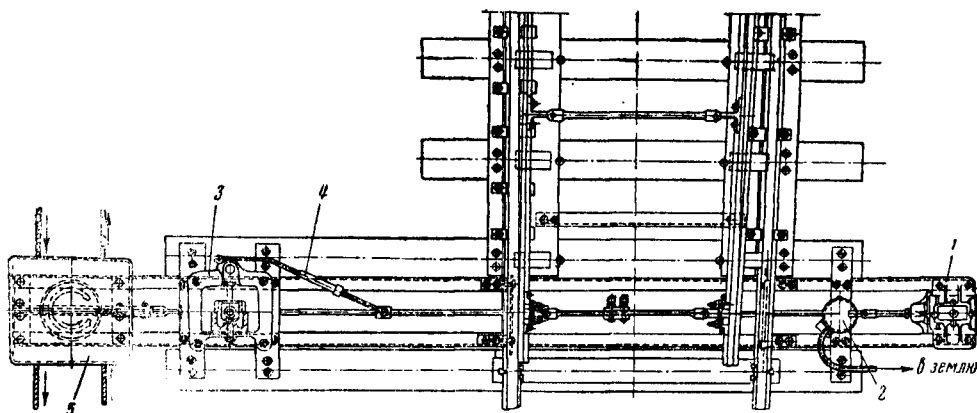
д) открытие входного семафора связано с одновременным механическим запирающим входной стрелки в нормальное положение;

е) балансир на рычаге ручного управления перемещается только в вертикальной плоскости;

ж) возвращение отжатых остряков в нормальное положение происходит автоматически, под действием силы тяжести балансира;

з) вертикальное колебание балансира при пошёрстном отжиме остряков (взрезе) предотвращается амортизатором (буфером) масляного действия;

и) возможные колебания стрелочного фонаря смягчаются флюгарочным амортизатором.



Фиг. 118. Отжимная стрелка с буферами масляного действия системы Некрасова и Стемповского: 1 — масляный буфер (амортизатор); 2 — контролёр-сигнализатор; 3 — ручной переводный механизм; 4 — амортизатор флюгарочный; 5 — шкив-замыкатель

ходит в прижатом положении. При прохождении подвижного состава в пошёрстном направлении со взрезом стрелки (в отжим) остряк отжимается ребрами колёс и заставляет переводный рычаг с закреплённым на нём противовесом (балансом) приподняться. После прохода колёсной пары остряк под действием баланса возвращается в своё нормальное (исходное) положение.

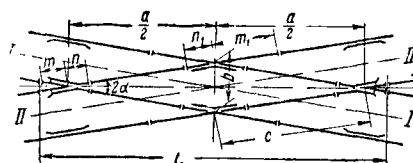
Для смягчения ударов применяются специальные стрелочные амортизаторы — буфера масляного действия системы Некрасова и Стемповского. В отжимных стрелках сохраняется оборудование стрелок ручного действия с добавлением приборов, обеспечивающих работу стрелок на пошёрстный отжим остряков (фиг. 118).

Работа отжимных стрелок этой системы основана на следующем:

а) установление жёсткой специализации путей приёма поездов чётного и нечётного направлений;

ГЛУХОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ

Наиболее простую форму глухого пересечения дают два взаимно пересекающихся пути (фиг. 119). Глухие пересечения обычной конст-

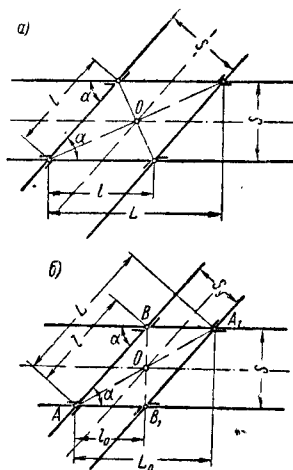


Фиг. 119. Нормальное глухое пересечение двух путей

рукции можно устраивать под любым углом не положе марки 1/9, так как при более пологих марках удлиняется вредное пространство, вследствие чего при принятом (по усло-

виям габарита приближения строений) повышении контррельсов тупых крестовин в 45 мм не может быть обеспечено безопасное прохождение подвижного состава.

При более пологих пересечениях вместо нормальных тупых крестовин применяют крестовины с подвижными сердечниками (фиг. 95). В каждом из четырёх узлов пересечения должны быть устроены разрывы рабочих граней для прохождения гребней колёс в обоих направлениях (фиг. 120).



Фиг. 120. Схемы глухих пересечений двух путей: а—с одинаковой шириной колеи; б—с разной шириной колеи

Глухое пересечение двух прямых путей с одинаковой шириной колеи, пересекающихся под косым углом, представляет собой ромб (фиг. 120, а), сторона которого, а также малая и большая оси определяются по формулам (22), (23) и (24), а расстояние между центрами крайних крестовин, считая по направлению любого пути, равно

$$L = \frac{S}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}. \quad (51)$$

В пересечении двух путей с разной колеёй S и S_y (фиг. 120, б) соответствующие элементы определяют по формулам:

$$l = \frac{S}{\sin \alpha}; \quad l_0 = \frac{S_y}{\sin \alpha};$$

$$L = \frac{S_y}{\operatorname{tg} \alpha} + l; \quad (52)$$

$$L_0 = \frac{S}{\operatorname{tg} \alpha} + l_0; \quad (53)$$

$$AA_1 = \sqrt{L_0^2 + S^2}; \quad (54)$$

$$BB_1 = \sqrt{S_y^2 + (2l - L)^2}. \quad (55)$$

В каждом глухом пересечении две острые и две тупые крестовины, а в пересечении под прямым углом все четыре крестовины имеют одинаковые геометрические размеры и конструктивные формы.

В тупых крестовинах с повышенными контррельсами ширина жолоба e (фиг. 101) равна 46 мм. В тех случаях, когда повышения контррельсов в тупых крестовинах не требуется, например в глухих пересечениях марки 2/9, ширину желобов определяют по узкой насадке вагонных стальных бандажей с учётом выгиба оси полногрузного вагона. В этом случае ширина жолоба равна

$$\frac{1524 - 1437 + 2}{2} = 44,5 \text{ мм} \approx 45 \text{ мм}$$

Углы для глухих пересечений обычно выражаются целым числом градусов, например, 90°, 75°, 60°, 45°, 30°, а для глухих пересечений в перекрёстных съездах между параллельными путями берут углы, равные двойным углам нормальных крестовин.

Основные геометрические размеры глухих пересечений принятых у нас типов приведены в табл. 96, где буквенные обозначения соответствуют фиг. 119.

СЪЕЗД МЕЖДУ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПУТЯМИ

Съезд, или стрелочный переход, служит для соединения двух рядом идущих путей и состоит из двух стрелочных переводов, обращённых друг к другу крестовинами, с соединительным путём между ними. Если соединяемые пути прямые и параллельные, то съезд обычно делается прямым и оба его перевода имеют одинаковую марку крестовины. Такой съезд называется нормальным, или несокращённым (фиг. 121).

Таблица 96

Основные размеры глухих пересечений в мм (фиг. 119)

Тип рельса	Марка крестовины	2α	$\frac{a}{2}$	b	c	n	m	n_1	m_1	L	Примечание
P43 и P38	2/9	12°40'50"	6 900	1 533	6 943	1 635	875	978	3 879	15 546	Крестовины с литыми сердечниками
P43 и P38	2/11	10°23'20"	8 417	1 530	8 451	2 715	1 050	1 028	4 390	18 932	
P43 и III-а	2/9	12°40'50"	6 900	1 533	6 943	4 964	1 680	1 972	1 972	17 146	Крестовины сборно-рельсовые
P43 и III-а	2/11	10°23'20"	8 417	1 530	8 451	1 321	1 683	1 807	1 807	20 192	

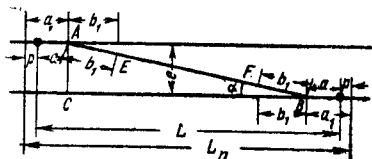
Таблица 97

Основные размеры в мм для разбивки прямых переходов между параллельными путями
(Буквенные обозначения — по фиг. 121)

Тип рельса	Марка кресто- вины	№ эсперы по табл. 74	p	a	a_1	b_1	e	AB	BC	EF	L	L_n
Р65	1/11	1	3 539	10 103	13 642	19 352	4 500	49 704	49 500	11 000	69 706	76 784
							4 800	53 018	52 800	14 314	73 006	80 084
							4 900	54 122	53 900	15 418	74 106	81 184
							5 300	58 540	58 300	19 836	78 506	85 584
							7 400	81 735	81 400	43 031	101 606	108 684
Р50 и Р43	1/11	3	4 684	10 616	15 300	19 102	4 500	49 704	49 500	11 500	70 732	80 100
							4 800	53 018	52 800	14 814	74 032	83 400
							4 900	54 122	53 900	15 918	75 132	84 500
							5 300	58 540	58 300	20 336	79 532	88 900
							7 400	81 735	81 400	43 531	102 632	112 000
Р50 и Р43	1/9	4	4 684	11 395	16 079	15 641	4 500	40 749	40 500	9 467	63 290	72 658
							4 800	43 465	43 200	12 183	65 990	75 358
							4 900	44 371	44 100	13 089	66 890	76 258
							5 300	47 993	47 700	16 711	70 490	79 858
							7 400	67 009	66 600	35 727	89 390	98 758
Р50 и Р43	1/11	5	4 327	10 103	14 430	19 102	4 500	49 704	49 500	11 500	69 706	78 160
							4 800	53 018	52 800	14 814	73 006	81 660
							4 900	54 122	53 900	15 918	74 106	82 760
							5 300	58 540	58 300	20 336	78 506	87 160
							7 400	81 735	81 400	43 531	101 606	110 460
Р50 и Р43	1/9	6	4 327	11 096	15 423	15 640	4 500	40 749	40 500	9 469	62 692	71 346
							4 800	43 465	43 200	12 185	65 392	74 046
							4 900	44 371	44 100	13 091	66 292	74 946
							5 300	47 993	47 700	16 713	69 892	78 546
							7 400	67 009	66 600	35 729	88 392	97 446
Р50 и Р43	1/9	7	4 327	12 153	16 480	15 640	4 500	40 749	40 500	9 469	64 806	73 460
							4 800	43 465	43 200	12 185	67 506	76 160
							4 900	44 371	44 100	13 091	68 406	77 060
							5 300	47 993	47 700	16 713	72 006	80 660
							7 400	67 009	66 600	35 729	90 906	99 560
Р50 и Р43	1/9	8	4 327	12 022	16 349	15 640	4 500	40 749	40 500	9 469	64 544	73 198
							4 800	43 465	43 200	12 185	67 244	75 898
							4 900	44 371	44 100	13 091	68 144	76 798
							5 300	47 993	47 700	16 713	71 744	80 398
							7 400	67 009	66 600	35 729	90 644	99 298
Р43	1/11	9	2 904	10 024	12 928	19 102	4 500	49 704	49 500	11 500	69 548	75 356
							4 800	53 018	52 800	14 814	72 848	78 656
							4 900	54 122	53 900	15 918	73 948	79 756
							5 300	58 540	58 300	20 336	78 348	84 156
							7 400	81 735	81 400	43 531	101 448	107 256
I-a	1/11	11 и 12	2 904	10 024	12 928	19 100	4 500	49 704	49 500	11 504	69 548	75 356
							4 800	53 018	52 800	14 818	72 848	78 656
							4 900	54 122	53 900	15 922	73 948	79 756
							5 300	58 540	58 300	20 340	78 348	84 156
							7 400	81 735	81 400	43 535	101 448	107 256
I-a	1/9	13	767	12 073	12 840	15 530	4 500	40 749	40 500	9 689	64 646	66 180
							4 800	43 465	43 200	12 405	67 346	68 880
							4 900	44 371	44 100	13 311	68 246	69 780
							5 300	47 993	47 700	16 933	71 846	73 380
							7 400	67 009	66 600	35 949	90 746	92 280
Р38	1/11	14 и 15	3 034	10 024	13 058	18 970	4 500	49 704	49 500	11 764	69 548	75 616
							4 800	53 018	52 800	15 078	72 848	78 916
							4 900	54 122	53 900	16 182	73 948	80 016
							5 300	58 540	58 300	20 600	78 348	84 416
							7 400	81 735	81 400	43 795	101 448	107 516
Р38	1/9	16	887	11 942	12 829	15 411	4 500	40 749	40 500	9 927	64 384	66 158
							4 800	43 465	43 200	12 643	67 084	68 858
							4 900	44 371	44 100	13 549	67 984	69 758
							5 300	47 993	47 700	17 171	71 584	73 358
							7 400	67 009	66 600	36 187	90 484	92 238
III-a	1/11	17	839	11 987	12 826	18 690	4 500	49 704	49 500	12 324	73 474	75 152
							4 800	53 018	52 800	15 638	76 774	78 452
							4 900	54 122	53 900	16 742	77 874	79 552
							5 300	58 540	58 300	21 160	82 274	83 952
							7 400	81 735	81 400	44 355	105 374	107 052
III-a	1/9	18	839	11 365	12 204	15 312	4 500	40 749	40 500	10 125	63 230	64 908
							4 800	43 465	43 200	12 841	65 930	67 608
							4 900	44 371	44 100	13 747	66 830	68 508
							5 300	47 993	47 700	17 369	70 430	72 108
							7 400	67 009	66 600	36 385	89 330	91 008

Расчёт его при заданном расстоянии между осями путей e и известных размерах стрелочного перевода p , a , a_1 , b_1 и α производится по следующим формулам:

$$AB = \frac{e}{\sin \alpha} \text{ и } BC = \frac{e}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (56)$$



Фиг. 121. Нормальный (несокращённый) съезд между параллельными путями

Теоретическая длина съезда, равная расстоянию между острями остриков обоих переводов, измеренному по направлению основных путей, составит:

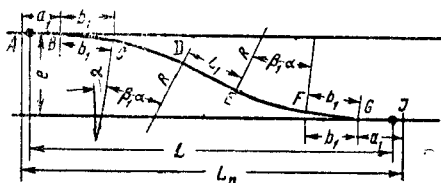
$$L = 2a + \frac{e}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (57)$$

Полная длина съезда

$$L_n = 2a_1 + \frac{e}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (58)$$

Длина соединительного пути между хвостами крестовин:

$$EF = \frac{e}{\sin \alpha} - 2b_1. \quad (59)$$



Фиг. 122. Сокращённый съезд между параллельными путями

При больших междупутьях (7 м и больше) несокращённый съезд получается значительной длины, и тогда прибегают к так называемому сокращённому съезду (фиг. 122), в котором соединительный путь представляет две обратные кривые радиуса R , разделённые прямой вставкой L_1 . Между хвостами крестовин и кривыми обычно делаются прямые вставки, которые для простоты формул будем считать приплюсованными к элементу b_1 стрелочного перевода.

Данными являются основные элементы стрелочных переводов, радиус кривых и вставка между обратными кривыми. Искомыми являются угол β_1 и длина L_n сокращённого съезда.

Проектируя $BCDEFG$ на вертикаль, получим:

$$e = 2[b_1 \sin \alpha + R(\cos \alpha - \cos \beta_1)] + L_1 \sin \beta_1, \quad (60)$$

откуда

$$\cos \beta_1 = \frac{2(b_1 \sin \alpha + R \cos \alpha) - e}{2R} + \frac{L_1}{2R} \sin \beta_1. \quad (61)$$

Обозначив первый член правой части уравнения через A и принимая

$$\frac{L_1}{2R} = \operatorname{tg} \varphi, \quad (62)$$

получим

$$\cos \beta_1 = A + \operatorname{tg} \varphi \sin \beta_1,$$

или

$$\cos \beta_1 \cos \varphi - \sin \beta_1 \sin \varphi = \cos(\beta_1 + \varphi) = A \cos \varphi. \quad (63)$$

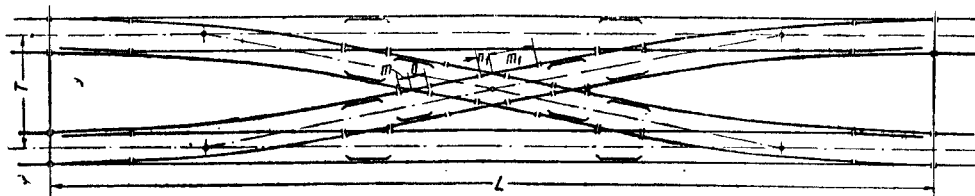
Так как A , φ и $\cos \varphi$ известны, то находим $\beta_1 + \varphi$, и, вычтя φ , получим β_1 .

Проектируя $ABCDEFGL$ на направление оси основного пути, получим:

$$L_n = 2a_1 + 2[b_1 \cos \alpha + R(\sin \beta_1 - \sin \alpha)] + L_1 \cos \beta_1. \quad (64)$$

Если съезд устраивается между станционными путями одинакового назначения, то оба перевода берутся одинаковой марки; в случае же выхода съезда с товарного пути на главный или пассажирский путь марки крестовин применяются различные. Во втором случае расчёт съезда производится тем же методом проектирования элементов обоих переводов и соединительного пути между ними на направления оси основного пути и перпендикулярное к ней.

При необходимости соединить два параллельных пути встречными съездами иногда прибегают к укладке так называемого перекрёстного съезда (фиг. 123), состоящего из четырёх обыкновенных стрелочных переводов и глухого пересечения. Угол глухого пересечения равен двойному углу острых крестовин обыкновенных переводов, т. е. 2α . Поэтому для простоты марки глухих пересечений принято обозначать, как двойные марки крестовин обыкновенных переводов, т. е. $2/9=1/4,5$ или $2/11=1/5,5$.



Фиг. 123. Перекрёстный съезд

Если расстояние между осями путей значительное, то перекрёстные съезды делают сокращёнными, т. е. состоящими из двух пересекающихся сокращённых одиночных съездов.

Таблица 98

Основные размеры наиболее употребительных перекрёстных съездов (фиг. 123)

Марка крестовины	Т м	п мм	т мм	п ₁ мм	т ₁ мм	L мм
Рельсы типа Р38						
2/11	4,8	2 715	1 050	1 028	3 780	78 916
2/11	5,3	2 715	1 050	1 028	4 390	84 416
2/9	4,8	1 635	875	978	6 234	68 858
2/9	5,3	1 635	875	978	3 879	73 358
Рельсы типа III-a						
2/11	4,8	1 533	1 683	1 807	1 807	78 452
2/11	5,3	1 321	1 683	1 807	1 807	83 952
2/9	4,8	4 964	1 680	1 972	1 972	67 608
2/9	5,4	4 964	1 680	1 972	1 972	73 008

РАЗБИВКА И УКЛАДКА СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

При укладке всех видов соединений путей производится предварительная разбивка их на месте по размерам, указанным в действующих эпюрах, причём все основные точки закрепляют колышками с соответствующими обозначениями. Для разбивки применяют стальную рулетку, а в некоторых случаях (при укладке сложных узлов) пользуются ещё и угломерными инструментами.

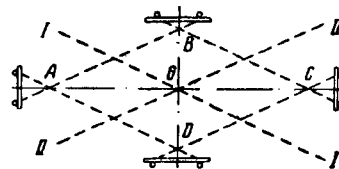
За основную точку для разбивки обыкновенного стрелочного перевода принимают центр *O* перевода (фиг. 59, а), который намечают на оси основного пути в соответствии с проектом станции. Отмеряя от центра перевода расстояние *N*, находят положение математического центра (острия) *D* крестовины. Далее намечаются согласно эпюре все остальные необходимые расстояния (до оси переднего стыка рамных рельсов, начала острия и т. д.).

При укладке переводов на существующих путях удобнее брать за основную точку для разбивки математический центр крестовины, положение которого уже известно. При этом следует стремиться к тому, чтобы начало рамных рельсов совпало со стыком существующего пути (для избежания укладки специальных рубок перед стрелкой).

Для разбивки перекрёстного перевода (фиг. 102) сначала провешивают оси пересекающихся путей и определяют точку их пересечения, т. е. центр перевода. Затем провешивают прямую *AC*, являющуюся большой диагональю ромба *ABCD* и делящую пополам острый угол между осями путей. В концах *A* и *C* этой диагонали (согласно размерам, указанным в эпюре) располагаются математические центры острых крестовин, а математические центры тупых крестовин располагаются на концах *B* и *D* малой диагонали ромба, перпендикулярной к большой диагонали. Для обеспечения правильной разбивки перекрёстного перевода и надёжного

закрепления этой разбивки на месте устанавливают дощатые обноски обычного разбивочного типа против математических центров острых и тупых крестовин, как показано на фиг. 124. Имея основные точки перевода, легко наметить на месте положение всех остальных элементов перевода в соответствии с эпюрой.

Разбивка других видов соединений и пересечений путей производится аналогичным образом по имеющимся эпюрам.



Фиг. 124. Разбивка ромба перекрёстного перевода

Для обеспечения безопасности производства работ при укладке стрелочных переводов на действующем пути место работ ограждается сигналами остановки, которые после окончания работ заменяются сигналами уменьшения скорости. После прохода первого поезда и окончательной выправки перевода в плане и профиле сигналы уменьшения скорости снимаются. Помимо этого, стрелки, ведущие к месту производства работ, зашиваются на время работ колышками в положении, не допускающем прохода поезда на место работ.

Как правило, стрелочные переводы укладываются без подуклонки. Подуклонку имеют только стрелки и цельнолитые крестовины прежних конструкций из рельсов типов I-a и Р38 для переводов марки 1/11.

Рельсы переводных путей между стрелкой и крестовиной при отсутствии подуклонки укладывают на специальные плоские подкладки. На подходах к стрелочному переводу с каждой стороны устраивают постепенный переход от подуклоненного положения рельсов к неподуклоненному.

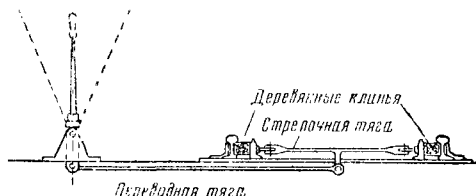
В целях ускорения работ стрелочные переводы собирают заблаговременно вблизи места укладки.

При укладке стрелочного перевода необходимо обратить внимание на тщательную рихтовку переводных путей. При этом упорная нить переводной кривой разбивается по ординатам, а внутренняя нить пришивается по шаблону.

При установке переводного механизма острия закрепляют при помощи деревянных колодок-клиньев в среднем положении, т. е. на расстоянии половины установленного шага от рамных рельсов (фиг. 125). Затем соединяют переводную штангу со стрелочной тягой и с переводным рычагом, причём станину устанавливают так, чтобы переводный рычаг принял вертикальное положение. Закрепив станину, убирают деревянные клинья, надевают баланс и, перекидывая его из одного крайнего положения в другое, проверяют плотность прижатия острия к рамным рельсам. Для обеспечения правильного положения стрелочного фонаря, т. е. установки широкого диска его по направлению, параллельному или перпендикулярному оси прямого

пути, поводок (струнка) для поворота стойки с фонарём должен быть отрегулирован так, чтобы поворот её происходил точно на 90° .

В целях борьбы с угоном в пределах стрелочного перевода устанавливают противоугоны



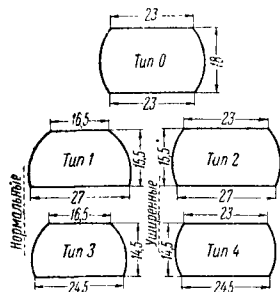
Фиг. 125. Установка переводного механизма

и распорки по схемам, указанным на стр. 90. Кроме того, примыкающие к стрелочному переводу рельсовые звенья каждого пути на протяжении 50—100 м, в зависимости от величины угона, также надёжно закрепляются от угона по схемам, принятым для пути на перегонах.

ПЕРЕВОДНЫЕ БРУСЬЯ

Переводные брусья изготавливаются по техническим условиям, предусмотренным специальным стандартом (ОСТ 2761), из сосны, кедра, лиственницы и ели. Кроме того, согласно изменению, внесённому в этот стандарт постановлением Гостехники СССР от 14 сентября 1948 г., допускается с согласия потребителя изготовление переводных брусьев из древесины пихты.

В зависимости от размеров поперечного сечения установлено пять типов переводных брусьев: 0; 1; 2; 3 и 4 (фиг. 126).



Фиг. 126. Типы переводных брусьев

Для стрелочных переводов установлено 5 комплектов переводных брусьев, приведённых в табл. 99.

Для обыкновенных стрелочных переводов из рельсов Р65, Р50 и Р43 следует применять брусья типа 0 и для остальных переводов — брусья типов 1 и 2 или 3 и 4.

Количество переводных брусьев различной длины, необходимых для того или иного стрелочного перевода, указано в приведённых выше таблицах раскладки брусьев и рельсов.

Таблица 99

Переводные брусья

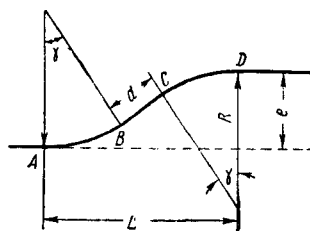
Длина брусьев в м	Наименование комплектов							
	А		Б		В		Г	
	тип 0	тип 0	нормальный	уширенный	нормальный	уширенный	нормальный	уширенный
количество брусьев в комплекте								
2,75	4	4	3	—	3	—	—	—
3,00	14	14	14	—	13	—	—	—
3,25	8	8	7	—	7	—	—	—
3,50	7	5	6	—	5	—	12	7
3,75	6	5	7	—	5	—	—	16
4,00	6	4	5	—	4	—	4	2
4,25	5	4	5	1	4	1	6	4
4,50	7	6	8	1	6	1	4	6
4,75	5	4	5	—	4	—	8	—
5,00	5	4	4	—	4	—	8	—
5,25	4	4	4	—	4	—	8	—
5,50	—	—	—	—	—	—	4	4
Итого	71	62	68	3	59	3	54	39

РАЗДВИЖКА ПУТЕЙ

Раздвижка путей производится:

1) когда требуется перейти от расстояния между осями путей двухпутной линии на перегоне 4,10 м к расстоянию 5,3 м (или иному) на станциях; 2) при подходе к пассажирским платформам; 3) на перегоне при подходе к мостам с ездой по низу, когда имеющееся расстояние 4,10 м недостаточно, и 4) при временных обходах пути.

Заданными величинами являются (фиг. 127) величина сдвижки e , радиус кривой R и длина



Фиг. 127. Схема раздвижки путей

прямой вставки d между обратными кривыми (с учётом возможности устройства переходных кривых на перегоне).

Требуется найти угол кривых γ и протяжение сдвижки L .

Проектируя линию $ABCD$ на вертикаль, имеем:

$$2R(1 - \cos \gamma) + d \sin \gamma = e, \quad (65)$$

откуда

$$\cos \gamma = 1 - \frac{e}{2R} + \frac{d}{2R} \sin \gamma. \quad (66)$$

Обозначая $1 - \frac{e}{2R}$ через A и вводя вспомогательный угол $\varphi = \arctg \frac{d}{2R}$, получим:

$$\cos \gamma = A + \operatorname{tg} \varphi \sin \gamma,$$

или

$$\cos \gamma \cos \varphi = A \cos \varphi + \sin \varphi \sin \gamma;$$

$$\cos (\gamma + \varphi) = A \cos \varphi. \quad (67)$$

Так как A , φ и $\cos \varphi$ являются величинами известными, то из последнего уравнения находим $\gamma + \varphi$, а следовательно, и искомый угол γ .

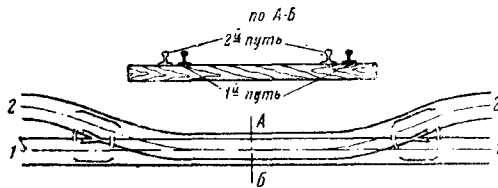
Протяжение сдвижки L находим, проектируя ту же линию $ABCD$ на горизонтальную ось:

$$L = 2R \sin \gamma + d \cos \gamma. \quad (68)$$

СПЛЕТЕНИЕ ПУТЕЙ

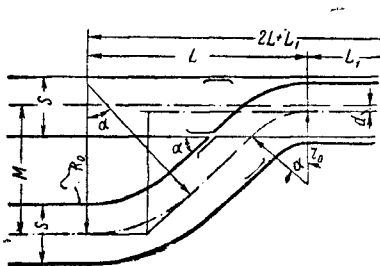
На фиг. 128 и 129 показано сплетение путей; второй конец сплетения симметричен первому.

Надобность в таком устройстве может оказаться на двухпутной линии, например, при значительном повреждении земляного полотна какого-либо пути или в случае длительного закрытия движения по одной ферме большого пролёта.



Фиг. 128. Сплетение путей

Длина перекладываемого участка равна $2L + L_1$, причём L_1 обуславливается длиной той части сплетения, в которой рельсовые нити идут параллельно друг другу, а длина L определяется расчётом.



Фиг. 129. Схема к расчёту сплетения путей

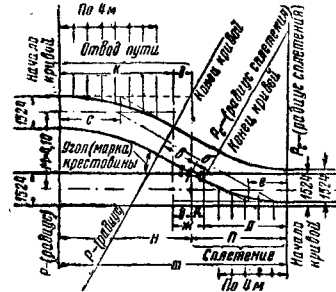
Известными величинами являются (фиг. 129) величина расстояния между осями соседних путей M , ширина колеи, марка и основные размеры крестовины и радиусы R_0 и r_0 (последний обычно принимают близким к наименьшему допустимому), а также расстояние d между осями основного и сплётённого путей в пределах сплетения.

Искомая длина

$$L = (R_0 + r_0) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \frac{M - d}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (69)$$

В табл. 100 приведены данные для наиболее употребительных случаев сплетения путей, причём обозначения соответствуют фиг. 130.

При междупутье более 4,10 м надо увеличить указанные в табл. 100 значения d , $жс$, $н$, $т$ и $в$, а именно: на каждые 10 мм увеличения междупутья величины d , $жс$, $н$



Фиг. 130. Схема к таблице основных размеров сплетения путей

и $т$ увеличиваются на 0,110 м при марке крестовины 1/11 и на 0,090 м — при марке 1/9, а величина $в$ — на 0,1105 м при марке 1/11 и на 0,0906 м при марке 1/9.

Радиусы кривых в таблице приняты по рабочим граням наружных рельсовых нитей.

УКЛАДКА ОБЫКНОВЕННЫХ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ НА КРИВЫХ

При необходимости укладки обыкновенных стрелочных переводов на криволинейных путях кривую обычно спрямляют на такую длину, на которой бы уместился весь перевод.

Спрямлённый участок может быть расположен внутри кривой (фиг. 131, а), по касательной (фиг. 131, б) или секущей (фиг. 131, в), в зависимости от местных условий.

Другой способ укладки состоит в том, что стрелку и крестовину укладывают на прямых участках (вставках), между которыми трассируется основной путь перевода с новым радиусом R_1 (фиг. 132), что даёт возможность уменьшить величину сдвижек трассы главного пути. (В некоторых странах для избежания сдвижки главного пути стрелки и крестовины изгибают специальными прессами. Для этого применяют только безлафетные стрелки и безлафетные сборно-рельсовые крестовины.)

Для укладки переводов на кривых с выделением отдельных прямых вставок под стрелку и под крестовину руководствуются следующими основными положениями:

а) для наиболее рациональной укладки переводов в кривых применяют крестовины марки 1/11 при одностороннем направлении основного и ответвляющегося путей и крестовины марки 1/9 — при разностороннем направлении кривизны обоих путей перевода;

б) в основу расчёта криволинейных переводов принимают принцип сохранения неизменной длины упорной нити переводной кривой обыкновенного перевода для всех эпюр данной марки и типа независимо от радиуса

Таблица 100

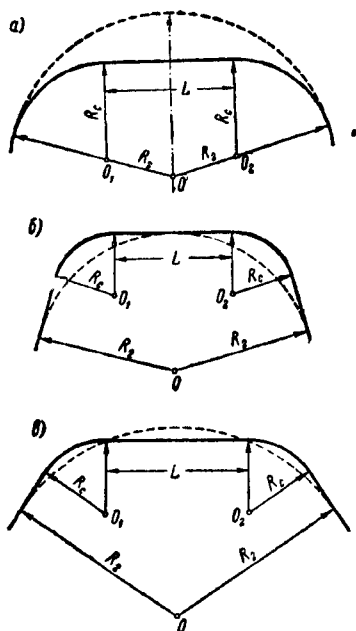
Основные элементы в м для разбивки сплетения
(Буквенные обозначения—по фиг. 130)

Марка крестовины	Расстояние между осями параллельных путей М	В пределах сплетения						В пределах отвода						Тагенси кривой с	Расстояние между концами кривых ж=δ+α	Общая длина m=n+n	
		радиус кривой по рабочему рельсу Р _с	прямая от математического остря крестовины до конца кривой	расстояние между границами рельсов в начале кривой d		расстояние от начала кривой до		тагенси кривой e	радиус кривой по рабочему рельсу Р _д	прямая от математического остря крестовины до конца кривой		конца кривой к	расстояние от начала кривой до				
				a	б	конца кривой л	математического остря л			конца кривой к	математического остря n=k+δ						
1/11	4,10	200	5,529	5,551	0,200	18,107	23,636	9,072	200	19,449	19,231	18,107	37,338	24,760	60,974		
1/11	4,10	275	2,141	2,150	0,200	24,897	27,038	12,474	300	14,913	14,714	27,161	41,875	16,855	68,913		
1/9	4,10	180	1,988	2,0	0,202	19,878	21,866	9,969	200	12,333	12,089	22,087	34,176	14,077	56,042		
1/9	4,10	180	1,988	2,0	0,202	19,878	21,866	9,969	300	6,794	6,584	33,130	39,714	8,572	61,580		

Продолжение табл. 100

Марка крестовины	В пределах сплетения							В пределах отвода								
	радиус по рабочей грани на- Р ^с	ординаты от прямого направления						радиус по рабочей грани на- Р	в начале кривой	ординаты от прямого направления						
		на расстоянии от начала кривой в м								на расстоянии от начала кривой в м						
		4	8	12	16	20	в конце кривой			4	8	12	16	20	24	28
1/11	200	0,200	0,240	0,360	0,560	0,840	—	1,021	0	0,040	0,160	0,360	0,640	—	—	0,821
1/11	275	0,200	0,229	0,316	0,462	0,666	0,927	1,329	0	0,027	0,107	0,240	0,427	0,668	0,961	1,232
1/9	180	0,202	0,246	0,380	0,602	0,914	—	1,303	0	0,040	0,160	0,360	0,640	1,001	—	1,223
1/9	180	0,202	0,246	0,380	0,602	0,914	—	1,303	0	0,027	0,107	0,240	0,427	0,668	0,961	1,835

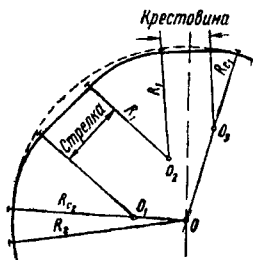
При этом способе, задаваясь величиной радиуса R_n для переводной кривой, определяют центральный угол φ (фиг. 133), что упрощает дальнейшие расчёты по определению остальных элементов эюры.



Фиг. 131. Схемы вписывания стрелочных переводов в кривые

Зная величины углов φ , β и α , получим центральный угол γ для кривой основного пути перевода

$$\gamma = \varphi + \beta - \alpha. \quad (70)$$



Фиг. 132. Схема укладки перевода на кривом главном пути с выделением отдельных прямых вставок для стрелки и крестовины

Радиус R_0 кривой основного пути перевода по упорной нити определится из выражения

$$R_0 = (t-d) : \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}, \quad (71)$$

где d — забег заднего торца рамного рельса за торец остряка — известен из эюры обыкновенного перевода, а

$$t = A + b + c - t_1,$$

причём

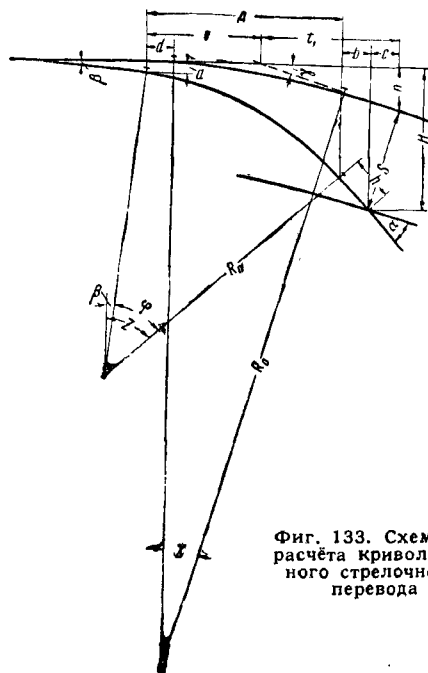
$$A = R_n (\sin z - \sin \beta); \quad z = \varphi + \beta; \quad b = h \cos z;$$

$$c = S \sin \gamma; \quad t_1 = n : \operatorname{tg} \gamma; \quad n = H - S \cos \gamma;$$

$$H = R_n (\cos \beta - \cos z) + a + h \sin z, \quad |$$

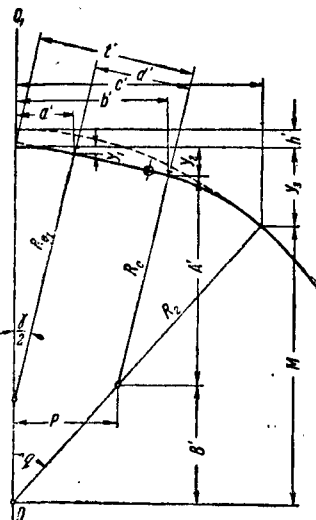
где a — известная величина ординаты в корне остряка.

При вписывании этого перевода в криволинейный главный путь с радиусом R_2



Фиг. 133. Схема для расчёта криволинейного стрелочного перевода

(фиг. 134) с выделением одинаковых прямых вставок d' , отдельно под стрелку и отдельно под крестовину, перевод займёт симметричное положение по отношению оси $O-O_1$. Сопря-



Фиг. 134. Схема для расчёта вписывания криволинейного стрелочного перевода в кривой главный путь

гающие кривые имеют одинаковый радиус R_c , величиной которого задаются.

Искомые величинами являются ординаты y_1 , y_2 и y_3 , абсциссы a' , b' и c' и величина h' сдвиги кривой по оси $O-O_1$.

Ввиду того, что расчёт вписывания производится в осях, взамен вычисленного ранее радиуса R_0 по упорной нити вводим радиус по оси пути

$$R_{0_1} = R_0 - \frac{S}{2}.$$

Формулы для определения искомых величин выражаются следующими уравнениями:

$$y_1 = R_{0_1} \left(1 - \cos \frac{\gamma}{2} \right); \quad (72)$$

$$y_2 = y_1 + d' \sin \frac{\gamma}{2}; \quad (73)$$

$$y_3 = A' + B' + y_2 - M, \quad (74)$$

где

$$A' = R_c \cos \frac{\gamma}{2}; \quad B' = (R_2 - R_c) \cos q;$$

$$M = R_2 \cos q;$$

$$\sin q = \frac{p}{R_2 - R_c}; \quad p = b' - R_c \sin \frac{\gamma}{2};$$

$$b' = t' \cos \frac{\gamma}{2}; \quad (75)$$

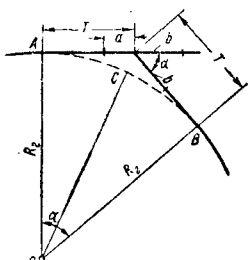
$$t' = d' + a'; \quad \cos \frac{\gamma}{2};$$

$$a' = R_{01} \sin \frac{\gamma}{2}; \quad (76)$$

$$c' = R_2 \sin q; \quad (77)$$

$$h' = R_2 - M - y_3. \quad (78)$$

При ответвлении по прямой линии в наружную сторону от кривого главного пути укладку перевода можно осуществить по фиг. 135. В этом случае центральный угол



Фиг. 135. Укладка обыкновенного перевода на кривом главном пути по касательным с центральным углом, равным углу крестовины

для отрезка кривой, подлежащего сдвигу под укладку перевода, соответствует углу α крестовинного пересечения. При радиусе кривой главного пути R_2 длина этого отрезка будет равна:

$$ACB = \frac{\pi}{180} R_2 \alpha; \quad (79)$$

$$T = R_2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (80)$$

Наименьший радиус $R_{2 \text{ мин}}$ главного пути, при котором возможна укладка перевода с крестовинным углом α , определится из условия, чтобы T было равно наибольшему

отрезку a или b . Длина этих отрезков берётся из эпюры обыкновенного перевода и соответствует расстояниям от начала и конца перевода до его центра.

Это положение при случае $a > b$ определяется следующим выражением

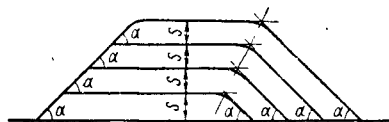
$$R_{2 \text{ мин}} = a : \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (81)$$

СТРЕЛОЧНЫЕ УЛИЦЫ

Стрелочной улицей называется путь с группой ответвляющихся от него других (так называемых парковых) путей.

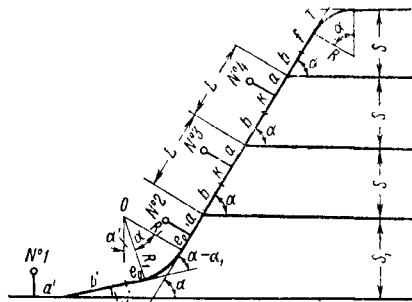
Наиболее распространённые виды стрелочных улиц показаны на фиг. 136—138. В этих случаях стрелочная улица идёт по прямой линии.

Простейший вид стрелочной улицы с одинаковыми междупутьями и марками крестовин изображён на фиг. 136. Приведённое распо-



Фиг. 136. Стрелочная улица с углом наклона, равным углу крестовины

ложение двух стрелочных улиц даёт почти одинаковую полезную длину всех парковых путей. Для сокращения длины станционной площадки применяют стрелочную улицу по фиг. 137, в которой марка крестовины в первом переводе является более пологой, чем во всех остальных. При этом первое междупутье должно быть уширенным, а угол наклона стрелочной улицы равен крестовинному углу α .



Фиг. 137. Стрелочная улица с применением более пологой крестовины на первом (основном) пути

При угле наклона стрелочной улицы $\alpha_0 > \alpha$ (фиг. 138) получается ещё большее сокращение длины станционной площадки.

Та же цель достигается применением симметричных стрелок (фиг. 139) или укладкой улицы под углом, равным двойному углу крестовины (фиг. 140).

Имеет распространение также так называемый веерный тип стрелочной улицы, которая может быть построена по одному из способов, приведённых на фиг. 142—144.

Ниже приводятся основные формулы для расчёта стрелочных улиц.

1. Расчёт стрелочной улицы с углом наклона к основному пути, равным углу крестовины (фиг. 136 и 141), производится по следующей формуле:

$$L = \frac{S}{\sin \alpha}. \quad (82)$$

Прямая вставка k между смежными стрелочными переходами равна

$$k = L - L_p, \quad (83)$$

где $L_p = a + b$ (практическая длина перехода).

При заданном радиусе R сопрягающей кривой последнего пути стрелочной улицы имеем:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (84)$$

$$f = L - (b + T). \quad (85)$$

2. Основные элементы стрелочной улицы по фиг. 137 определяются следующим образом.

Для укладки соединения между основным путём и первым парковым надо знать или радиус R_1 кривой, или величину прямой вставки e_0 , размеры которых должны быть подобраны так, чтобы перекрыть междупутье S_1 . Эти три величины связаны уравнением

$$S_1 = (b' + e_0) \sin \alpha' + R_1 (\cos \alpha' - \cos \alpha) + (e_0 + a) \sin \alpha. \quad (86)$$

Значения для L , k , T и f определяются по формулам (82) — (85).

3. Для стрелочной улицы по фиг. 138 формула (86) принимает следующий вид:

$$S_1 = (b' + e_0) \sin \alpha' + R_1 (\cos \alpha' - \cos \alpha_0) + (e_0 + a) \sin \alpha_0 + (b + e_0) \sin (\alpha_0 - \alpha) + R [1 - \cos (\alpha_0 - \alpha)], \quad (86')$$

где R — величина радиуса, принимаемого для ответвляющихся путей.

Величина возможного предельного угла наклона α_0 стрелочной улицы для данного нормального междупутья S при заданных элементах стрелочного перехода ограничивается наименьшим допустимым радиусом сопрягающей кривой последнего паркового пути.

Предельный угол α_0 при $f = 0$ и одинаковых радиусах R сопрягающих кривых для двух последних путей определится проектированием длин элементов на вертикальную ось. При этом получим:

$$S = (b + e_0) \sin \alpha_0 + R (1 - \cos \alpha_0) - (b + e_0) \sin (\alpha_0 - \alpha) - R [1 - \cos (\alpha_0 - \alpha)];$$

после преобразования имеем:

$$S = \sin \alpha_0 [b + e_0 + R \sin \alpha - (b + e_0) \cos \alpha] - \cos \alpha_0 [R - R \cos \alpha - (b + e_0) \sin \alpha].$$

Обозначая известные коэффициенты при $\sin \alpha_0$ через A и при $\cos \alpha_0$ через B и вводя новую функцию $\operatorname{tg} \varphi = \frac{B}{A}$, получим:

$$\sin \alpha_0 \cos \varphi - \cos \alpha_0 \sin \varphi = S \cos \varphi : A$$

или

$$\sin (\alpha_0 - \varphi) = S \cos \varphi : A. \quad (87)$$

4. Веерная концентрическая улица по фиг. 143 имеет следующие особенности: центральные углы соединительных кривых путей последовательно увеличиваются на угол крестовины и соответственно равны α , 2α и т. д.; все междупутья одинаковы не только в прямых частях, но и в кривых в тех пределах, где части кривых концентричны; радиусы соединительных кривых последовательно увеличиваются на ширину междупутья.

Таким образом, для n -ного концентричного пути получим:

$$R_n = R_1 + (n - 1) S, \quad (88)$$

$$T_n = R_n \operatorname{tg} \frac{n\alpha}{2}. \quad (89)$$

Пределом для числа соединяемых путей является условие $f_n = 0$, показывающее, что при дальнейшей укладке следующего пути кривая частично захватит крестовину.

Для определения f_n служит формула:

$$f_n = \frac{S}{\sin \alpha} - R_n \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - b,$$

где b — длина прямой от центра перевода до конца крестовины.

Следовательно, предельное количество путей, которое можно уложить при данном междупутье S и заданном радиусе R_1 , определится следующим равенством:

$$\frac{S}{\sin \alpha} - [R_1 + (n - 1) S] \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - b \geq 0,$$

откуда

$$n \leq \frac{1}{1 - \cos \alpha} - \frac{R_1}{S} - \frac{b}{S \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + 1. \quad (90)$$

Расчёт веерных стрелочных улиц по фиг. 142 и 144 производится методом проектирования элементов стрелочной улицы на вертикальную и горизонтальную оси¹.

ПУТИ У ВЕЕРНОГО ПАРОВОЗНОГО ЗДАНИЯ

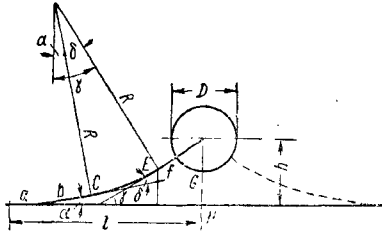
Пути к поворотному кругу

На фиг. 145 показан выход со станционного или тракционного пути на поворотный круг. Между концом стрелочного перевода и поворотным кругом укладывается кривая CE наименьшего допустимого радиуса R и прямая вставка f , которая должна быть не меньше половины расстояния между передней осью паровоза и задней осью тендера. Рекомендуется брать $f = 15$ м по длине паровоза

¹ См. книгу: А. Н. Стаханов. Соединение путей. Трансжелдориздат, 1939.

без тендера. Величину GH принимают 5 м (габаритное расстояние от оси пути до края ямы 3 м плюс запас 2 м для выступающих за круг частей локомотива и на случай пользования ручным водилом при порче поворотного механизма).

Для разбивки пути, входящего на круг, при заданном диаметре круга D^* и элементах



Фиг. 145. Выход со станционного пути на поворотный круг

перевода α , a и b (в величину b иногда включается и прямая вставка между концом крестовины и началом кривой CE), необходимо определить величину l и центральный угол δ кривой. Расчёт этих величин:

$$h = \frac{D}{2} + 5 \text{ м}, \quad (91)$$

$$\left(\frac{D}{2} + f\right) \sin \gamma + R(\cos \alpha - \cos \gamma) + b \sin \alpha = h. \quad (92)$$

Из уравнения (92), после преобразований и введения вспомогательного угла

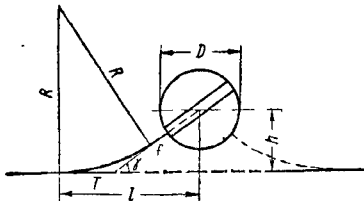
$$\varphi = \arctg \frac{\frac{D}{2} + f}{R}, \quad (93)$$

получаем:

$$\varphi + \gamma = \arccos \left(\frac{Q}{R} \cos \varphi \right), \quad (94)$$

где

$$Q = -(R \cos \alpha + b \sin \alpha - h). \quad (95)$$



Фиг. 146. Примыкание тракционного пути к поворотному кругу

Имея величины углов φ и $\varphi + \gamma$, определяем угол γ , а затем и

$$\delta = \gamma - \alpha. \quad (96)$$

Величина l определяется по формуле:

$$l = a + b \cos \alpha + R(\sin \gamma - \sin \alpha) + \left(f + \frac{D}{2}\right) \cos \gamma. \quad (97)$$

При направлении тракционного пути непосредственно на поворотный круг, без укладки перевода (фиг. 146), заданными величинами попержнему являются D , h , f и R , а искомые величины γ и l определяются по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} &= \frac{-\left(f + \frac{D}{2}\right)}{2R - h} + \\ &+ \frac{\sqrt{\left(f + \frac{D}{2}\right)^2 + h(2R - h)}}{2R - h} \end{aligned} \quad (98)$$

и

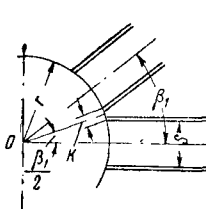
$$l = T + \left(T + f + \frac{D}{2}\right) \cos \gamma, \quad (99)$$

где

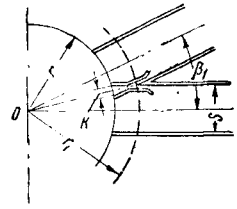
$$T = R \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}. \quad (100)$$

Пути между поворотным кругом и веерным паровозным зданием

Оси путей, ведущих с поворотного круга в веерное паровозное здание, должны лежать строго по радиусам, исходящим из центра поворотного круга. Длина этих путей должна быть такой, чтобы между ямой поворотного круга и воротами депо устанавливался наиболее длинный паровоз и за ним до ворот оста-



Фиг. 147. Расположение путей между поворотным кругом и веерным депо без применения крестовин



Фиг. 148. Расположение путей между поворотным кругом и веерным депо с применением крестовин

вался промежуток, равный 3 м, для возможности свободно открывать и закрывать ворота; при этом паровоз, остановившийся между кругом и зданием на расстоянии 3 м перед воротами, может закрыть вход и выход только для соседних стойл.

Из фиг. 147 видно, что когда пути, подходящие к поворотному кругу, не пересекаются, то при радиусе поворотного круга r и расстоянии k между рабочими кантами смежных рельсов на бортовом бруске

$$\sin \frac{\beta_1}{2} = \frac{S + k}{2r}. \quad (101)$$

Величину k разрешается доводить, как минимум, до ширины одной головки рельса, т. е. для предельного случая имеем:

$$\sin \frac{\beta_1}{2} = \frac{S + v}{2r}, \quad (102)$$

где v — ширина головки рельса.

* Существующим стандартом установлены диаметры поворотных кругов 30,2 м, 25,2 м и 19,8 м.

Если же угол между осями двух смежных путей меньше указанного предела, т. е.

$$\sin \frac{\beta_1}{2} < \frac{S + v}{2r},$$

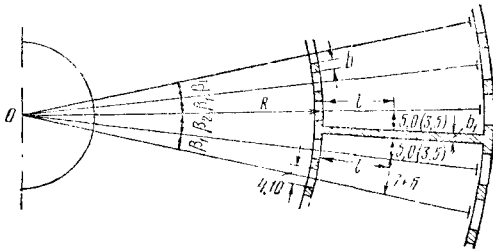
то необходима укладка крестовин (фиг. 148). В этом случае имеем:

$$\sin \frac{\beta_1}{2} = \frac{S - k}{2r}, \quad (103)$$

где k — расстояние между рабочими кантами смежных рельсов. При этом центры крестовин будут находиться от центра круга на расстоянии

$$r_1 = \frac{S}{2 \sin \frac{\beta_1}{2}}. \quad (104)$$

Расстояние между осями смежных путей в паровозном здании (фиг. 149), считая по



Фиг. 149. Расположение путей в веерном депо

кривой, проходящей через середины канав (в расстоянии l от внутренней грани передней стены), должно составлять $7 + b$ м, где b — толщина колонны, поддерживающей потолочное перекрытие. Расстояние от внутренней грани продольной стены до оси ближайшего пути, считая по той же кривой, т. е. в расстоянии l от внутренней грани передней стены, должно быть 5 м для основного депо и 3,5 м для оборотного. Ширина ворот — не менее 4,10 м, а для получения расстояния между осями ворот надо прибавить ширину столба b . Таким образом, для смежных путей внутри секции паровозного здания должны быть выполнены два условия:

$$\sin \frac{\beta_1}{2} \geq \frac{7 + b}{2(R + l)} \quad (105)$$

и

$$\sin \frac{\beta_1}{2} \geq \frac{4,10 + b}{2R}. \quad (106)$$

Для двух смежных с продольной стеной путей будем иметь при толщине стены b_1 : для основного депо

$$\sin \frac{\beta_2}{2} = \frac{5 + \frac{b_1}{2}}{R + l} \quad (107)$$

и для оборотного депо

$$\sin \frac{\beta_2}{2} = \frac{3,5 + \frac{b_1}{2}}{R + l}. \quad (108)$$

Обычно задаются маркой крестовины, например $\operatorname{tg} \beta_1 = 1/11$ и $\operatorname{tg} \beta_2 = 1/9$, и определяют радиус кривой R ближайшей к поворотному кругу стены.

Поворотный круг устраивается при четырёх и более стойл в веерном депо. Общая длина веерного депо, согласно техническим указаниям, не должна превышать длины полуокружности.

По условиям пожарной безопасности веерное депо должно быть разделено капитальными стенами на секции не свыше пяти стойл в каждой.

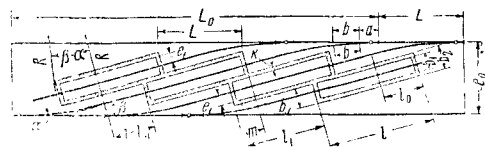
Длина каждого стойла должна быть такова, чтобы при установке в нём паровоза с тендером оставались ещё промежутки от крайних буферов их до задней стены 4,5—5 м для основного депо и 3,5—4 м для оборотного депо и до ворот 2,5—3 м для основного депо и 2—2,5 м для оборотного.

Длина канавы в уровне пола должна быть на 1—2 м больше полной длины локомотива с тендером.

Расстояние между осями смежных путей, считая по наружной грани передней стены, должно быть не менее 6,3 м.

ПУТИ У СТУПЕНЧАТОГО ПАРОВОЗНОГО ЗДАНИЯ

На фиг. 150 представлен один из вариантов расположения здания ступенчатого депо и путей к нему. Внутри каждой секции может быть расположено два или три пути, а в длину могут устанавливаться два или три паровоза. Таким образом, секция наибольшего размера вмещает девять паровозов. Внутренние размеры секции устанавливаются специальными указаниями МПС для паровозов большой и средней мощности, а также отдельно для электровозов и тепловозов.



Фиг. 150. Расположение путей в ступенчатом депо

Обозначая расстояние между осями смежных путей внутри секции через e , расстояние от оси крайнего пути до продольной стены секции через e_1 и толщину стены через k , получим ширину секции между стенами:

$$b_1 = (n - 1)e + 2e_1, \quad (109)$$

где n — число путей внутри секции.

Наружная ширина секций будет:

$$b_2 = (n - 1)e + 2(e_1 + k). \quad (110)$$

Ширина выступа каждой секции, или расстояние между осями одноимённых путей двух соседних секций

$$b_3 = (n - 1)e + 2e_1 + k. \quad (11)$$

Сдвиг секций в продольном направлении должен образовывать свободный проход из одной секции в другую не менее 2,5 м, так что размер m должен быть не менее $2,5 + 2k$ и не более 15 м, считая между наружными поверхностями стен, в целях избежания большого уменьшения дневного освещения внутри здания.

Таким образом, длина выступа каждой секции равна

$$l_1 = l - m, \quad (112)$$

где l — наружная длина секции.

Оси секций, будучи параллельны одна другой, наклонены под углом β к осям двух продольных, параллельных между собой так называемых основных путей, на которые выходят депокские пути. Продольные прямые линии, соединяющие углы здания с каждой стороны, обычно параллельны осям основных путей.

Поэтому угол β определяется из выражения

$$\beta = \arctg \frac{b_3}{l_1}. \quad (113)$$

Имея угол β , легко вычислить расстояние L между углами секций вдоль основных путей:

$$L = \frac{l_1}{\cos \beta}, \quad (114)$$

а так как стрелки, от которых идут пути в паровозные здания, расположены однообразно по отношению к этим зданиям, то и расстояние между передними концами соседних стрелок на основном пути также равно

$$L = \frac{l_1}{\cos \beta}.$$

Депокские пути на ближайшем по выходе из здания отрезке, равном 10 — 15 м, рекомендуются делать прямыми,

параллельными оси здания, а далее для уменьшения ширины депокской площадки каждый путь приближается по кривой к продольной стене соседней секции с таким расчётом, чтобы от угла здания до оси пути было лишь габаритное (приближения строений) расстояние d (фиг. 151).

Кривая угла $\beta - \alpha$ (где α — угол крестовины) примыкает к крестовине перевода или непосредственно или с промежуточной прямой вставкой, которую при расчёте можно включить в состав элемента b стрелочного перевода (расстояние от центра перевода до его заднего конца).

При расстоянии от оси пути до стены, равном e_1 , кривая может начаться на расстоянии l_0 от торца здания, причём это расстояние

$$l_0 = \sqrt{[2R - (e_1 - d)](e_1 - d)},$$

или, пренебрегая незначительной величиной $e_1 - d$ по сравнению с $2R$, получим:

$$l_0 = \sqrt{2R(e_1 - d)}, \quad (115)$$

где R — радиус кривой.

Для определения необходимой ширины площадки e_0 и длины L_0 , занимаемой одним депокским путём между крайними стыками рамных рельсов (считая параллельно осям основных путей), служат формулы:

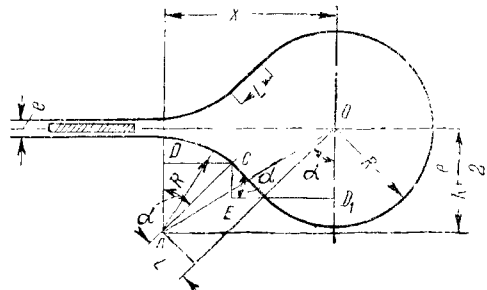
$$e_0 = 2[b \sin \alpha + R(\cos \alpha' - \cos \beta) + (l_1 - l_0) \sin \beta] + l \sin \beta; \quad (116)$$

$$L_0 = 2[a + b \cos \alpha + R(\sin \beta - \sin \alpha) + (l_1 - l_0) \cos \beta] + l \cos \beta. \quad (117)$$

ПЕТЛИ, ТРЕУГОЛЬНИКИ И ПЯТИУГОЛЬНИКИ

Петля

Петля (фиг. 152) устраивается для того, чтобы на конечной станции быстро и без переформирования передать поезд с приёмного пути на путь обратного направления. Задан-



Фиг. 152. Ответвление петли от двух станционных путей

ными являются расстояние e между осями путей, радиус R петли, который берётся наименьшей допустимой величины, и длина L прямой вставки между обратными кривыми. Расстояние x от начала петли до центра окружности O будет равно:

$$x = \sqrt{L^2 + 3R^2 - Re - \frac{e^2}{4}} = \sqrt{L^2 + \left(R - \frac{e}{2}\right)\left(3R + \frac{e}{2}\right)}. \quad (118)$$

Для определения угла α (угол наклона прямой вставки к направлению основных путей) спроектируем линию $ADCED_1O$ на вертикальное направление:

$$AD - CE + D_1O = R + \frac{e}{2},$$

или

$$2R \cos \alpha - L \sin \alpha = R + \frac{e}{2}. \quad (119)$$

Выражая в уравнении (119) $\sin \alpha$ и $\cos \alpha$ через $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ и решая его относительно $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$, получаем:

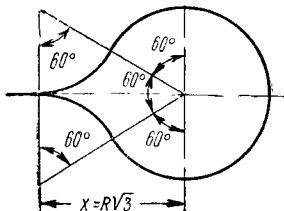
$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{-L + \sqrt{L^2 + \left(R - \frac{e}{2}\right)\left(3R + \frac{e}{2}\right)}}{3R + \frac{e}{2}} = \frac{-L + x}{3R + \frac{e}{2}}. \quad (120)$$

Учитывая, что на станции поезд ходит со сравнительно малой скоростью, можно обойтись и без прямой вставки. Тогда мы получим предельную величину $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{R - \frac{e}{2}}{3R + \frac{e}{2}}}. \quad (121)$$

Наибольшее значение $e = 2R$. В этом случае петля обращается в полуокружность и $\alpha = 0$. Если петля примыкает не к двум путям, а к одному (фиг. 153), т. е. $e = 0$, то α будет иметь наибольшее значение:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1}{3}}; \quad \frac{\alpha}{2} = 30^\circ \text{ и } \alpha = 60^\circ.$$



Фиг. 153.
Примыкание петли
к одному станцион-
ному пути

Таким образом, величина α изменяется в пределах от 0 до 60° .

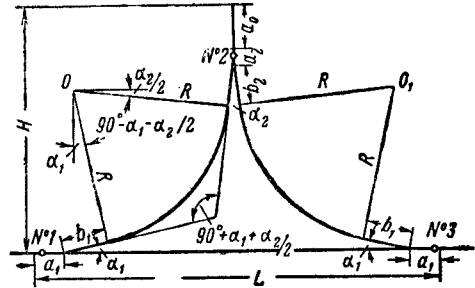
Радиус петли R при устройстве контррельса вдоль внутренней нити может быть взят равным 150—180 м; его можно уменьшить до 50—70 м при укладке второго контррельса вдоль упорной нити, соединении контррельсов и путевых рельсов при помощи стяжных болтов и выстилке жолоба между контррельсом и путевым рельсом специальными плитами (металлическими или дубовыми с покрытием котельным железом).

Поворотные треугольники и пятиугольники

Чтобы повернуть локомотив или какую-либо иную единицу подвижного состава на 180° , можно уложить треугольник или другой многоугольник с нечётным числом сторон. Для укладки треугольника нужны стрелочные переводы, а для многоугольника — глухие пересечения и переводы.

На фиг. 154 изображён симметричный треугольник с прямым основным путём. Он состоит из двух обыкновенных стрелочных переводов, укладываемых на основном пути, и

одного симметричного перевода, за которым укладывается тупик длиной $a_0 = 30 \div 40$ м, для установки на нём поворачиваемого локомотива с небольшим запасом (10—15 м). Симметричный перевод соединяется с двумя другими при помощи кривых радиуса R наименьшей допустимой величины. Заданными являются элементы стрелочных переводов, т. е. длины a_1, b_1, a_2 и b_2 и углы α_1 и α_2 , а также радиусы R кривых. Требуется определить величины H и L , что необходимо для выяснения размеров нужной площади.

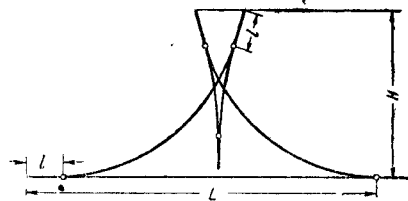


Фиг. 154. Поворотный треугольник

Из фиг. 154 имеем:

$$H = b_1 \sin \alpha_1 + R \left(\cos \alpha_1 - \sin \frac{\alpha_2}{2} \right) + b_2 \cos \frac{\alpha_2}{2} + a_2 + a_0; \quad (122)$$

$$L = 2 \left[a_1 + b_1 \cos \alpha_1 + R \left(\cos \frac{\alpha_2}{2} - \sin \alpha_1 \right) + b_2 \sin \frac{\alpha_2}{2} \right]. \quad (123)$$



Фиг. 155. Поворотный пятиугольник

В целях уменьшения потребной площади применяют поворотный пятиугольник (фиг. 155). В нём, кроме пяти стрелочных переводов (двух обыкновенных и трёх симметричных), уложено ещё три глухих пересечения.

СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ УЗКОЙ КОЛЕИ 750 мм*

Стрелочные переводы и глухие пересечения должны укладываться в путь по утверждённому Министерством путей сообщения или начальником дороги элюрам.

* Из проекта «Технических условий и норм содержания путей узкой колеи».

Стрелочные переводы должны соответствовать типу рельсов, уложенных в пути.

Стрелочные переводы и глухие пересечения должны особо тщательно содержаться по уровню и шаблону, с точным соблюдением допусков износа отдельных их частей.

Отклонения по уровню допускаются:

а) на переводах, уложенных на главных путях,—не более 3 мм при отводе просадок уклоном не более 1 мм на 2 пог. м пути;

б) на переводах, уложенных на прочих путях,—не более 3 мм при отводе просадок уклоном не более 1 мм на 1 пог. м пути;

в) ширина колеи в различных частях перевода должна соответствовать размерам, указанным на чертеже данного типа перевода.

Отступления от установленных размеров допускаются не более указанных в табл. 101.

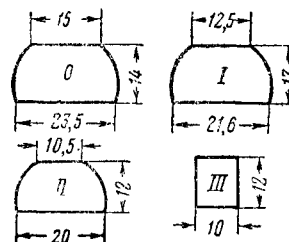
Как правило, переводы укладываются без возвышения наружного рельса переводной кривой. В переводах, уложенных на кривых участках главного пути, где поезда проходят с большими скоростями, а боковой путь ответвляется внутрь кривой, наружному рельсу главного пути в зависимости от радиуса кривой и допускаемой скорости придается такое же возвышение, как и на перегоне.

При направлении ответвления наружу кривой главного пути перевод укладывается без возвышения.

Проверка прилегания остряка к рамному рельсу при запертом положении делается при помощи перекидки балансира. Получающийся при этом зазор между рамным рельсом и остряком не должен быть более 2 мм.

Запрещается держать в пути стрелочные переводы, имеющие следующие неисправности:

- а) разъединение стрелочных остряков;
- б) отставание остряка от рамного рельса на 3 мм и более;
- в) выкрошивание остряка, при котором создается опасность набегающего гребня;
- г) понижение остряка против рамного рельса на 2 мм и более;
- д) расстояние между рабочим кантом сердечника крестовины и рабочей боковой поверхностью головки контррельса менее чем 716 мм;



Фиг. 156. Типы переводных брусков для стрелочных переводов узкой колеи

- е) излом остряка или рамного рельса;
- ж) излом крестовины (сердечника, усювиков);
- з) разрыв хотя бы одного контррельсового болта.

В других вопросах содержания стрелочных соединений надлежит руководствоваться инструкциями для путей широкой колеи.

Применяемые типы переводных брусков для стрелочных переводов узкой колеи приведены на фиг. 156.

Таблица 101

Допуски в содержании стрелочных переводов узкой колеи
(Ширина колеи 750 мм)

Допуски в мм	По ширине колеи на стрелочном переводе в мм								По ширине желобов в мм							
	перед остряком			в корне остряка		в середине переводной кривой	в конце переводной кривой и в крестовине	шаг остряка против первой тяги на ручных стрелках	в корне остряка		в крестовине		на отводах усювиков и контррельсов			
	в стыке рамных рельсов	в месте перегиба рамного рельса при кривом остряке	у начала остряка	на боковой путь	на прямой путь				по прямому пути	по боковому пути	в горле	у остряка крестовины и до сечения сердечника 40 мм	в прямой части контррельса	в конце отведенной части	на входах	
В сторону увеличения	3	3	2	2	2	3	1	5	2	2	3	2	2	5	5	
В сторону уменьшения	2	2	2	2	2	2	1	2	0	0	0	2	2	2	2	

Примечания. 1. Расстояние между рабочими гранями сердечника крестовины и контррельса должно быть не менее суммы расстояния между внутренними гранями бандажей при самой широкой насадке колёс и наибольшего размера толщины гребня.

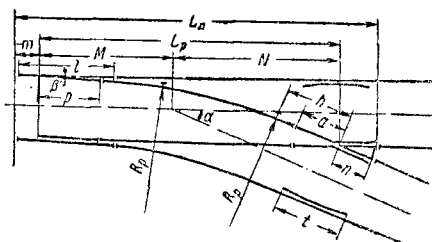
2. Расстояние между рабочими гранями контррельса и усювика должно быть не больше расстояния между внутренними гранями бандажей при самой узкой насадке, уменьшенного на 2 мм.

Основные размеры в мм обыкновенных стрелочных переводов для железных дорог узкой колеи 750 мм* (фиг. 157)

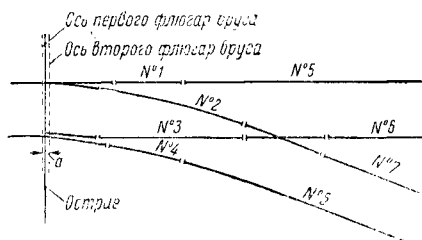
Таблица 102

Тип рельса	Марка крестовины	Угол крестовины	Начальный угол острья	Расстояние от оси переднего стыка рамного рельса до начала острья	Длина острья	Длина рамного рельса	Радиус переводной кривой по упорной нити	Расстояние от конца переводной кривой до математического острья крестовины	Длина переднего конца крестовины	Длина заднего конца крестовины	Длина контррельса	Расстояние от начала острья до центра перевода	Расстояние от центра перевода острья крестовины	$L_{p=M+N}$	Расстояние от оси переднего стыка рамного рельса до оси заднего стыка крестовины
	$tg \alpha$	α	β	m	p	l	R_p	u	a	u	t	M	N	$L_{p=M+N}$	L_n
I-a	1/9	6° 20' 25"	1° 23' 46"	779	5 500	7 300	71 375	1 665	1 491	1 851	3 450	6 861	6 771	13 632	16 266
I-a	1/7	8° 07' 43"	1° 48' 30"	779	4 500	6 300	89 375	1 541	1 176	1 598	2 650	5 512	5 277	10 789	13 170
I-a	1/5	11° 18' 36"	2° 42' 47"	779	3 000	4 800	19 750	1 151	1 130	1 123	2 020	3 716	3 787	7 503	9 409
P38	1/9	6° 20' 25"	1° 17' 13,29"	887	6 144	8 229	67 750	1 854	1 665	1 650	3 809	7 614	6 771	14 385	16 925
P38	1/3	7° 07' 36"	1° 17' 13,29"	887	6 144	8 229	51 750	1 737	1 730	2 500	3 100	7 539	6 023	13 562	16 952
P38	1/7	8° 07' 43"	1° 43' 53"	804	4 500	6 325	44 250	1 223	1 223	1 534	2 550	5 753	5 277	11 030	13 372
III-a	1/9	6° 20' 25"	1° 20' 55,56"	839	5 565	7 315	72 780	1 665	1 665	1 755	2 890	7 211	6 771	13 982	16 579
III-a	1/8	7° 07' 30"	1° 20' 55,56"	839	5 565	7 315	43 375	2 303	1 563	1 390	4 200	6 624	6 023	12 647	11 879
21 кг/м	1/5	11° 25' 10"	2° 38' 29,77"	935	2 800	7 000	25 750	815	458	800	1 550	3 259	3 750	7 009	8 735
18 »	1/9	6° 20' 25"	1° 25' 17"	751	3 500	4 996	80 375	1 563	1 200	1 900	2 719	5 679	6 771	12 459	15 004
18 »	1/3	7° 07' 39"	1° 51' 19"	751	3 000	4 496	65 375	1 232	1 100	1 451	2 386	4 692	6 023	11 015	13 220
18 »	1/7	8° 07' 43"	2° 13' 25"	751	2 500	3 996	50 375	1 103	1 050	1 401	2 074	4 232	5 276	9 508	11 663

* По данным Промтранспроекта.



Фиг. 157. Схема к таблице основных размеров стрелочных переводов узкой колеи



Фиг. 158. Схема расположения рельсов в стрелочном переводе узкой колеи

Таблица 103

Комплекты рельсов и брусьев и раскладка брусьев в обыкновенных переводах для железных дорог узкой колеи 750 мм* (фиг. 158)

Тип рельса	Марка крестовины	Комплект рельсов							Комплект брусьев											итого
		длина рельсов в м							количество брусьев длиной в м											
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	1,50	1,65	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00	3,75**		
I-a	1/9	12 500	6 656	6 637	12 500	—	3 532	3 576	4	7	4	4	4	3	2	2	—	2	32	
I-a	1/7	12 500	5 135	5 099	12 500	—	5 656	5 686	2	7	3	2	3	3	3	2	—	2	27	
I-a	1/5	12 500	3 410	3 260	12 500	—	7 899	7 960	2	3	3	2	2	2	2	—	—	2	18	
P38	1/9	12 500	6 596	6 567	12 500	—	3 813	3 849	4	6	5	4	3	3	3	2	—	2	32	
P38	1/8	12 500	5 711	5 690	12 500	—	3 775	3 829	3	6	4	4	4	3	3	3	1	2	33	
P38	1/7	12 500	5 328	5 293	12 500	—	5 459	5 508	2	6	4	4	4	3	2	—	—	2	27	
III-a	1/9	12 500	6 772	6 742	12 500	—	3 245	3 281	3	8	5	3	3	3	4	2	—	2	33	
III-a	1/3	12 500	5 543	5 510	12 500	—	4 945	4 986	2	8	3	3	3	3	3	2	—	2	29	
24 кг/м	1/5	—	4 398	4 266	—	8 000	6 351	6 220	2	3	1	2	2	4***	2	1	—	—	17	
18 »	1/9	4 999	7 766	7 742	4 969	8 000	3 001	3 031	8	3	5	4	3	3	4	4	2***	—	36	
18 »	1/8	4 357	6 871	6 907	4 293	8 000	3 643	3 707	7	3	4	6	3	3	3	4	2***	—	35	
18 »	1/7	3 828	5 933	5 950	3 792	8 000	4 172	4 208	8	4	3	4	3	2	3	2	4***	—	33	

* По данным Промтранспроекта.

** Брусья ширококолейные, флюгарочные.

*** В том числе 2 флюгарочных.

Продолжение табл. 103

Тип рельса	Марка крестовины	a в мм	Раскладка брусьев			
			расстояние между осями брусьев в мм (считая от первого флюгарочного бруса)			
			под стрелкой	под переводными путями	под крестовиной	за крестовиной
I-a	1/9	529	529+9×525+500	525+600+3×638+5×639+500	3×475+3×557	3×619
I-a	1/7	527	6×531+2×532+500	525+500+600+5×599+500	545+440+450+2×545	3×554
I-a	1/5	546	5×550+500	525+500+619+2×620+500	465+500+525+510	549
P-38	1/9	643	700+3×583+2×584+4×533+500	708+500+7×608+609+500	2×587+550+2×673	593+3×594
P-38	1/8	679	700+583+547+533+2×534+4×583+500	708+500+7×569+500	518+4×520+565+563+500	2×655+656
P-38	1/7	696	700+6×507+503+500	525+500+5×632+633+500	550+525+3×475	3×589
III-a	1/9	618	7×618+2×620	668+500+3×591+6×592+500	504+535+480+520+570+569	598+4×599
III-a	1/8	618	7×613+2×620	668+500+7×606+216	613+612+3×540	4×599
24 кг/м	1/5	575	500+550+2×600	4×698+696+2×630	2×500	2×585
18 »	1/9	500	7×500	550+400+5×575+3×576+400+2×532+573+400	2×550+3×500+400	4×522
18 »	1/8	500	6×500	550+400+7×565+400+468+2×467+447	500+3×550+400	4×542
18 »	1/7	500	5×500+550	400+573+5×572+400+514+513+400	2×500+2×525+400	5×540

Примечание. a — расстояние от острья остряка до оси второго флюгарочного бруса.

Таблица 104

Данные для разбивки переводных кривых в стрелочных переводах для железных дорог узкой колеи 750 мм*

Тип рельса	Марка крестовины	Расстояние от корня остряка до начала переводной кривой в мм	Величины ординат в расстояниях от начала переводной кривой в мм							Конец переводной кривой	
			0	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	абсцисса (от начала переводной кривой) в мм	ордината в мм
I-a	1/9	440	153	185	233	294	369	458	—	6 039	566
I-a	1/7	440	156	200	270	366	487	—	—	4 326	533
I-a	1/5	439	163	236	360	—	—	—	—	2 938	524
P38	1/9	440	148	178	221	282	356	446	—	5 960	545
P38	1/8	440	148	180	232	303	393	—	—	5 256	535
P33	1/7	440	154	196	262	350	460	—	—	4 881	577
III-a	1/9	440	141	171	216	274	345	431	—	6 324	566
III-a	1/8	440	141	176	234	316	—	—	—	4 357	464
24 кг/м	1/5	0	106	172	277	434	—	—	—	3 912	589
18 »	1/9	748	117	152	198	256	328	412	507	6 649	577
18 »	1/8	748	121	161	216	287	373	475	—	5 995	591
18 »	1/7	748	126	183	254	345	457	—	—	5 170	594

* По данным Промтранспроекта.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

Боровко В. А. Соединение и совмещение путей. М., Трансжелдориздат, 1942.

Золотарский А. Ф., Попов С. Н. Нормы межремонтного тоннажа для производства среднего и капитального ремонта пути в зависимости от типов верхнего строения (проект). М., изд. ЦНИИ МПС, 1950.

Золотарский А. Ф. Износ и срок службы рельсов. Труды Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта, вып. 14. М., Трансжелдориздат, 1948.

Инструкция по борьбе с изломами и другими дефектами рельсов № ЦП-1115. М., Трансжелдориздат, 1944.

Инструкция и руководящие материалы по содержанию железнодорожного пути. М., Трансжелдориздат, 1942.

Коровкин А. П. Предварительно напряженный железобетон. Труды ЦНИИ, вып. 9. М., Трансжелдориздат, 1947.

Митюшин Н. Т., Стаханов А. Н. Устройство железнодорожного пути, т. II. М., Трансжелдориздат, 1944.

Мищенко К. Н. Бесстыковый рельсовый путь. М., Трансжелдориздат, 1950.

Наставление по уходу за шпалами. М., Трансжелдориздат, 1947.

Попов С. Н. Балластные материалы на железных дорогах и технико-экономические расчеты при их применении. Труды ЦНИИ, вып. 4. М., Трансжелдориздат, 1947.

Стаханов А. Н. Соединение путей. Конструкция и расчет. М., Трансжелдориздат, 1939.

Стемпковский В. М. Отжимные стрелки с буферами масляного действия системы Некрасова и Стемпковского. М., Трансжелдориздат, 1946.

Технические условия на балластные материалы для железнодорожного пути. М., Трансжелдориздат, 1947.

Шахуняц Г. М. Путь и путевое хозяйство. М., Трансжелдориздат, 1949.

Шахуняц Г. М. Устройство железнодорожного пути, т. III, изд. 2-е, переработанное. М., Трансжелдориздат, 1944.

Янковский А. К., Шлыгин М. И. и Литвин Г. А. Проектирование стрелочных переводов. М., Трансжелдориздат, 1948.

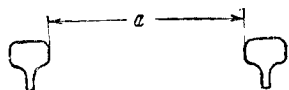
Янковский А. К. Укладка и содержание стрелочных переводов. М., Трансжелдориздат 1939.

РЕЛЬСОВАЯ КОЛЕЯ И УСТРОЙСТВА ПУТИ



УСТРОЙСТВО РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ

Основными характеристиками, определяющими устройство рельсовой колеи, являются: ширина колеи, взаимное положение рельсовых нитей по уровню, подуклонка рельсов, кривизна рельсовой колеи в плане и кривизна рельсовой колеи в вертикальной плоскости в местах перелома продольного профиля железнодорожного пути.

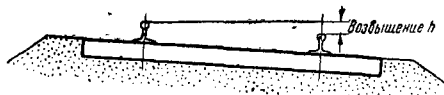


Фиг. 1. Измерение ширины колеи

Ширина рельсовой колеи a определяется расстоянием между внутренними гранями головок рельсов. Это расстояние измеряется нормально к продольной оси пути на уровне пересечения верхнего бокового закругления головок с боковой гранью головки рельса (фиг. 1).

Взаимное положение рельсовых нитей по уровню определяет возвышение h верхней поверхности головки одного рельса над верхней поверхностью головки другого рельса (фиг. 2).

Подуклонка рельсов определяет тангенс угла наклона плоскости симметрии рельса по отношению к вертикали (фиг. 3).

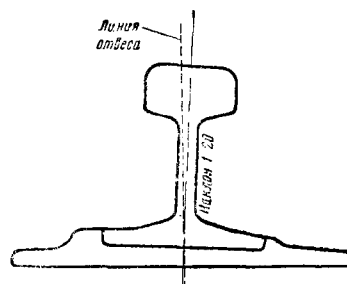


Фиг. 2. Возвышение одного рельса над другим

В местах изменения направления продольной оси железнодорожного пути в плане устраивают закругления (кривые участки пути). Основную часть закругления принято строить в виде круговых кривых. Сопряжение круговой кривой с прямыми отрезками пути или сопряжение круговых кривых разных радиусов между собой производят переходными кривыми, имеющими переменную кривизну.

Переход от одного элемента продольного профиля железнодорожного пути к другому элементу производят сопрягающими кривыми, представляющими собой, в большинстве случаев, криволинейное изменение продольного профиля пути постоянной кривизны.

По всем указанным выше основным характеристикам, определяющим устройство рельсовой колеи, устанавливают допуски содержания рельсовой колеи.



Фиг. 3. Подуклонка рельсов

С основными характеристиками, определяющими устройство рельсовой колеи, связаны также вопросы о габаритах приближения строений и расчеты прочности железнодорожного пути.

УСТРОЙСТВО РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ В ПРЯМЫХ ЧАСТЯХ ПУТИ

Ширина колеи

Ширина колеи в прямых частях пути на железных дорогах СССР в соответствии с ГОСТ 3542-47 измеряется ниже уровня, соединяющего верхние поверхности головок рельсов на расстоянии f , указанном в табл. 1.

Таблица 1

Расстояние f между плоскостью, касательной к головкам рельсов, и плоскостью, в которой измеряется ширина колеи

Тип рельсов	Р65	Р50	Р43	Р38	III-a	IV-a
f в мм	11,9	10,3	13,8	13,8	12,5	13,0

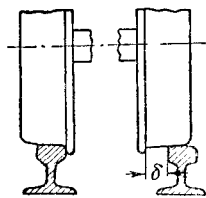
Ширина колеи на прямых участках пути ширококолейных железных дорог Правилами технической эксплуатации железных дорог СССР установлена равной 1524 мм. Ширина колеи на прямой более 1530 и менее 1522 мм не допускается. Исключение из этого правила делается только для коротких прямых вставок, расположенных между двумя

кривыми (стр. 176). Отклонения в пределах допусков по ширине колеи должны быть плавными, не более 1 мм на 1 пог. м пути.

Для узкоколейных железных дорог ОСТ 4938 устанавливает стандартную ширину колеи для прямых участков пути, равную 750 мм. Кроме того, имеются дороги с шириной колеи 883, 900, 914 и 1 067 мм.

Отступления в ширине колеи при колее 750, 883, 900, 914 и 1 000 мм допускаются в следующих размерах: наибольшее уширение—4 мм и наибольшее сужение—2 мм; для колеи шириной 1 067 мм: наибольшее уширение—6 мм, наибольшее сужение—2 мм.

Ширина колеи в сочетании с размерами колёсных пар определяет сумму зазоров между гребнями бандажей колёсных пар и боковыми гранями головок рельса. Эти зазоры необходимы во избежание заклинивания колёсных пар, влекущего за собой увеличение сопротивления движению подвижного состава, усиленный износ рельсов и колёс и расстройство



Фиг. 4. Размер зазора между гребнем колеса и рельсом

пути в плане. В то же время большие зазоры могут привести к ударам гребней колёс в рельс при влипании подвижного состава и при входе его в кривые участки пути, поэтому размеры зазоров выбираются оптимальными.

Размеры зазоров между гребнями бандажей и боковыми гранями головок при колее 1 524 мм принято измерять на расстоянии 10 мм ниже горизонтали, касательной к окружности среднего круга катания колёс (фиг. 4).

При ширине колеи 1 524 мм и проектной ширине различных колёсных пар¹ сумма зазоров между гребнями бандажей и боковыми гранями головок рельсов равна:

Для осей	Сумма зазоров в мм
Локомотивных	20
Вагонных и тендерных со стальными колёсами . . .	18
Вагонных с чугунными литыми колёсами	17

При учёте допусков в пути и износе колёсных пар суммарный зазор может меняться в пределах, указанных в табл. 2.

Таблица 2
Сумма зазоров между гребнями бандажей и рельсами в мм

Наименование осей	Наименьшая $\delta_{\text{наим}}$	Наибольшая $\delta_{\text{наиб}}$
Локомотивные	13	45
Вагонные и тендерные со стальными колёсами . . .	11	49
Вагонные с чугунными колёсами	9	44

¹ Шириной колёсной пары называют расстояние между наружными поверхностями гребней, измеренное на расстоянии 10 мм от горизонтали, касательной к окружности среднего круга катания колёс.

В табл. 2 не учтены возможные упругие отжатия рельсов и изменения в ширине колёсной пары за счёт упругого изгиба оси. Как показывает опыт, при хорошем содержании прямых участков пути упругие отжатия рельсов не превосходят 4 мм. Упругое изменение ширины колёсной пары принимают равным ± 2 мм.

Сумма зазоров между боковыми гранями головок рельсов и гребнями колёсной пары:

$$\delta = S_0 + \Delta_s - [t + \Delta_t + 2(h + \Delta_h)] + 2\xi,$$

где S_0 — проектная ширина колеи;

Δ_s — отступление от проектного размера ширины колеи;

t — проектная ширина насадки колёсной пары (расстояние между внутренними вертикальными гранями бандажей);

Δ_t — отступление от проектного размера ширины насадки колёсной пары;

h — проектная толщина гребня, измеренная на расстоянии 10 мм ниже горизонтали, касательной к окружности среднего круга катания колёс;

Δ_h — отступление от проектной толщины гребня;

ξ — горизонтальная проекция между точкой прижатия гребня к колесу и точкой, в которой производится измерение ширины колеи.

Как показывает расчёт, $0 \leq \xi \leq 2$ мм в зависимости от износа рельса и бандажа.

В расчётах предельных значений суммы зазоров $\delta_{\text{наим}}$ и $\delta_{\text{наиб}}$ в качестве Δ_s , Δ_t и Δ_h принимают соответствующие допуски, установленные для содержания ширины колеи и колёсных пар.

Взаимное положение рельсов по уровню

Верх головок рельсов в прямых частях пути на дорогах с шириной колеи 1 524 мм и на узкоколейных железных дорогах должен быть на одном уровне.

Отклонения в уровнях расположения рельсовых нитей на прямых участках дорог с шириной колеи 1 524 и 1 067 мм допускаются не более 4 мм, а для дорог с шириной колеи 750, 883, 900, 914 и 1 000 мм—не более 3 мм.

В целях уменьшения динамического воздействия подвижного состава на путь по нормам содержания пути широкой колеи требуется, чтобы перекосы, т. е. последовательные отклонения по уровню рельсов обеих нитей в разные стороны, находящиеся на расстоянии менее 25 м, немедленно устранялись независимо от крутизны отвода.

Для узкоколейных железных дорог нормы содержания пути требуют, чтобы устранялись перекосы длиной менее 10 м при крутизне отвода более 0,001, хотя бы эти отступления были в пределах допуска по уровню.

Подуклонка рельсов

Для создания спокойного движения подвижного состава по рельсам бандажам придают коническую форму. Для обеспечения же нормальной передачи давления от конического бандажа рельсу последний укладывается в путь с подуклонкой.

В прямых частях пути оба рельса укладываются с наклоном внутрь колеи. Этот угол наклона оси симметрии рельса к вертикали установлен в $2^{\circ}52'$. Обычно принято выражать подуклонку рельсов тангенсом угла наклона оси симметрии рельса к вертикали, равным $1/20$.

По правилам содержания пути в прямых частях допускается подуклонка от $1/15$ до $1/30$. Не допускается, чтобы подуклонка изменяла своё положение на протяжении меньшим половины звена на $1/60$ или более.

Указанные выше нормы подуклонки распространяются на ширококолейные и узкоколейные железные дороги.

УСТРОЙСТВО ПУТИ В КРИВЫХ

При движении экипажей в кривых частях пути между колёсами и рельсами возникают значительные горизонтальные, поперечные по отношению к оси пути, усилия.

Величина этих горизонтальных сил зависит от центробежной силы, возникающей при движении экипажа по кривой, горизонтальной составляющей силы тяжести, появляющейся вследствие разности уровней головок рельсов в кривой, сил трения между бандажами и рельсами и сил тяги, реализующихся на экипаже. В связи с появлением различных по величине и направлению горизонтальных сил между разными колёсами экипажа и рельсами при движении его по кривой происходит также изменение вертикальных давлений колёс на рельсы по сравнению с теми, какие имеют место при движении его в прямых частях пути.

Вход экипажа в кривую и выход из неё также сопровождаются непрерывным изменением горизонтальных и вертикальных давлений колёс на рельсы вследствие того, что экипаж движется в пространстве по сложной криволинейной траектории.

Теорию расчёта и методы определения величин усилий, возникающих между колёсами и рельсами при движении экипажей в кривых и при входе и выходе из кривых, расчёт геометрических соотношений между отдельными размерами колеи в кривых и размерами ходовых частей подвижного состава (решение задач по геометрии вписывания) см. ТСЖ, т. 6, раздел «Вписывание паровозов в кривые».

Для обеспечения безопасности движения поездов, уменьшения воздействия подвижного состава на путь и уменьшения неприятных воздействий на пассажиров при движении вагонов по кривым предусматривают следующие конструктивные мероприятия:

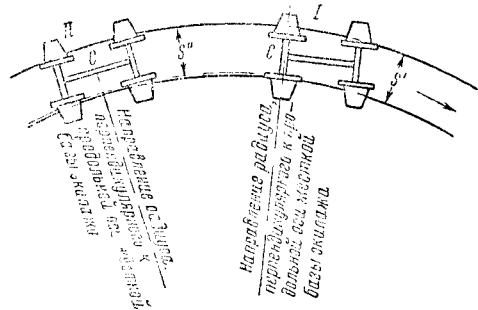
- увеличение ширины колеи, а в необходимых случаях укладку контррельсов или других специальных приспособлений;
- укладку наружного рельса с возвышением по отношению к внутреннему рельсу;
- укладку наружного и внутреннего рельсов с разной подуклонкой;
- соединение прямого пути с круговым или двух круговых кривых разного радиуса, непосредственно примыкающих друг к другу, переходными кривыми;
- укладку по внутренней нити укороченных рельсов.

Ширина колеи в кривых

Увеличение ширины колеи в кривых по сравнению с шириной колеи в прямых частях связано с особенностями вписывания железнодорожных экипажей в кривые (в плане), т. е. с особенностями их установки в колее.

Различают два вида вписывания: динамическое и статическое. Каждый из этих видов может быть свободным и заклиненным.

Динамическим вписыванием называется вписывание, при котором совместное действие центробежной силы, возникающей при движении экипажа по кривой, силы ветра и радиальных составляющих усилий на сцепных приборах приводит к прижатию колёс крайних осей жёсткой базы¹ к наружному рельсу кривой (фиг. 5, положение II жёсткой базы).



Фиг. 5. Динамическое и статическое вписывание экипажей в кривые

Если совместного действия этих сил недостаточно, чтобы прижать гребни колёс крайних осей жёсткой базы к наружному рельсу, то имеет место статическое вписывание (фиг. 5, положение I жёсткой базы).

Если при динамическом вписывании между гребнями колёс, катящихся по внутреннему рельсу кривой, и этим же рельсом имеются зазоры, то такое вписывание называется динамическим свободным вписыванием. При отсутствии этих зазоров имеет место динамическое заклиненное вписывание.

Если ширина колеи слишком велика, что при статическом вписывании экипаж упирается в рельсы гребнями только двух каких-нибудь колёс, заключённых в одну жёсткую раму экипажа, то имеет место статическое свободное вписывание.

Если же ширина колеи недостаточна для свободного статического вписывания и экипаж упирается в рельсы тремя или большим количеством колёс, заключённых в одну жёсткую базу экипажа, то имеет место статическое заклиненное вписывание.

Статическое и динамическое заклиненное вписывания в условиях обычной эксплуатации допускать не следует, так как они влекут за собой увеличенное сопротивление движению, увеличенные износы рельсов, бандажей и расстройство пути в плане.

¹ Под жёсткой базой экипажа понимают расстояние между крайними осями экипажа, остающимися параллельными друг другу при его движении как по прямому, так и по кривому. Подробнее см. ТСЖ, т. 6, «Подвижной состав», раздел «Вписывание паровозов в кривые».

Динамическое вписывание, вообще, имеет место при значительных скоростях. Расчёты показывают, что динамическое вписывание двухосных вагонов может произойти при скоростях, существенно больших 100 км/час (в кривых радиусом больше 400 м). Скорость, при которой может произойти динамическое вписывание, зависит от коэффициента трения скольжения бандажей по рельсам, разности в уровнях наружного и внутреннего рельсов и давления ветра на экипаж. Скорость, при которой может произойти динамическое вписывание двухосного 20-т товарного вагона, определяется формулой

$$v > \sqrt{\left(\frac{2,55 f}{2,13 + 0,67 f} + \frac{h}{S_1} + \frac{w \Omega}{G} \right) g R},$$

где G — вес экипажа;

w — давление по нормали ветра на единицу площади боковой поверхности вагона в кг/м²;

Ω — боковая поверхность вагона в м²;

R — радиус круговой кривой в м;

v — скорость движения экипажа в кривой в м/сек;

g — ускорение силы тяжести в м/сек²;

f — коэффициент трения скольжения. Для сухих рельсов и бандажей $f = 0,25$. В случае, если головка рельса покрыта инеем, f может уменьшиться до 0,065.

Влияние коэффициента трения и ветровой нагрузки на характер вписывания может быть весьма ощутимым. Например, при рельсах, покрытых инеем, и ветровой нагрузке 100 кг/м² (при жестоком шторме) динамическое вписывание двухосных вагонов может наступить при любых скоростях движения.

Давление ветра, направленного нормально боковой поверхности вагона, w (в кг/м²), необходимое для вышеуказанного расчёта, может быть определено по формуле

$$w = K v_p^2,$$

где v_p — скорость ветра в м/сек;

K — коэффициент, зависящий от плотности воздуха и формы поверхности, воспринимающей давление.

Для сплошных поверхностей $K = 0,085 \div 0,125$ и для рёшетчатых поверхностей $K = 0,078$ кгсек²/м⁴.

Определение ширины колеи, потребной для пропуска какого-либо экипажа по кривой, или определение предельных условий проходимости экипажа по кривой заданного радиуса и заданной ширине колеи производится путём геометрического вписывания экипажа в кривую.

При определении потребной ширины колеи для пропуска какого-либо экипажа по кривой расчётом устанавливают наименьшие и наибольшие допустимые в эксплуатации размеры ширины колеи.

Исходя из того, что заклиненное вписывание недопустимо в условиях нормальной эксплуатации пути, минимальную ширину колеи $S_{наим}$, необходимую для нормального движения экипажей заданной конструкции, определяют из условия свободного статиче-

ского вписывания экипажей в кривую; при этом ширина колеи

$$S_{наим} \geq S_3 + \frac{\delta_{наим}^*}{2},$$

где S_3 — ширина колеи, при которой наступает заклиненное вписывание данного экипажа в кривую данного радиуса;

$\delta_{наим}$ — наименьшая сумма зазоров между гребнями бандажей и внутренними гранями головки рельса при установке того же экипажа в прямой.

Расчёт S_3 производится с учётом следующих конструктивных мер, применяемых в самом подвижном составе для обеспечения вписывания в кривые: разбегов осей, наличия безгребневых осей и осей с неполным (малым) гребнем и размещения части осей экипажа в самостоятельных тележках, имеющих угловые, поперечные или те и другие перемещения относительно жёсткой базы экипажа.

В необходимых случаях при расчёте вписывания учитывают особенности конструкции сцепления между паровозом и тендером, которые могут ограничивать прохождение паровоза с тендером кривых малых радиусов. Это ограничение может иметь место вследствие упора стяжки в стяжной ящик, буферных стаканов в ограничители хода и др. На вписывание экипажей, находящихся в составе поезда, может влиять сцепление экипажей друг с другом, определяющее наибольший допустимый угол, под которым могут безопасно встать друг с другом сцепленные экипажи (в зависимости от конструкции автоцепки, максимально допустимых перемещений относительно друг друга взаимно прижатых тарелок буферов сцепленных экипажей и т. п.).

Методы определения ширины статического заклиненного вписывания экипажей с учётом разбега осей, наличия безгребневых колёс и колёс с малым гребнем, размещения части осей экипажа в самостоятельных тележках, имеющих различные конструкции, а также ограничения условий вписывания по сцеплению между отдельными экипажами рассматриваются при расчётах подвижного состава на вписывание.

Наибольшая допустимая ширина колеи определяется из условия возникновения возможности схода (провала внутрь колеи) колёс экипажа. Наибольшая ширина колеи определяется из условия, что проекция бандажа на головку рельса x_0 (фиг. 6), называемая шириной покрытия бандажем рельса, при неблагоприятном сочетании допусков в содержании ходовых частей подвижного состава не должна быть меньше некоторой величины, при которой уже возникает опасность провала колёс экипажа внутрь колеи.

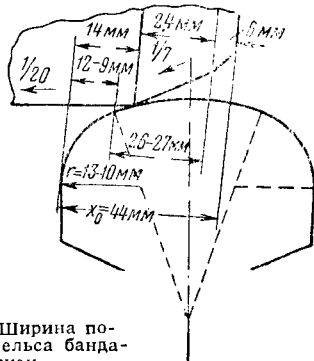
Ширина покрытия рельса бандажем

$$x_0 = a + t + h - S_1 \text{ в мм,}$$

* Иногда $S_{наим} = S_3 + \frac{\delta_{наим}}{2}$ называют шириной колеи, при которой происходит нормальное принудительное вписывание. Вписывание же при большей ширине колеи называют просто свободным вписыванием.

где a — ширина бандажа в мм;
 t — ширина насадки колёсной пары в мм;
 h — толщина гребня в мм;
 S_1 — ширина колеи, для которой определяется ширина покрытия, в мм.

В ширине покрытия могут быть учтены также упругие отжатия рельсов, которые достигают в кривых 9 мм, и изменение ширины колёсной пары под нагрузкой, принимаемое равным ± 2 мм. Для пути с нормальной шириной колеи (1524 мм в прямой) ширина покрытия с учётом упругости колеи и колёсной пары не должна быть меньше 38 мм.



Фиг. 6. Ширина покрытия рельса бандажем

Нормы ширины колеи в кривых различных радиусов приведены в табл. 3.

Таблица 3
Ширина и уширение колеи в кривых

Радиус кривой в м	Нормы ширины колеи в мм	Уширение колеи в мм
651 и более	1524	0
650—451	1530	6
450—351	1535	11
350 и менее	1540	16

При этом в кривых, так же как и в прямых, допускаются отклонения от норм ширины колеи в сторону уширения до 6 мм и в сторону сужения до 2 мм. Таким образом, ширина колеи в кривых более 1546 мм и менее 1522 мм ни в коем случае не допускается. Эти нормы ширины колеи в кривых с учётом допусков сужения обеспечивают свободное вписывание двухосных и четырёхосных вагонов, т. е. основной массы экипажей, движущихся по путям. Для локомотивов эти нормы допускают статическое нормальное принудительное вписывание в некоторые кривые.

Нормы ширины колеи для узкоколейных железных дорог приведены в табл. 4—9.

Таблица 4
Ширина колеи в кривых (колея 750 мм)

Радиус кривой в м	Ширина колеи в мм
От 301 и более	750
» 300 до 201	755
» 200 до 101	760
» 100 и менее	764

Таблица 5

Ширина колеи в кривых (колея 883 мм)

Радиус кривой в м	Ширина колеи в мм
От 301 и более	883
» 300 до 201	888
» 200 до 101	893
» 100 и менее	898

Таблица 6

Ширина колеи в кривых (колея 900 мм)

Радиус кривой в м	Ширина колеи в мм
От 351 и более	900
» 350 до 251	905
» 250 до 151	910
» 150 и менее	915

Таблица 7

Ширина колеи в кривых (колея 914 мм)

Радиус кривой в м	Ширина колеи в мм
От 351 и более	914
» 350 до 251	920
» 250 до 151	925
» 150 и менее	930

Таблица 8

Ширина колеи в кривых (колея 1000 мм)

Радиус кривой в м	Ширина колеи в мм
От 401 и более	1000
» 400 до 301	1005
» 300 до 201	1010
» 200 и менее	1015

Таблица 9

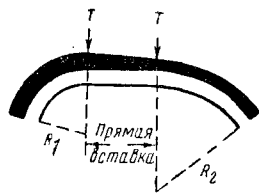
Ширина колеи в кривых (колея 1067 мм)

Радиус кривой в м	Ширина колеи в мм
От 601 и более	1067
» 600 до 441	1072
» 440 до 321	1077
» 320 до 241	1082
» 240 до 201	1087
» 200 до 171	1092
» 170 и менее	1094

Уширение колеи в кривых производится сдвижкой внутренней нити к центру кривой. Переход от нормальной ширины колеи в прямых участках к установленной (большей) ширине колеи в кривой делается в пределах переходной кривой, а при отсутствии её в прямой части пути, начиная от тангенсного столбика, при помощи сдвижки внутреннего рельса не более 1 мм на 1 пог. м пути.

При переходе кривой одного радиуса в кривую другого радиуса без прямой вставки между ними отвод уширения делается в пределах кривой большего радиуса с уширением 1 мм на 1 пог. м пути.

* Если две смежные круговые кривые разных радиусов не имеют переходных кривых, а соединены прямой вставкой, длина которой короче длины отводов плюс 25 м, то в пределах всей прямой вставки делается постепенный переход уширения от большего к меньшему (фиг. 7).



Фиг. 7. Отвод ширины колеи между двумя круговыми кривыми без переходных кривых, соединенных короткой прямой вставкой (схема)

Устройство контррельсов в кривых

В целях предотвращения повышенного бокового износа рельсов и гребней колёс, а также возможного отбоя (сдвига) рельсовых нитей, внутри колеи у внутренней и наружной нитей укладывают контррельсы. В ряде случаев для предотвращения указанных выше явлений достаточно бывает уложить контррельсы у внутренней нити.

У внутренней нити контррельсы укладывают при наибольшей ширине колеи

$$S_{\text{наиб}} = 1540 \text{ мм, если } e_{\text{нлв}} > 16 \text{ мм} > e_3,$$

где $e_{\text{нлв}}$ — уширение колеи, требующееся при нормальном принудительном вписывании;

e_3 — уширение колеи при заклиненном вписывании.

Если в пути уложена конструкция верхнего строения малой мощности, контррельсы укладываются даже и тогда, когда обеспечивается нормальное принудительное вписывание, но наблюдения над путём указывают на повышенный износ или отбой наружного рельса.

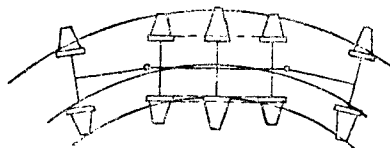
При укладке контррельсов увеличивается (на 40% и выше) сопротивление движению экипажей. В связи с этим следует избегать укладки контррельсов на главных путях, прибегая к ней лишь в особо необходимых случаях.

Перед укладкой контррельсов в случаях отбоя рельсовых нитей следует рассмотреть возможность общего усиления кривой: увеличения числа шпал на звене, укладку в кривой более тяжёлых рельсов, постановку упорок или стяжек, уширение балластной призмы и тщательную утрамбовку балласта в междупшальных ещиках. И только в случае невозможности обеспечить безопасность движения поездов при помощи вышеуказанных средств или в случае экономической нецелесообразности их применения следует прибегать к укладке контррельсов.

Если контррельсы применяют как меру уменьшения износа рельсов, то укладка контррельсов должна быть сопоставлена с применением смазки боковых граней головок рельсов.

У обеих рельсовых нитей укладывают контррельсы в том случае, когда для технической возможности пропуска экипажа по кривой приходится давать ширину колеи более 1540 мм (уширение колеи более $e_0 = 16$ мм).

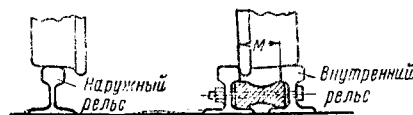
Как указывалось, постановкой контррельсов предотвращается усиленный боковой износ рельсов наружной нити и сдвиг её, так как (фиг. 8) большинство проходящих по кривой колёс не прижимается к рельсам наружной



Фиг. 8. Действие контррельсов у внутренней нити на экипаж

нити гребнем соответствующего колеса. При этом горизонтальная поперечная сила, передаваемая при отсутствии контррельсов от гребней наружных колёс на наружную нить, при наличии контррельсов передаётся внутренними колёсами на контррельсы.

Контррельсы же частично воспринимают эту силу на себя, а частично передают через болты и вкладыши рельсу внутренней нити. При этом поперечная горизонтальная сила передаётся не на головку внутреннего рельса, а через болты на шейку рельса, т. е. значительно ниже (фиг. 9), что в свою очередь



Фиг. 9. Конструкция соединения контррельса с внутренним рельсом

облегчает работу прикрепителей костью (или шурупов) и увеличивает устойчивость путевых рельсов.

Для обеспечения правильной работы контррельсов, укладываемых у внутренней нити, необходимо рассчитать ширину жолоба контррельса (расстояние в свету M между контррельсом и рабочим рельсом, около которого он уложен), чтобы колесо, катящееся по наружной нити, не прижималось своим гребнем к этой нити или только касалось её и чтобы в жолобе между внутренним рельсом и контррельсом могли разместиться все колёса экипажа, катящиеся по внутренней нити.

Для того чтобы выполнить первое требование, необходимо знать, на какие величины m (фиг. 10) может отходить одно колесо радиально поставленной оси от соответствующей рельсовой нити, когда гребень другого колеса той же оси прикасается к другой рельсовой нити.

Из фиг. 10 имеем:

$$m = S - h - t,$$

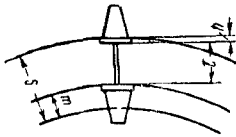
$$m_{\text{наим}} = S_{\text{наим}} - h_{\text{наиб}} - t_{\text{наиб}},$$

$$m_{\text{наиб}} = S_{\text{наиб}} - h_{\text{наим}} - t_{\text{наим}},$$

где S — проектная ширина колеи;
 $S_{\text{наим}}$ и $S_{\text{наиб}}$ — ширина колеи при наибольших положительных и отрицательных допусках;
 t — проектная ширина насадки колёсной пары;
 $t_{\text{наим}}$ и $t_{\text{наиб}}$ — наименьшие и наибольшие допускаемые размеры ширины колёсной пары;
 h — проектная толщина гребня;
 $h_{\text{наим}}$ и $h_{\text{наиб}}$ — предельно допускаемые наименьшая и наибольшая толщины гребня.

Все размеры здесь приняты в мм.

При ширине колеи 1540 мм, как известно, $S_{\text{наим}} = 1538$ мм и $S_{\text{наиб}} = 1546$ мм, t и h принимают по проектным размерам с учётом допусков по нормам содержания колёсных пар.



Фиг. 10. Величина m — отхода колеса (внутренней оси) от внутреннего рельса

Определённые по приведённым выше формулам отходы $m_{\text{наим}}$ и $m_{\text{наиб}}$ одного колеса радиально поставленной оси от соответствующей рельсовой нити приведены в табл. 10.

Таблица 10
Отход колеса от соответствующей рельсовой нити

Наименование осей	$m_{\text{наим}}$ в мм	$m_{\text{наиб}}$ в мм
Тендерные и вагонные со стальными колёсами . . .	61	86
Вагонные с чугунными колёсами	61	85
Локомотивные	62	84

Если ширина жолоба $M < m_{\text{наим}}$, ни одна ось не будет прижиматься гребнями наружных колёс к наружной рельсовой нити. При $M > m_{\text{наиб}}$ контррельс не будет работать. При условии $m_{\text{наим}} < M < m_{\text{наиб}}$ контррельс будет работать не от всех осей, а лишь от тех, для которых окажется $M < m$.

Таким образом, при выборе наибольшей допустимой ширины жолоба M_0 следует это значение принимать возможно более близким к значению $m_{\text{наим}}$.

Для удовлетворения второму требованию необходимо произвести расчёт на вписывание экипажа в кривую и определить необходимый размер уширения колеи в кривой по сравнению с прямой при условии заклиненного вписывания.

Если эта величина известна и, положим, равна e_3 мм, то наименьшая ширина жолоба

$$M > e_3 + \delta_{\text{наим}} + h_{\text{наиб}} + 4;$$

здесь $\delta_{\text{наим}}$ — наименьшая сумма зазоров между гребнями и рельсами при установке данного экипажа на прямой;

$h_{\text{наиб}}$ — наибольшая толщина гребня бандажа.

Все данные в этой формуле выражены в мм. Добавление в правой части неравенства 4 мм учитывает допуск в ширине насадки колёсных пар.

Вообще же полученную расчётную величину M в последующем корректируют по данным наблюдений за работой пути: при повторении случаев отбоя наружного рельса и его повышенного износа ширину жолоба M уменьшают, в случае же повышенного износа контррельса и его отбоев ширину жолоба M увеличивают.

При устройстве контррельсов у обеих рельсовых нитей должны быть выполнены следующие требования:

- 1) ширина желобов должна обеспечивать колёса от провала внутрь колеи;
- 2) ширина желобов должна быть достаточной для размещения в них соответствующих колёс экипажа;
- 3) ширина колеи должна быть достаточной для размещения всех осей экипажа в колес;
- 4) расстояние между контррельсами должно быть таким, чтобы все колёса экипажа могли разместиться в соответствующих желобах (как у внутреннего, так и наружного контррельсов).

В случае укладки контррельсов у обеих нитей наибольшая допустимая ширина жолоба $n_{\text{наиб}}$ устанавливается из условия обеспечения наименьшей необходимой ширины покрытия рельса бандажем x_0 (фиг. 6). Наименьшее значение x_0 и в этом случае равно 38 мм.

Приведённые в табл. 11 значения $n_{\text{наиб}}$ рассчитаны из условия, что упругое увеличение ширины жолоба под нагрузкой не превосходит 1—2 мм, а влияние угла набегания колёс на рельсовую нить может быть оценено величиной, не превосходящей 3—4 мм.

Таблица 11
Наибольшая допустимая ширина жолоба

Наименование колёс	$n_{\text{наиб}}$ в мм
Вагонные и тендерные:	
стальные	87
чугунные	97
Локомотивные	97

Для выполнения первого требования необходимо, чтобы ширина жолоба $N < n_{\text{наиб}}$. Так как по кривой могут проходить разные колёса, то N должно быть меньше или равно меньшему из максимумов. Обозначив этот меньший из максимумов через n_0 , имеем условие $N < n_0$.

Для нормальной колеи ($S_0 = 1524$ мм), таким образом, N должно быть меньше 87 мм. Второе требование определяется из возможного размещения колёс в жолобе между контррельсом и внутренним рельсом. Этот

случай размещения наиболее неблагоприятен для расчёта.

Вопрос о размещении колёс в жолобе между контррельсом и внутренним рельсом рассматривался уже для случая укладки контррельсов у внутренней нити.

Поэтому

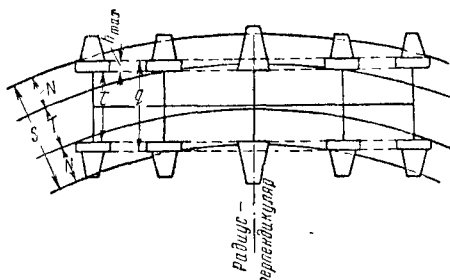
$$N > e_3 + \delta_{\text{наим}} + h_{\text{наиб}} + 4.$$

В этой формуле приняты прежние обозначения.

Для выполнения третьего требования необходимо, чтобы ширина колеи S удовлетворяла следующему условию (фиг. 11):

$$S \geq q_{\text{наиб}} + e_3 + \delta_{\text{наим}},$$

где $q_{\text{наиб}}$ — наибольшая допустимая ширина колёсной пары.



Фиг. 11. Вписывание экипажа в кривую, имеющую контррельсы у обеих нитей

Выполнение четвёртого требования определяется условием

$$T \leq t_{\text{наим}} - e_3 - \delta_{\text{наим}},$$

где T — расстояние между наружными границами головок контррельсов;

$t_{\text{наим}}$ — наименьшая ширина насадки колёсных пар.

Так как практически ширину желобов у внутренней и наружной нитей делают одинаковой, то $T = S - 2n$, и четвёртое требование сводится к условию

$$S \leq 2n_{\text{наим}} + t_{\text{наим}} - e_3 - \delta_{\text{наим}}.$$

Все вышеприведённые четыре требования могут выражаться следующими неравенствами:

$$\begin{aligned} e_3 + \delta_{\text{наим}} + h_{\text{наиб}} + 4 &\leq N \leq n_0; \\ q_{\text{наиб}} + e_3 + \delta_{\text{наим}} &\leq S \leq 2n_{\text{наим}} + \\ &+ t_{\text{наим}} - e_3 - \delta_{\text{наим}}. \end{aligned}$$

Эти неравенства дают возможность определять как нормы ширины колеи и желобов, так и допуски в их содержании.

Допуски в содержании желобов и колеи целесообразно давать одинаковыми. Профессор Г. М. Шахуняц рекомендует принимать допуски: на уширение 3 мм и на сужение 1 мм.

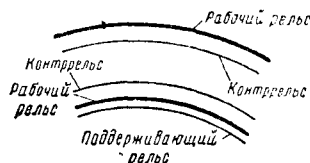
Если принять эти допуски, то ширина жолоба не должна превосходить величины

$$n_0 \leq 84^{+3}_{-1} \text{ мм.}$$

При этом оказывается, что наибольшая ширина колеи при укладке контррельса у обеих нитей, которая может быть допущена,

$$S_0 = 1555^{+3}_{-1} \text{ мм,}$$

если наибольшая величина $e_3 + \delta_{\text{наим}} = 45 \text{ мм}$.



Фиг. 12. Укладка поддерживающего рельса

Иногда расчёт показывает на недостаточность ширины покрытия головки рельса бандажем. Тогда снаружи колеи у рельсовой нити устанавливают поддерживающий рельс (фиг. 12), на который накатываются безребордные колёса по мере скатывания их с рабочего рельса.

Поддерживающий рельс устанавливается на несколько миллиметров выше рабочего рельса и с той же подуклонкой, что и рабочий рельс.

Фиг. 13. Улавливающая часть у контррельсов



В начале и конце укладки контррельсов (в их нерабочей части) они отводятся внутрь колеи от рабочих рельсов для направления колёс в жолоб (фиг. 13).

Поверхность катания контррельсов у наружной нити должна быть на несколько миллиметров ниже поверхности катания рабочего рельса, но при этом должен быть обеспечен достаточный упор гребней в контр-



Фиг. 14. Приспособления инж. Богоявленского

рельсы. Контррельсы у наружной нити ставятся вертикально или с такой же подуклонкой как и наружный рельс. Если расчёт на вписывание показывает возможность катания внутренних безребордных колёс по контррельсу (что имеет место для паровозов с крайними безребордными колёсами в жёсткой базе, например, серий К^У и С), то контррельс у внутренней нити устанавливается точно так же, как и у наружной нити.

Если же случай прохода таких экипажей по пути исключён, то в целях создания лучшего упора гребней в контррельсы у внутренней нити контррельсы устанавливают выше рабочего рельса на 1,5 — 2,5 см с подуклонкой, обратной подуклонке рабочих рельсов.

Если укладка контррельсов у обеих рельсовых нитей не обеспечивает пропуска экипажей по кривой вследствие недостаточности

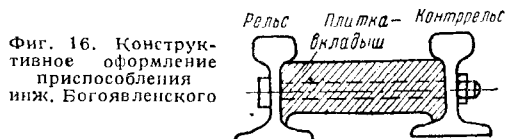
при этом наибольшей ширины колеи, то прибегают к укладке приспособлений инж. Богоявленского (фиг. 14), по которым колёса катятся своими гребнями.

Наибольшая ширина жолоба в этом случае определяется из условия, чтобы безребордные



Фиг. 15. Конструктивное оформление приспособления инж. Богоявленского

колёса не проваливались в жолоб. Так как наименьшая ширина безребордных колёс равна 150 мм, то, исходя из наименьшей установленной ширины покрытия, наибольшая величина жолоба определится величиной



Фиг. 16. Конструктивное оформление приспособления инж. Богоявленского

$n_0 = 107$ мм. Это соответствует наибольшей допустимой ширине колеи, при указанных выше приспособлениях равной 1575 мм.

Конструктивно эти приспособления оформляются, как показано на фиг. 15 и 16.

Возвышение наружного рельса

При движении экипажа по кривой появляется центробежная сила

$$J = \frac{Gv^2}{gR} \text{ (кг)},$$

где G — вес экипажа в кг;

v — скорость его поступательного движения в м/сек;

R — радиус кривой в м;

g — ускорение силы тяжести в м/сек².

Эта сила приводит к неодинаковому давлению колёс экипажа на наружную и внутреннюю рельсовые нити. На наружную нить колеи будет действовать усилие

$$E_H = \frac{G}{2} + \frac{Ja}{S_1},$$

а на внутреннюю

$$E_B = \frac{G}{2} - \frac{Ja}{S_1},$$

где a — расстояние от уровня головок рельсов до центра тяжести экипажа в м;

S_1 — расстояние между осями головок рельсов в м.

Так как $E_H > E_B$, то можно ожидать разной интенсивности износа по внутреннему и наружному рельсу в кривой.

Эта же центробежная сила приводит к повышению боковых давлений колёс на рельсы и к появлению неприятных для пассажиров воздействий, связанных со значительной ве-

личины непогашенных горизонтальных ускорений.

Для уменьшения всех перечисленных выше воздействий (на пассажиров и на путь), связанных с центробежной силой в кривых участках пути, устраивают возвышение наружного рельса. Величина этого возвышения должна быть оптимальной.

Чрезмерное возвышение наружного рельса точно так же может привести к нежелательным воздействиям на путь и пассажиров, как и отсутствие возвышения.

Возникновение центробежной силы в кривых и возвышение наружного рельса приводят к изменению условий устойчивости экипажей в кривых по сравнению с условиями устойчивости экипажей в прямых участках пути.

Поэтому норма возвышения наружного рельса устанавливается:

1) по соображениям создания условий одинакового износа наружного и внутреннего рельсов и уменьшения бокового давления на наружный рельс в кривой;

2) по соображениям ограждения пассажиров от неприятных ощущений;

3) из условия предотвращения опрокидывания экипажей в кривых.

Расчёт возвышения наружного рельса в кривых h при движении по пути однопутных экипажей с заданной постоянной скоростью их движения по условиям обеспечения одинакового износа обеих рельсовых нитей производят по формуле:

$$h = \frac{S_1 v^2}{gR} \text{ (м)}$$

при тех же обозначениях, что и выше.

Так как практически по пути движутся различные экипажи с различными скоростями, то расчёт возвышения наружного рельса по условию равенства износа обеих нитей может быть произведён по формуле:

$$h = \frac{S_1 \sum_{i=1}^n G_i v_i^2}{gR \sum_{i=1}^n G_i},$$

где G_i — вес i -того поезда брутто, следующего со скоростью v_i .

Для расчёта возвышения с учётом ветровой нагрузки предварительно определяют ветровую нагрузку, действующую на боковую поверхность каждого поезда W , устанавливают среднюю высоту над головками рельсов центра тяжести экипажей a и высоту приложения равнодействующей ветровой нагрузки на боковую поверхность экипажей b .

Формула для расчёта возвышения наружного рельса в кривых с учётом действия ветровой нагрузки имеет вид

$$h = \frac{S_1 \sum_{i=1}^n G_i v_i^2}{gR \sum_{i=1}^n G_i} \pm \frac{S_1 b \sum_{i=1}^n W}{a \sum_{i=1}^n G_i}.$$

Знак перед вторым членом этой формулы выбирают в зависимости от направления силы ветра. В случае совпадения направления ветра с направлением центробежной силы принимается знак плюс, при их несовпадении — минус.

Величина W определяется по формуле:

$$W = K v_g^2 \Omega \quad (\kappa z),$$

где v_g — скорость ветра в м/сек;
 Ω — площадь боковой поверхности экипажей в поезде в m^2 ;

K — коэффициент, зависящий от плотности воздуха и формы обдуваемой поверхности; для сплошных поверхностей $K = 0,085$ и для решётчатых $K = 0,078$.

Скорость ветра v_g в расчёте принимается по «розам ветров» в месте, где уложена рассчитываемая кривая. Эти сведения обычно получают у гидрометеорологической службы.

Расчёт высоты приложения ветровой нагрузки b производят из предположения, что равнодействующая силы ветра приложена в центре боковой поверхности экипажа.

Если все поезда составлены из однотипного подвижного состава, движущегося с одинаковыми скоростями по данной кривой, и ветровая нагрузка отсутствует (что имеет место, например, в метрополитене), то величина возвышения наружного рельса по условию равномерности износа обеих рельсовых нитей

$$h = 7,8 \frac{S_1 v_c^2}{R},$$

где h — возвышение в мм;

v_c — скорость движения поездов в км/час;

R — радиус кривой в м;

S_1 — расстояние между осями рельсовых нитей в м.

Расчётной характеристикой воздействия на проезжающих по кривым участкам пути пассажиров служит величина непогашенного горизонтального ускорения. На железных дорогах СССР величину непогашенного горизонтального ускорения принимают меньше 0,4 м/сек².

Наибольшее непогашенное ускорение, направленное наружу колеи,

$$\alpha_n = \frac{v_{наиб}^2}{R} - \frac{gh}{S_1} \quad (\text{м/сек}^2).$$

Наибольшее непогашенное ускорение, направленное внутрь колеи,

$$\alpha_s = \frac{gh}{S_1} - \frac{v_{наиб}^2}{R} \quad (\text{м/сек}^2),$$

где v — соответственно наибольшая и наименьшая скорости движения вагонов по кривой в м/сек;

R — радиус кривой в м;

h — возвышение наружного рельса в м;

g — ускорение силы тяжести в м/сек².

Возвышение наружного рельса, рассчитан-

ное из условия равенства износа обеих рельсовых нитей, проверяется по вышеприведённым формулам, определяющим величину непогашенного ускорения.

Для нормальной ширины колеи ($S_0 = 1524$ мм) это условие выражается в виде следующего неравенства:

$$12,5 \frac{v_{наиб}^2}{R} + 163 \alpha_s \geq h \text{ (мм)} \geq 12,5 \frac{v_{наиб}^2}{R} - 163 \alpha_n;$$

здесь v — в км/час, R — в м, α_s и α_n в м/сек².

Устойчивость экипажей по кривой проверяют с учётом центробежной силы и давления ветра. В этом расчёте также учитывают влияние на устойчивость экипажа рессорного подвешивания и возможность смещения колёсных пар экипажа к какой-либо нити кривой (в пределах зазоров).

Устойчивость экипажа в кривой проверяют по формуле

$$n = \frac{S_1 \left(1 + \frac{v^2}{gR} \sin \alpha \right)}{2 \left[\frac{v^2}{gR} a \pm w_0 \mu b \pm \xi \pm \Delta \psi \left(1 + \frac{v^2}{gR} \sin \alpha \right) - a \sin \alpha \right]},$$

где S_1 — ширина колеи в м;

v — скорость движения экипажа в м/сек;

R — радиус кривой в м;

α — угол наклона плоскости, касающейся головок рельсов, к горизонту $\left(\sin \alpha = \frac{h}{S_1} \right)$;

a — высота центра тяжести всего экипажа над головками рельсов в м;

b — высота приложения равнодействующей давления ветра на боковую поверхность всего экипажа над головками рельсов в м;

w_0 — сила ветра, приходящаяся на 1 м² наружной поверхности, в т;

μ , ξ и ψ — коэффициенты, определяемые по нижеприведённым формулам;

Δ — эксцентриситет между серединой колёсной пары и центром тяжести массы наддресорного строения, который образуется в результате работы рессорного подвешивания, в м.

$$\psi = \frac{G_1}{G},$$

где G_1 — вес поддресоренной части экипажа в т;

G — общий вес экипажа в т;

$$\mu = \frac{\Omega}{G} \left(\frac{m^2}{m} \right),$$

где Ω — площадь боковой поверхности экипажа, нормальная к направлению ветра, в м²;

$$\xi = \frac{\gamma_{наиб}}{2},$$

где $\delta_{\text{наиб}}$ — наибольший зазор между рельсовой колеей и колёсной парой в м.

Величина Δ определяется из геометрического рассмотрения перемещения центра тяжести экипажа по отношению к середине оси вагона (фиг. 17); она равна

$$\Delta = \Delta_0 + \beta d,$$

где Δ_0 — перемещение кузова параллельно продольной оси колёсной пары ($\Delta_0 \leq 0,05$ м) в м;

β — угол наклона кузова по отношению к оси колёсной пары под влиянием центробежной силы и ветровой нагрузки в радианах;

d — возвышение центра тяжести вагона над полом кузова в м.

Величину β можно найти из уравнения

$$\beta = \frac{\frac{v^2}{gR} - \sin \alpha \pm \frac{w_0 \mu}{\psi} \left(1 + \frac{b_1 - a_1}{d} \right)}{\frac{\theta}{2\psi Gd} - 1};$$

здесь b_1 — высота над головками рельсов точки приложения равнодействующей от ветровой нагрузки на боковую поверхность кузова в м;

a_1 — высота центра тяжести кузова над головками рельсов в м;

θ — упругая характеристика рессор экипажа в боковом направлении в т/м.

Для расчёта устойчивости экипажей, движущихся по колеям нормальной ширины, обычно принимают $\varepsilon \leq 3$ см, $\psi = 0,8 \div 0,9$, θ для пассажирских вагонов 650 т/м и для грузовых вагонов 850 т/м.

Отношения $\frac{\Omega}{G_0}$ приведены в табл. 12.

Здесь $G_0 = G$, весу тары экипажа.

Таблица 12
Величины отношений $\frac{\Omega}{G_0}$

Тип вагона	$\frac{\Omega}{G_0}$ в м ² /т
Грузовой двухосный подъёмной силой 16,5 т	2,72
Грузовой четырёхосный подъёмной силой 50 т	2,01
Пассажирский длиной 20,2 м четырёхосный, жёсткий, постройки 1928 г.	1,58
Пассажирский 25-м четырёхосный, постройки 1934 г.	1,65

Размеры a_1 , a , b_1 , b и d рассчитывают по альбомным чертежам экипажей. Величину ветровой нагрузки рассчитывают по формуле, приведённой на стр. 174. При этом в формулах для определения n и β знак плюс перед членами формулы, учитывающими ветровую нагрузку, ставится в случае совпадения направления центробежной силы и силы ветра, а знак минус — при несовпадении этих направ-

лений. Величина n при устойчивом равновесии больше 1, при предельном равновесии $n = 1$ и при опрокидывании $n < 1$.

Приведённый выше метод расчёта не учитывает влияния сцепных приборов на устойчивость экипажей в поезде: при растянутых сцепных приборах боковая устойчивость будет больше, а при сжатых — меньше.

В расчётах устойчивости надлежит учитывать расположение кривой, в частности, учитывать защищённость её от ветра (например расположение кривой в выемке).

При определении условий безопасного движения экипажей по кривым надлежит также рассматривать возможность остановки поезда на кривой при ветре, направленном к центру кривой (расчёт на возможность опрокидывания экипажей внутрь кривой).

На основе рассмотрения всех вышеприведённых соображений о выборе размера возвышения наружного рельса Правилами технической эксплуатации железных дорог СССР установлены нормы возвышения наружного рельса для ширококолейных железных дорог, Техническими условиями и нормами содержания пути узкой колеи — для дорог с шириной колеи 1000, 914, 900, 883 и 750 мм и Правилами технической эксплуатации Южно-Сахалинской железной дороги — для колеи 1067 мм.

Возвышение наружного рельса:

для колеи 1524 мм

$$h \text{ (мм)} = 8 \frac{v_{\text{наиб}}^2}{R};$$

для колеи 1067 мм

$$h \text{ (мм)} = 8,44 \frac{v_{\text{наиб}}^2}{R};$$

для колеи 1000 мм

$$h \text{ (мм)} = 6,6 \frac{v_{\text{наиб}}^2}{R};$$

для колеи 914, 900 и 883 мм

$$h \text{ (мм)} = 6,0 \frac{v_{\text{наиб}}^2}{R};$$

для колеи 750 мм

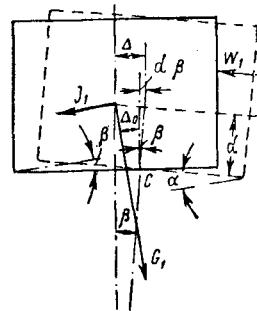
$$h \text{ (мм)} = 5,0 \frac{v_{\text{наиб}}^2}{R}.$$

Во всех этих формулах:

$v_{\text{наиб}}$ — наибольшая скорость экипажей в данной кривой в км/час;

R — радиус кривой в м.

Рассчитанные величины возвышения округляются до 5 мм, за исключением случая



Фиг. 17. Определение эксцентриситета между серединой колёсной пары и центром тяжести подрессоренной массы

Расчёта h при ширине колеи 1 067 мм, где округляют расчёт до 1,0 мм.

Все эти формулы получены из приведённой выше формулы

$$h = 7,8 \frac{S_1 v_c^2}{R},$$

если принять соответствующую расчёту ширину колеи, а v_c принять при колее 1 524 мм равной $0,8 v_{наиб.}$, при колее 1 067 мм и в остальных случаях $v_c = 0,9 v_{наиб.}$. В случае расчёта возвышения для дорог, имеющих отличную от указанных здесь размеров ширину колеи, рекомендуется принимать $v_c = 0,8 \div 0,9 v_{наиб.}$

Результаты расчётов по этим формулам приведены в табл. 13—16.

Наибольшее возвышение для колеи 1 524 мм установлено 125 мм, для колеи 1 067 мм—76 мм, для колеи 1 000 мм—40 мм и для колеи 914, 900, 883 и 750 мм—30 мм.

Для лучшего приспособления этих норм к местным условиям начальникам дорог дано право изменять установленные возвышения на 25% в ту или другую сторону.

Допуск в величине возвышения на дорогах с шириной колеи 1 524 мм установлен в 4 мм, а для узкоколейных железных дорог—3 мм.

На ширококолейных железных дорогах в кривых радиусом более 4 000 м возвышение не делается. На узкоколейных железных дорогах возвышение не производится в двух случаях: когда радиус кривой больше 2 000 м и когда скорость движения поездов в кривой менее 15 км/час. Возвышение наружного рельса, как правило, делают поднятием наружного конца шпалы на балласт. В виде исключения для создания необходимого возвышения наружного рельса производят частичное поднятие наружного рельса и опускание внутреннего. Такой приём уместен в том случае, когда поднятие наружного рельса может повести к нарушениям габарита приближения строений.

Таблица 13

Возвышения наружного рельса в кривых для колеи 750 и 1 067 мм

Радиус кривой в м	Возвышение наружного рельса в мм при различных скоростях движения в км/час									
	15	20	25	30	35	40	45	50	60	
	Ширина колеи 750 мм					Ширина колеи 1 067 мм				
40	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	10	20	—	—	—	—	—	—	—	—
150	5	15	20	—	—	—	—	—	—	—
200	5	10	15	20	—	33	67	—	—	—
250	5	10	15	20	25	30	54	—	—	—
300	5	5	10	15	20	25	45	70	—	—
340	—	5	10	15	20	22	40	62	—	—
400	—	5	10	10	15	19	34	53	76	—
500	—	5	5	10	10	15	27	42	60	—
600	—	5	5	10	10	13	22	35	50	—
700	—	—	5	5	10	11	19	30	43	—
800	—	—	5	5	10	9	17	26	38	—
900	—	—	5	5	5	8	15	23	34	—
1 000	—	—	—	5	5	8	13	21	30	—
1 200	—	—	—	—	5	6	11	18	25	—
1 400	—	—	—	—	—	5	10	15	22	—
1 600	—	—	—	—	—	5	5	8	13	19
1 800	—	—	—	—	—	5	4	7	12	17
2 000	—	—	—	—	—	4	4	7	11	15

Таблица 14
Возвышения наружного рельса в кривых для колеи 1 524 мм

Радиус кривой в м	Возвышение наружного рельса в мм при различных скоростях движения в км/час									
	30	40	50	60	75	90	100	110	120	
200	35	65	100	—	—	—	—	—	—	—
250	30	50	80	115	—	—	—	—	—	—
300	25	40	65	100	—	—	—	—	—	—
350	20	35	60	85	125	—	—	—	—	—
400	20	30	50	70	110	—	—	—	—	—
500	15	25	40	60	90	125	—	—	—	—
600	10	20	35	50	75	110	125	—	—	—
700	10	20	30	40	65	95	115	—	—	—
800	10	15	25	35	55	80	100	120	—	—
900	10	15	20	30	50	70	90	110	125	—
1 000	10	15	20	30	45	65	80	95	115	—
1 200	—	10	15	25	40	55	65	80	95	—
1 400	—	10	15	20	35	45	60	70	80	—
1 600	—	10	15	20	30	40	50	60	70	—
1 800	—	—	10	15	25	35	45	55	65	—
2 000	—	—	10	15	20	30	40	50	55	—
3 000	—	—	—	10	15	20	25	30	40	—
4 000	—	—	—	—	10	15	20	25	30	—

Таблица 15
Возвышения наружного рельса в кривых для колеи 914, 900 и 883 мм

Радиус кривой в м	Возвышение наружного рельса в мм при различных скоростях движения в км/час						
	15	20	25	30	35	40	45
50	30	—	—	—	—	—	—
60	25	—	—	—	—	—	—
80	20	—	—	—	—	—	—
100	15	25	—	—	—	—	—
150	10	15	25	—	—	—	—
200	5	10	20	25	—	—	—
250	5	10	15	20	30	—	—
300	5	10	10	20	25	30	—
400	5	5	10	15	20	25	30
500	—	5	10	10	15	20	25
600	—	5	5	10	10	15	20
700	—	5	5	10	10	15	15
800	—	5	5	5	10	10	15
900	—	—	5	5	10	10	15
1 000	—	—	5	5	5	10	10
1 200	—	—	—	5	5	10	10
1 500	—	—	—	—	5	5	10
1 800	—	—	—	—	—	5	5
2 000	—	—	—	—	—	5	5

Таблица 16
Возвышения наружного рельса в кривых для колеи 1 000 мм

Радиус кривой в м	Возвышение наружного рельса в мм при различных скоростях движения в км/час								
	15	20	25	30	35	40	45	50	
100	15	25	—	—	—	—	—	—	—
150	10	20	25	—	—	—	—	—	—
200	10	15	20	30	—	—	—	—	—
250	5	10	15	25	30	—	—	—	—
300	5	10	15	20	25	35	—	—	—
400	5	5	10	15	20	25	35	40	—
500	5	5	10	10	15	20	25	35	—
600	—	5	5	10	15	20	20	30	—
700	—	5	5	10	10	15	20	25	—
800	—	5	5	10	10	15	15	20	—
900	—	—	5	5	10	10	15	20	—
1 000	—	—	5	5	10	10	15	15	—
1 200	—	—	—	5	5	10	10	15	—
1 500	—	—	—	—	5	5	10	10	—
1 800	—	—	—	—	5	5	5	10	—
2 000	—	—	—	—	5	5	5	10	—

Отвод возвышения наружного рельса производится плавно на всём протяжении переходной кривой, а при её отсутствии на прямой — уклоном 0,001. В стеснённых условиях, с разрешения начальника службы пути дороги, можно делать отвод возвышения с уклоном 0,003.

Возвышение в начале круговой кривой должно быть полное. Эти нормы устройства отвода возвышения распространяются и на ширококолейные и на узкоколейные железные дороги.

При коротких прямых вставках между кривыми одинакового направления, при отсутствии переходных кривых, нормальные отводы возвышения делаются только в том случае, если на протяжении этой прямой укладывается длина двух отводов и, кроме того, между концами этих отводов остаётся прямой участок на ширококолейных железных дорогах длиной не менее 25 м, а на узкоколейных — не менее 20 м.

Если такого участка не получается, то возвышение делается на всём протяжении прямой вставки; при этом величина возвышения делается равной возвышению на кривых, если радиусы обеих кривых одинаковы. Если радиусы кривых различны, то возвышение, принятое в кривой большего радиуса, плавно увеличивается на всём протяжении прямой до возвышения кривой меньшего радиуса.

На коротких прямых вставках между обратными кривыми, при отсутствии переходных кривых, нормальные отводы возвышений устраивают только в том случае, если на протяжении данной прямой укладывается длина обоих отводов, и, кроме этого, между концами отводов остаётся прямой участок на ширококолейных железных дорогах длиной не менее 25 м и на узкоколейных — не менее 20 м.

В случае недостаточной длины прямой вставки между обратными кривыми необходимо сохранить участок без возвышения одного рельса над другим по уровню на ширококолейных железных дорогах длиной 25 м и на узкоколейных — 10 м, а уклон разгонки возвышения увеличить до 0,003.

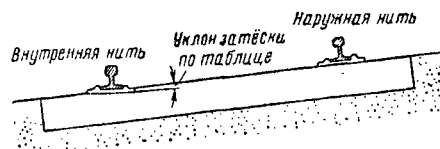
Если для соблюдения и этого условия длина прямой вставки между обратными кривыми недостаточна, то между концами отводов оставляется прямой участок без возвышения длиной 15 м. Отвод возвышения наружного рельса в последнем случае делается с уклоном до 0,003 так, чтобы в начале кривой возвышение достигло половины полного возвышения, а разгонка остальной части возвышения наружного рельса делается в пределах кривой тем же уклоном.

Для всех случаев, когда между кривыми (одного или разных направлений) прямая вставка недостаточна, решение вопроса о выборе отвода возвышения лично определяет начальник дистанции пути и утверждает начальник службы пути дороги.

Подуклонка рельсов в кривых

При возвышении наружного рельса в кривых подуклонка измеряется по отношению к наклонной поверхности шпал. Наружному рельсу придаётся нормальная подуклонка.

Внутреннему рельсу для увеличения сопротивляемости опрокидыванию наружу колеи придаётся большая подуклонка (фиг. 18). В связи с этим под внутренним рельсом производят затёску шпал соответственно табл. 17.



Фиг. 18. Подуклонка в кривых

Таблица 17
Уклон затёски шпал под внутренней нитью в кривых

Возвышение наружного рельса в мм		Наибольший уклон по-верхности шпал	Уклон затёски под внутренней нитью относительно поверхности шпал		Уклон подшвы внутреннего рельса относительно поверхности шпал
от	до		при плоских подкладках и без подкладок	при клинчатых подкладках	
0	80	1/36	1/20	0	1/20
85	125	1/12	1/12	1/30	1/12

Допуски в содержании подуклонки рельсов в кривых остаются те же, что и в прямых частях пути.

ПЕРЕХОДНЫЕ КРИВЫЕ

Переходные кривые устраиваются для обеспечения плавного перехода подвижного состава из прямой в круговую кривую или из круговой кривой одного радиуса в круговую кривую другого радиуса. При входе экипажей из прямой в круговую кривую или из круговой кривой одного радиуса в круговую кривую другого радиуса наблюдаются: мгновенное возрастание центробежной силы, вызывающее расстройство пути в начале и в конце кривых, расстройства подвижного состава и неблагоприятные воздействия на пассажиров.

Отводы возвышения наружного рельса и уширения пути, производимые в этом случае на прямой, примыкающей к круговой кривой, вызывают такие же последствия, как и резкое возрастание центробежной силы.

Техническими условиями и нормами содержания железнодорожного пути широкой и узкой колеи, введенными в действие приказом заместителя министра путей сообщения № 39/ЦЗ от 21/I 1950 г., устанавливается, что при ширине колеи 1524 мм кривые радиусом менее 2000 м должны сопрягаться с прилегающими к ним прямыми при помощи переходных кривых.

Технические условия по узкой колее устанавливают в качестве обязательного правила устройство переходных кривых между

прямыми и круговыми кривыми в следующих случаях:

- а) при колее 750 мм при радиусе круговых кривых менее 200 м;
- б) при колее 883, 900 и 914 мм при радиусе кривых менее 300 м;
- в) при колее 1 000 мм при радиусе кривых менее 500 м.

К переходным кривым предъявляются следующие основные требования:

1) горизонтальные и вертикальные силы, возникающие при движении экипажа из прямой в переходную кривую и из переходной кривой в прямую, не должны появляться внезапно, а должны изменяться непрерывно и плавно во избежание толчков подвижного состава;

2) в пределах переходной кривой должен быть осуществлён отвод возвышения наружного рельса и ширины колеи.



Фиг. 19. Координатное изображение переходной кривой

Для удовлетворения первого требования переходная кривая должна обладать следующими свойствами:

1) в начале переходной кривой (НПК) её ордината y , угол наклона φ , кривизна k и её первые и вторые производные по длине кривой $\frac{dk}{dl}$ и $\frac{d^2k}{dl^2}$ должны быть равны нулю.

Под углом наклона кривой здесь понимают угол, образованный касательной к кривой с положительным направлением оси абсцисс (фиг. 19);

2) в конце переходной кривой (КПК) её ордината y и угол φ должны быть равны ординате y_0 и углу φ_0 круговой кривой в той же точке (КПК). Кривизна переходной кривой k в этой точке должна быть равна кривизне круговой кривой, т. е. $k = \frac{1}{R}$, где R — радиус круговой кривой. Первые и вторые производные по длине кривой в точке КПК должны быть равны нулю ($\frac{dk}{dl} = \frac{d^2k}{dl^2} = 0$);

3) в интервале между НПК и КПК ордината y , угол φ , кривизна k и производные её $\frac{dk}{dl}$ и $\frac{d^2k}{dl^2}$ должны меняться непрерывно и монотонно.

Второе основное требование к переходной кривой связано с её размерами. Поэтому положения, вытекающие из этого основного требования, рассматриваются при выборе размерных характеристик кривой (стр. 185).

Обычно применяемые переходные кривые

При существующих скоростях движения поездов и принятой конструкции верхнего строения пути (со шпалами и балластом), имея в виду, что переходные кривые, удовлетворяющие всем вышеизложенным условиям, на значительном своём протяжении почти сливаются с прямой, обычно пренебрегают требованиями равенства $\frac{dk}{dl}$ и $\frac{d^2k}{dl^2}$ нулю в начале и конце переходной кривой.

Пренебрежение величинами $\frac{dk}{dl}$ и $\frac{d^2k}{dl^2}$ в начале и конце переходной кривой связано с применением прямолинейного отвода возвышения наружного рельса, который существенно проще, надёжнее и легче в выполнении и так же прост и удобен для периодической проверки. Этим самым допускают внезапное появление и исчезновение сил инерции в экипаже при его входе и выходе из переходной кривой.

Однако пренебрежение условиями, что $\frac{dk}{dl} = \frac{d^2k}{dl^2} = 0$ в НПК и КПК, компенсируют надлежащим выбором длины переходной кривой, чтобы указанные силовые воздействия были ограничены по величине.

При устройстве отвода возвышения наружного рельса по прямой с уклоном i для любой точки переходной кривой, удалённой на l от начала, справедливо равенство

$$l = \frac{h}{i}.$$

Как было показано (стр. 179), возвышение

$$h = \frac{S_1 v^2}{g \rho},$$

где S_1 — ширина колеи;
 v — скорость движения экипажа;
 g — ускорение силы тяжести;
 ρ — радиус кривизны в данном месте кривой.

Тогда

$$l = \frac{S_1 v^2}{\rho g i}.$$

Введя обозначение

$$C = \frac{S_1 v^2}{g i},$$

получим, что

$$l = \frac{C}{\rho} = Ck,$$

т. е. кривизна переходной кривой k изменяется пропорционально длине дуги l . Этому условию удовлетворяет только особая кривая, называемая радиоидальной спиралью (клотоидой). Из последней формулы видно, что при $l = l_0$ (l_0 — полная длина переходной кривой) радиус кривизны переходной кривой должен быть равен радиусу круговой кривой R , т. е.

$$C = R l_0.$$

Величину C называют параметром переходной кривой. Как видно из последней форму-

лы, параметр C имеет размерность площади и его обычно выражают в m^2 .

Уравнение радиоидальной спирали в системе прямоугольных координат (x, y) имеет вид

$$y = \frac{x^3}{6C} \left(1 + \frac{2}{35} \frac{x^4}{C^2} + \frac{293}{237\,000} \frac{x^8}{C^4} + \dots \right).$$

Это же уравнение в параметрической форме (за параметр принято расстояние от начала кривой до данной точки, измеренное по её дуге l) имеет вид

$$x = l \left(1 - \frac{l^4}{40 C^2} + \frac{l^8}{3\,456 C^4} - \dots \right);$$

$$y = \frac{l^3}{2C} \left(\frac{1}{3} - \frac{l^4}{168 C^2} + \frac{l^8}{21\,120 C^4} - \dots \right).$$

Часто можно ограничиться первым членом ряда уравнения в системе прямоугольных координат. В таком случае уравнение переходной кривой

$$y = \frac{x^3}{6C}$$

представляет собой кубическую параболу.

Замена радиоидальной спирали кубической параболой возможна тогда, когда практически достижимая точность разбивки или проверки кривых не превосходит разницы соответствующих ординат радиоидальной спирали и кубической параболы.

Исходя из вышеизложенного, при поставке и проверке переходных кривых стальной лентой, замена радиоидальной спирали кубической параболой допустима, если

$$R \geq 1,602 C^{1/2} \quad (R \text{ в } m, C \text{ в } m^2).$$

На основании этой формулы составлена табл. 18.

Таблица 18
Величины параметров в зависимости от радиуса

Переходные кривые разбиваются по радиоидальной спирали			
при C в m^2	если R в m равно или менее	при C в m^2	если R в m равно или менее
150 000	1 200	45 000	600
120 000	1 050	30 000	500
105 000	1 000	20 000	400
90 000	900	15 000	350
75 000	800	12 000	300
60 000	700	10 000	250

Известны также другие виды переходных кривых, предложенные проф. Б. Н. Веденисовым, проф. Г. М. Шахуняцем, проф. К. Н. Мищенко, проф. П. Г. Козийчук и др., однако они ещё не получили распространения на практике.

Переходные кривые на узкоколейных железных дорогах разбиваются по кубической параболе.

Выбор длины и параметра переходной кривой

Длину переходной кривой определяют, исходя из требований обеспечения безопасности движения экипажей, уменьшения воздействия экипажей на путь и предотвращения

неприятных воздействий на пассажиров с учётом возможности практической разбивки кривой на местности соответственно следующим требованиям.

1. Длина переходной кривой должна обеспечивать возможность устройства такого уклона отвода возвышения наружного рельса, при котором невозможно всползание гребней колёс на внутренний рельс. Это значит, что уклон i должен быть меньше отношения $\frac{k_{\text{наим}}}{L_{\text{наиб}}}$, где $k_{\text{наим}}$ — наименьшее значение среза гребня колеса, а $L_{\text{наиб}}$ — наибольшая возможная длина колёсной базы экипажа. Рекомендуется брать $i = 0,001$ и во всяком случае не более 0,003. При устройстве прямолинейного отвода возвышения это требование определяется как

$$l_0 \geq \frac{h}{i}.$$

2. Длина переходной кривой должна обеспечивать возможность устройства такого уклона отвода возвышения наружного рельса, при котором колёса поезда, движущиеся по наружной нити кривой с наибольшей установленной скоростью, имели бы скорость подъёма на возвышение, не превосходящую некоторой заданной величины. Исходя из этого требования, длина переходной кривой

$$l_0 \geq \frac{h_0 v_{\text{наиб}}}{f} \quad (m),$$

где h_0 — возвышение наружного рельса в круговой кривой в mm , $v_{\text{наиб}}$ — наибольшая скорость движения поезда в $km/час$, а f — наибольшая допустимая скорость подъёма колеса по наружному рельсу. Проф. Г. М. Шахуняц рекомендует принимать $f = 115$.

3. Длина переходной кривой должна обеспечивать скорость нарастания непогашенного центробежного ускорения экипажа, не превосходящую некоторой заданной величины при наибольшей скорости движения экипажа $v_{\text{наиб}}$. Это требование для железных дорог широкой колеи выражается формулой:

$$l_0 > 0,56 v_{\text{наиб}} \quad (m), \text{ где } v_{\text{наиб}} \text{ в } km/час.$$

4. Длина переходной кривой должна обеспечивать такой вход в неё экипажей, при котором удар о наружный рельс гребня первой оси, набегающей при входе в кривую, не превосходил бы некоторой допустимой величины. Это требование для железных дорог широкой колеи выражается формулой:

$$l_0 \geq 0,08 \frac{v_{\text{наиб}}^3}{R} \quad (m),$$

где R — радиус кривой в m и $v_{\text{наиб}}$ — скорость в $km/час$.

5. Длина переходной кривой должна быть такой, при которой на всём её протяжении (от начала до точки, где при входе экипажа в кривую колесо первой по ходу оси набегаёт на наружный рельс) величина центростремительного ускорения не превосходила бы некоторой заданной величины. Центростремительное ускорение на этой части переходной кривой появляется потому, что наружный рельс на ней уже имеет возвышение, а центробежная сила равна нулю, причём экипаж ещё дви-

жется по прямой. Указанное выше требование для ширококолейных железных дорог выражается формулой:

$$l_0 \geq 10 \sqrt{\frac{h^3 R}{1000^3}} (м);$$

здесь h — в мм и R в м.

Выполнением второго, третьего, четвертого и пятого требований преследуются цели уменьшения воздействия экипажей на путь и уменьшения неблагоприятных воздействий на пассажиров.

Последнее, шестое, требование исходит из возможности практической разбивки кривой на местности. Это требование выражается формулой:

$$l_0 \geq 0,7 \sqrt{R};$$

здесь l_0 и R в м.

Длину кривой предварительно определяют по заданной величине возвышения и допустимому размеру уклона отвода, т. е. по первому требованию. В последующем проверяют достаточность длины переходной кривой по формулам, выражающим другие требования. После этого определяют параметр переходной кривой по формуле:

$$C = R l_0.$$

Для линий, капитально переустраиваемых, где укладка переходных кривых не стеснена местными топографическими, геологическими и прочими условиями, параметры C должны применяться стандартными, приведенными в Технических условиях проектирования однопутных железных дорог с паровой тягой, 1946 г.

Величины стандартных параметров C и соответствующие им длины переходных кривых в виде таблицы приведены в ТСЖ, т. 3, раздел «Проектирование железных дорог», стр. 44. В этом случае после определения расчётом l_0 при данном радиусе круговой кривой R по таблице отыскивают ближайшее значение длины переходной кривой, большее l_0 , и по нему определяют C . При известных C , l_0 и R могут быть вычислены все элементы для разбивки переходной кривой на местности.

Разбивка переходных кривых

Выбор способа разбивки переходных кривых зависит от условий, при которых производится разбивка. Если разбивают переходную кривую при постройке железной дороги или при её переустройстве в условиях возможности некоторых сдвижек положения круговой кривой в плане (существующее земляное полотно позволяет производить сдвижки), то применяют способ разбивки со сдвижкой центра круговой кривой или способ со сдвижкой центра и уменьшением радиуса круговой кривой.

Если же существующее земляное полотно или другие препятствия не позволяют произвести сдвижки круговой кривой, то применяют или способ разбивки, предложенный Н. В. Харламовым, или способ разбивки составной переходной кривой, или же способ разбивки с изломом прилегающей к кривой

прямой. Целесообразность применения того или иного из этих способов решается на основе экономических соображений.

В случае, если переходные кривые устраиваются на кривых, соединённых между собой короткой прямой вставкой, то способ разбивки зависит от взаимного направления этих кривых и возможности сдвижки прямой вставки или какой-либо из кривых.

Методы проверки круговых кривых на эксплуатируемых железных дорогах. Работе по разбивке переходных кривых должна предшествовать тщательная выверка круговых кривых, в которую входит определение фактических радиусов кривой и определение положения тангенсных столбиков. При этом могут быть следующие методы проверки.

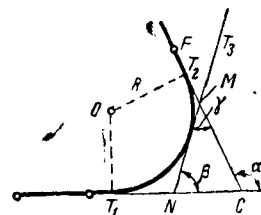
1. Проверка радиуса кривой и положения тангенсного столбика по биссектрисе производится в том случае, если в вершине угла поворота возможна установка угломерного инструмента.

Проведши прямые, примыкающие к кривой, определяют вершину угла поворота. Затем установив в вершине угла поворота теодолит, определяют угол поворота α и промеряют биссектрису b . Имея величины α и b и используя формулу

$$b = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right),$$

определяют радиус кривой R . По данному радиусу R и углу поворота α определяют начало и конец круговой кривой.

2. Если в вершине угла поворота нельзя установить угломерный инструмент, то круговую кривую разбивают на две части следующим образом. На продолжении одной из примыкающих к кривой прямых в точке N устанавливают теодолит (фиг. 20), затем направляют трубу



Фиг. 20. Проверка круговых кривых при невозможности установки угломерного инструмента в вершине угла поворота

теодолита так, чтобы визирная ось касалась наружного рельса кривой. Положение этой визирной прямой NT_2 закрепляют тремя весами и находят точку пересечения прямой NT_2 с продолжением прямой FC (точку M). Замерив в точках M и N углы поворота β и γ , определяют общий угол поворота $\alpha = \beta + \gamma$. Непосредственным промером определяется длина MN и затем определяется величина радиуса R по формуле:

$$R = \frac{MN}{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} + \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}}.$$

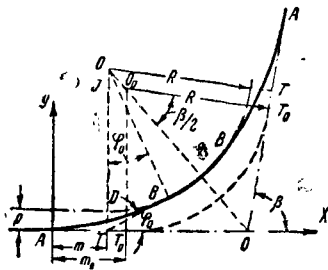
Положение тангенсных столбиков определяется расстояниями MT_2 и NT_1 .

3. Определение радиуса кривой по способу промера стрел от хорд. Радиус закругления сбитой круговой

кривой может быть выяснен измерениями стрел от хорд. Способ определения радиуса кривой см. в «Наставлении по расчёту и выправке железнодорожных кривых». ЦП МПС. 1949 г.

После выверки радиуса круговой кривой и определения точек расположения тангенсных столбиков переходят непосредственно к разбивке переходной кривой.

Способ сдвижки центра круговой кривой. Разбивка переходной кривой способом сдвижки центра круговой кривой заключается в следующем. От тангенсного столбика T_0 откладывают в сторону прямой отрезок m_0 (фиг. 21). Конец этого отрезка будет началом переходной кривой (точка А). Затем по координатам строят ось переходной кривой. За ось x принимают направление прямого пути, а за ось y направление, ему перпендикулярное. Для разбивки переходных кривых



Фиг. 21.
Разбивка
переходной
кривой со
сдвижкой
центра
переходной
кривой

имеются специальные таблицы¹. После разбивки переходной кривой AB переходят к разбивке круговой кривой BB .

Разбивка круговых кривых производится по таблицам, в которых указываются координаты $x_{таб}$ и $y_{таб}$, отсчитываемые от осей координат, проходящих через начало круговой кривой (точка D).

Для разбивки круговой кривой нужно знать величины сдвижки m круговой кривой по оси x и p по оси y .

Тогда координаты круговой кривой

$$\begin{aligned} x &= x_{таб} + m, \\ y &= y_{таб} + p. \end{aligned}$$

При переходной кривой, разбиваемой по радиоидальной спирали, эти сдвижки будут следующими. Сдвигка по оси x

$$m = \frac{l_0}{2} \left(1 - \frac{l_0^2}{120 R^2} + \frac{l_0^4}{17280 R^4} - \dots \right).$$

Во многих случаях можно положить

$$m \approx \frac{l_0}{2}.$$

В этих формулах l_0 — длина переходной кривой, а R — радиус круговой кривой.

Сдвигка по оси y

$$p = y_0 + 2R \sin^2 \frac{\varphi_0}{2},$$

где y_0 — ордината конца переходной кривой; φ_0 — угол наклона конца переходной кривой в точке B.

Угол φ_0 можно найти из равенства

$$\varphi_0 = \frac{l_0^2}{2C},$$

где C — параметр переходной кривой.

Величина p может быть также определена по формуле:

$$p = \frac{l_0^2}{24R} \left(1 - \frac{l_0^2}{112R^2} + \frac{l_0^4}{21120R^4} - \dots \right).$$

Практически использование двух членов этого ряда бывает вполне достаточным, а в большинстве случаев можно принимать

$$p \approx \frac{l_0^2}{24R}.$$

Необходимая для определения начала переходной кривой величина m_0 определяется по формуле:

$$m_0 = x_0 - R \sin \varphi_0 + p \operatorname{tg} \frac{\beta}{2};$$

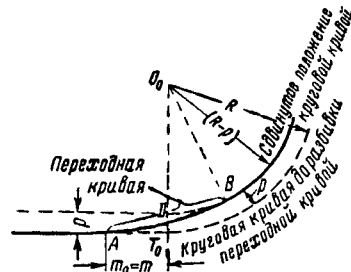
здесь x_0 — абсцисса конца переходной кривой (точки B), а

β — угол поворота круговой кривой.

Во всех случаях разбивки необходимо следить, чтобы выполнялось неравенство $2\varphi_0 < \beta$, т. е. чтобы сумма углов поворота, образуемых двумя переходными кривыми, была меньше общего угла поворота линии.

Укладка переходных кривых увеличивает общую протяжённость кривой по сравнению с длиной круговой кривой на величину домера Δ . Величина домера определяется по формуле:

$$\Delta = 2(m_0 + R\varphi_0 - l_0).$$



Фиг. 22. Разбивка переходной кривой со сдвижкой круговой кривой и уменьшением её радиуса

Способ сдвижки круговой кривой с уменьшением её радиуса. Вместо сдвижки центра круговой кривой часто оставляют центр круговой кривой на месте и уменьшают радиус на величину p (фиг. 22). В этом случае точки T и T_0 сливаются. Разбивка по этому способу производится по тем же формулам, которые применяются при разбивке переходной кривой со сдвижкой центра круговой кривой, но величину радиуса в этом случае принимают равной $R - p$. Так, например

$$l_0 = \frac{C}{R - p}.$$

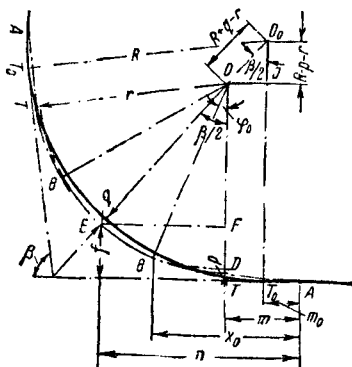
Величина домера в этом случае

$$\Delta = 2(m + R\varphi_0 - l_0) + p(\beta - 2\varphi_0).$$

¹ См., например, проф. Н. В. Фёдоров. Полевые таблицы для разбивки круговых и переходных кривых. М., Трансжелдориздат, 1945.

Способ Н. В. Харламова. В эксплуатационных условиях способы, изложенные выше, иногда бывают невозможны вследствие необходимости при этом уширять основную площадку земляного полотна. Для сведения сдвижек круговой кривой к минимуму может быть применён способ, предложенный Н. В. Харламовым. Этот способ даёт также возможность по желанию сдвигать круговую кривую целиком наружу или внутрь.

Способ этот состоит в выборе такого радиуса круговой кривой r , при котором сдвигка середины круговой кривой q будет наименьшей или равна некоторой заданной величине



Фиг. 23. Разбивка по способу Н. В. Харламова

(фиг. 23). При этом центр круговой кривой сдвигается по биссектрисе угла поворота.

Величина сдвижки

$$q = \frac{R - r - p}{\cos \frac{\beta}{2}} - (R - r),$$

где R — радиус кривой до её переустройства;
 r — радиус круговой кривой после её переустройства;
 p — сдвигка круговой кривой по оси ординат;
 β — угол поворота круговой кривой.

Остальные, необходимые для разбивки величины определяются по формулам:

$$l_0 = \frac{C}{r},$$

$$m = x_0 - r \sin \varphi_0,$$

$$\varphi_0 = \frac{l_0}{2r},$$

$$p = y_0 - 2r \sin^2 \frac{\varphi_0}{2},$$

$$m_0 = m - (R - r - p) \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}.$$

Расчёт производят в следующем порядке. Задаются величинами радиусов r_1, r_2, r_3, \dots , отличающимися от R на несколько процентов, и определяют соответствующие им значения p_1, p_2, p_3, \dots и q_1, q_2, q_3, \dots . Затем по полученным величинам q выбирают такой радиус кривой, который, удовлетворяя всем прочим

условиям, даёт наилучшее расположение кривой на земляном полотне или наименьшие сдвигки. В этом случае домер

$$\Delta = 2(m_0 + r\varphi_0 - l_0) + (R - r)\beta.$$

Координаты середины круговой кривой E :

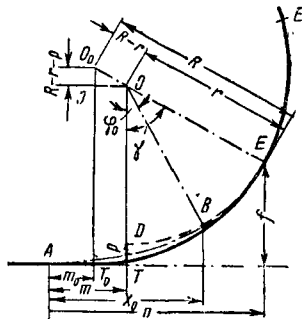
$$\text{абсцисса } n = r \sin \frac{\beta}{2} + m,$$

$$\text{ордината } f = 2r \sin^2 \frac{\beta}{4} + p.$$

Способ составной переходной кривой. Этот способ применяется при необходимости сохранить положение круговой кривой в её средней части. Он состоит в том, что между переходной кривой и основной круговой кривой радиуса R вставляется круговая кривая меньшего радиуса r (фиг. 24). В этом случае средняя часть круговой кривой EE не сдвигается. Кривая, состоящая из переходной кривой и круговой кривой радиуса r , называется составной переходной кривой.

Составная переходная кривая имеет тот существенный недостаток, что в точке перехода с круговой кривой радиуса r в кривую радиуса R подвижной состав испытывает внезапное изменение центробежной силы.

При существующих скоростях движения с этим недостатком мирятся, ограничивая разницу между r и R в 4—8%.



Фиг. 24. Разбивка составной переходной кривой

Разбивку ведут так же, как и во всех ранее описанных способах.

При расчёте составной переходной кривой пользуются следующими формулами:

$$\varphi_0 = \frac{l_0}{2R},$$

$$m = x_0 - r \sin \varphi_0,$$

$$p = \frac{l_0^2}{24R} \left(1 - \frac{l_0^2}{112r^2} + \frac{l_0^4}{21120r^4} - \dots \right),$$

$$\gamma = 2 \arcsin \sqrt{\frac{p}{2(R-r)}},$$

$$m_0 = m - (R - r) \sin \gamma,$$

$$n = r \sin \gamma + m = R \sin \gamma + m_0,$$

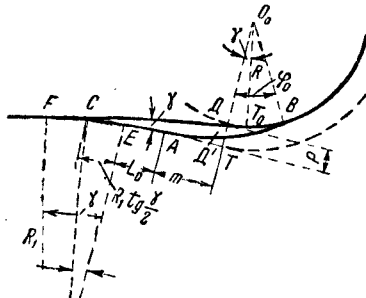
$$f = 2r \sin^2 \frac{\gamma}{2} + p = 2R \sin^2 \frac{\gamma}{2}.$$

Домер

$$\Delta = 2[m_0 + R\gamma - l_0 - r(\gamma - \varphi_0)],$$

где γ — угол наклона конца составной переходной кривой в радианах;
 n и f — абсцисса и ордината конца составной переходной кривой (фиг. 24).

Способ с изломом прилегающей к кривой прямой. Этот способ разбивки применяется в случае, когда необходимо разбить переходную кривую, совершенно не трогая круговой кривой. При этом способе примыкающая к круговой кривой прямая поворачивается так, что в месте расположения тангенсного столбика она отходит от круговой кривой на величину сдвижки p (фиг. 25). При этом образуется дополнительный угол поворота линии γ .



Фиг. 25. Разбивка переходной кривой с изломом прилегающей к ней прямой

Введение дополнительного угла поворота линии ухудшает условия движения поездов, и поэтому способ разбивки переходной кривой с изломом прилегающей к ней прямой хотя и допустим, но повсеместно рекомендован быть не может. Применять его следует лишь при доказанной необходимости и экономической целесообразности.

Разбивка по этому способу производится следующим образом. От существующего тангенсного столбика T_0 откладывается по прямой отрезок T_0C . Затем от точки C отбивается угол γ и откладывается прямая CA . Точка A будет началом переходной кривой AB , которая разбивается так же, как это было описано при других способах разбивки. Осью абсцисс для разбивки переходной кривой принимается направление CT .

Поворот прямой в точке C на угол γ осуществляется кривой такого радиуса, при котором не пришлось бы делать переходных кривых, т. е. для магистральных линий не менее 3000 м, а для линий местного значения не менее 1500 м.

При этом между круговой кривой и началом переходной кривой должна быть прямая вставка длиной не менее L_0 (отрезок EA). Длина прямой вставки L_0 должна быть не менее 75 м и в виде исключения может снижаться до 30 м.

Таким образом, для разбивки необходимо иметь величины: угол γ и отрезки T_0C и CA . Известными величинами в расчёте являются: радиус круговой кривой R , длина переходной кривой l_0 и радиус кривой в месте перелома прямой R_1 .

По величинам R и l_0 определяют описанными выше способами величины p и m . Угол γ определяют по формуле:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{p - R (\sec \gamma - 1)}{L_0 + m + R_1 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}}.$$

Длину отрезка T_0C — по формуле:

$$T_0C = R \operatorname{tg} \gamma + \frac{R_1 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} + m + L_0}{\cos \frac{\gamma}{2}}.$$

Длину отрезка CA — по формуле:

$$CA = R_1 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} + L_0.$$

Описанным выше способом можно разбить переходные кривые с одинаковым параметром C с обоих концов круговой кривой радиуса R , если

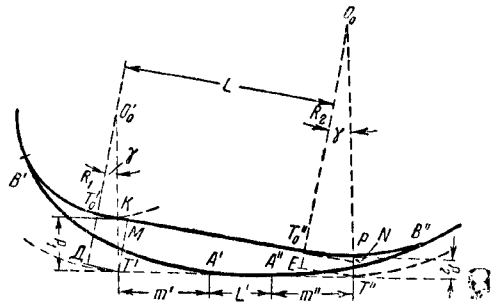
$$2(\varphi_0 - \gamma) \leq \beta,$$

где φ_0 — полный угол переходной кривой;
 β — угол поворота линии, вызвавший устройство кривой радиуса R .

Разбивка переходных кривых у двух круговых кривых при короткой прямой вставке между ними. Если необходимо разбить переходные кривые у двух близко расположенных круговых кривых, т. е. при короткой прямой вставке между ними, то чаще всего целесообразно произвести разбивку при помощи сдвижки прямой вставки.

Случай, когда круговые кривые направлены в одну сторону (фиг. 26). Сопряжение кривых после укладки переходных кривых производится переходной кривой $B'A'$, прямой вставкой $A'A''$ и переходной кривой $A''B''$.

В расчёте известны: радиусы круговых кривых R_1 и R_2 и длина прямой вставки между ними L .



Фиг. 26. Разбивка переходных кривых у двух направленных в одну сторону круговых кривых при короткой прямой вставке

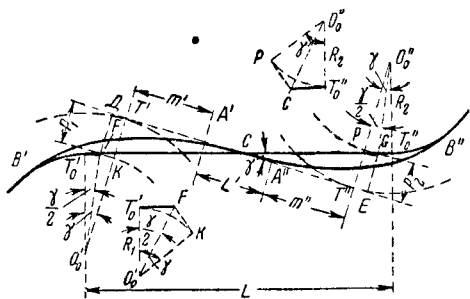
Разбивка переходных кривых производится следующим образом. На прямой $T_0'T_0''$ от тангенсных столбиков T_0' и T_0'' откладываются отрезки $T_0'M$ и $T_0''N$. Из полученных точек M и N восстанавливаются перпендикуляры к направлению $T_0'T_0''$. На этих перпендикулярах откладываются отрезки MT' и NT'' . Через точки T' и T'' провешивается прямая, которая будет являться осью абсцисс для переходных кривых и будет совпадать с направлением прямой вставки после переустройства

кривых. На прямой $T'T''$ откладываются отрезки m' и m'' . Заметим, что разбивке переходных кривых должно предшествовать определение величин сдвигки круговых кривых по отношению к прямой $T'T''$, т. е. величин p_1 и m' для кривой радиуса R_1 и величин p_2 и m'' для кривой радиуса R_2 . Подсчёты величин p_1, m', p_2 и m'' производят по тем же формулам, как и при разбивке переходных кривых способом сдвигки центра круговой кривой (стр. 187).

Таким образом, для разбивки необходимо определить величины отрезков T'_0M, T''_0N, MT', NT'' , а также угол поворота прямой $T'T''$ по отношению к прямой $T'_0T''_0$, т. е. угол γ .

Эти величины определяют по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} &= \frac{L}{p_1 - p_2} + \\ &+ \sqrt{\frac{L^2}{(p_1 - p_2)^2} + 2 \frac{R_2 - R_1}{p_1 - p_2} - 1}, \\ T'_0M &= (R_1 + p_1) \sin \gamma, \\ T''_0N &= (R_2 + p_2) \sin \gamma, \\ MT' &= (R_1 + p_1) \cos \gamma - R_1, \\ NT'' &= (R_2 + p_2) \cos \gamma - R_2. \end{aligned}$$



Фиг. 27. Разбивка переходных кривых у двух направленных в разные стороны круговых кривых при короткой прямой вставке

Величина L' отрезка $A'A''$ прямой вставки между переходными кривыми определяется по формуле:

$$L' = \frac{p_1 - p_2}{\operatorname{tg} \gamma} + (R_2 - R_1) \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} - m' - m''.$$

Разбивка переходных кривых по этому способу возможна, если $L' \geq 100$ м, и в виде исключения возможна, если $L' \geq 50$ м.

Случай, когда круговые кривые направлены в разные стороны (фиг. 27). Как видно из фиг. 27, разбивка заключается в следующем. От тангенсного столбика T'_0 по прямой $T'_0T''_0$ откладывается отрезок T'_0C . Из точки C под углом γ к прямой $T'_0T''_0$ проводится прямая, на которой откладываются отрезки CA' и CA'' . Точки A' и A'' будут точками начала переходных кривых, а направление $A'A''$ осью абсцисс.

Разбивка переходных кривых производится так же, как было описано выше (см. стр. 186).

Для производства разбивки необходимо знать величины T'_0C, T''_0C, CA', CA'' и угол γ .

Они определяются по формулам:

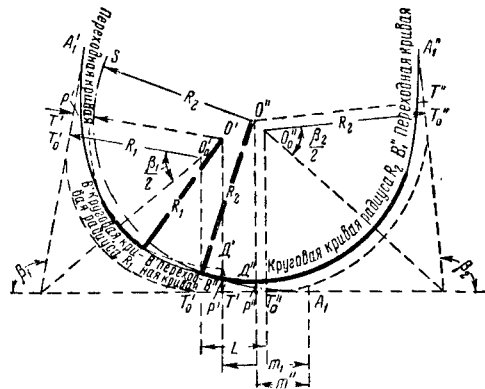
$$\begin{aligned} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} &= \frac{L}{p_1 + p_2} + \\ &+ \sqrt{\frac{L^2}{(p_1 + p_2)^2} - 2 \frac{R_2 + R_1}{p_1 + p_2} - 1}, \\ T'_0C &= R_1 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} + \frac{p_1}{\sin \gamma}, \\ T''_0C &= R_2 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} + \frac{p_2}{\sin \gamma}, \\ CA' &= \frac{p_1}{\operatorname{tg} \gamma} - R_1 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} - m', \\ CA'' &= \frac{p_2}{\operatorname{tg} \gamma} - R_2 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} - m''. \end{aligned}$$

Длина L' прямой вставки $A'A''$ определяется по формуле:

$$L' = \frac{p_1 + p_2}{\operatorname{tg} \gamma} - (R_1 + R_2) \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} - m' - m''.$$

Для возможности разбивки по этому способу необходимо, чтобы L' было больше 75 м. В порядке исключения L' может доходить до 30 м. В особых случаях, как, например, при устройстве второго пути при радиусе круговых кривых более 2000 м, прямая вставка между концами переходных кривых, направленных в разные стороны, может не делаться, т. е. $L' = 0$.

Разбивка переходной кривой между круговыми кривыми, направленными в одну сторону. Разбивка переходной кривой между односторонне направленными круговыми кривыми разных радиусов возможна методом сдвигки обеих круговых кривых (фиг. 28).



Фиг. 28. Разбивка переходной кривой между двумя направленными в одну сторону круговыми кривыми разных радиусов

Этот метод состоит в следующем. Пусть известны: радиус одной кривой R_1 , радиус второй кривой R_2 и длина прямой вставки между ними L . Предположим, что $R_2 > R_1$.

При разбивке переходной кривой $B'B''$ круговые кривые сдвигаются: первая, радиуса R_1 , на величину p_1 и вторая, радиуса R_2 , на величину p_2 .

Так как круговые кривые в примыкании имеют общую переходную кривую и так как каждая круговая кривая должна иметь одинаковые сдвиги на своих концах, то, следовательно, переходные кривые на концах A'_1 и B'_1 между кривыми $B'B''$ должны иметь один и тот же параметр C .

Величина такого параметра C определяется по приближенной формуле:

$$C \approx \frac{2L}{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}}.$$

По параметру C и радиусам R_1 и R_2 , используя формулы способа расчёта переходных кривых со сдвижкой центра круговой кривой, определяют сдвиги первой круговой кривой m_1 и p_1 и сдвиги второй круговой кривой m_2 и p_2 .

Откладывая по прямой $T'_0 T''_0$ от T'_0 отрезок m_1 , определяют точку A_1 , являющуюся началом переходной кривой, сопрягающей круговые кривые. Направление $T'_0 T''_0$ будет служить осью абсцисс при разбивке сопрягающей кривой. В дальнейшем переходную кривую и круговую кривую радиусом R_1 строят обычным способом по координатам, считая точку A_1 началом координат. Затем, имея величину сдвиги p'' против точки T''_0 , строят круговую кривую в сторону T'_0 до смыкания её с сопрягающей переходной кривой $B'B''$ в сторону B' . Построение переходных кривых по концам каждой из круговых кривых производится способом, описанным на стр. 187.

УСТРОЙСТВО КРИВЫХ ДВУХПУТНЫХ ЛИНИЙ И ОБХОДНЫХ ПУТЕЙ

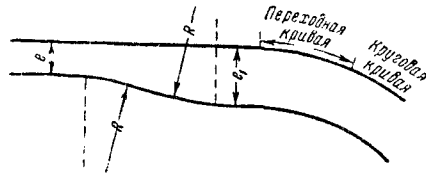
Особенности устройства кривых на двухпутных линиях

Одна из особенностей устройства кривых на двухпутных линиях состоит в том, что по условиям габарита расстояние между осями двух путей должно быть увеличено на некоторую величину a .

Для создания уширения применяют два способа. Первый из них заключается в создании уширения в пределах прямой части пути (так называемый способ Байкало-Амурской магистрали, фиг. 29). Второй способ заключается в увеличении расстояния между осями путей в кривой на величину a в пределах переходных кривых за счёт изменения на некотором протяжении кривой радиуса кривизны внутреннего и наружного путей.

При создании уширения по способу Байкало-Амурской магистрали (БАМ), как и обычно в случае разбивки примыкающих друг к другу обратных кривых, основным является требование о наименьшей длине прямой вставки между обратными кривыми.

Это требование состоит в том, что прямая вставка между обратными переходными кривыми должна быть не менее 75 м и в виде исключения может доходить до 30 м. В трудных условиях плана линии, а также при применении радиусов круговых кривых более 2 000 м прямая вставка между концами переходных кривых может не делаться. В остальном способы разбивки круговых кривых и примыкающих к ним переходных кривых, при создании необходимого уширения между осями путей в кривой по способу БАМ, не отличаются от способов, описанных на стр. 190.



Фиг. 29. Способ раздвижки путей БАМ

Недостаток способа БАМ состоит в том, что на одном из путей двухпутного участка дополнительно возникают четыре угла поворота (по два на каждой стороне кривой).

При втором способе (фиг. 30) выбирают такие параметры переходных кривых для наружного и внутреннего путей двухпутного участка, которые обеспечивают необходимое увеличение расстояния между осями путей на кривой.

Для обеспечения необходимого увеличения расстояния между осями двух concentric circular curves with radii R_n and R_v on the magnitude a is necessary, so that

$$p_v = p_n + a,$$

где p_v и p_n — сдвиги соответственно круговых кривых внутреннего и наружного путей при разбивке к ним переходных кривых.



Фиг. 30. Способ раздвижки путей переходными кривыми

Если известны или заданы радиус наружного пути R_n и длина переходной кривой наружного пути l_n , то параметр этой переходной кривой

$$C_n = R_n l_n.$$

Длина переходной кривой внутреннего пути

$$l_v = \sqrt{l_n^2 \frac{R_v}{R_n} + 24 R_v a},$$

а параметр переходной кривой по внутреннему пути

$$C_v = R_v l_v.$$

При этом следует иметь в виду, что

$$R_0 = R - \frac{e}{2} - a,$$

$$R_{\kappa} = R + \frac{e}{2},$$

где R — радиус оси земляного полотна;
 e — величина междупутья в прямой.

Имея величины C_0 , R_0 , l_0 , C_{κ} , R_{κ} , l_{κ} , рассчитывают все необходимые элементы для разбивки соответствующих переходных кривых.

В заключение расчёта должна быть произведена проверка правильности его выполнения с использованием равенства

$$a = p_0 - p_{\kappa}.$$

При отсутствии переходных кривых (например, на некоторых станционных путях) уширение расстояния между осями двух путей может быть достигнуто сдвижкой внутреннего пути к центру кривой, или сдвижкой наружного пути наружу кривой, или, наконец, сдвижками наружного пути наружу, а внутреннего пути — внутрь кривой. Сдвижки при этом осуществляются изменением радиуса кривизны на некотором протяжении криволинейного пути.

При способе сдвижки внутреннего пути к центру кривой (фиг. 31) необходимое уширение между осями путей осуществляется передвижкой тангенсного столбика T_0 в положение T и укладкой внутреннего пути левее точки A не радиусом R_0 , а радиусом, большим в m раз, т. е. радиусом mR_0 . Таким образом, дуга TA очерчена радиусом mR_0 и примыкает в точке A к дуге, имеющей радиус R_0 . Точка O является центром кривой оси наружного пути и кривой AE внутреннего пути.

Положение точек T и A , необходимых для производства разбивки сдвижки внутреннего пути, при известном положении тангенсного столбика T_0 этого пути до его сдвижки, вполне определяется величинами k , q и z (фиг. 31):

$$k = \sqrt{2(m-1)R_0a - a^2},$$

$$z = \frac{ma}{m-1},$$

$$q = R_0 \sin \psi.$$

Угол ψ определяется формулой:

$$\cos \psi = 1 - \frac{a}{(m-1)R_0}.$$

При этом

$$R_0' = R - \frac{e}{2} - a,$$

где R — радиус кривой оси земляного полотна;

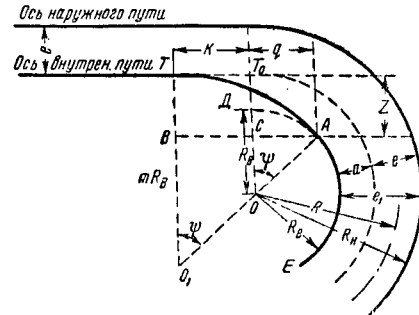
e — расстояние между осями путей в кривой;

a — величина уширения междупутья в кривой.

Для получения наименьшей длины переходного участка TA необходимо, чтобы

$$m = 1,5 + \sqrt{0,25 - \frac{a}{R_0}},$$

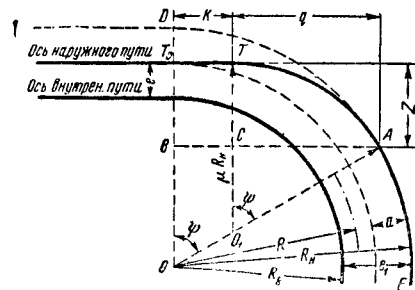
т. е. $m \approx 2$. При этом $q = k = \sqrt{2R_0a - a^2}$ и $z = 2a$.



Фиг. 31. Способ раздвижки путей введением на внутреннем пути кривой большего радиуса

Сдвигка наружного пути от центра кривой с изменением радиуса его кривизны на некотором протяжении состоит в следующем. Тангенсный столбик T_0 перемещается в точку T (фиг. 32), а путь левее точки A укладывается уже не радиусом R_0 , а радиусом μR_0 , где $\mu < 1$. Таким образом, дуга TA , очерченная радиусом μR_0 , примыкает в точке A к дуге, имеющей радиус R_0 .

Дуга TA и дуга AE имеют в точке A общую касательную. Поэтому центр O_1 дуги TA лежит на радиусе OA .



Фиг. 32. Способ раздвижки путей введением на наружном пути кривой меньшего радиуса

Положение точек T и A , необходимых для производства разбивки сдвижки наружного пути, при известном положении тангенсного столбика T_0 этого пути до его сдвижки, вполне определяется величинами k , q и z (фиг. 32):

$$k = \sqrt{2(1-\mu)R_0a - a^2},$$

$$q = \frac{\mu k}{1-\mu},$$

$$z = \frac{\mu a}{1-\mu};$$

здесь a — необходимое уширение, а R_0 — радиус наружной кривой, который при равных

расстояниях от оси каждого пути до бровки земляного полотна равен

$$R_n = R + \frac{e}{2} + a.$$

В последнем равенстве R — радиус криволинейной оси земляного полотна, e — ширина междупутья на прямой.

При сдвиге наружной кривой необходимо, чтобы $\mu \geq 0,90$.

Третий способ частичной сдвиги наружного пути наружу и внутреннего пути внутрь кривой представляет собой комбинацию двух первых способов. При этом задаются сдвижкой наружу a_1 и сдвижкой внутрь a_2 так, чтобы $a_1 + a_2 = a$, где a — необходимая величина уширения в кривой. В остальном расчёт и разбивка кривых производятся методами, изложенными выше.

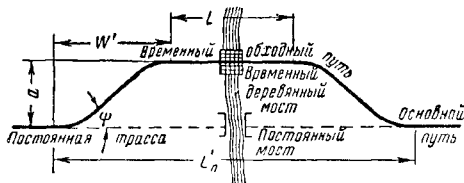
Очевидно, что из трёх последних разобранных способов следует избегать последних двух, так как при этих способах приходится идти на уменьшение радиуса наружной кривой.

При разбивке кривых приведёнными выше способами необходимо производить (в соответствии с габаритом) проверку достаточности расстояния между осями двух путей на переходном участке.

Устройство обходных путей

Обходные пути укладываются в обход какого-либо препятствия или в обход основной трассы (обход промежуточных пассажирских платформ, обход на временное искусственное сооружение, обход при укладке шлаковой подушки, обходы при восстановительных работах после аварии или разрушения какого-либо узла или сооружения).

Обходы могут быть постоянные и временные. К постоянным обходам предъявляются те же требования, что и к остальным участкам постоянной трассы. При устройстве временных обходов допускают применение круговых кривых радиусом до 200 м и не всегда укладывают переходные кривые. Но обычно к временным обходам, укладываемым на длительный промежуток времени, предъявляются те же требования, что и к остальным участкам постоянной трассы.



Фиг. 33. Обход, параллельный основному прямолинейному пути

Укладка обходных станционных путей производится в соответствии с правилами проектирования станций.

Обходы могут быть на прямых и кривых участках пути. В случае укладки обходов на прямой основная часть обхода может

быть параллельна или не параллельна основному пути (фиг. 33 и 35). Полная длина обходного пути L_n складывается из полезной длины L и двух сопряжений с основной трассой W' , называемых переходами (фиг. 33).

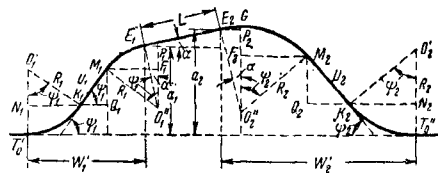
Укладка основной части прямолинейного обхода не имеет каких-либо специфических особенностей. Основным вопросом при укладке прямолинейных обходов является устройство переходов.

При укладке прямолинейных обходов сопряжения выполняются при помощи двух обратных круговых кривых. К укладке этих кривых предъявляются обычные требования по укладке переходных кривых и обеспечению наименьшей длины переходной вставки (стр. 190).

Рассмотрим укладку перехода на прямолинейный обход, параллельный основному пути (фиг. 34). При укладке такого перехода обычно заданы: горизонтальная проекция перехода W' , вертикальная проекция перехода a и минимальная длина прямой вставки u . Необходимо определить угол ψ наклона прямой вставки к основному пути и радиусы кривых R , которые в большинстве случаев выбираются равными друг другу. Необходимые для укладки величины ψ и R определяются решением следующих уравнений:

$$2R \sin \psi + u \cos \psi = W',$$

$$2R (1 - \cos \psi) + u \sin \psi = a.$$



Фиг. 35. Обход косой по отношению к основному прямому пути

Разбивка перехода при прямолинейном основном пути и косом расположении прямолинейной части обходного пути (фиг. 35) производится следующим образом. Обычно являются заданными a_1 и a_2 — расстояния от концов E_1 и E_2 прямолинейной части обходного пути $T_0'K_1M_1E_1E_2M_2K_2T_0''$ до основного пути $T_0'T_0''$, измеренные по перпендикулярам к основному пути. Задана обычно и длина отрезка E_1E_2 , равная L .

Выбираются R_1 , R_2 и длины прямых вставок u_1 и u_2 и отыскиваются α — угол наклона отрезка E_1E_2 , углы наклона ψ_1 и ψ_2 прямолинейных частей переходов к основному пути и величины проекций переходов W_1' и W_2' на основной путь.

Определение неизвестных величин α , ψ_1 , ψ_2 , W'_1 и W'_2 производится при помощи уравнений:

$$\alpha = \arcsin \frac{a_2 - a_1}{L};$$

$$W'_1 = R_1 (2 \sin \psi_1 - \sin \alpha) + u_1 \cos \psi_1,$$

$$W'_2 = R_2 (2 \sin \psi_2 + \sin \alpha) + u_2 \cos \psi_2;$$

$$a_1 = R_1 (1 + \cos \alpha - 2 \cos \psi_1) + u_1 \sin \psi_1,$$

$$a_2 = R_2 (1 + \cos \alpha - 2 \cos \psi_2) + u_2 \sin \psi_2.$$

Последние два уравнения просто решаются относительно углов ψ_1 и ψ_2 , если их синусы и косинусы выразить через тангенсы половинных углов.

Устройство обходов на кривых участках пути, по существу, сводится к перетрассировке линии, при которой должны учитываться все правила устройства временных или постоянных линий с кривыми участками пути. Необходимые элементы для разбивки криволинейного обходного пути в различных случаях находятся аналогичным путём из простых геометрических и тригонометрических соотношений¹.

СОПРЯЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Сопряжение элементов продольного профиля в вертикальной плоскости производится при помощи круговых кривых достаточно большого радиуса. Эти кривые называются сопрягающими кривыми.

Отсутствие сопрягающей кривой в месте перелома продольного профиля или малый её радиус приводят к появлению заметных дополнительных сил инерции в экипаже. Последние же могут повлечь за собой или усиление расстройств пути в месте перелома продольного профиля или вызвать в этом же месте неустойчивые или малоустойчивые формы движения колёс экипажей.

Для железных дорог с колеёй 1 524 мм требуется, чтобы в местах перелома продольного профиля устраивались сопрягающие кривые радиусом 10 000 м.

Элементы продольного профиля узкоколейного пути должны сопрягаться вертикальными кривыми следующих радиусов:

Для колеи в мм	Радиус кривой в м
1 000 и 1 067	5 000
883, 900 и 914	3 000
750	2 000

Кривизна сопрягающей кривой во всех случаях измеряется по верхней грани головки рельса.

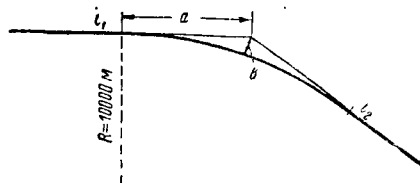
Для разбивки в пути сопрягающей кривой необходимо знать расстояние a от точки перелома профиля (вершины угла) до точек

начала и конца кривой и повышение b (или понижение) колеи в месте перелома от вершины угла (фиг. 36)

$$a = R \frac{i_2 \pm i_1}{2},$$

$$b \approx \frac{a^2}{2R},$$

где i_2 и i_1 — сопрягаемые уклоны;
 R — радиус сопрягающей кривой.



Фиг. 36. Сопрягающая кривая

Сумма уклонов берётся тогда, когда уклоны направлены в разные стороны, а разность уклонов, — когда они направлены в одну сторону.

После определения начала и конца сопрягающей кривой её разбивка ведётся по координатам обычным способом.

Практически разбивка сопрягающей кривой делается следующим образом. Визированием обоих элементов профиля (например при помощи визирок) устанавливается точка пересечения элементов профиля, т. е. точка угла перелома профиля. В этой точке забивается колышек, верх которого соответствует точке пересечения элементов профиля, и от него в обе стороны откладываются до начала и конца сопрягающей кривой отрезки a , подсчитанные по приведённой выше формуле.

От верха колышка откладываются величины b понижения или повышения пути и затем по этой точке и точкам начала и конца сопрягающей кривой устанавливается сопрягающая кривая обычно на-глаз.

Для большей точности разбивки сопрягающей кривой от начала и конца её через каждые 5 м устанавливают колышки в уровне головки рельса без учёта понижения или повышения и рядом забивают колышки с учётом изменения уровня головки рельса за счёт устройства сопрягающей кривой. Понижение или повышение уровня головки рельса на каждом колышке

$$y = 500 \frac{x^2}{R},$$

где y — повышение или понижение уровня головки рельса y данного колышка в мм;

x — расстояние от начала кривой до данного колышка в м;

R — радиус сопрягающей кривой в м.

По установленным таким образом колышкам при помощи рейки с уровнем устанавливается отметка головки рельса.

Для облегчения проверки и ликвидации отклонений в правильности сопряга-

¹ Некоторые приёмы перетрассировки линии при устройстве обходов на криволинейных участках пути изложены в книге «Устройство пути и способы его лечения», т. II, Трансжелдориздат, 1937 г.

ющих кривых устанавливаются специальные реперы, по которым путевые бригады содержат путь.

При проектировании новых линий или реконструкции существующих не допускается

совпадения сопрягающей кривой в продольном профиле с переходной кривой в плане, так как такое совпадение осложняет уход и содержание пути на этом участке, особенно в отношении наружного рельса колеи.

ПЕРЕЕЗДЫ И УПОРЫ

ПЕРЕЕЗДЫ

В местах пересечения железнодорожных линий с авто-гужевыми для обеспечения бесперебойного и безопасного движения по пересекающимся линиям устраивают переезды.

Пересечение железных дорог с авто-гужевыми устраивается обычно в одном уровне. При этом ширина переезда в уровне рельсов должна быть не менее 4,5 м и не менее ширины проезжей части дороги.

Угол пересечения авто-гужевой дороги с железнодорожной линией на переездах, как правило, должен быть 90° , но допускается и острый угол, но не менее 45° .

Подходы к переезду должны иметь наименьшие уклоны и во всяком случае не круче $50^\circ/00$, а в городах и на шоссе — не круче $30^\circ/00$.

Место устройства переезда устанавливается начальником дороги. Переезд через путь в неустановленных местах запрещается.

Переезды в зависимости от густоты движения поездов и экипажей, а также условий видимости делятся на охраняемые и не охраняемые. Порядок охраны переездов устанавливается начальником дороги (§ 54 ПТЭ).

Переезды должны охраняться, если:

1) интенсивность работы их превышает 10 000 поезд-экипажей в сутки при хорошей видимости, т. е., если в 50 м от наружного рельса поезд виден с экипажа с обеих сторон на расстоянии не менее 250 м, а середина переезда видна машинисту на расстоянии тормозного пути;

2) видимость переезда не удовлетворяет этому условию, а интенсивность движения составляет свыше 1 000 поезд-экипажей в сутки.

Охраняемые переезды должны иметь шлагбаумы преимущественно централизованного управления и освещаться в темное время и во время туманов, больших снегопадов и метелей (§ 55 ПТЭ).

В зависимости от значения и интенсивности работы установлено четыре категории переездов:

а) переезды I категории — на пересечении железных дорог с автострадами;

б) переезды II категории — на пересечении с железными дорогами магистральных шоссе, городских улиц, троллейбусных и автобусных дорог;

в) переезды III категории — на пересечении с железными дорогами шоссе или действующих авто-гужевых дорог;

г) переезды IV категории — на пересечении с железными дорогами полевых и малодействующих авто-гужевых дорог.

Переезды I и II категорий, как правило, должны быть охраняемыми.

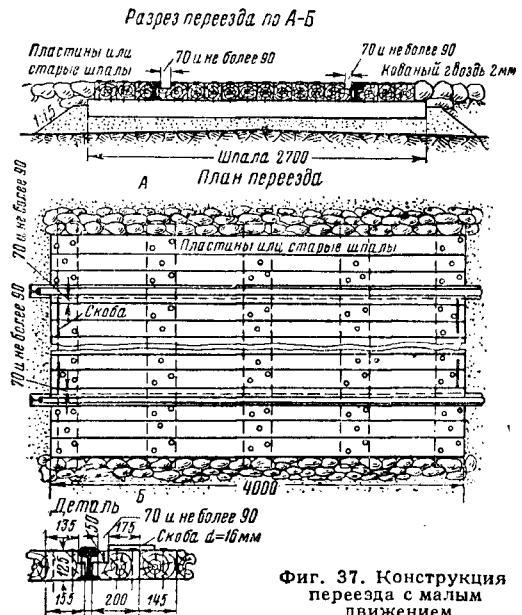
Переезды должны иметь настил и подъезды к ним, огражденные столбиками или перилами (§ 57 ПТЭ).

Столбики и перила, ограждающие входы и спуски к переездам, должны быть окрашены и хорошо видимы зимой и летом.

Между головками путевого рельса и контррельса должен быть жолоб шириной 70—90 мм на прямых участках пути и 100 мм на кривых. Контррельсы должны быть отогнуты к середине пути на длину не менее 300 мм с каждого конца.

Настил обычно делается в одном уровне с головкой рельса, но на электрифицированных участках и участках, оборудованных автоблокировкой, он должен быть выше головки рельса не менее чем на 25 мм для того, чтобы проходящие через переезд тракторы или другие экипажи не могли дать замыкания рельсовых нитей.

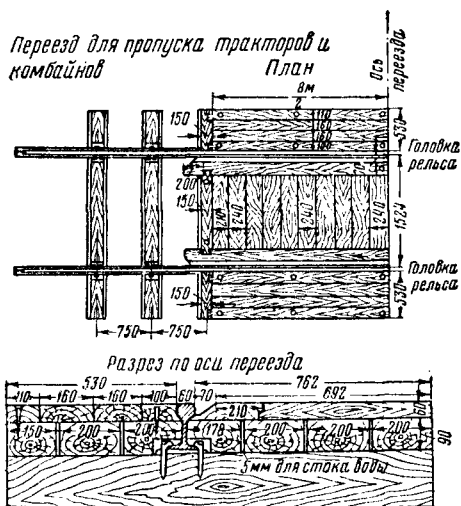
Переезды должны быть ограждены сигналами. При большом движении переезды оборудуются автоматической сигнализацией (§ 56 ПТЭ).



Фиг. 37. Конструкция переезда с малым движением

При подходе к переезду с обеих его сторон устанавливаются столбы с надписью «Берегись поезда» (фиг. 72, 73). На электрифицированных железнодорожных линиях около этих столбов устанавливаются габаритные ворота, ширина которых должна быть не менее ширины переезда, а высота не более 4,5 м.

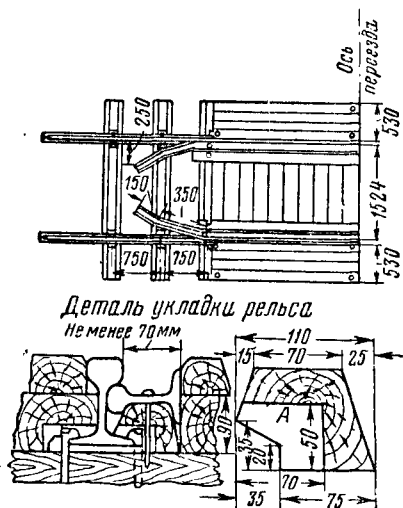
При большом движении переезды оборудуются световыми или звуковыми устройствами или запирающимися механизированными шлагбаумами (барьерами).



Фиг. 38. Конструкция настила на переезде

Конструкция переезда с малым движением показана на фиг. 37. Эта конструкция должна удовлетворять следующим техническим условиям:

1) внутреннее заполнение — старые шпалы, пластины или мощение;



Фиг. 39. Конструкция настила на переезде

2) с внутренней стороны рельса укладывается фасонный брус высотой 125 мм и шириной 120 мм;

3) брус и пластины пришиваются к шпалам коваными гвоздями;

4) по концам, внутри колеи, около рельсов, брус связывается с пластинами скобами;

5) ширина переезда при одиночном пути 4,0 м;

6) ширина переезда при двойном пути 8,25 м;

7) стандарт применяется только на малодействительных и неохраняемых переездах.

Настил на переездах для пропуска тракторов и комбайнов должен иметь более прочное устройство. Его конструкция показана на фиг. 38 и 39. Он осуществляется следующим образом:

1) доски кладутся поперёк оси пути;

2) вдоль рельсов устраивается обвязка, закрепляющая концы досок;

3) нижний слой настила состоит из пропитанных пластин, а верхний из сосновых или лучше дубовых досок;

4) кроме обвязки укладываются контррельсы из старых рельсов, уложенных плашмя, а концы их длиной 50 см отгибаются внутрь колеи на 25 см.

Вне настила полотно переезда покрывается такой же одеждой, как и на дороге, или производится мощение.

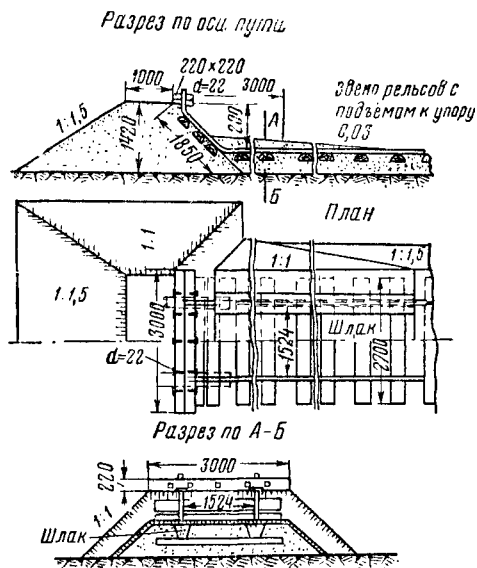
На очень действенных переездах с автомобильным движением при высоких скоростях покрытие переезда должно устраиваться по особым проектам.

Стыки рельсов и рельсовые рубки на переездах не допускаются.

• УПОРЫ

Упоры могут быть:

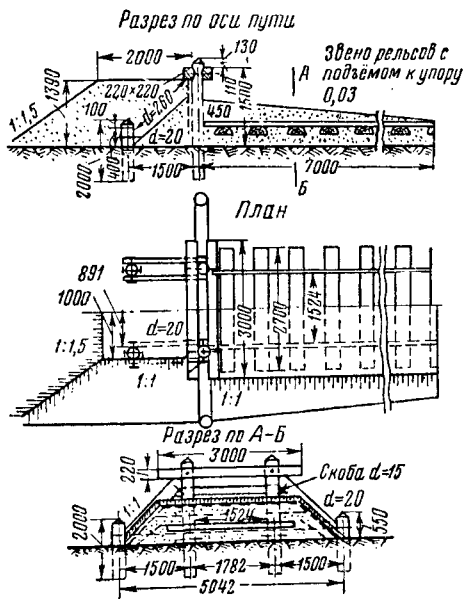
1) рассчитанные на восприятие полностью живой силы подвижного состава, жёсткие;



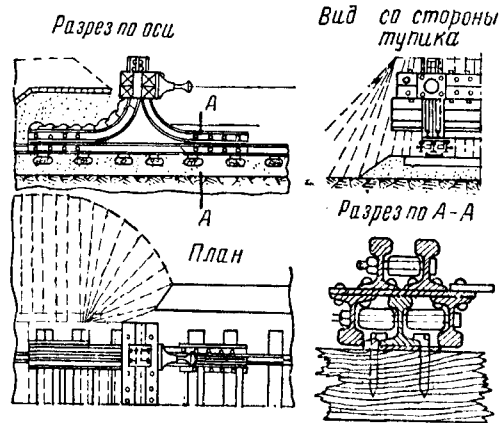
Фиг. 40. Земляной упор

2) рассчитанные на восприятие отдельных, довольно сильных ударов подвижного состава, причём такие упоры устраиваются неподвижными и скользящими;

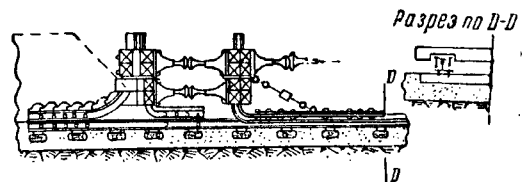
3) съёмные упоры в виде различного рода подкладок под вагоны.



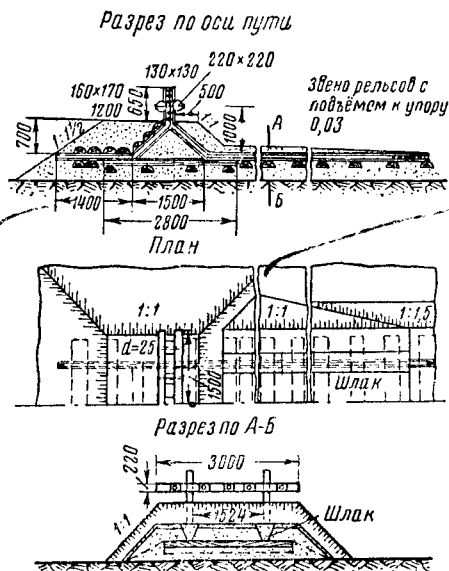
Фиг. 41. Деревянный упор



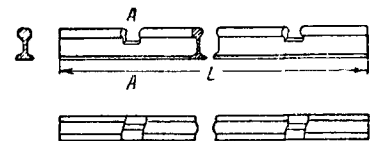
Фиг. 43. Скользящий рельсовый упор



Фиг. 44. Двойной скользящий рельсовый упор

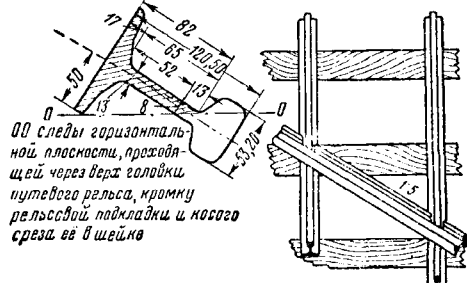


Фиг. 42. Рельсовый упор



Положение подкладки на путевом рельсе

Положение подкладки на пути



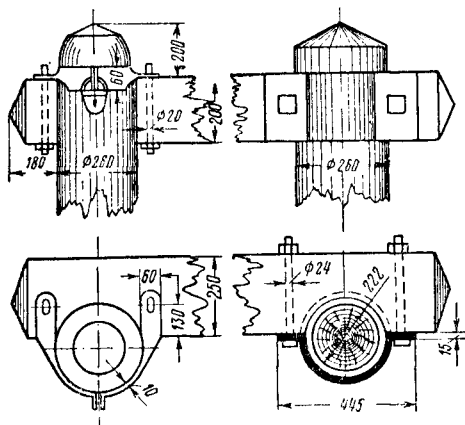
Фиг. 45. Переносная рельсовая подкладка

На фиг. 40 показан земляной упор; конструкция деревянного упора приведена на фиг. 41; на фиг. 42 показана конструкция рельсового упора. Все эти упоры неподвижные.

На фиг. 43 показан скользящий рельсовый упор съёмной конструкции системы инж. Ныrkова.

На пассажирских тупиках при скользящем упоре рекомендуется впереди ставить дополнительный буферный упор для смягчения удара. Такой двойной упор показан на фиг. 44.

Переносная рельсовая подкладка показана на фиг. 45. Вес такой подкладки 66 кг.

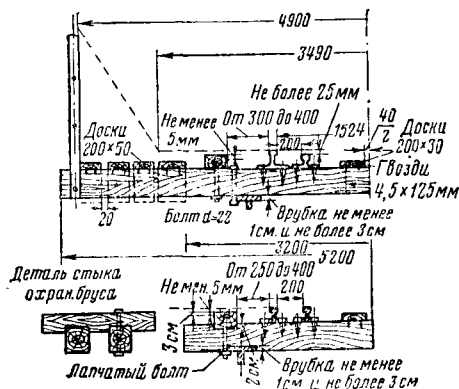


Фиг. 46. Детали поворотного бруса

Подкладки являются переносным устройством, но вместе с этим употребляются стационарные поворотные запорные брусья. Детали поворотного бруса показаны на фиг. 46.

ПУТЬ НА МОСТАХ

Путь на железнодорожных мостах может быть двух типов: а) на балласте, б) на поперечинах (мостовых брусьях).

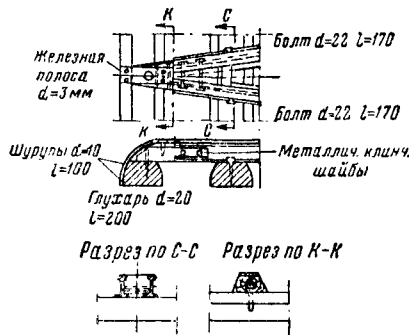


Фиг. 47. Поперечный разрез пути на мосту

Конструкция пути на балласте ничем принципиально не отличается от обычного пути на перегонах, за исключением дополнительной укладки контррельсов.

При поперечинах путь имеет устройство показанное на фиг. 47.

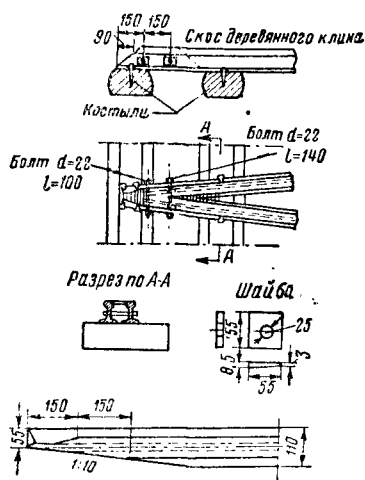
Возвышение наружного рельса в кривых достигается: а) установкой пролётного строения с наклоном; б) применением клиновидных брусьев; в) приболчиванием под брусья клиновидных деревянных подкладок толщиной не менее 4 см; г) при пути на балласте — соответствующей подбивкой.



Фиг. 48. Металлический башмак

В профиле путь должен быть плавным, без переломов и впадин. Стрела подъёма рельсов в каждом пролёте не должна превышать $1/1000$ пролёта. Применение на мостах карточек не допускается. Выравнивание продольного профиля рельсовой нити должно осуществляться прирубкой мостовых брусьев.

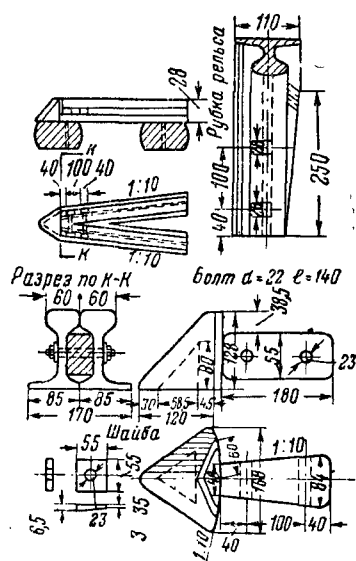
Ось пути должна совпадать с осью пролётных строений.



Фиг. 49. Деревянный башмак

Стыки рельсов на мостах при поперечинах перекрываются накладками без фартуков на сближенных до 27 см брусьях. При балласте стыки укладываются так же, как и на перегонах.

Рельсовые стыки на мостах должны располагаться не ближе 2 м от концов ферм или прогонов, шкафной стенки или закладного щита, а также (в арочных мостах) от температурных швов и от замка свода.



Фиг. 50. Острия контррельсов со скошенными концами

На мостах с расстоянием между шкафными стенками устоев или закладными шитами меньше 8 м (при длине рельсового звена 12,5 м) путь должен быть уложен без стыков. Это не относится к сварным стыкам.

Передача угона пути с подходов на мост не допускается.

Контррельсы укладываются на мостах в следующих случаях:

- а) при длине (между шкафными стенками устоев или закладными шитами) более 5 м;
- б) на кривых радиусом менее 1 000 м;
- в) при трудных условиях подхода (затяжные крутые уклоны с двух сторон или кривая $R = 500$ м).

Контррельс прикрепляется к каждой поперечине двумя костылями.

Стыки контррельсов перекрываются накладками с 4 болтами; у мест расположения уравнильных приборов стыки остаются неперекрытыми.

Контррельсы должны быть расположены на протяжении всей длины устоев моста, сводиться «челноком» не ближе 2 м за задней гранью устоев и заканчиваться металлическим (фиг. 48), деревянным (фиг. 49) башмаком или в виде скоса концов контррельсов (фиг. 50).

ПУТЕВЫЕ ЗНАКИ

КЛАССИФИКАЦИЯ ПУТЕВЫХ ЗНАКОВ

В соответствии с ПТЭ (§ 18, 56, 60, 63) на железных дорогах Союза ССР применяют следующие путевые знаки.

1. Знаки—указатели плана и профиля пути.
2. Знаки предупредительные для машинистов.
3. Указатели границ железных дорог.
4. Предупредительные переездные знаки для авто-гужевого движения: «Берегись поезда».
5. Временные указатели для снегоочистителей.

ПЕРЕЧЕНЬ ПУТЕВЫХ ЗНАКОВ

Километровый знак (фиг. 51) устанавливают для последовательного счёта километров от начального пункта железной дороги по магистралям.

Таблица километрового знака (фиг. 52) указывает последовательный счёт километров, прикрепляется к километровому знаку.

Марки реконструированного или отремонтированного километра (фиг. 53) ставят на обоих километровых столбах, ограничивающих реконструированный или отремонтированный километр, с боковой стороны столба, обращённой к километру.

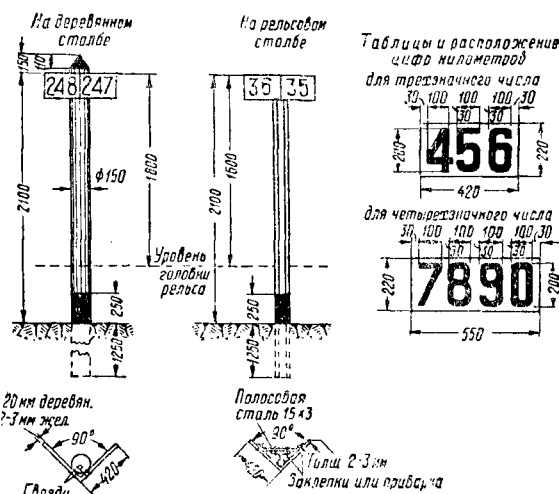
Верхняя строка марки указывает отремонтированный путь I или II. Вторая строка указывает сокращённо род произведенных работ. Третья строка показывает год производства работ.

Надписи — чёрным по белому фону.

На двухпутных участках ставится одна марка на высоте 1 130 мм, если отремонтиро-

ван I путь, и на высоте 1 000 мм, если отремонтирован II путь.

Если отремонтированы оба пути, ставятся две марки.

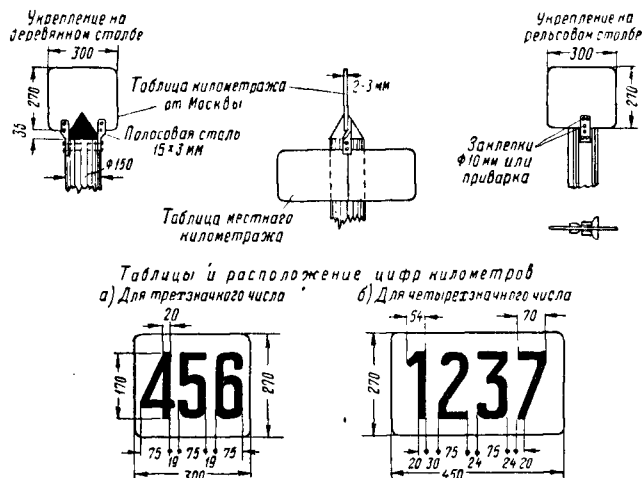


Фиг. 51. Километровый знак

На однопутных участках путь не указывается и марка имеет размер по высоте 100 мм. На рельсовых столбах марки ставятся на шейке рельса.

Пикетные знаки (фиг. 54) указывают окончившийся и начинающийся пикет, устанавливаются между километровыми знаками через каждые 100 м.

1. Деревянный знак окрашивается в белый цвет, низ и верх (по чертежу) в чёрный цвет.
2. Размер цифр на деревянном столбике 170×75 мм, на рельсовом — 150×65 мм.
3. Можно применять также пикетные знаки каменные и бетонные высотой, не превышающей уровня головки рельса, с цифрами тех же размеров, как и на деревянных знаках.
4. На протяжении не менее околотка знаки должны быть из однородного материала.



Фиг. 52. Таблица километрового знака для последовательного счёта километров

Путевые знаки начала и конца кривой (фиг. 55) устанавливаются в середине круговой кривой, а при наличии переходных кривых у их начала и в конце.

Предельный столбик (фиг. 56) устанавливают между двумя сходящимися у крестовины путями; он указывает границу, за которой в сторону стрелочного перевода нельзя оставлять подвижной состав. Предельные столбики на существующих путях должны находиться в месте, где ширина между путями сходящихся путей равна не менее 3 810 мм.

При переходе на габарит 2-С, а также на станциях участков, где обращается подвижной состав, построенный по габариту 2-В (моторвагонные секции), предельные столбики устанавливаются в месте, где расстояние между осями смежных рельсовых сходящихся путей равно 4 100 мм.

На местах перегрузки из вагона в вагон предельный столбик устанавливается в месте, где расстояние между осями рельсовых путей становится равным ширине, принимаемой по условиям перегрузки, но не менее 3 600 мм.

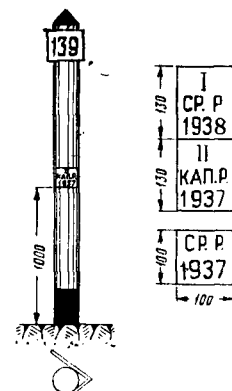
При автоблокировке предельные столбики устанавливаются не ближе изолирующего стыка, контролирующего приём поезда на данный путь. У стрелок, уложенных в кривых частях пути, эти расстояния увеличиваются по таблице габаритных уширений. На срезах столбиков, обращённых остриём к крестовине, указываются номера соответствующих станционных путей.

Указание на столбах уклоноуказательных знаков наивысшего горизонта вод и максимальной высоты волны (фиг. 57) выполняют

следующим образом (§ 18 Правил технической эксплуатации).

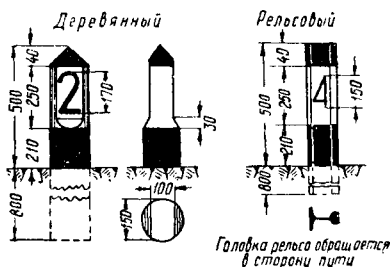
На высоте 750 мм над бровкой земляного полотна на столбе наносится чёрной краской кольцо со стрелкой на стороне, обращённой к пути.

От нижней границы кольца определяются вертикальные расстояния до уровня максимальной высоты волны и до наивысшего горизонта вод.



Фиг. 53. Марки реконструированного или отремонтированного километра

Эти расстояния в метрах указываются на столбе (под стрелкой) чёрной краской. Толщина шрифта 15 мм.



Фиг. 54. Пикетный знак

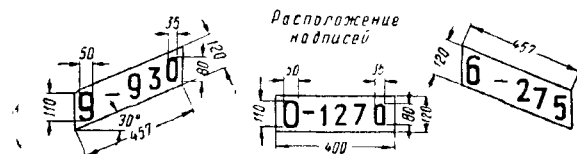
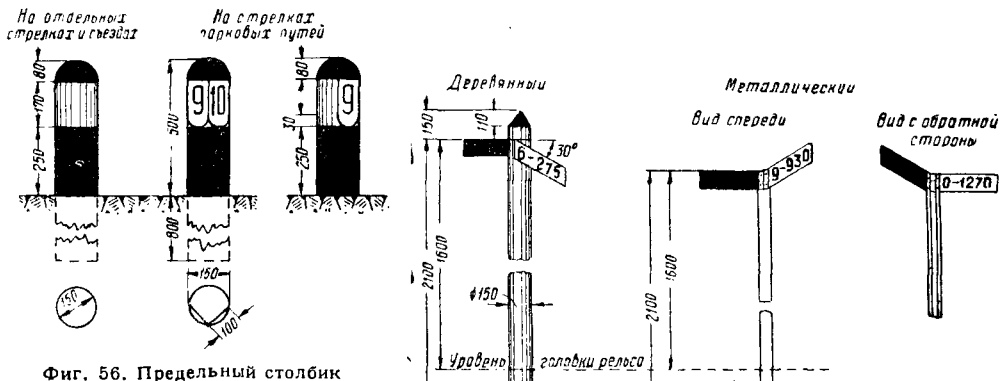
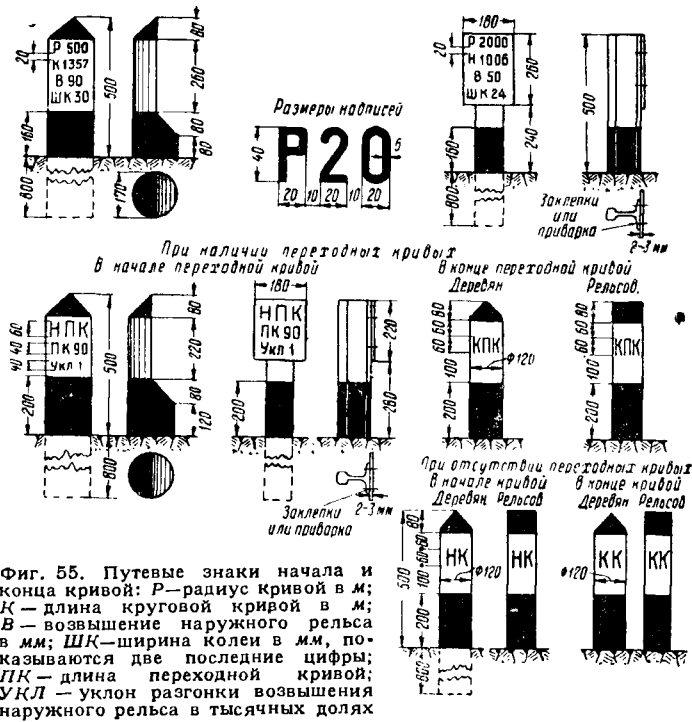
При отсутствии уклоноуказательных знаков данные наносят на километровом или ином знаке.

Уклоноуказательный знак (фиг. 58) устанавливают вдоль железнодорожного пути в точках перелома профиля; знак указывает величину уклона и его протяжение.

Розетки для обделки путевых столбиков (фиг. 59) выполняют из мелкого кирпичного щебня для укладки звезды и окаймления, из известкового мелкого камня — для заполнения остального пространства.

Предупредительные путевые знаки для машинистов.

1. Знак о подаче свистка (фиг. 60) устанавливают с правой стороны от пути по ходу поезда на расстоянии



Чёрная буква «С» на белом фоне, заштрихованная часть зелёного цвета, обратная сторона — чёрного цвета.

7. Знаки о включении и выключении тока (фиг. 65) устанавливают с правой стороны от пути по ходу поезда на расстоянии:

знак «Включи ток» — не менее 50 м от ближайшего конца нейтральной вставки по направлению движения поезда для дорог с электрической тягой и не менее 200 м — для дорог с моторвагонной тягой.

8. Оповестительные щиты перед предупреждающими дисками и входными семафорами (фиг. 66) устанавливают следующим образом. В прямых частях пути плоскость щита ставится под углом 60° к оси пути.

Обратная сторона щита и столб окрашиваются в серый цвет.

9. Временные указатели о поднятии, подготовке к опусканию и опускании пантографа (фиг. 67) на электрифицированных участках железных

3. Знак начала и конца толкания (фиг. 62) устанавливают в местах, определяемых совместным актом начальников движения, паровозного хозяйства и дистанции пути.

Нижняя кромка щитов должна быть на высоте 1 200 мм над уровнем головки наружного рельса. При высоких балластных призмах это обеспечивается увеличением длины столбов против показанных на чертеже.

Щит на шпонках оббивается железом с загибанием в обратную сторону на 25 мм.

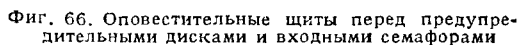
4. Знак о месте остановки паровоза у путевой гидроколонки для набора воды (фиг. 63) устанавливают против окна будки машиниста при расположении горловины тендерного бака против гидроколонки. Ставить знак по отношению к гидроколонке следует по ведущей серии товарного паровоза.

Столб такой же, как на фиг. 60. Вместо буквы «С» буква «К» — чёрная на белом фоне, заштрихованная часть чёрного цвета, обратная сторона чёрного цвета.

5. Знак «Закрой сифон» (фиг. 64) устанавливают на пути, проходящем под путепроводами и пешеходными мостами, на расстоянии 30 м от их края с обеих сторон.

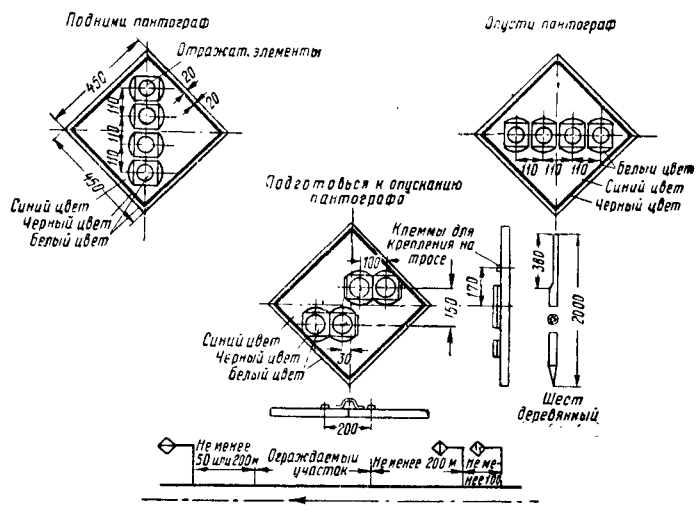
Верхняя кромка цита должна быть на высоте 1600 мм над уровнем головки наружного рельса. При высоких балластных призмах это обеспечивается увеличением высоты столбов против показанных на чертеже.

6. Знак «Закрой поддувало» (фиг. 64) устанавливают перед металлическими мостами с деревянными брусвыми при длине моста более 100 м и перед деревянными мостами при длине более 10 м — на расстоянии 30 м от моста с обеих сторон.

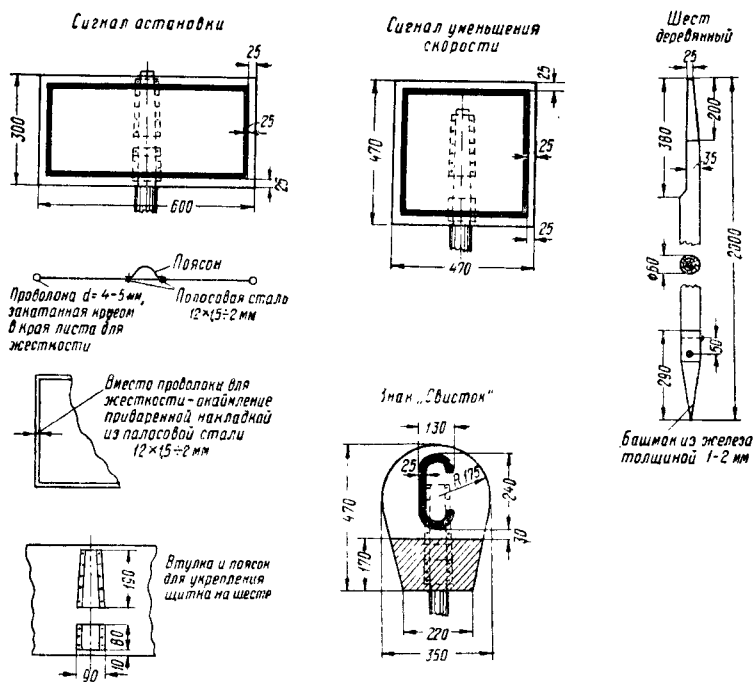


дорог устанавливают с правой стороны пути по ходу поезда на расстоянии:

указатель «Подготовься к опусканию пантографа» — не менее 100 м от указателя «Опусти пантограф» в направлении, обратном движению поезда;

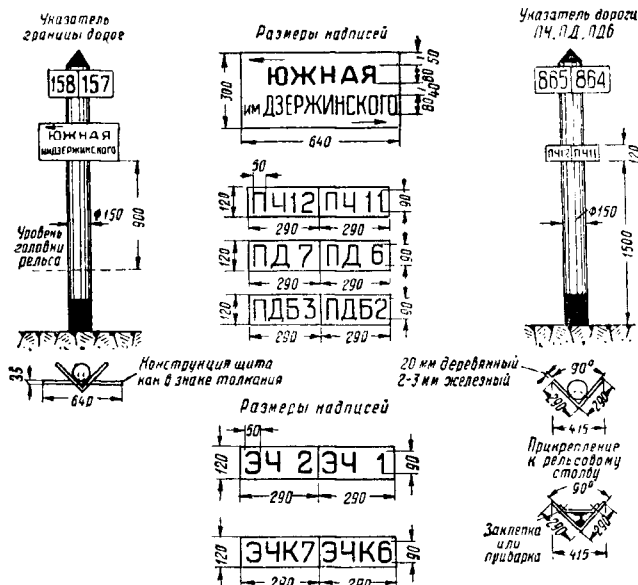


Фиг. 67. Временные указатели о поднятии, подготовке к опусканию и опускании пантографа



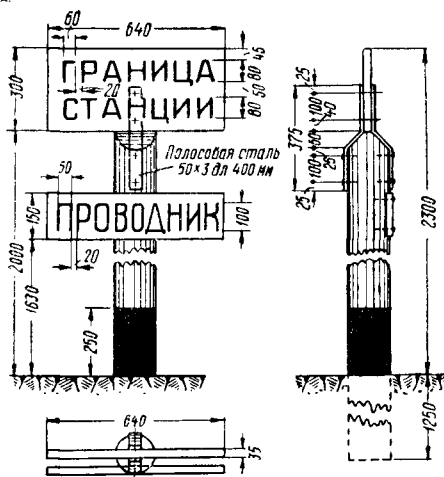
Фиг. 68. Переносные путевые сигналы

указатель «Опусти пантограф» — не менее 200 м от ближайшего конца ограждаемого участка в направлении, обратном движению поезда;



Фиг. 69. Указатели границ дорог, дистанций пути, околотов, рабочих отделений, границ участков энергоснабжения и дистанций контактной сети,

указатель «Подними пантограф» — не менее 50 м от ближайшего конца ограждаемого участка по направлению движения для дорог с электровозной тягой и не менее 200 м для дорог с моторвагонной тягой.



Фиг. 70. Указатель границы станции и места проводника

Отражательные элементы белого цвета, фон синий.

По местным условиям в зависимости от профиля пути и допустимых скоростей движения расстояния, указанные выше, могут быть изменены.

Переносные путевые сигналы (фиг. 68) применяют для временного ограждения того или другого участка пути (стр. 334—343).

Указатели границ дорог, дистанций пути, околотов и рабочих отделений (фиг. 69).

1. Если границы рабочих отделений, околотов, дистанций пути, дорог совпадают, то на пограничном столбе устанавливают всегда лишь один указатель, разграничивающий наиболее крупные административные единицы. Например, если пограничный столб является границей околота, то таблица с указанием рабочих отделений не устанавливается и т. д.

2. Указатель ставится на километровом столбе.

3. При несовпадении границы дорог с километровым знаком указатель устанавливают на специальном столбе высотой 2,25 м от поверхности земли по типу километрового деревянного столба.

Указатели границ участков энергоснабжения и дистанций контактной сети (фиг. 69).

1. Если границы участков энергоснабжения и дистанций контактной сети совпадают, то на пограничном столбе устанавливают лишь один указатель границы участка энергоснабжения.

2. Указатель ставится на километровом столбе.

3. При несовпадении границ с километровым знаком указатель устанавливают на специальном столбе высотой 2,25 м от поверхности земли.

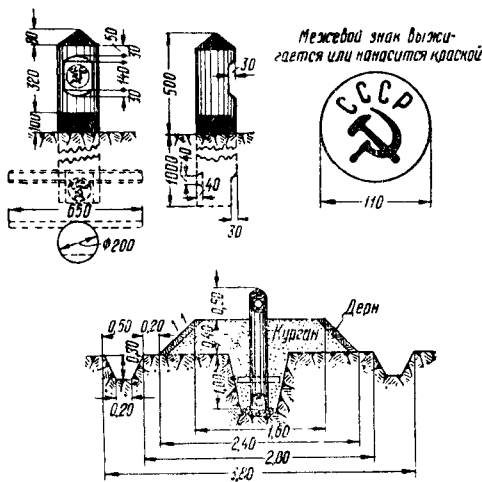
Указатель границы станции (по § 250 Правил технической эксплуатации) и места проводника, встречающего поезд, следующий по неправильному пути (по § 384 Правил технической эксплуатации) (фиг. 70), устанавливается на двухпутных участках с той же стороны от пути, как и входной семафор (светофор), на расстоянии 50 м от выходного семафора (светофора) или на расстоянии 50 м за последней выходной стрелкой в тех случаях, когда она уложена впереди семафора в сторону перегона.

Надписи «Граница станции» — чёрным по белому фону с обеих сторон (со стороны станции и со стороны перегона). Надпись «Проводник» — чёрным по белому фону со стороны перегона. Щиты помещаются перпендикулярно пути.

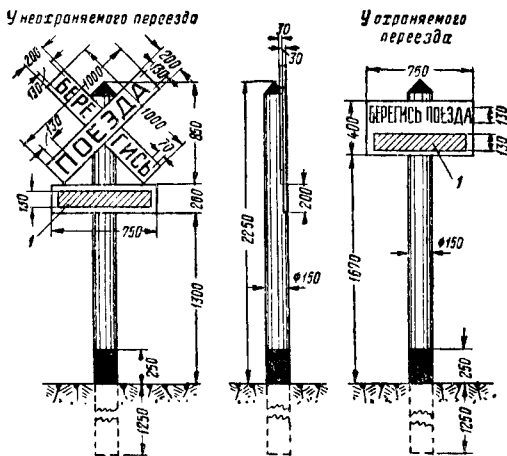
Указатель границы железнодорожной полосы отвода (фиг. 71) в местах пересечения полосой отвода границы других смежных землепользователей ставится с курганом и канавой вокруг него. Допускается изготовление каменных и бетонных знаков при сохранении тех же размеров по высоте надземной части.

Указатель окрашивается в серый цвет, верх и низ — по чертежу — в чёрный цвет.

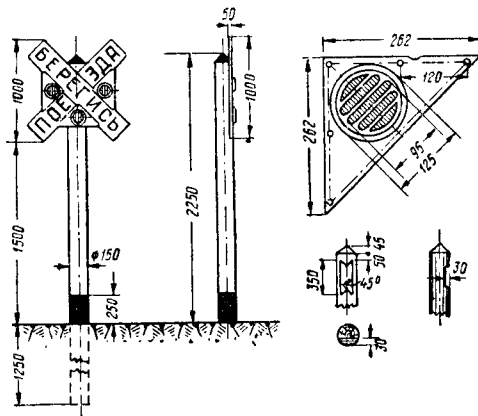
«Берегись поезда» — предупредительный знак для авто-гужевого транспорта (фиг. 72, 73) устанавливают на подходах авто-гужевого дороги к переезду на расстоянии 20 м от на-



Фиг. 71. Указатель границы железнодорожной полосы отвода



Фиг. 72. Знак «Берегись поезда»



Фиг. 73. Знак «Берегись поезда» с рефлектирующими стёклами для авто-гужевого транспорта

ружного рельса с правой стороны по движению на авто-гужевой дороге.

Таблицы окрашивают в белый цвет с обеих сторон.

Конструкция щита, как в знаке «Начало толкания».

На щите 1 (фиг. 72) надпись на местном языке.

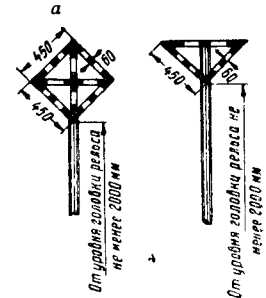
При надписи только на русском языке высота таблицы 200 мм.

Путевые указатели для снегоочистителей (фиг. 74). Ограждение препятствий для прохода снегоочистителей в рабочем состоянии (§ 63 Правил технической эксплуатации).

Знак «Поднять нож, закрыть крылья» (фиг. 74,а) устанавливают с правой стороны пути по ходу поезда на расстоянии 30 м до препятствия с обеих его сторон. При двух близких препятствиях, между которыми работа снегоочистителя невозможна, на шесте помещают два указателя один под другим.

Знак «Опустить нож, открыть крылья» (фиг. 74,б) устанавливают с правой стороны пути по ходу поезда на расстоянии 10 м после препятствия с обеих его сторон.

Указатели окрашивают в чёрный и белый цвет полосами.



Фиг. 74. Путевые указатели для снегоочистителей

Изготовление путевых знаков

1. Столбы путевых знаков изготовляют из брёвен диаметром 150—170 мм с чистой острожкой и отделкой верха. Концы столба, закапываемый в землю, покрывается антисептиком или обжигается.

Для временных указателей для машинистов применяют деревянные шесты диаметром 60 мм, длиной 2 м. На нижний конец шеста надевается башмак из стали толщиной 2 мм. Верхний конец шеста отделяется согласно указаниям на фиг. 68.

Для километровых, пикетных, уклоноуказательных знаков и указателей кривых в безлесных местностях допускается установка рельсовых стоек.

Все необходимые размеры для изготовления знаков указаны на фигурах.

2. Таблицы, устанавливаемые на столбах путевых знаков (километровых, уклоноуказательных, указательных в кривых, предупредительных о включении и выключении тока, указателей границ участков энергоснабжения и дистанций контактной сети и указателей о поднятии и опускании пантографа), изготовляются из стали толщиной 2—3 мм.

Знак о подаче свистка и знак места установки паровоза для набора воды можно изготовлять из дерева или из стали толщиной 2—3 мм.

Уже существующие таблицы, выполненные из дерева, могут быть сохранены до замены их по износу.

Таблицы знаков начала и конца толкания, закрытия поддувала или сифона, границы станции и знаки у переездов изготавливают из сухих досок толщиной 35 мм.

Таблицы шириной 300—400 мм из двух досок изготавливают:

а) на шпонках и обшивают кровельным железом с лицевой стороны;

б) на шпонках с наконечниками в шпунт, с тщательной прошпаклёвкой поверхности.

3. Окраску путевых знаков производят масляной краской за два раза.

Таблицы окрашивают с лицевой стороны в белый цвет, с обратной стороны — в чёрный цвет за исключением знака обрывного места и переездного знака, которые окрашивают с обеих сторон в белый цвет.

В знаке «Свисток» нижнюю половину таблицы по чертежу окрашивают в зелёный цвет, а в знаке места установки паровоза для набора воды — в чёрный цвет.

Таблицы знаков остановки паровоза у гидроролки и временных указателей для машинистов окрашивают с лицевой стороны по чертежу (фиг. 67), с обратной стороны в чёрный цвет.

4. Знаки изготавливают в мастерских дистанций пути и развозят к местам установки на дрезине или на путевом вагончике.

Хранят знаки в кладовых бригадиров пути и дорожных мастеров.

Места установки путевых знаков

Указатели плана и профиля пути устанавливают с правой стороны от пути по счёту километров, а предупредительные знаки для машинистов и временные указатели устанавливают с правой стороны от пути по ходу поезда соответствующего направления.

На участках, оборудованных поперечной подвеской контактной сети, знаки устанавливают на нижнем фиксирующем тросе или ригеле вправо по направлению движения поездов на расстоянии 1,80 м от оси рельсового пути до оси таблицы, если невозможно установить на столбах или опорах контактной сети временные знаки для машинистов и предупредительные знаки о включении и выключении тока.

На путях с двусторонним движением поездов эти знаки устанавливают для каждого направления движения отдельно. Такие знаки должны устанавливаться также и для случая неправильного направления движения. Установка на двухпутных участках производится на левой по ходу поезда стороне.

Согласно § 61 ПТЭ все путевые знаки, помещаемые на столбах выше уровня головки рельса, устанавливают на расстоянии не ближе 2 м от крайнего рельса, а знаки, не превышающие уровня верха головки рельса (пикетные, знаки начала и конца кривой), могут устанавливаться на расстоянии от крайнего рельса не ближе 1,35 м. В кривых частях пути эти расстояния должны увеличиваться в зависимости от радиуса кривой по таблице увеличения габаритных расстояний от оси крайнего пути в кривых.

В выемках допускается установка путевых знаков высотой выше уровня головки рельса на откосе выемок на расстоянии края знака от крайнего рельса не менее 5,34 м.

ПЕРЕНОСНЫЕ ПУТЕВЫЕ СИГНАЛЫ И ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЕ

Классификация. В соответствии с ПТЭ (§ 113, 271, 273 и 274) и инструкцией по сигнализации установлены следующие переносные путевые сигналы и указатели (см. фиг. 68).

1. Сигнал остановки — красный прямоугольный щит с окаймлением чёрной и белой полосами.

2. Сигнал уменьшения скорости — жёлтый квадратный щит, с обратной стороны окрашиваемый в зелёный цвет для указания конца ограждаемого участка. Окаймление такое же, как и у сигнала остановки.

3. Знак «Свисток» предупредительный для машинистов — того же вида, что и постоянный знак «Свисток».

Изготовление переносных сигналов. Переносные путевые сигналы изготавливают из кровельного железа весом (в листе) 4,5 кг.

Размеры должны соответствовать чертежам. Для жёсткости с края железного щита закатывается проволока диаметром 4—5 мм или к краям щита приваривается железная полоска длиной 12 мм, толщиной 1,5—2 мм.

Допускается применение щитов из фанеры в рамке из дощечек сечением 100×10 мм.

Щиты насаживают на деревянные шесты диаметром 60 мм, длиной 2 или 3 м. На нижний конец шеста надевается башмак из железа толщиной 1—2 мм. Верхний конец шеста отделяется по чертежу фиг. 68.

Для укрепления щита на шесте служат втулки и пояс.

Щиты переносных сигналов окрашивают за 2 раза масляной краской в соответствующие цвета. Окраска должна быть ровной, без пропусков, краска должна быть устойчивой, не должна липнуть или отскакивать от щита.

Порядок установки переносных путевых знаков см. на стр. 334—343.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

Правила технической эксплуатации железных дорог Союза ССР.

Технические условия и нормы содержания путей узкой колеи. М., Трансжелдориздат, 1943.

Технические условия проектирования однопутных железных дорог с паровой тягой. М., Трансжелдориздат, 1946.

Технические условия и нормы содержания же-

лезнодорожного пути широкой и узкой колеи. М., Трансжелдориздат, 1950.

Харламов Н. В. Узкоколейные железные дороги. М., Трансжелдориздат, 1937.

Шахунянц Г. М. Устройство железнодорожного пути, т. III. М., Трансжелдориздат, 1944.

Шахунянц Г. М. Путь и путевое хозяйство. М., Трансжелдориздат, 1949.

ОСНОВЫ РАСЧЁТОВ ПУТИ НА ПРОЧНОСТЬ



Для практических целей ограничиваются приближёнными методами расчёта железнодорожного пути; предпосылки наиболее распространённых из них следующие.

1. Принимают гипотезу о прямой пропорциональной зависимости между давлением на единицу площади основания и вызываемой им упругой осадкой основания.

2. Динамику учитывают путём умножения статических нагрузок на путь или деформаций элементов пути, вызванных статической нагрузкой, на динамический коэффициент.

3. Предполагается, что колёса при качении не отрываются от рельсов и отсутствуют удары колёс о рельсы.

4. В качестве основных действующих нагрузок принимают вертикальные силы; влияние поперечных и продольных горизонтальных сил до некоторой степени учитывается выбором допускаемых напряжений. Вертикальная нагрузка считается приложенной по оси симметрии рельса.

5. Рельс считается неразрезной балкой постоянного сечения бесконечной длины, свободно лежащей на многих равноупругих точечных опорах или на сплошном равноупругом (по длине рельса) основании.

6. Основной элемент пути—рельс—рассчитывают на изгиб; местные напряжения в рельсах рассчитывают лишь в отдельных случаях. Не имеется также практического расчёта рельсовых стыков.

7. В качестве критерия прочности рельса принимают допускаемые напряжения, сравниваемые с наибольшими расчётными напряжениями, редко встречающимися в эксплуатации. Допускаемые напряжения выбирают в зависимости от предела текучести металла, определяемого на стандартных образцах. Работа рельса на знакопеременную, многократно прикладываемую нагрузку в расчётах не отражается.

8. Расчёт ведётся только для прямых участков при содержании их и подвижного состава в исправном состоянии в пределах установленных допусков.

Результаты подобного расчёта распространяют на кривые участки пути. Корректировку определяемых при этом скоростей движения производят на основании рассмотрения конструкции экипажей и взаимодействия экипажей и пути в кривых. Подобная корректировка осуществляется, как правило, только для кривых небольшого радиуса.

9. При расчётах пренебрегают собственным весом рельса со скреплениями и шпалами как незначительными по сравнению с действующими на путь временными нагрузками.

10. При расчёте рельса во внимание принимают, как правило, нормальные напряжения; касательные напряжения, имеющие важное значение, в существующих практических приёмах расчёта не всегда учитываются.

РАСЧЁТ ЭЛЕМЕНТОВ ПУТИ НА ВЕРТИКАЛЬНЫЕ СИЛЫ

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ РЕЛЬСА НА ИЗГИБ КАК НЕРАЗРЕЗНОЙ БАЛКИ НА СПЛОШНОМ УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Приближённо интенсивность реактивного отпора основания на единицу длины равна

$$q = -EI \frac{d^4 y}{dx^4} \text{ кг/см,}$$

где E — модуль упругости рельсовой стали обычно в кг/см^2 ;

I — момент инерции рельса относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести сечения, в см^4 ;

y и x — текущие координаты изогнутой оси балки в прямоугольной системе координатных осей в см .

Величину q можно также выразить через модуль упругости подрельсового основания, обозначаемый через u :

$$q = uy;$$

и в кг/см^2 представляет давление в кг , которое надо приложить к 1 см длины рельса, чтобы он дал упругую осадку в 1 см .

Упругую осадку u , изгибающий момент M и поперечную силу Q_n при действии сосредоточенного усилия P , передающегося от колеса на рельс, определяют по следующим формулам:

$$y = \frac{Pk}{2u} e^{-kx} (\cos kx + \sin kx);$$

$$M = \frac{P}{4k} e^{-kx} (\cos kx - \sin kx);$$

$$Q_n = -\frac{P}{2} e^{-kx} \sin kx,$$

где

$$k = \sqrt[4]{\frac{u}{4EI}} \text{ в см}^{-1};$$

e — основание натуральных логарифмов.
Модуль упругости основания

$$u = C \frac{\lambda ab}{2l},$$

здесь a и b — длина и ширина шпалы в см;
 l — расстояние между осями смежных шпал в см;
 α — коэффициент изгиба шпалы (безразмерная величина);
 C — так называемый коэффициент постели шпал, выражаемый в кг/см³, находимый из опытов; этот коэффициент зависит от типа шпал, рода грунта земляного полотна и главным образом от рода балласта. Величина C представляет давление в кг/см², при котором опора упруго оседает на 1 см.

Для пользования таблицами вводят обозначения:

$$e^{-kx} (\cos kx + \sin kx) = \eta;$$

$$e^{-kx} (\cos kx - \sin kx) = \mu,$$

так что

$$y = \frac{Pk}{2u} \eta \text{ и } M = \frac{P}{4k} \mu.$$

Давление на шпалу

$$Q = \frac{Pkl}{2} \eta.$$

Значения коэффициентов η и μ для разных величин x — горизонтального расстояния рассматриваемого сечения от груза и для наиболее употребительных величин k приведены в табл. 1, в которой μ и η даны в функциях от kx ,

$$\text{где } k = \sqrt[4]{\frac{u}{4EI}} \text{ в см}^{-1};$$

x — текущая абсцисса линии влияния в см.

Кривые изменения величин η и μ являются одновременно эпюрами (инфлюэнтными линиями) y , Q и M от единичной силы.

Значения x , при которых $y = y_{\max}$, $y = y_{\min}$, $y = 0$; $M = M_{\max}$, $M = M_{\min}$ и $M = 0$, определяют по формулам:

1) $y = y_{\max}$ и $M = M_{\max}$ при $x = 0$, т. е. в сечении под грузом;

2) $y = y_{\min}$ при $x = \frac{3}{2k} \pi$;

3) $M = M_{\min}$ при $x = \frac{1}{2k} \pi$;

4) $y = 0$ при $x = \frac{3}{4k} \pi + \frac{n}{k} \pi$;

$$5) M = 0 \text{ при } x = \frac{1}{4k} \pi + \frac{n}{k} \pi,$$

где n — любое целое число, в том числе и нуль.

Таблица 1

Значения ординат линий влияния μ и η

kx	μ	η	kx	μ	η
0,90	-0,0657	0,5712	1,66	-0,2064	0,1725
0,91	-0,0708	0,5648	1,67	-0,2060	0,1686
0,92	-0,0757	0,5584	1,68	-0,2056	0,1648
0,93	-0,0805	0,5521	1,69	-0,2051	0,1612
0,94	-0,0851	0,5459	1,70	-0,2047	0,1576
0,95	-0,0896	0,5396	1,71	-0,2042	0,1540
0,96	-0,0941	0,5333	1,72	-0,2037	0,1505
0,97	-0,0984	0,5270	1,73	-0,2032	0,1470
0,98	-0,1027	0,5207	1,74	-0,2026	0,1435
0,99	-0,1069	0,5145	1,75	-0,2020	0,1400
1,00	-0,1108	0,5083	1,76	-0,2013	0,1365
1,01	-0,1147	0,5021	1,77	-0,2006	0,1332
1,02	-0,1185	0,4960	1,78	-0,2000	0,1299
1,03	-0,1223	0,4899	1,79	-0,1993	0,1266
1,04	-0,1259	0,4839	1,80	-0,1985	0,1234
1,05	-0,1294	0,4778	1,81	-0,1978	0,1202
1,06	-0,1328	0,4716	1,82	-0,1970	0,1170
1,07	-0,1362	0,4656	1,83	-0,1962	0,1138
1,08	-0,1394	0,4596	1,84	-0,1953	0,1108
1,09	-0,1426	0,4536	1,85	-0,1945	0,1078
1,10	-0,1457	0,4476	1,86	-0,1936	0,1048
1,11	-0,1488	0,4416	1,87	-0,1927	0,1018
1,12	-0,1516	0,4356	1,88	-0,1917	0,0989
1,13	-0,1543	0,4298	1,89	-0,1908	0,0960
1,14	-0,1570	0,4240	1,90	-0,1899	0,0932
1,15	-0,1597	0,4183	1,91	-0,1889	0,0904
1,16	-0,1622	0,4126	1,92	-0,1879	0,0876
1,17	-0,1647	0,4069	1,93	-0,1869	0,0849
1,18	-0,1671	0,4012	1,94	-0,1859	0,0822
1,19	-0,1694	0,3955	1,95	-0,1849	0,0795
1,20	-0,1716	0,3899	1,96	-0,1838	0,0769
1,21	-0,1737	0,3842	1,97	-0,1827	0,0743
1,22	-0,1758	0,3786	1,98	-0,1816	0,0717
1,23	-0,1778	0,3731	1,99	-0,1804	0,0692
1,24	-0,1797	0,3677	2,00	-0,1794	0,0667
1,25	-0,1815	0,3623	2,01	-0,1782	0,0643
1,26	-0,1833	0,3569	2,02	-0,1771	0,0619
1,27	-0,1849	0,3515	2,03	-0,1759	0,0595
1,28	-0,1865	0,3462	2,04	-0,1748	0,0571
1,29	-0,1881	0,3408	2,05	-0,1737	0,0549
1,30	-0,1897	0,3355	2,06	-0,1725	0,0526
1,31	-0,1911	0,3303	2,07	-0,1712	0,0504
1,32	-0,1925	0,3251	2,08	-0,1700	0,0482
1,33	-0,1938	0,3199	2,09	-0,1688	0,0460
1,34	-0,1950	0,3148	2,10	-0,1675	0,0439
1,35	-0,1962	0,3098	2,11	-0,1663	0,0417
1,36	-0,1973	0,3047	2,12	-0,1650	0,0397
1,37	-0,1983	0,2997	2,13	-0,1637	0,0377
1,38	-0,1993	0,2948	2,14	-0,1625	0,0357
1,39	-0,2003	0,2898	2,15	-0,1613	0,0337
1,40	-0,2011	0,2849	2,16	-0,1600	0,0317
1,41	-0,2019	0,2801	2,17	-0,1587	0,0288
1,42	-0,2027	0,2753	2,18	-0,1574	0,0260
1,43	-0,2033	0,2705	2,19	-0,1560	0,0232
1,44	-0,2039	0,2658	2,20	-0,1548	0,0204
1,45	-0,2045	0,2611	2,21	-0,1534	0,0176
1,46	-0,2051	0,2565	2,22	-0,1522	0,0148
1,47	-0,2056	0,2519	2,23	-0,1509	0,0120
1,48	-0,2060	0,2474	2,24	-0,1496	0,0092
1,49	-0,2064	0,2429	2,25	-0,1482	0,0064
1,50	-0,2068	0,2384	2,26	-0,1469	0,0036
1,51	-0,2071	0,2339	2,27	-0,1455	0,0008
1,52	-0,2073	0,2295	2,28	-0,1442	0,0000
1,53	-0,2075	0,2252	2,29	-0,1429	0,0005
1,54	-0,2077	0,2209	2,30	-0,1416	0,0008
1,55	-0,2078	0,2166	2,31	-0,1403	0,0005
1,56	-0,2079	0,2123	2,32	-0,1389	0,0000
1,57	-0,2079	0,2080	2,33	-0,1376	0,0006
1,58	-0,2079	0,2037	2,34	-0,1362	0,0022
1,59	-0,2078	0,2000	2,35	-0,1349	0,0008
1,60	-0,2077	0,1959	2,36	-0,1336	0,0005
1,61	-0,2075	0,1919	2,37	-0,1323	0,0018
1,62	-0,2073	0,1879	2,38	-0,1309	0,0031
1,63	-0,2071	0,1840	2,39	-0,1296	0,0044
1,64	-0,2069	0,1801	2,40	-0,1282	0,0056
1,65	-0,2067	0,1763	2,41	-0,1268	0,0068

Продолжение табл. 1

kx	μ	γ	kx	μ	γ
2,42	-0,1255	-0,0080	3,30	-0,0306	-0,0422
2,43	-0,1241	-0,0092	3,31	-0,0299	-0,0421
2,44	-0,1228	-0,0103	3,32	-0,0292	-0,0420
2,45	-0,1215	-0,0114	3,33	-0,0285	-0,0419
2,46	-0,1202	-0,0125	3,34	-0,0278	-0,0418
2,47	-0,1189	-0,0135	3,35	-0,0271	-0,0417
2,48	-0,1175	-0,0146	3,36	-0,0264	-0,0415
2,49	-0,1161	-0,0156	3,37	-0,0257	-0,0413
2,50	-0,1149	-0,0166	3,38	-0,0251	-0,0411
2,51	-0,1136	-0,0176	3,39	-0,0244	-0,0409
2,52	-0,1123	-0,0185	3,40	-0,0237	-0,0408
2,53	-0,1109	-0,0195	3,41	-0,0230	-0,0406
2,54	-0,1096	-0,0204	3,42	-0,0225	-0,0404
2,55	-0,1083	-0,0213	3,43	-0,0218	-0,0403
2,56	-0,1071	-0,0221	3,44	-0,0212	-0,0401
2,57	-0,1058	-0,0228	3,45	-0,0206	-0,0399
2,58	-0,1043	-0,0237	3,46	-0,0200	-0,0397
2,59	-0,1033	-0,0246	3,47	-0,0194	-0,0395
2,60	-0,1019	-0,0254	3,48	-0,0189	-0,0392
2,61	-0,1007	-0,0261	3,49	-0,0183	-0,0390
2,62	-0,0994	-0,0269	3,50	-0,0177	-0,0389
2,63	-0,0982	-0,0276	3,51	-0,0171	-0,0386
2,64	-0,0969	-0,0283	3,52	-0,0165	-0,0384
2,65	-0,0956	-0,0289	3,53	-0,0160	-0,0382
2,66	-0,0944	-0,0296	3,54	-0,0155	-0,0380
2,67	-0,0932	-0,0302	3,55	-0,0149	-0,0378
2,68	-0,0920	-0,0308	3,56	-0,0144	-0,0375
2,69	-0,0908	-0,0314	3,57	-0,0139	-0,0373
2,70	-0,0895	-0,0320	3,58	-0,0134	-0,0371
2,71	-0,0883	-0,0326	3,59	-0,0129	-0,0368
2,72	-0,0871	-0,0331	3,60	-0,0124	-0,0366
2,73	-0,0859	-0,0337	3,61	-0,0119	-0,0363
2,74	-0,0847	-0,0342	3,62	-0,0114	-0,0361
2,75	-0,0835	-0,0347	3,63	-0,0109	-0,0359
2,76	-0,0823	-0,0352	3,64	-0,0105	-0,0356
2,77	-0,0811	-0,0356	3,65	-0,0101	-0,0354
2,78	-0,0799	-0,0361	3,66	-0,0096	-0,0351
2,79	-0,0787	-0,0365	3,67	-0,0092	-0,0348
2,80	-0,0777	-0,0369	3,68	-0,0088	-0,0346
2,81	-0,0765	-0,0373	3,69	-0,0083	-0,0343
2,82	-0,0754	-0,0377	3,70	-0,0079	-0,0341
2,83	-0,0742	-0,0381	3,71	-0,0075	-0,0338
2,84	-0,0731	-0,0385	3,72	-0,0071	-0,0336
2,85	-0,0721	-0,0388	3,73	-0,0067	-0,0333
2,86	-0,0710	-0,0391	3,74	-0,0063	-0,0330
2,87	-0,0699	-0,0394	3,75	-0,0059	-0,0327
2,88	-0,0687	-0,0397	3,76	-0,0055	-0,0324
2,89	-0,0676	-0,0400	3,77	-0,0051	-0,0322
2,90	-0,0666	-0,0403	3,78	-0,0048	-0,0319
2,91	-0,0656	-0,0406	3,79	-0,0044	-0,0316
2,92	-0,0645	-0,0409	3,80	-0,0040	-0,0314
2,93	-0,0634	-0,0411	3,81	-0,0036	-0,0311
2,94	-0,0624	-0,0413	3,82	-0,0033	-0,0308
2,95	-0,0614	-0,0415	3,83	-0,0030	-0,0305
2,96	-0,0603	-0,0417	3,84	-0,0027	-0,0303
2,97	-0,0593	-0,0419	3,85	-0,0023	-0,0300
2,98	-0,0583	-0,0420	3,86	-0,0020	-0,0297
2,99	-0,0573	-0,0421	3,87	-0,0017	-0,0294
3,00	-0,0563	-0,0423	3,88	-0,0014	-0,0292
3,01	-0,0553	-0,0423	3,89	-0,0011	-0,0289
3,02	-0,0543	-0,0424	3,90	-0,0008	-0,0286
3,03	-0,0534	-0,0425	3,91	-0,0005	-0,0283
3,04	-0,0524	-0,0426	3,92	-0,0002	-0,0280
3,06	-0,0515	-0,0427	1,25π	0,0000	-0,0279
3,06	-0,0505	-0,0428	3,93	0,0001	-0,0278
3,07	-0,0496	-0,0429	3,94	0,0003	-0,0275
3,08	-0,0487	-0,0430	3,95	0,0005	-0,0272
3,09	-0,0478	-0,0431	3,96	0,0008	-0,0269
3,10	-0,0469	-0,0431	3,97	0,0011	-0,0267
3,11	-0,0460	-0,0431	3,98	0,0014	-0,0264
3,12	-0,0451	-0,0432	3,99	0,0017	-0,0261
3,13	-0,0442	-0,0432	4,00	0,0019	-0,0258
3,14	-0,0433	-0,0432	4,10	0,0040	-0,0231
π	-0,0432	-0,0432	4,20	0,0057	-0,0204
3,15	-0,0424	-0,0432	4,30	0,0070	-0,0179
3,16	-0,0416	-0,0432	4,40	0,0079	-0,0155
3,17	-0,0407	-0,0432	4,50	0,0085	-0,0132
3,18	-0,0399	-0,0431	4,60	0,0089	-0,0111
3,19	-0,0391	-0,0431	4,70	0,0090	-0,0092
3,20	-0,0383	-0,0431	1,5π	0,0090	-0,0090
3,21	-0,0375	-0,0430	4,80	0,0089	-0,0075
3,22	-0,0367	-0,0430	4,90	0,0087	-0,0059
3,23	-0,0359	-0,0429	5,00	0,0084	-0,0046
3,24	-0,0351	-0,0428	5,10	0,0080	-0,0033
3,25	-0,0343	-0,0427	5,20	0,0075	-0,0023
3,26	-0,0336	-0,0426	5,30	0,0069	-0,0014
3,27	-0,0323	-0,0425	5,40	0,0064	-0,0006
3,28	-0,0321	-0,0424	1,75	0,0058	-0,0000
3,29	-0,0313	-0,0423	5,50	0,0053	-0,0000

Для случая действия системы сосредоточенных грузов, если принять принцип независимости действия сил, формулы для определения y , Q и M будут следующие:

$$y = \frac{k}{2u} \left(P_1 \gamma_{11} + P_2 \gamma_{12} + P_3 \gamma_{13} + \dots + P_n \gamma_{1n} \right) = \frac{k}{2u} \sum_{i=1}^n P_i \gamma_{1i};$$

$$Q = \frac{kl}{2} \left(P_1 \gamma_{21} + P_2 \gamma_{22} + P_3 \gamma_{23} + \dots + P_n \gamma_{2n} \right) = \frac{kl}{2} \sum_{i=1}^n P_i \gamma_{2i}$$

и

$$M = \frac{1}{4k} \left(P_1 \mu_1 + P_2 \mu_2 + P_3 \mu_3 + \dots + P_n \mu_n \right) = \frac{1}{4k} \sum_{i=1}^n P_i \mu_i,$$

где P_i — нагрузка от колеса порядкового номера i , находящегося в точке рельса, отстоящего на расстоянии x_i от точки с абсциссой, равной нулю, для которой определяются y , Q и M .

Силы $\sum_{i=1}^n P_i \gamma_{1i}$ и $\sum_{i=1}^n P_i \mu_i$ называют эк-

вивалентными нагрузками, заменяющими данную систему грузов: первая — в отношении давления на шпалу, балласт и земляное полотно и вторая — в отношении напряжений в рельсе от изгиба.

Необходимые для расчёта рельса как балки на сплошном упругом основании величины u , I , W , k и γ для различных сочетаний элементов верхнего строения приведены в табл. 2 и 3.

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ РЕЛЬСА НА ИЗГИБ КАК БАЛКИ, ЛЕЖАЩЕЙ НА ОТДЕЛЬНЫХ УПРУГИХ ОПОРАХ

Число опор, вводимое в расчёт рельса как многопролётной неразрезной балки на упругих точечных опорах ограничивается условием, чтобы влияние наиболее удалённых грузов и реакций крайних опор на величину изгибающего момента в рассматриваемом сечении было близко к нулю. Из ряда опытов установлено, что это влияние делается практически ничтожным при выделении участка рельса с 10—11 пролётами при сосредоточенной нагрузке по середине участка балки.

Таблица 2

Значения I , W , u , k и γ при коэффициенте постели шпал $C=4 \text{ кг/см}^3$

Тип шпал и ГОСТ 7157	Число шпал на 1 км	Модуль уп- ругости шпал в кг/см ²	Вертикальный износ рельса 0 мм				Вертикальный износ рельса 1 мм				Вертикальный износ рельса 3 мм				Вертикальный износ рельса 6 мм				Вертикальный износ рельса 9 мм			
			I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ
Тип рельса Р65 (64,91 кг/м)																						
IA IB	1 440	181	3 603	435 (н)	0,00379	10,51	3 576	441 (н)	0,00381	10,42	3 464	435 (н)	0,00388	10,09	3 263	423 (н)	0,00901	9,51	3 051	410 (н)	0,00917	8,99
	1 600	201	—	362 (р)	0,00902	14,42	—	362 (р)	0,00904	14,29	—	352 (р)	0,00912	13,85	—	334 (р)	0,00925	13,04	—	313 (р)	0,00941	12,19
	1 840	230	—	—	0,00933	21,67	—	—	0,00935	21,43	—	—	0,00943	20,91	—	—	0,00957	19,60	—	—	0,00973	18,33
	1 920	241	—	—	0,00945	24,79	—	—	0,00946	24,53	—	—	0,00954	23,81	—	—	0,00963	22,42	—	—	0,00985	20,96
IIA IIB	1 440	175	3 603	435 (н)	0,00372	10,81	3 576	441 (н)	0,00374	10,72	3 464	435 (н)	0,00381	10,48	3 263	423 (н)	0,00934	9,78	3 051	410 (н)	0,00959	9,14
	1 600	195	—	362 (р)	0,00896	14,83	—	362 (р)	0,00898	14,70	—	352 (р)	0,00905	14,24	—	334 (р)	0,00918	13,42	—	313 (р)	0,00934	12,54
	1 840	223	—	—	0,00926	18,96	—	—	0,00928	22,10	—	—	0,00936	21,40	—	—	0,00950	20,16	—	—	0,00966	18,85
	1 920	233	—	—	0,00937	25,64	—	—	0,00938	25,42	—	—	0,00946	24,62	—	—	0,00960	23,20	—	—	0,00976	21,69
IIIA IIIB	1 440	168	3 603	435 (н)	0,00363	11,29	3 576	441 (н)	0,00365	11,19	3 464	435 (н)	0,00372	10,84	3 263	423 (н)	0,00935	10,21	3 051	410 (н)	0,00960	9,54
	1 600	186	—	362 (р)	0,00385	15,48	—	362 (р)	0,00387	15,34	—	352 (р)	0,00394	14,86	—	334 (р)	0,00908	14,00	—	413 (р)	0,00923	13,09
	1 840	214	—	—	0,00917	23,27	—	—	0,00919	23,06	—	—	0,00926	22,34	—	—	0,00940	21,04	—	—	0,00956	19,67
	1 920	224	—	—	0,00927	26,74	—	—	0,00929	26,51	—	—	0,00937	25,67	—	—	0,00951	24,19	—	—	0,00968	22,62
IVA IVB	1 440	154	3 603	435 (н)	0,00344	12,27	3 576	441 (н)	0,00346	12,16	3 464	435 (н)	0,00353	11,78	3 263	423 (н)	0,00966	11,09	3 051	410 (н)	0,00980	10,37
	1 600	172	—	362 (р)	0,00368	16,81	—	362 (р)	0,00370	16,66	—	352 (р)	0,00377	16,14	—	334 (р)	0,00990	15,21	—	313 (р)	0,00995	14,22
	1 840	197	—	—	0,00398	25,29	—	—	0,00400	25,07	—	—	0,00407	24,28	—	—	0,00921	22,87	—	—	0,00936	21,39
	1 920	206	—	—	0,00408	29,07	—	—	0,00410	28,81	—	—	0,00417	27,91	—	—	0,00931	26,29	—	—	0,00947	24,58
Тип рельса Р50 (50,504 кг/м)																						
IA IB	1 440	181	2 016	285 (н)	0,01017	5,87	1 993	284 (н)	0,01019	5,82	1 932	230 (н)	0,01028	5,63	1 811	272 (н)	0,01045	5,28	1 682	263 (н)	0,01064	4,90
	1 600	201	—	243 (р)	0,01044	8,06	—	243 (р)	0,01046	7,99	—	242 (р)	0,01055	7,72	—	223 (р)	0,01072	7,24	—	213 (р)	0,01092	6,72
	1 840	230	—	—	0,01079	12,11	—	—	0,01082	12,00	—	—	0,01091	11,61	—	—	0,01109	10,88	—	—	0,01130	10,10
	1 920	241	—	—	0,01092	13,85	—	—	0,01094	13,73	—	—	0,01104	13,28	—	—	0,01122	12,44	—	—	0,01143	11,56
IIA IIB	1 440	175	2 016	285 (н)	0,01008	6,04	1 998	284 (н)	0,01010	5,99	1 932	280 (н)	0,01019	5,79	1 811	272 (н)	0,01036	5,43	1 682	263 (н)	0,01055	5,04
	1 600	195	—	248 (р)	0,01036	8,29	—	243 (р)	0,01038	8,21	—	242 (р)	0,01047	7,94	—	228 (р)	0,01064	7,45	—	213 (р)	0,01084	6,92
	1 840	223	—	—	0,01071	12,46	—	—	0,01074	12,35	—	—	0,01083	11,94	—	—	0,01100	11,19	—	—	0,01121	10,89
	1 920	233	—	—	0,01083	14,32	—	—	0,01085	14,20	—	—	0,01095	13,73	—	—	0,01113	12,87	—	—	0,01134	11,97
IIIA IIIB	1 440	168	2 016	285 (н)	0,00998	6,31	1 993	284 (н)	0,01000	6,25	1 932	280 (н)	0,01008	6,04	1 811	272 (н)	0,01025	5,65	1 682	263 (н)	0,01044	5,26
	1 600	186	—	248 (р)	0,01024	8,65	—	248 (р)	0,01026	8,57	—	242 (р)	0,01035	8,29	—	228 (р)	0,01052	7,77	—	213 (р)	0,01071	7,22
	1 840	214	—	—	0,01060	13,00	—	—	0,01063	12,88	—	—	0,01072	12,46	—	—	0,01089	11,68	—	—	0,01109	10,85
	1 920	224	—	—	0,01073	14,94	—	—	0,01075	14,81	—	—	0,01084	14,32	—	—	0,01101	13,42	—	—	0,01122	12,46
IVA IVB	1 440	154	2 016	285 (н)	0,00977	6,85	1 993	284 (н)	0,00979	6,79	1 932	230 (н)	0,00987	6,57	1 811	272 (н)	0,01003	6,16	1 682	263 (н)	0,01022	5,72
	1 600	172	—	248 (р)	0,01004	9,39	—	243 (р)	0,01006	9,31	—	242 (р)	0,01014	9,00	—	228 (р)	0,01031	8,44	—	213 (р)	0,01050	7,84
	1 840	197	—	—	0,01039	14,13	—	—	0,01041	14,01	—	—	0,01050	13,57	—	—	0,01067	12,69	—	—	0,01087	11,79
	1 920	206	—	—	0,01050	16,24	—	—	0,01053	16,10	—	—	0,01062	15,37	—	—	0,01078	14,59	—	—	0,01099	13,56

Продолжение табл. 2

Тип шпала по ГОСТ 78-40	Число шпал на 1 км	Модуль уп- ругости по СНиП 3-78	Вертикальный износ рельса 0 мм				Вертикальный износ рельса 1 мм				Вертикальный износ рельса 3 мм				Вертикальный износ рельса 6 мм				Вертикальный износ рельса 9 мм			
			I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ
Тип рельса Р43 (43,6 кг/м)																						
IA IB	1 440	181	1 472	214 (н)	0,01100	4,267	1 456	214 (н)	0,01103	4,221	1 403	210 (н)	0,01113	4,067	1 313	204 (н)	0,01132	3,806	1 217	213 (н)	0,01154	3,598
	1 600	201	—	206 (г)	0,01129	5,853	—	206 (г)	0,01132	5,790	—	200 (г)	0,01143	5,579	—	189 (г)	0,01162	5,221	—	190 (г)	0,01184	4,839
	1 840	230	—	—	0,01168	8,797	—	—	0,01171	8,702	—	—	0,01182	8,386	—	—	0,01202	7,847	—	—	0,01225	7,273
IIA IIB	1 440	175	1 472	214 (н)	0,01091	4,412	1 456	214 (н)	0,01094	4,364	1 403	210 (н)	0,01104	4,205	1 313	204 (н)	0,01123	3,935	1 217	213 (н)	0,01144	3,648
	1 600	195	—	206 (г)	0,01121	6,052	—	206 (г)	0,01124	5,986	—	200 (г)	0,01134	5,768	—	189 (г)	0,01153	5,393	—	190 (г)	0,01175	5,004
	1 840	223	—	—	0,01159	9,096	—	—	0,01162	8,997	—	—	0,01173	8,669	—	—	0,01192	8,118	—	—	0,01215	7,522
IIIA IIIB	1 440	168	1 472	214 (н)	0,01030	4,603	1 456	214 (н)	0,01083	4,554	1 403	210 (н)	0,01092	4,388	1 313	204 (н)	0,01111	4,106	1 217	213 (н)	0,01132	3,807
	1 600	186	—	206 (г)	0,01107	6,316	—	206 (г)	0,01110	6,247	—	200 (г)	0,01121	6,020	—	189 (г)	0,01139	5,634	—	190 (г)	0,01161	5,222
	1 840	214	—	—	0,01147	9,492	—	—	0,01150	9,389	—	—	0,01161	9,048	—	—	0,01180	8,467	—	—	0,01203	7,848
IVA IVB	1 440	154	1 472	214 (н)	0,01056	5,005	1 456	214 (н)	0,01059	4,951	1 403	210 (н)	0,01069	4,769	1 313	204 (н)	0,01087	4,464	1 217	213 (н)	0,01108	4,138
	1 600	172	—	206 (г)	0,01086	6,866	—	206 (г)	0,01089	6,791	—	200 (г)	0,01099	6,541	—	189 (г)	0,01118	6,124	—	190 (г)	0,01139	5,676
	1 840	197	—	—	0,01123	10,318	—	—	0,01127	10,21	—	—	0,01137	9,836	—	—	0,01156	9,202	—	—	0,01178	8,531
Тип рельса I-a																						
IA IB	1 440	181	1 476	212 (н)	0,01099	4,28	1 460	211 (н)	0,01102	4,23	1 400	207 (н)	0,01113	4,06	1 308	201 (н)	0,01133	3,79	1 212	195 (н)	0,01155	3,51
	1 600	201	—	210 (г)	0,01129	5,87	—	209 (г)	0,01132	5,81	—	202 (г)	0,01143	5,57	—	190 (г)	0,01163	5,20	—	177 (г)	0,01186	4,82
	1 840	230	—	—	0,01168	8,82	—	—	0,01172	8,73	—	—	0,01182	8,37	—	—	0,01203	7,82	—	—	0,01227	7,24
IIA IIB	1 440	175	1 476	212 (н)	0,01090	4,42	1 460	211 (н)	0,01093	4,38	1 400	207 (н)	0,01104	4,20	1 308	201 (н)	0,01124	3,92	1 212	195 (н)	0,01146	3,63
	1 600	195	—	210 (г)	0,01119	6,07	—	209 (г)	0,01122	6,00	—	202 (г)	0,01134	5,76	—	190 (г)	0,01154	5,38	—	177 (г)	0,01176	4,98
	1 840	223	—	—	0,01158	9,12	—	—	0,01161	9,02	—	—	0,01173	8,65	—	—	0,01193	8,08	—	—	0,01217	7,49
IIIA IIIB	1 440	168	1 476	212 (н)	0,01079	4,62	1 460	211 (н)	0,01082	4,57	1 400	207 (н)	0,01092	4,38	1 308	201 (н)	0,01112	4,09	1 212	195 (н)	0,01134	3,79
	1 600	186	—	210 (г)	0,01107	6,33	—	209 (г)	0,01111	6,26	—	202 (г)	0,01121	6,01	—	190 (г)	0,01141	5,61	—	177 (г)	0,01164	5,20
	1 840	214	—	—	0,01146	9,52	—	—	0,01149	9,41	—	—	0,01160	9,03	—	—	0,01181	8,43	—	—	0,01204	7,82
IVA IVB	1 440	154	1 476	212 (н)	0,01056	5,02	1 460	211 (н)	0,01059	4,96	1 400	207 (н)	0,01070	4,76	1 308	201 (н)	0,01089	4,45	1 212	195 (н)	0,01110	4,12
	1 600	172	—	210 (г)	0,01085	6,88	—	209 (г)	0,01088	6,80	—	202 (г)	0,01098	6,52	—	190 (г)	0,01118	6,10	—	177 (г)	0,01140	5,65
	1 840	197	—	—	0,01122	10,35	—	—	0,01125	10,23	—	—	0,01136	9,81	—	—	0,01156	9,17	—	—	0,01179	8,50
Тип рельса Р38 (II-a)																						
IA IB	1 320	167	1 223	180 (н)	0,01129	2,77	1 208	179 (н)	0,01132	2,74	1 156	176 (н)	0,01144	2,62	1 075	171 (н)	0,01165	2,43	988	164 (н)	0,01191	2,24
	1 440	181	—	182 (г)	0,01152	3,54	—	181 (г)	0,01156	3,50	—	174 (г)	0,01163	3,35	—	163 (г)	0,01189	3,12	—	150 (г)	0,01215	2,87
	1 600	201	—	—	0,01183	4,86	—	—	0,01187	4,80	—	—	0,01199	4,60	—	—	0,01221	4,27	—	—	0,01248	3,94
	1 840	230	—	—	0,01224	7,31	—	—	0,01228	7,22	—	—	0,01240	6,91	—	—	0,01263	6,42	—	—	0,01291	5,91
IIA IIB	1 320	161	1 223	180 (н)	0,01119	2,86	1 208	179 (н)	0,01123	2,83	1 156	176 (н)	0,01134	2,71	1 075	171 (н)	0,01155	2,52	988	164 (н)	0,01181	2,31
	1 440	175	—	182 (г)	0,01143	3,67	—	181 (г)	0,01146	3,62	—	174 (г)	0,01158	3,46	—	163 (г)	0,01180	3,22	—	150 (г)	0,01205	2,96
	1 600	195	—	—	0,01173	5,03	—	—	0,01177	4,97	—	—	0,01189	4,75	—	—	0,01211	4,42	—	—	0,01237	4,06
	1 840	223	—	—	0,01214	7,56	—	—	0,01218	7,46	—	—	0,01230	7,14	—	—	0,01253	6,64	—	—	0,01280	6,11

Продолжение табл. 2

Тип шпала и ГОСТ 78-40	Вертикальный износ рельса 0 мм				Вертикальный износ рельса 1 мм				Вертикальный износ рельса 3 мм				Вертикальный износ рельса 6 мм				Вертикальный износ рельса 9 мм					
	Модуль уп- ругости E , в кг/см ²	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	
Туп рельса III-а																						
IIIA IIIB	1 320	155	1 223	180 (н)	0,01107	2,99	1 203	179 (н)	0,01111	2,95	1 156	176 (н)	0,01122	2,83	1 075	171 (н)	0,01143	2,63	988	164 (н)	0,01168	2,41
	1 440	168	—	182 (н)	0,01130	3,82	—	181 (н)	0,01134	3,78	—	—	—	3,62	—	163 (н)	0,01167	3,36	—	150 (н)	0,01192	3,09
	1 600	186	—	—	0,01161	5,25	—	—	0,01164	5,18	—	—	—	4,96	—	—	0,01176	4,61	—	—	0,01224	4,24
	1 840	214	—	—	0,01201	7,98	—	—	0,01205	7,79	—	—	—	7,45	—	—	0,01217	7,45	—	—	0,01267	6,37
IVA IVB	1 320	142	1 223	180 (н)	0,01085	3,25	1 203	179 (н)	0,01088	3,21	1 156	176 (н)	0,01099	3,07	1 075	171 (н)	0,01120	2,86	988	164 (н)	0,01144	2,62
	1 440	154	—	182 (н)	0,01107	4,16	—	181 (н)	0,01111	4,11	—	—	—	3,93	—	163 (н)	0,01143	3,66	—	150 (н)	0,01168	3,36
	1 600	172	—	—	0,01137	5,70	—	—	0,01140	5,63	—	—	—	5,39	—	—	0,01152	5,01	—	—	0,01200	4,60
	1 840	197	—	—	0,01176	8,57	—	—	0,01180	8,47	—	—	—	8,10	—	—	0,01192	7,54	—	—	0,01240	6,93
Туп рельса IV-а																						
IA IB	1 320	167	751	127 (н)	0,01275	1,70	742	126 (н)	0,01280	1,68	708	123 (н)	0,01293	1,59	656	119 (н)	0,01318	1,48	602	115 (н)	0,01346	1,36
	1 440	181	—	123 (н)	0,01301	2,18	—	122 (н)	0,01306	2,15	—	—	—	2,05	—	110 (н)	0,01346	1,91	—	102 (н)	0,01374	1,74
	1 600	201	—	—	0,01336	2,99	—	—	0,01341	2,95	—	—	—	2,82	—	—	0,01356	2,61	—	—	0,01410	2,39
	1 840	230	—	—	0,01386	4,15	—	—	0,01391	4,10	—	—	—	3,91	—	—	0,01406	3,61	—	—	0,01470	3,35
IIA IIB	1 320	161	751	127 (н)	0,01264	1,76	742	126 (н)	0,01269	1,74	708	123 (н)	0,01283	1,66	656	119 (н)	0,01307	1,54	602	115 (н)	0,01335	1,41
	1 440	175	—	123 (н)	0,01291	2,25	—	122 (н)	0,01296	2,22	—	—	—	2,12	—	110 (н)	0,01335	1,97	—	102 (н)	0,01362	1,80
	1 600	195	—	—	0,01325	3,09	—	—	0,01330	3,05	—	—	—	2,91	—	—	0,01344	2,70	—	—	0,01399	2,48
	1 840	223	—	—	0,01375	4,35	—	—	0,01380	4,30	—	—	—	4,10	—	—	0,01395	3,81	—	—	0,01460	3,41
IIIA IIIB	1 320	155	963	156 (н)	0,01174	2,37	956	155 (н)	0,01178	2,34	912	152 (н)	0,01191	2,23	840	147 (н)	0,01215	2,05	765	111 (н)	0,01245	1,87
	1 440	168	—	147 (н)	0,01199	3,03	—	146 (н)	0,01203	2,99	—	—	—	2,85	—	130 (н)	0,01240	2,63	—	118 (н)	0,01271	2,39
	1 600	186	—	—	0,01231	4,15	—	—	0,01235	4,10	—	—	—	3,91	—	—	0,01273	3,60	—	—	0,01305	3,28
	1 840	214	—	—	0,01273	6,24	—	—	0,01277	6,16	—	—	—	5,88	—	—	0,01317	5,42	—	—	0,01350	4,93
IVA IVB	1 320	142	968	156 (н)	0,01150	2,57	956	155 (н)	0,01154	2,54	912	152 (н)	0,01167	2,42	840	147 (н)	0,01190	2,23	765	111 (н)	0,01220	2,03
	1 440	154	—	147 (н)	0,01174	3,29	—	146 (н)	0,01178	3,25	—	—	—	3,10	—	130 (н)	0,01215	2,86	—	118 (н)	0,01245	2,60
	1 600	172	—	—	0,01205	4,51	—	—	0,01209	4,46	—	—	—	4,25	—	—	0,01223	3,91	—	—	0,01278	3,56
	1 840	197	—	—	0,01247	6,79	—	—	0,01251	6,70	—	—	—	6,39	—	—	0,01265	5,89	—	—	0,01322	5,36

Таблица 3

Значения I , W , n , k и γ при коэффициенте постели шпал $C=6 \text{ кг/см}^3$

Тип шпал ГОСТ 7117 и ГОСТ 78-40	Число шпал на 1 км	Модуль упругости и в кг/см²	Вертикальный износ рельса 0 мм				Вертикальный износ рельса 1 мм				Вертикальный износ рельса 3 мм				Вертикальный износ рельса 6 мм				Вертикальный износ рельса 9 мм			
			I в см⁴	W в см²	k в см-1	γ	I в см⁴	W в см²	k в см-1	γ	I в см⁴	W в см²	k в см-1	γ	I в см⁴	W в см²	k в см-1	γ	I в см⁴	W в см²	k в см-1	γ
Тип рельса Р65 (64,91 кг/м)																						
IA IB	1 440	263	3 603	435 (n)	0,00965	7,21	3 576	441 (n)	0,00967	7,15	3 464	435 (n)	0,00975	6,92	3 263	423 (n)	0,00990	6,52	3 051	410 (n)	0,01006	6,10
	1 600	292	—	362 (r)	0,00988	9,80	—	362 (r)	0,01001	9,49	—	334 (r)	0,01035	13,44	—	—	0,01016	8,94	—	313 (r)	0,01033	8,36
	1 840	334	—	—	0,01023	14,86	—	—	0,01027	14,73	—	—	—	16,40	—	—	0,01068	13,44	—	—	0,01068	12,57
	1 920	350	—	—	0,01037	17,09	—	—	0,01039	16,94	—	—	—	17,17	—	—	0,01063	15,46	—	—	0,01081	14,45
IIA IIB	1 440	251	3 608	435 (n)	0,00954	7,55	3 576	441 (n)	0,00956	7,49	3 464	435 (n)	0,00964	7,25	3 263	423 (n)	0,00978	6,83	3 051	410 (n)	0,00995	6,38
	1 600	279	—	362 (r)	0,00980	10,35	—	362 (r)	0,00982	10,26	—	334 (r)	0,01028	9,94	—	—	0,01004	9,36	—	313 (r)	0,01021	8,75
	1 840	319	—	—	0,01013	15,56	—	—	0,01015	15,42	—	—	—	14,93	—	—	0,01038	14,07	—	—	0,01056	13,16
	1 920	334	—	—	0,01025	17,88	—	—	0,01027	17,73	—	—	—	17,17	—	—	0,01050	16,18	—	—	0,01069	15,13
IIIA IIIB	1 440	240	3 603	435 (n)	0,00943	7,89	3 576	441 (n)	0,00945	7,82	3 464	435 (n)	0,00953	7,57	3 263	423 (n)	0,00967	7,13	3 051	410 (n)	0,00984	6,67
	1 600	267	—	362 (r)	0,00969	10,82	—	362 (r)	0,00971	10,72	—	334 (r)	0,01012	10,39	—	—	0,00993	9,78	—	313 (r)	0,01010	9,15
	1 840	306	—	—	0,01002	16,26	—	—	0,01004	16,11	—	—	—	15,61	—	—	0,01027	14,70	—	—	0,01045	13,75
	1 920	320	—	—	0,01014	18,70	—	—	0,01016	18,53	—	—	—	17,95	—	—	0,01040	16,91	—	—	0,01057	15,80
IVA IVB	1 440	221	3 608	435 (n)	0,00924	8,57	3 576	441 (n)	0,00926	8,50	3 464	435 (n)	0,00933	8,23	3 263	423 (n)	0,00943	7,75	3 051	410 (n)	0,00964	7,25
	1 600	245	—	362 (r)	0,00948	11,76	—	362 (r)	0,00950	11,65	—	334 (r)	0,00958	11,29	—	—	0,00972	10,63	—	313 (r)	0,00989	9,94
	1 840	231	—	—	0,00981	17,67	—	—	0,00983	17,52	—	—	—	16,97	—	—	0,01006	15,98	—	—	0,01023	14,94
	1 920	294	—	—	0,00993	20,32	—	—	0,00995	20,14	—	—	—	19,50	—	—	0,01018	18,38	—	—	0,01035	17,18
Тип рельса Р50 (50,504 кг/м)																						
IA IB	1 440	263	2 016	235 (n)	0,01116	4,03	1 998	284 (n)	0,01119	3,99	1 932	280 (n)	0,01123	3,86	1 811	272 (n)	0,01147	3,62	1 682	263 (n)	0,01168	3,36
	1 600	292	—	243 (r)	0,01146	5,53	—	248 (r)	0,01149	5,48	—	242 (r)	0,01153	5,30	—	223 (r)	0,01177	4,56	—	213 (r)	0,01199	4,61
	1 840	334	—	—	0,01185	8,30	—	—	0,01189	8,23	—	—	0,01196	7,96	—	—	0,01217	7,46	—	—	0,01240	6,93
	1 920	350	—	—	0,01199	9,54	—	—	0,01202	9,46	—	—	—	9,15	—	—	0,01232	8,57	—	—	0,01254	7,96
IIA IIB	1 440	251	2 016	235 (n)	0,01104	4,22	1 998	284 (n)	0,01106	4,18	1 932	280 (n)	0,01115	4,04	1 811	272 (n)	0,01134	3,79	1 682	263 (n)	0,01155	3,52
	1 600	279	—	248 (r)	0,01133	5,78	—	248 (r)	0,01136	5,73	—	242 (r)	0,01145	5,54	—	228 (r)	0,01164	5,19	—	213 (r)	0,01185	4,83
	1 840	319	—	—	0,01172	8,69	—	—	0,01174	8,62	—	—	0,01184	8,33	—	—	0,01203	7,81	—	—	0,01226	7,25
	1 920	334	—	—	0,01185	9,99	—	—	0,01189	9,91	—	—	—	9,57	—	—	0,01217	8,97	—	—	0,01240	8,34
IIIA IIIB	1 440	240	2 016	235 (n)	0,01091	4,41	1 993	284 (n)	0,01094	4,37	1 932	280 (n)	0,01103	4,22	1 811	272 (n)	0,01121	3,96	1 682	263 (n)	0,01142	3,63
	1 600	267	—	218 (r)	0,01121	6,04	—	248 (r)	0,01123	5,99	—	242 (r)	0,01133	5,79	—	228 (r)	0,01151	5,43	—	213 (r)	0,01172	5,04
	1 840	306	—	—	0,01159	9,03	—	—	0,01162	9,00	—	—	0,01172	8,71	—	—	0,01191	8,16	—	—	0,01213	7,58
	1 920	320	—	—	0,01173	10,41	—	—	0,01175	10,37	—	—	—	10,01	—	—	0,01205	9,38	—	—	0,01226	8,71

Продолжение табл. 3

Тип шпала ГОСТ 7167 и ГОСТ 78-40	Число шпал на 1 км	Модуль упругости в кг/см ²	Вертикальный износ рельса 0 мм				Вертикальный износ рельса 1 мм				Вертикальный износ рельса 3 мм				Вертикальный износ рельса 6 мм				Вертикальный износ рельса 9 мм				
			I в см ⁴	W в см ³	k в см-1	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см-1	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см-1	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см-1	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см-1	γ	
Тип рельса Р43 (43,6 кг/м)																							
IVA IVB	1 440	221	2 016	235 (н)	0,01069	4,79	1 998	234 (н)	0,01071	4,75	1 932	280 (н)	0,01080	4,59	1 811	272 (н)	0,01093	4,30	1 682	263 (н)	0,01119	4,00	
	1 600	245	—	243 (г)	0,01097	6,57	—	248 (г)	0,01099	6,51	—	242 (г)	0,01109	6,30	—	223 (г)	0,01127	5,90	—	213 (г)	0,01143	5,48	
	1 840	281	—	—	0,01135	9,87	—	—	0,01138	9,79	—	—	—	9,46	—	—	0,01166	8,87	—	—	0,01187	8,24	
	1 920	294	—	—	0,01148	11,37	—	—	0,01150	11,25	—	—	—	10,88	—	—	0,01179	10,20	—	—	0,01201	9,46	
IA IB	1 440	263	1 472	214 (н)	0,01203	2,941	1 456	214 (н)	0,01211	2,909	1 403	210 (н)	0,01222	2,803	1 313	204 (н)	0,01243	2,624	1 217	213 (н)	0,01267	2,432	
	1 600	292	—	206 (г)	0,01240	4,035	—	206 (г)	0,01243	3,991	—	200 (г)	0,01255	3,844	—	189 (г)	0,01276	3,598	—	190 (г)	0,01300	3,324	
	1 840	334	—	—	0,01282	6,064	—	—	0,01286	5,998	—	—	—	5,779	—	—	0,01319	5,479	—	—	0,01344	5,013	
	1 440	251	1 472	214 (н)	0,01194	3,079	1 456	214 (н)	0,01197	3,045	1 403	210 (н)	0,01208	2,935	1 313	204 (н)	0,01229	2,745	1 217	213 (н)	0,01235	2,545	
IIIA IIIB	1 600	279	—	206 (г)	0,01226	4,224	—	206 (г)	0,01229	4,176	—	200 (г)	0,01241	4,026	—	189 (г)	0,01261	3,766	—	190 (г)	0,01285	3,497	
	1 840	319	—	—	0,01268	6,348	—	—	0,01271	6,277	—	—	—	6,050	—	—	0,01304	5,662	—	—	0,01329	5,247	
	1 440	240	1 472	214 (н)	0,01180	3,218	1 456	214 (н)	0,01184	3,183	1 403	210 (н)	0,01195	3,067	1 313	204 (н)	0,01215	2,871	1 217	213 (н)	0,01238	2,660	
	1 600	267	—	206 (г)	0,01212	4,414	—	206 (г)	0,01216	4,366	—	200 (г)	0,01227	4,207	—	189 (г)	0,01247	3,936	—	190 (г)	0,01271	3,649	
IVA IVB	1 840	306	—	—	0,01254	6,633	—	—	0,01258	6,561	—	—	—	6,322	—	—	0,01291	5,918	—	—	0,01315	5,434	
	1 440	221	1 472	214 (н)	0,01156	3,497	1 456	214 (н)	0,01159	3,458	1 403	210 (н)	0,01170	3,332	1 313	204 (н)	0,01190	3,119	1 217	213 (н)	0,01212	2,891	
	1 600	245	—	206 (г)	0,01187	4,796	—	206 (г)	0,01190	4,744	—	200 (г)	0,01201	4,571	—	189 (г)	0,01221	4,279	—	190 (г)	0,01244	3,966	
	1 840	281	—	—	0,01228	7,209	—	—	0,01231	7,129	—	—	—	6,869	—	—	0,01263	6,431	—	—	0,01288	5,961	
Тип рельса I-a																							
IA IB	1 440	263	1 476	212 (н)	0,01206	2,95	1 460	211 (н)	0,01210	2,92	1 400	207 (н)	0,01222	2,80	1 308	201 (н)	0,01243	2,61	1 212	195 (н)	0,01268	2,42	
	1 600	292	—	210 (г)	0,01239	4,04	—	209 (г)	0,01242	4,00	—	202 (г)	0,01254	3,84	—	190 (г)	0,01277	3,59	—	177 (г)	0,01302	3,32	
	1 840	334	—	—	0,01251	6,09	—	—	0,01255	6,01	—	—	—	5,77	—	—	0,01321	5,39	—	—	0,01347	4,99	
	1 440	251	1 476	212 (н)	0,01193	3,09	1 460	211 (н)	0,01196	3,05	1 400	207 (н)	0,01208	2,93	1 308	201 (н)	0,01229	2,74	1 212	195 (н)	0,01254	2,54	
IIA IIB	1 600	279	—	210 (г)	0,01224	4,24	—	209 (г)	0,01228	4,19	—	202 (г)	0,01240	4,02	—	190 (г)	0,01262	3,75	—	177 (г)	0,01287	3,43	
	1 840	319	—	—	0,01267	6,36	—	—	0,01270	6,30	—	—	—	6,04	—	—	0,01306	5,64	—	—	0,01332	5,23	
	1 440	240	1 476	212 (н)	0,01180	3,23	1 460	211 (н)	0,01183	3,19	1 400	207 (н)	0,01195	3,06	1 308	201 (н)	0,01216	2,86	1 212	195 (н)	0,01240	2,65	
	1 600	267	—	210 (г)	0,01211	4,43	—	209 (г)	0,01215	4,38	—	202 (г)	0,01227	4,20	—	190 (г)	0,01248	3,92	—	177 (г)	0,01273	3,63	
IIIA IIIB	1 840	306	—	—	0,01253	6,65	—	—	0,01257	6,58	—	—	—	6,31	—	—	0,01291	5,89	—	—	0,01317	5,46	
	1 440	240	1 476	212 (н)	0,01180	3,23	1 460	211 (н)	0,01183	3,19	1 400	207 (н)	0,01195	3,06	1 308	201 (н)	0,01216	2,86	1 212	195 (н)	0,01240	2,65	
	1 600	267	—	210 (г)	0,01211	4,43	—	209 (г)	0,01215	4,38	—	202 (г)	0,01227	4,20	—	190 (г)	0,01248	3,92	—	177 (г)	0,01273	3,63	
	1 840	306	—	—	0,01253	6,65	—	—	0,01257	6,58	—	—	—	6,31	—	—	0,01291	5,89	—	—	0,01317	5,46	

Продолжение табл. 3

Тип шпала ГОСТ 7167 и ГОСТ 78-40	Число шпал на 1 км	Вертикальный износ рельса 0 мм				Вертикальный износ рельса 1 мм				Вертикальный износ рельса 3 мм				Вертикальный износ рельса 6 мм				Вертикальный износ рельса 9 мм			
		I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ	I в см ⁴	W в см ³	k в см ⁻¹	γ
IVA IVB	221	1 476	212 (н)	0,01155	3,51	1 460	211 (н)	0,01159	3,47	1 400	207 (н)	0,01170	3,33	1 308	201 (н)	0,01191	3,11	1 212	195 (н)	0,01214	2,88
	245	—	210 (г)	0,01186	4,81	—	209 (г)	0,01190	4,76	—	202 (г)	0,01201	4,56	—	190 (г)	0,01223	4,26	—	177 (г)	0,01247	3,95
	281	—	—	0,01217	7,23	—	—	0,01231	7,15	—	—	0,01243	6,86	—	—	0,01255	6,41	—	—	0,01290	5,94
	1 840	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Тип рельса Р38 (II-a)																					
IA IB	242	1 223	180 (н)	0,01239	1,91	1 208	179 (н)	0,01243	1,89	1 156	176 (н)	0,01256	1,80	1 075	171 (н)	0,01279	1,68	988	164 (н)	0,01307	1,54
	263	—	182 (г)	0,01264	2,44	—	181 (г)	0,01269	2,41	—	174 (г)	0,01282	2,31	—	163 (г)	0,01305	2,15	—	150 (г)	0,01334	1,97
	292	—	—	0,01298	3,85	—	—	0,01302	3,31	—	—	0,01316	3,17	—	—	0,01340	2,95	—	—	0,01369	2,71
	1 840	—	—	0,01343	5,04	—	—	0,01346	4,96	—	—	0,01361	4,76	—	—	0,01386	4,43	—	—	0,01417	4,07
IIA IIB	231	1 223	180 (н)	0,01225	2,00	1 203	179 (н)	0,01229	1,97	1 156	176 (н)	0,01241	1,89	1 075	171 (н)	0,01264	1,76	988	164 (н)	0,01292	1,61
	240	—	182 (г)	0,01250	2,56	—	181 (г)	0,01254	2,53	—	174 (г)	0,01257	2,42	—	163 (г)	0,01290	2,25	—	150 (г)	0,01319	2,07
	279	—	—	0,01233	3,51	—	—	0,01288	3,47	—	—	0,01301	3,32	—	—	0,01325	3,08	—	—	0,01354	2,83
	1 840	—	—	0,01323	5,27	—	—	0,01332	5,21	—	—	0,01346	4,99	—	—	0,01371	4,64	—	—	0,01400	4,26
IIIA IIIB	221	1 223	180 (н)	0,01211	2,09	1 203	179 (н)	0,01215	2,06	1 156	176 (н)	0,01228	1,97	1 075	171 (н)	0,01250	1,84	988	164 (н)	0,01278	1,69
	240	—	182 (г)	0,01286	2,67	—	181 (г)	0,01241	2,64	—	174 (г)	0,01253	2,53	—	163 (г)	0,01276	2,35	—	150 (г)	0,01304	2,16
	267	—	—	0,01269	3,67	—	—	0,01274	3,62	—	—	0,01287	3,47	—	—	0,01310	3,22	—	—	0,01339	2,96
	1 840	—	—	0,01313	5,51	—	—	0,01318	5,44	—	—	0,01331	5,21	—	—	0,01356	4,84	—	—	0,01385	4,45
IVA IVB	203	1 223	180 (н)	0,01186	2,27	1 208	179 (н)	0,01190	2,24	1 156	176 (н)	0,01202	2,15	1 075	171 (н)	0,01225	2,00	988	164 (н)	0,01251	1,83
	221	—	182 (г)	0,01211	2,91	—	181 (г)	0,01215	2,87	—	174 (г)	0,01227	2,75	—	163 (г)	0,01250	2,55	—	150 (г)	0,01277	2,35
	245	—	—	0,01243	3,99	—	—	0,01247	3,94	—	—	0,01260	3,77	—	—	0,01283	3,50	—	—	0,01311	3,22
	1 840	—	—	0,01286	5,99	—	—	0,01290	5,92	—	—	0,01304	5,66	—	—	0,01328	5,27	—	—	0,01357	4,84
Тип рельса III-a																					
IA IB	242	968	156 (н)	0,01313	1,51	956	155 (н)	0,01318	1,49	912	152 (н)	0,01332	1,42	840	147 (н)	0,01359	1,31	765	141 (н)	0,01393	1,19
	263	—	147 (г)	0,01340	1,93	—	146 (г)	0,01345	1,91	—	140 (г)	0,01360	1,82	—	130 (г)	0,01387	1,63	—	118 (г)	0,01422	1,53
	292	—	—	0,01376	2,65	—	—	0,01381	2,62	—	—	0,01396	2,50	—	—	0,01424	2,30	—	—	0,01460	2,10
	1 840	—	—	0,01424	3,99	—	—	0,01429	3,94	—	—	0,01445	3,76	—	—	0,01474	3,46	—	—	0,01510	3,15
IIA IIB	231	968	156 (н)	0,01298	1,58	956	155 (н)	0,01303	1,56	912	152 (н)	0,01317	1,49	840	147 (н)	0,01344	1,37	765	141 (н)	0,01377	1,25
	251	—	147 (г)	0,01333	2,02	—	146 (г)	0,01336	2,00	—	140 (г)	0,01344	1,91	—	130 (г)	0,01372	1,76	—	118 (г)	0,01406	1,60
	279	—	—	0,01361	2,78	—	—	0,01365	2,74	—	—	0,01380	2,62	—	—	0,01403	2,41	—	—	0,01443	2,20
	1 840	—	—	0,01408	4,17	—	—	0,01412	4,12	—	—	0,01428	3,93	—	—	0,01457	3,62	—	—	0,01493	3,30

Продолжение табл. 3

Тип шпала ГОСТ 7157 и ОСТ 1157	Число шпал на 1 км	Модуль упругости основания в кг/см ²	Вертикальный износ рельса 0 мм				Вертикальный износ рельса 1 мм				Вертикальный износ рельса 3 мм				Вертикальный износ рельса 6 мм				Вертикальный износ рельса 9 мм			
			<i>I</i> в см ⁴	<i>W</i> в см ³	<i>k</i> в см ⁻¹	γ	<i>I</i> в см ⁴	<i>W</i> в см ³	<i>k</i> в см ⁻¹	γ	<i>I</i> в см ⁴	<i>W</i> в см ³	<i>k</i> в см ⁻¹	γ	<i>I</i> в см ⁴	<i>W</i> в см ³	<i>k</i> в см ⁻¹	γ	<i>I</i> в см ⁴	<i>W</i> в см ³	<i>k</i> в см ⁻¹	γ
IIIA IIIB	1 320	221	968	156 (п)	0,01284	1,65	956	155 (п)	0,01289	1,63	912	152 (п)	0,01303	1,56	840	147 (п)	0,01329	1,43	765	141 (п)	0,01362	1,31
	1 440	240	—	147 (г)	0,01311	2,12	—	146 (г)	0,01345	2,09	—	140 (г)	0,01330	1,99	—	130 (г)	0,01357	1,84	—	118 (г)	0,01390	1,67
	1 600	267	—	—	0,01346	2,90	—	—	0,01350	2,87	—	—	0,01365	2,73	—	—	—	2,52	—	—	0,01427	2,29
	1 840	306	—	—	0,01392	4,36	—	—	0,01397	4,31	—	—	0,01412	4,11	—	—	—	3,78	—	—	0,01477	3,45
IVA IVB	1 320	203	968	156 (п)	0,01258	1,80	956	155 (п)	0,01262	1,77	912	152 (п)	0,01276	1,69	840	147 (п)	0,01302	1,56	765	141 (п)	0,01334	1,42
	1 440	221	—	147 (г)	0,01284	2,30	—	146 (г)	0,01283	2,27	—	140 (г)	0,01302	2,17	—	130 (г)	0,01329	2,00	—	118 (г)	0,01362	1,82
	1 600	245	—	—	0,01318	3,12	—	—	0,01323	3,12	—	—	0,01337	2,97	—	—	—	2,74	—	—	0,01398	2,49
	1 840	281	—	—	0,01364	4,74	—	—	0,01368	4,68	—	—	0,01383	4,47	—	—	—	4,11	—	—	0,01446	3,75
Тип рельса IV-а																						
IA IB	1 320	242	751	127 (п)	0,01399	1,17	742	126 (п)	0,01405	1,16	708	123 (п)	0,01420	1,11	656	119 (п)	0,01447	1,02	602	115 (п)	0,01477	0,94
	1 440	263	—	123 (г)	0,01428	1,50	—	122 (г)	0,01431	1,48	—	118 (г)	0,01449	1,41	—	110 (г)	0,01477	1,31	—	102 (г)	0,01508	1,20
	1 600	292	—	—	0,01467	2,06	—	—	0,01472	2,03	—	—	0,01488	1,94	—	—	—	1,80	—	—	0,01548	1,65
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IIA IIB	1 320	231	751	127 (п)	0,01383	1,23	742	126 (п)	0,01383	1,21	708	123 (п)	0,01403	1,16	656	119 (п)	0,01430	1,07	602	115 (п)	0,01460	0,98
	1 440	251	—	123 (г)	0,01421	1,57	—	122 (г)	0,01417	1,55	—	118 (г)	0,01433	1,48	—	110 (г)	0,01460	1,37	—	102 (г)	0,01491	1,26
	1 600	279	—	—	0,01450	2,15	—	—	0,01455	2,13	—	—	0,01471	2,03	—	—	—	1,83	—	—	0,01530	1,73
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IIIA IIIB	1 320	221	751	127 (п)	0,01368	1,28	742	126 (п)	0,01378	1,27	708	123 (п)	0,01388	1,21	656	119 (п)	0,01415	1,12	602	115 (п)	0,01444	1,03
	1 440	240	—	123 (г)	0,01397	1,64	742	122 (г)	0,01402	1,62	708	118 (г)	0,01417	1,55	656	110 (г)	0,01444	1,43	602	102 (г)	0,01474	1,32
	1 600	267	—	—	0,01434	2,25	—	—	0,01439	2,22	—	—	0,01455	2,12	—	—	—	1,97	—	—	0,01514	1,80
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IVA IVB	1 320	203	751	127 (п)	0,01310	1,39	742	126 (п)	0,01345	1,38	708	123 (п)	0,01360	1,31	656	119 (п)	0,01386	1,22	602	115 (п)	0,01419	1,12
	1 440	221	—	123 (г)	0,01368	1,78	—	122 (г)	0,01373	1,76	—	118 (г)	0,01388	1,68	—	110 (г)	0,01414	1,56	—	102 (г)	0,01448	1,43
	1 600	245	—	—	0,01405	2,45	—	—	0,01410	2,42	—	—	0,01425	2,31	—	—	—	2,14	—	—	0,01487	1,96
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VA VB	1 320	183	751	127 (п)	0,01316	1,55	742	126 (п)	0,01322	1,53	708	123 (п)	0,01338	1,46	656	119 (п)	0,01363	1,35	602	115 (п)	0,01392	1,24
	1 440	199	—	123 (г)	0,01343	1,98	—	122 (г)	0,01357	1,96	—	118 (г)	0,01363	1,87	—	110 (г)	0,01389	1,73	—	102 (г)	0,01418	1,59
	1 600	221	—	—	0,01380	2,72	—	—	0,01384	2,68	—	—	0,01400	2,56	—	—	—	2,37	—	—	0,01457	2,18
	1 840	253	—	—	0,01428	4,08	—	—	0,01433	4,03	—	—	0,01449	3,85	—	—	—	3,57	—	—	0,01508	3,27

Примечание. Индексы (п) и (г) показывают место крайнего волокна, относительно которого вычислен момент сопротивления: (п)—подошва, (г)—головка.

Примечание. Индексы (п) и (г) показывают место крайнего волокна, относительно которого вычислен момент сопротивления: (п)—подоба, (г)—головка.

Продолжение табл. 4

$\frac{x}{l}$	Табличные разности для интерполяции			$\frac{1}{\gamma} = 0,15$			Табличные разности для интерполяции			$\frac{1}{\gamma} = 0,20$			Табличные разности для интерполяции			$\frac{1}{\gamma} = 0,2, 0,30$			Табличные разности для интерполяции		
	$\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma}$		$\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma}$		$\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma}$		$\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma}$		$\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma}$		$\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma}$		$\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma}$	
		по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$		по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$		по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$		по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$		по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$		по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$		по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$
2,4	-0,08275	-0,00095	+0,00835	-0,07440	+0,00665	+0,00744	-0,06656	+0,00157	+0,00626	-0,06070	+0,00215	+0,00529	-0,05511	+0,00253	+0,00839						
2,5	-0,08369	-0,00027	+0,00995	-0,07375	+0,00115	+0,00336	-0,06539	+0,00194	+0,00684	-0,05850	+0,00243	+0,00567	-0,05288	+0,00273	+0,00883						
2,6	-0,08397	+0,00032	+0,01137	-0,07280	+0,00159	+0,00915	-0,06345	+0,00227	+0,00733	-0,05512	+0,00266	+0,00597	-0,05015	+0,00288	+0,00914						
2,7	-0,08365	+0,00037	+0,01264	-0,07101	+0,00199	+0,00983	-0,06118	+0,00254	+0,00772	-0,05346	+0,00284	+0,00619	-0,04727	+0,00301	+0,00935						
2,8	-0,08278	+0,00137	+0,01376	-0,06902	+0,00232	+0,01038	-0,05864	+0,00278	+0,00802	-0,04763	+0,00299	+0,00636	-0,04426	+0,00308	+0,00943						
2,9	-0,08141	+0,00181	+0,01471	-0,06670	+0,00262	+0,01134	-0,05586	+0,00296	+0,00823	-0,04453	+0,00310	+0,00645	-0,04118	+0,00312	+0,00943						
3,0	-0,07960	+0,00219	+0,01552	-0,06403	+0,00287	+0,01118	-0,05290	+0,00311	+0,00837	-0,04137	+0,00316	+0,00647	-0,03306	+0,00314	+0,00934						
3,1	-0,07741	+0,00253	+0,01620	-0,06121	+0,00305	+0,01142	-0,04979	+0,00319	+0,00842	-0,03818	+0,00319	+0,00645	-0,03432	+0,00311	+0,00917						
3,2	-0,07488	+0,00280	+0,01672	-0,05816	+0,00319	+0,01156	-0,04660	+0,00325	+0,00835	-0,03500	+0,00318	+0,00637	-0,03181	+0,00303	+0,00893						
3,3	-0,07208	+0,00302	+0,01711	-0,05497	+0,00329	+0,01162	-0,04335	+0,00325	+0,00821	-0,03189	+0,00311	+0,00621	-0,02576	+0,00285	+0,00863						
3,4	-0,06906	+0,00319	+0,01738	-0,05168	+0,00332	+0,01153	-0,04010	+0,00320	+0,00803	-0,02887	+0,00302	+0,00603	-0,02581	+0,00281	+0,00828						
3,5	-0,06537	+0,00332	+0,01751	-0,04836	+0,00332	+0,01146	-0,03690	+0,00313	+0,00779	-0,02598	+0,00289	+0,00583	-0,02299	+0,00266	+0,00789						
3,6	-0,06255	+0,00341	+0,01751	-0,04504	+0,00329	+0,01127	-0,03377	+0,00303	+0,00751	-0,02323	+0,00275	+0,00564	-0,02034	+0,00249	+0,00747						
3,7	-0,05914	+0,00350	+0,01739	-0,04175	+0,00328	+0,01101	-0,03074	+0,00294	+0,00719	-0,02051	+0,00262	+0,00538	-0,01735	+0,00233	+0,00701						
3,8	-0,05564	+0,00356	+0,01717	-0,03847	+0,00324	+0,01067	-0,02780	+0,00235	+0,00683	-0,01812	+0,00236	+0,00478	-0,01552	+0,00218	+0,00654						
3,9	-0,05208	+0,00362	+0,01685	-0,03523	+0,00320	+0,01028	-0,02495	+0,00275	+0,00644	-0,01576	+0,00223	+0,00445	-0,01131	+0,00203	+0,00605						
4,0	-0,04846	+0,00366	+0,01643	-0,03203	+0,00316	+0,00983	-0,02220	+0,00266	+0,00601	-0,01353	+0,00212	+0,00411	-0,00942	+0,00189	+0,00554						
4,1	-0,04430	+0,00369	+0,01593	-0,02887	+0,00310	+0,00933	-0,01954	+0,00256	+0,00557	-0,01141	+0,00202	+0,00374	-0,00767	+0,00175	+0,00502						
4,2	-0,04111	+0,00370	+0,01534	-0,02577	+0,00305	+0,00879	-0,01698	+0,00248	+0,00511	-0,00942	+0,00199	+0,00338	-0,00604	+0,00163	+0,00449						
4,3	-0,03741	+0,00370	+0,01469	-0,02272	+0,00297	+0,00819	-0,01453	+0,00236	+0,00462	-0,00755	+0,00187	+0,00308	-0,00454	+0,00100	+0,00396						
4,4	-0,03371	+0,00367	+0,01326	-0,01975	+0,00290	+0,00753	-0,01217	+0,00226	+0,00412	-0,00579	+0,00176	+0,00263	-0,00431	+0,00138	+0,00343						
4,5	-0,03004	+0,00365	+0,01319	-0,01685	+0,00282	+0,00693	-0,00991	+0,00215	+0,00412	-0,00579	+0,00165	+0,00263	-0,00316	+0,00126	+0,00291						

Продолжение табл. 4

$\frac{x}{l}$	Таблицы разности для интерполяции		$\frac{1}{\gamma} = 0,10$		Таблицы разности для интерполяции		$\frac{1}{\gamma} = 0,15$		Таблицы разности для интерполяции		$\frac{1}{\gamma} = 0,20$		Таблицы разности для интерполяции		$\frac{1}{\gamma} = 0,25$		Таблицы разности для интерполяции		$\frac{1}{\gamma} = 0,30$	
	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$		
4,6	-0,02639	+0,00362	+0,01236	-0,01403	+0,00275	+0,00627	-0,00776	+0,00206	+0,00362	-0,00414	+0,00155	+0,00224	-0,00190	+0,00117	+0,000240					
4,7	-0,02277	+0,00359	+0,01149	-0,01128	+0,00269	+0,00558	-0,00570	+0,00198	+0,00311	-0,00259	+0,00146	+0,00186	-0,00073	+0,00108	+0,000189					
4,8	-0,01918	+0,00357	+0,01059	-0,00859	+0,00262	+0,00497	-0,00372	+0,00190	+0,00299	-0,00113	+0,00138	+0,00148	+0,00035	+0,00039	+0,000139					
4,9	-0,01561	+0,00355	+0,00964	-0,00597	+0,00253	+0,00415	-0,00182	+0,00184	+0,00207	+0,00025	+0,00131	+0,00109	+0,00134	+0,00083	+0,000080					
5,0	-0,01206	+0,00353	+0,00867	-0,00339	-0,00254	+0,00341	-0,00002	+0,00179	+0,00154	+0,00156	+0,00125	+0,00071	+0,00227	+0,00087	+0,000041					
5,1	-0,00853	+0,00352	+0,00768	-0,00085	-0,00250	+0,00266	-0,00181	+0,00175	+0,00100	+0,00281	+0,00121	+0,00033	+0,00314	+0,00083	-0,000007					
5,2	-0,00501	+0,00351	+0,00666	+0,00165	-0,00248	+0,00191	-0,00356	+0,00172	+0,00046	+0,00402	+0,00118	-0,00005	+0,00397	+0,00079	-0,000055					
5,3	-0,00150	+0,00350	+0,00563	+0,00413	-0,00247	+0,00115	-0,00328	+0,00170	-0,00008	+0,00520	+0,00116	-0,00044	+0,00476	+0,00077	-0,00102					
5,4	+0,00200	+0,00350	+0,00460	+0,00660	-0,00245	+0,00038	-0,00698	+0,00168	-0,00062	+0,00636	+0,00114	-0,00083	+0,00553	+0,00076	-0,00149					
5,5	+0,00550		+0,00355	+0,00905		-0,00039	-0,00866		-0,00116	+0,00750		-0,00121	+0,00629		-0,00197					

$\frac{x}{l}$	Таблицы разности для интерполяции		$\frac{1}{\gamma} = 0,40$		Таблицы разности для интерполяции		$\frac{1}{\gamma} = 0,50$		Таблицы разности для интерполяции		$\frac{1}{\gamma} = 0,75$		Таблицы разности для интерполяции		$\frac{1}{\gamma} = 1,00$		Таблицы разности для интерполяции		$\frac{1}{\gamma} = 1,50$		$\frac{1}{\gamma} = 2,00$	
	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$		
0,0	+0,30558	-0,04805	-0,01386	+0,29172	-0,04797	-0,02270	+0,26902	-0,04783	-0,01425	+0,25476	-0,04771	-0,01763	+0,23713	-0,04757	-0,01085	+0,22628						
0,1	+0,25752	-0,04418	-0,01378	+0,24374	-0,04392	-0,02255	+0,22119	-0,04347	-0,01414	+0,20705	-0,04316	-0,01749	+0,19956	-0,04272	-0,01075	+0,17831						
0,2	+0,21334	-0,04028	-0,01352	+0,19982	-0,03983	-0,02210	+0,17772	-0,03911	-0,01383	+0,16389	-0,03855	-0,01705	+0,14684	-0,03785	-0,01045	+0,13639						
0,3	+0,17306	-0,03641	-0,01312	+0,15994	-0,03582	-0,02133	+0,13861	-0,03477	-0,01330	+0,12531	-0,03402	-0,01632	+0,10899	-0,03300	-0,00997	+0,09902						
0,4	+0,13655	-0,03252	-0,01253	+0,12412	-0,03177	-0,02028	+0,10384	-0,03041	-0,01255	+0,09129	-0,02346	-0,01530	+0,07599	-0,02815	-0,00928	+0,06571						
0,5	+0,10413	-0,02867	-0,01179	+0,09235	-0,02777	-0,01892	+0,07843	-0,02612	-0,01160	+0,06183	-0,02405	-0,01399	+0,04784	-0,02336	-0,00839	+0,03945						
0,6	+0,07546	-0,02504	-0,01088	+0,06458	-0,02393	-0,01727	+0,04731	-0,02208	-0,01043	+0,03688	-0,02076	-0,01240	+0,02448	-0,01893	-0,00731	+0,01717						
0,7	+0,05042	-0,02166	-0,00983	+0,04059	-0,02050	-0,01536	+0,02523	-0,01840	-0,00911	+0,01612	-0,01693	-0,01057	+0,00555	-0,01494	-0,00608	-0,00053						
0,8	+0,02876	-0,01852	-0,00867	+0,02009	-0,01728	-0,01326	+0,00683	-0,01504	-0,00764	-0,00081	-0,01348	-0,00858	-0,00939	-0,01137	-0,00474	-0,01413						
0,9	+0,01024		-0,00743	+0,00231		-0,01102	+0,00821		-0,00608	-0,01423		-0,00657	-0,02076		-0,00333	-0,02409						

Таблица 5

Ординаты инфлюэнтных линий опорного давления на средней опоре многопролётной балки на равноупругих опорах

$\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma} = 0,10$		$\frac{1}{\gamma} = 0,15$		$\frac{1}{\gamma} = 0,20$		$\frac{1}{\gamma} = 0,25$		$\frac{1}{\gamma} = 0,30$		$\frac{1}{\gamma} = 0,40$	
	по $\frac{x}{l}$	табл. разности для интерполяции	по $\frac{x}{l}$	табл. разности для интерполяции	по $\frac{x}{l}$	табл. разности для интерполяции	по $\frac{x}{l}$	табл. разности для интерполяции	по $\frac{x}{l}$	табл. разности для интерполяции	по $\frac{x}{l}$	табл. разности для интерполяции
0,0	+0,31242	-0,00108	+0,03172	+0,34114	+0,02504	-0,00144	+0,02000	+0,38993	+0,01785	-0,00206	+0,40783	+0,02971
0,1	+0,31134	-0,00312	+0,03136	+0,34270	+0,02472	-0,00413	+0,02030	+0,38792	+0,01758	-0,00588	+0,40550	+0,02922
0,2	+0,30822	-0,00185	+0,03085	+0,33857	+0,02380	-0,00654	+0,01967	+0,38204	+0,01683	-0,00923	+0,39886	+0,02783
0,3	+0,30327	-0,00656	+0,02876	+0,33203	+0,02238	-0,00864	+0,01840	+0,37281	+0,01563	-0,01214	+0,38844	+0,02580
0,4	+0,29671	-0,00798	+0,02668	+0,32339	+0,02055	-0,01045	+0,01673	+0,36067	+0,01412	-0,01457	+0,37479	+0,02295
0,5	+0,28873	-0,00919	+0,02421	+0,31294	+0,01837	-0,01197	+0,01479	+0,34610	+0,01232	-0,01656	+0,35842	+0,01975
0,6	+0,27954	-0,01010	+0,02152	+0,30097	+0,01595	-0,01319	+0,01262	+0,32954	+0,01034	-0,01809	+0,33988	+0,01621
0,7	+0,26935	-0,01088	+0,01845	+0,28778	+0,01366	-0,01412	+0,01031	+0,31145	+0,00825	-0,01916	+0,31970	+0,01249
0,8	+0,25837	-0,01157	+0,01529	+0,27366	+0,01068	-0,01474	+0,00795	+0,29229	+0,00612	-0,01977	+0,29841	+0,00873
0,9	+0,24680	-0,01196	+0,01212	+0,25892	+0,00800	-0,01508	+0,00560	+0,27252	+0,00402	-0,01993	+0,27654	+0,00507
1,0	+0,23484	-0,01216	+0,00900	+0,24384	+0,00540	-0,01516	+0,00335	+0,25259	+0,00204	-0,01969	+0,25463	+0,00165
1,1	+0,22268	-0,01226	+0,00600	+0,22868	+0,00295	-0,01512	+0,00127	+0,23290	+0,00023	-0,01930	+0,23313	-0,00140
1,2	+0,21042	-0,01232	+0,00314	+0,21356	+0,00067	-0,01501	-0,00063	+0,21360	-0,00141	-0,01885	+0,21219	-0,00403
1,3	+0,19810	-0,01229	+0,00045	+0,19855	-0,00144	-0,01482	-0,00236	+0,19475	-0,00286	-0,01831	+0,19189	-0,00641
1,4	+0,18531	-0,01228	-0,00203	+0,18373	-0,00338	-0,01455	-0,00391	+0,17644	-0,00413	-0,01769	+0,17231	-0,00841
1,5	+0,17353	-0,01189	-0,00435	+0,16918	-0,00514	-0,01422	-0,00529	+0,15875	-0,00524	-0,01699	+0,15351	-0,01007
1,6	+0,16154	-0,01184	-0,00658	+0,15496	-0,00671	-0,01380	-0,00649	+0,14176	-0,00619	-0,01622	+0,13557	-0,01141
1,7	+0,14970	-0,01156	-0,00854	+0,14116	-0,00861	-0,01330	-0,00751	+0,12554	-0,00656	-0,01537	+0,11859	-0,01247
1,8	+0,13814	-0,01121	-0,01028	+0,12786	-0,00932	-0,01275	-0,00837	+0,11017	-0,00758	-0,01444	+0,10259	-0,01324
1,9	+0,12663	-0,01081	-0,01182	+0,11511	-0,01032	-0,01210	-0,00906	+0,09573	-0,00804	-0,01343	+0,08769	-0,01375
2,0	+0,11612	-0,01033	-0,01311	+0,10301	-0,01115	-0,01140	-0,00958	+0,08230	-0,00835	-0,01253	+0,07395	-0,01400
2,1	+0,10579	-0,00987	-0,01418	+0,09161	-0,01170	-0,01070	-0,00992	+0,06994	-0,00852	-0,01131	+0,06142	-0,01401
2,2	+0,09592	-0,00939	-0,01501	+0,08091	-0,01217	-0,01001	-0,01011	+0,05863	-0,00856	-0,01032	+0,05007	-0,01381
2,3	+0,08553	-0,00893	-0,01563	+0,07090	-0,01244	-0,00935	-0,01015	+0,04831	-0,00847	-0,00936	+0,03954	-0,01343

Продолжение табл. 5

$\frac{x}{l}$	Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции	
	$\frac{1}{\gamma} = 0,40$		$\frac{1}{\gamma} = 0,50$		$\frac{1}{\gamma} = 0,75$		$\frac{1}{\gamma} = 1,00$		$\frac{1}{\gamma} = 1,50$		$\frac{1}{\gamma} = 2,00$	
	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$	по $\frac{x}{l}$	по $\frac{1}{\gamma}$
0,0	+0,43754	+0,02434	+0,00327	+0,04706	-0,00424	+0,03551	+0,54445	+0,05266	+0,59711	-0,00633	+0,03875	+0,63557
0,1	+0,43472	+0,02389	-0,00303	+0,04609	-0,01195	+0,03470	+0,53940	+0,05133	+0,59073	-0,01794	+0,03767	+0,62840
0,2	+0,43609	+0,02265	-0,01446	+0,04341	-0,01858	+0,03243	+0,52513	+0,04761	+0,57279	-0,02769	+0,03467	+0,60746
0,3	+0,41474	+0,02074	-0,01835	+0,03929	-0,02403	+0,02398	+0,50315	+0,04195	+0,54510	-0,03561	+0,03014	+0,57524
0,4	+0,39774	+0,01829	-0,02243	+0,03405	-0,02850	+0,02160	+0,47608	+0,03481	+0,50949	-0,04174	+0,02441	+0,53380
0,5	+0,37817	+0,01543	-0,02520	+0,02793	-0,03181	+0,01955	+0,44113	+0,02662	+0,46775	-0,04604	+0,01790	+0,48515
0,6	+0,35609	+0,01231	-0,02690	+0,02135	-0,03401	+0,01408	+0,40386	+0,01785	+0,42171	-0,04854	+0,00377	+0,43048
0,7	+0,33219	+0,00931	-0,02867	+0,01427	-0,03577	+0,00849	+0,36426	+0,00891	+0,37317	-0,04921	+0,00396	+0,37713
0,8	+0,30714	+0,00573	-0,02867	+0,00775	-0,03509	+0,00301	+0,32368	+0,00023	+0,32996	-0,04303	-0,00273	+0,32123
0,9	+0,28101	+0,00264	-0,02822	+0,00135	-0,03397	-0,00203	+0,28349	-0,00761	+0,27588	-0,04514	-0,00373	+0,28715
1,0	+0,25623	-0,00025	-0,02708	-0,00443	-0,03195	-0,00656	+0,24505	-0,00801	+0,23074	-0,04072	-0,01367	+0,21707
1,1	+0,23173	-0,00278	-0,02577	-0,00929	-0,02975	-0,01017	+0,20949	-0,01947	+0,19002	-0,03622	-0,01727	+0,17275
1,2	+0,20911	-0,00483	-0,02443	-0,01327	-0,02759	-0,01296	+0,17695	-0,02354	+0,15380	-0,03200	-0,01960	+0,13420
1,3	+0,18548	-0,00673	-0,02305	-0,01643	-0,02545	-0,01499	+0,14733	-0,02631	+0,12180	-0,02803	-0,02090	+0,10100
1,4	+0,16390	-0,00820	-0,02163	-0,01883	-0,02335	-0,01635	+0,12052	-0,02410	+0,09377	-0,02432	-0,02104	+0,07273
1,5	+0,14344	-0,00937	-0,02017	-0,02055	-0,02125	-0,01710	+0,09642	-0,02150	+0,06945	-0,02038	-0,02049	+0,04896
1,6	+0,12416	-0,01039	-0,01868	-0,02220	-0,01921	-0,01735	+0,07492	-0,01900	+0,04857	-0,01770	-0,01923	+0,02929
1,7	+0,10611	-0,01126	-0,01713	-0,02216	-0,01717	-0,01714	+0,05592	-0,01650	+0,03097	-0,01479	-0,01759	+0,01323
1,8	+0,08985	-0,01141	-0,01556	-0,02182	-0,01518	-0,01657	+0,03932	-0,01430	+0,01608	-0,01214	-0,01555	+0,00053
1,9	+0,07394	-0,01136	-0,01393	-0,02108	-0,01320	-0,01569	+0,02502	-0,01211	+0,00394	-0,00976	-0,01338	-0,00944
2,0	+0,05965	-0,01115	-0,01231	-0,02004	-0,01127	-0,01460	+0,01290	-0,01005	-0,00632	-0,00798	-0,01110	-0,01692
2,1	+0,04741	-0,01074	-0,01076	-0,01876	-0,00948	-0,01333	+0,00286	-0,00813	-0,01567	-0,00698	-0,00860	-0,02241
2,2	+0,03626	-0,01021	-0,00932	-0,01728	-0,00784	-0,01203	-0,00527	-0,00641	-0,01389	-0,00535	-0,00698	-0,02614
2,3	+0,02641	-0,00957	-0,00799	-0,01563	-0,00634	-0,01060	-0,01168	-0,00487	-0,02317	-0,00401	-0,00514	-0,02331
2,4	+0,01778	-0,00863	-0,00709	-0,01422	-0,00503	-0,00913	-0,01555	-0,00355	-0,02570	-0,00253	-0,00344	-0,02914

Продолжение табл. 5

$\frac{x}{l}$	Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции		Табличные разности для интерполяции	
	$\frac{1}{\gamma} = 0,40$	по $\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma} = 0,50$	по $\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma} = 0,75$	по $\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma} = 1,00$	по $\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma} = 1,50$	по $\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma} = 2,00$	по $\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma} = 2,50$	по $\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma} = 3,00$	по $\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma} = 3,50$	по $\frac{x}{l}$	$\frac{1}{\gamma} = 4,00$	по $\frac{x}{l}$
2,5	+0,01029	-0,00749	-0,00883	+0,00146	-0,00675	-0,01389	-0,01243	-0,00501	-0,00762	-0,02005	-0,00350	-0,00690	-0,02695	-0,00125	-0,00190	-0,02885	-0,00118	-0,00053	-0,02766	-0,00067
2,6	+0,00835	-0,00644	-0,00303	-0,00418	-0,00564	-0,01206	-0,01624	-0,00381	-0,00614	-0,02238	-0,00233	-0,00475	-0,02713	-0,00018	-0,00053	-0,02766	-0,00018	-0,00053	-0,02766	-0,00067
2,7	-0,00162	-0,00547	-0,00718	-0,00880	-0,00462	-0,01021	-0,01901	-0,00277	-0,00469	-0,02370	-0,00182	-0,00276	-0,02646	+0,00067	+0,00063	-0,02578	+0,00067	+0,00063	-0,02578	+0,00067
2,8	-0,00620	-0,00458	-0,00631	-0,01251	-0,00371	-0,00339	-0,02090	-0,00189	-0,00331	-0,02421	-0,00051	-0,00094	-0,02515	+0,00131	+0,00171	-0,02344	+0,00131	+0,00171	-0,02344	+0,00131
2,9	-0,00998	-0,00378	-0,00544	-0,01542	-0,00291	-0,00662	-0,02204	-0,00057	-0,00203	-0,02407	+0,00014	+0,00067	-0,02340	+0,00175	+0,00256	-0,02084	+0,00175	+0,00256	-0,02084	+0,00175
3,0	-0,01305	-0,00307	-0,00459	-0,01764	-0,00222	-0,00497	-0,02261	-0,00057	-0,00087	-0,02348	+0,00059	+0,00205	-0,02143	+0,00197	+0,00323	-0,01821	+0,00197	+0,00323	-0,01821	+0,00197
3,1	-0,01548	-0,00243	-0,00378	-0,01926	-0,00162	-0,00346	-0,02272	-0,00011	+0,00013	-0,02259	+0,00059	+0,00316	-0,01943	+0,00200	+0,00371	-0,01572	+0,00200	+0,00371	-0,01572	+0,00200
3,2	-0,01733	-0,00185	-0,00301	-0,02034	-0,00108	-0,00210	-0,02244	+0,00028	+0,00097	-0,02147	+0,00112	+0,00404	-0,01743	+0,00197	+0,00402	-0,01341	+0,00197	+0,00402	-0,01341	+0,00197
3,3	-0,01864	-0,00131	-0,00231	-0,02295	-0,00061	-0,00088	-0,02183	+0,00061	+0,00159	-0,02014	+0,00133	+0,00468	-0,01545	+0,00193	+0,00418	-0,01128	+0,00193	+0,00418	-0,01128	+0,00193
3,4	-0,01949	-0,00085	-0,00164	-0,02113	-0,00018	+0,00020	-0,02053	+0,00090	+0,00226	-0,01867	+0,00147	+0,00514	-0,01353	+0,00186	+0,00420	-0,00933	+0,00186	+0,00420	-0,00933	+0,00186
3,5	-0,01991	-0,00066	-0,00101	-0,02093	+0,00020	+0,00113	-0,01980	+0,00113	+0,00272	-0,01708	+0,00167	+0,00541	-0,01167	+0,00177	+0,00411	-0,00756	+0,00177	+0,00411	-0,00756	+0,00177
3,6	-0,01957	+0,00027	-0,00045	-0,02042	+0,00078	+0,00194	-0,01848	+0,00147	+0,00307	-0,01541	+0,00170	+0,00561	-0,00990	+0,00163	+0,00394	-0,00596	+0,00163	+0,00394	-0,00596	+0,00163
3,7	-0,01970	+0,00052	+0,00006	-0,01964	+0,00098	+0,00263	-0,01701	+0,00155	+0,00330	-0,01371	+0,00170	+0,00549	-0,00822	+0,00155	+0,00369	-0,00453	+0,00155	+0,00369	-0,00453	+0,00155
3,8	-0,01918	+0,00074	+0,00053	-0,01865	-0,00115	+0,00319	-0,01546	+0,00155	+0,00345	-0,01201	+0,00165	+0,00534	-0,00667	+0,00142	+0,00328	-0,00328	+0,00142	+0,00328	-0,00328	+0,00142
3,9	-0,01844	+0,00090	+0,00034	-0,01753	-0,00126	+0,00363	-0,01387	+0,00159	+0,00351	-0,01036	+0,00156	+0,00511	-0,00525	+0,00126	+0,00305	-0,00220	+0,00126	+0,00305	-0,00220	+0,00126
4,0	-0,01754	+0,00101	+0,00130	-0,01624	+0,00131	+0,00395	-0,01229	+0,00158	+0,00349	-0,00880	+0,00145	+0,00481	-0,00399	+0,00109	+0,00270	-0,00128	+0,00109	+0,00270	-0,00128	+0,00109
4,1	-0,01653	+0,00111	+0,00160	-0,01493	+0,00136	+0,00417	-0,01076	+0,00153	+0,00341	-0,00738	+0,00134	+0,00445	-0,00290	+0,00094	+0,00236	-0,00054	+0,00094	+0,00236	-0,00054	+0,00094
4,2	-0,01542	+0,00119	+0,00185	-0,01357	+0,00141	+0,00423	-0,00929	+0,00147	+0,00323	-0,00601	+0,00123	+0,00405	-0,00196	+0,00079	+0,00202	-0,00006	+0,00079	+0,00202	-0,00006	+0,00079
4,3	-0,01423	+0,00126	+0,00206	-0,01217	+0,00144	+0,00431	-0,00786	+0,00139	+0,00303	-0,00478	+0,00115	+0,00361	-0,00117	+0,00067	+0,00169	-0,00052	+0,00067	+0,00169	-0,00052	+0,00067
4,4	-0,01297	+0,00133	+0,00223	-0,01074	+0,00146	+0,00427	-0,00647	+0,00135	+0,00234	-0,00363	+0,00107	+0,00313	-0,00050	+0,00057	+0,00137	-0,00087	+0,00057	+0,00137	-0,00087	+0,00057
4,5	-0,01164	+0,00138	+0,00236	-0,00923	+0,00146	+0,00416	-0,00512	+0,00132	+0,00256	-0,00256	+0,00101	+0,00263	-0,00007	+0,00048	+0,00104	-0,00111	+0,00048	+0,00104	-0,00111	+0,00048
4,6	-0,01026	+0,00142	+0,00247	-0,00779	+0,00151	+0,00399	-0,00330	+0,00130	+0,00225	-0,00155	+0,00095	+0,00210	-0,00055	+0,00041	+0,00072	-0,00127	+0,00041	+0,00072	-0,00127	+0,00041
4,7	-0,00884	+0,00146	-0,00256	-0,00628	+0,00155	+0,00376	-0,00250	+0,00123	+0,00190	-0,00060	+0,00092	+0,00156	-0,00096	+0,00036	+0,00040	-0,00136	+0,00036	+0,00040	-0,00136	+0,00036
4,8	-0,00738	+0,00145	+0,00263	-0,00475	+0,00155	+0,00353	-0,00122	+0,00127	+0,00154	-0,00032	+0,00090	+0,00100	-0,00132	+0,00032	+0,00008	-0,00140	+0,00032	+0,00008	-0,00140	+0,00032
4,9	-0,00590	+0,00145	+0,00263	-0,00322	+0,00155	+0,00327	-0,00005	+0,00127	+0,00117	-0,00042	+0,00080	+0,00042	-0,00164	+0,00030	-0,00023	-0,00141	+0,00030	-0,00023	-0,00141	+0,00030
5,0	-0,00442	+0,00145	+0,00274	-0,00165	+0,00154	+0,00309	-0,00032	+0,00127	+0,00078	-0,00010	+0,00038	-0,00016	-0,00194	+0,00016	-0,00054	-0,00140	+0,00016	-0,00054	-0,00140	+0,00016

Расчёт величин упругого прогиба рельса y , опорной реакции на шпале Q и изгибающего момента M производится по формулам:

$$y = \frac{Q}{D}, \quad Q = P\eta, \quad M = P\mu$$

в случае действия одиночной нагрузки P и

$$Q = P_1\eta_1 + P_2\eta_2 + \dots + P_n\eta_n = \sum_{i=1}^{i=n} P_i\eta_i;$$

$$M = l(P_1\mu_1 + P_2\mu_2 + \dots + P_n\mu_n) =$$

$$= l \sum_{i=1}^{i=n} P_i \mu_i$$

в случае действия системы грузов P_i .

Здесь μ — ординаты инфлюэнтных линий изгибающего момента по середине шпального пролёта в середине рельсового звена и η — ординаты инфлюэнтных линий давления на средние опоры рельса.

Остальные обозначения прежние.

В табл. 4 и 5 приведены значения коэффициентов η и μ , определённые проф. В. В. Григорьевым¹ по разработанному им методу, для 11-пролётной неразрезной балки. Значения η и μ даны в зависимости от относительных расстояний $\frac{x}{l}$ и коэффициентов $\frac{1}{\gamma}$,

где x — расстояние от груза до рассматриваемого сечения в см;

¹ В. В. Григорьев. Статический расчёт рельсов. «Труды Научно-технического комитета НКПС». Выпуск 85.

l — расстояние между осями шпал в см;
 γ — так называемый коэффициент относительной жёсткости рельса и опоры.

Значения коэффициента γ приведены в табл. 2 и 3. Коэффициенты η и μ для значений γ и $\frac{x}{l}$, не имеющих в таблице, берут по линейной интерполяции, для чего приводятся их разности при смежных значениях γ и $\frac{x}{l}$. Значение γ определяют по формуле:

$$\gamma = \frac{6EI}{Dl^3}$$

Здесь, а также в формуле $y = \frac{Q}{D}$ (см. выше), D [кг/см] — величина, характеризующая упругие свойства шпалы и основания. Эта величина является силой, которую нужно приложить к шпале в сечении под рельсом, чтобы вызвать упругую осадку шпалы в указанном сечении, равную единице (1 см):

$$D = C\alpha \frac{ab}{2},$$

где C — коэффициент постели шпал или вообще упругого основания в кг/см³;
 a — длина шпалы в см;
 b — ширина нижней постели шпалы в см;
 α — коэффициент изгиба шпалы, равный

$$\alpha = \frac{2}{ak_1 \eta_p}.$$

Значения k_1 и (η_p) см. на стр. 230.

Значения D , а также a , b и α , необходимые для расчётов рельса как балки на отдельных упругих опорах, приведены в табл. 6.

Значения D , α , a и b

Таблица 6

Тип шпал Название величины	Шпалы по ОСТ 4715				Шпалы по ОСТ 7157 и ГОСТ 78-40				
	I	II	III	IV	IA IB	IIA IIB	IIIA IIIB	IVA IVB	VA VB
Длина шпалы a в см	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Ширина нижней постели шпалы b в см	25,5	31,0	23,0	29,0	25,5	25,5	25,0	23,0	21,5
Высота шпалы h_1 в см	15,5	13,5	15,0	13,0	17,5	15,5	14,5	14,5	13,5
Момент инерции шпалы I_1 в см ⁴	7 011	5 027	5 823	4 099	10 352 10 457	6 868 7 000	5 535 6 566	5 180 5 377	3 790 3 935
Опорная площадь полушпалы $\Omega = \frac{ab}{2}$ в см ²	3 443	4 185	3 105	3 915	3 443	3 443	3 375	3 105	2 902
Коэффициент изгиба α при $C=4$ кг/см ³	0,90	0,84	0,88	0,82	0,92	0,89	0,87	0,87	0,85
То же при $C=6$ кг/см ³	0,85	0,79	0,84	0,77	0,89	0,85	0,83	0,83 0,84	0,80
Опорная площадь полушпалы с поправкой на изгиб $\Omega\alpha = \alpha \frac{ab}{2}$ в см ² : при $C=4$ кг/см ³	3 099	3 515	2 732	3 210	3 168	3 064	2 936	2 701	2 467
» $C=6$ кг/см ³	2 926	1 306	2 603	3 015	3 064	2 927	2 801	2 577 2 603	2 322
Сила в кг, вызывающая упругую просадку подрельсового сечения полушпалы на 1 см, $D=\Omega\alpha C$ в кг/см: при $C=4$ кг/см ³	12 396	14 060	10 928	12 840	12 672	12 256	11 744	10 804	9 869
» $C=6$ кг/см ³	17 556	19 836	15 643	18 090	18 334	17 562	16 806	15 462 15 648	13 932

Примечание. Отличные друг от друга значения для типов А и Б шпал по ОСТ 7157 и ГОСТ 78-40 показаны дробью: в числителе — для типа А, в знаменателе для типа Б.

РАСЧЁТ МЕСТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В РЕЛЬСЕ

Контактные напряжения¹

Контактными напряжениями называются напряжения, возникающие при нажатии одной части конструкции на другую в непосредственной близости от места соприкосновения частей конструкции. В рельсе контактные напряжения в головке возникают от нажатия колёсных бандажей на поверхности катания и на некоторой глубине от этой поверхности.

Принимают, пренебрегая коничностью бандажа вследствие её незначительности, что давление от бандажа на рельс действует по нормали к плоскости, касательной бандажу и рельсу, и что контур поверхности контакта колеса и рельса представляет собой эллипс.

Наибольшие нормальные напряжения по площадке касания бандажа и рельса σ_{\max} кг/см² возникают в центре площадки и определяются по формуле:

$$\sigma_{\max} = \alpha \sqrt[3]{\frac{PE^2}{R^2}},$$

где P — величина давления колеса на рельс в кг;

R — радиус колеса в см, который больше радиуса (r в см) поверхности катания рельса;

$$R > r,$$

E — модуль упругости стали в кг/см²;

α — коэффициент, зависящий от отношения $\frac{r}{R}$, определяемый по табл. 7.

Таблица 7
Значение коэффициента α

$\frac{r}{R}$	α	$\frac{r}{R}$	α	$\frac{r}{R}$	α	$\frac{r}{R}$	α
1,0	0,388	0,6	0,468	0,2	0,716	0,02	1,800
0,9	0,400	0,5	0,490	0,15	0,800	0,01	2,271
0,8	0,420	0,4	0,536	0,10	0,970	0,007	3,202
0,7	0,440	0,3	0,600	0,05	1,280		

Расчётные напряжения, которые надлежит сравнивать с допускаемыми напряжениями при простом растяжении или с пределом текучести, определяются по формулам:

Расчётное напряжение внутри рельса

$$\sigma_1 = 0,60 \sigma_{\max} = 0,6 \alpha \sqrt[3]{\frac{PE^2}{R^2}}.$$

Расчётное напряжение на поверхности соприкосновения:

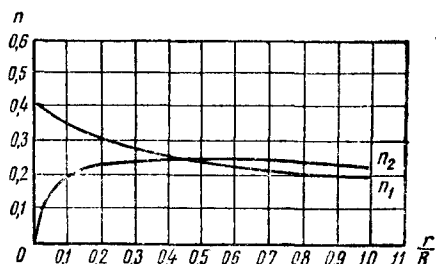
в центре эллипса касания

$$\sigma_2 = n_1 \sigma_{\max} = n_1 \alpha \sqrt[3]{\frac{PE^2}{R^2}};$$

в конце большой полуоси

$$\sigma_2 = n_2 \sigma_{\max} = n_2 \alpha \sqrt[3]{\frac{PE^2}{R^2}}.$$

Коэффициенты n_1 и n_2 в функции отношения $\frac{r}{R}$ находят по фиг. 1.



Фиг. 1. График для определения коэффициентов n_1 и n_2 .

Получаемые расчётные напряжения внутри рельса σ_1 обычно превышают предел текучести; это показывает, что остаточные деформации, правда, захватывающие небольшой объём материала, в головке рельса возможны.

Напряжения в шейке рельса под головкой¹

Суммарное напряжение в шейке от осевого сжатия и изгиба со стороны приложения динамической нагрузки P от колеса находят по формуле:

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2,$$

где σ_1 — напряжение в критическом сечении от осевого сжатия и

σ_2 — то же от изгиба.

Напряжение от осевого сжатия в кг/см²

$$\sigma_1 = \frac{Pq}{10\,000 d_1} k_1,$$

где q (кг/см) — сжимающее осевое усилие в критическом сечении на единицу длины шейки, определяемое по графику на фиг. 2, в зависимости от момента инерции головки рельса относительно горизонтальной нейтральной оси головки;

k_1 — коэффициент концентрации напряжений осевого сжатия, определяемый по графику на фиг. 3, в зависимости от отношения $\frac{r}{d_1}$ (обозначения на графике);

d_1 — толщина шейки в критическом сечении в см.

Положение критического сечения определяют графически в соответствии с фиг. 4 на высоте точки пересечения верхней выкружки шейки с прямой линией, соединяющей центр выкружки и точку пересечения опорных граней головки.

Напряжения от изгиба шейки в кг/см²

$$\sigma_2 = \frac{0,000316 MPl}{d^2} k_2,$$

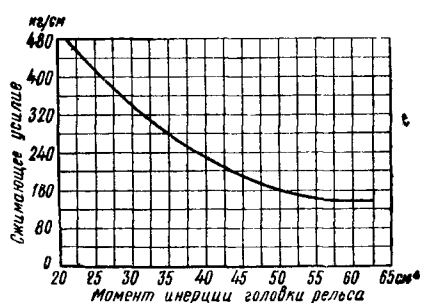
¹ Н. М. Беляев. Сопротивление материалов. Издание пятое, М., Гостехиздат, 1949.

¹ По эмпирическому методу.

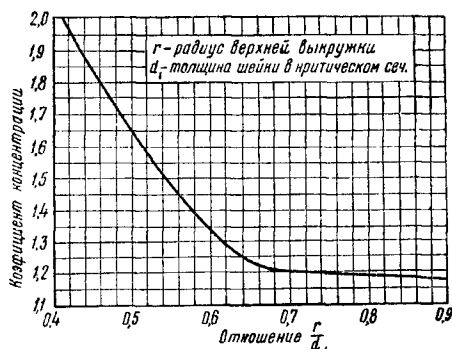
где $M \frac{\text{кг} \cdot \text{см}}{\text{см}}$ — изгибающий момент в критическом сечении на единицу длины шейки, определяемый по графику на фиг. 5, в зависимости от C — жёсткости головки на кручение;

l — эксцентриситет силы P в см;
 d — толщина шейки в месте сопряжения с верхней выкружкой в см;

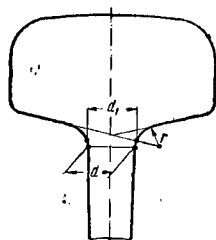
k_2 — коэффициент концентрации напряжения от изгиба, определяемый по графику на фиг. 6, в зависимости от отношения $\frac{r}{d}$.



Фиг. 2. График для определения q



Фиг. 3. График для определения k_1



Фиг. 4. Определение критического сечения

Для определения по графику изгибающего момента M приближённо рассчитывается по формуле, рекомендованной С. П. Тимо-

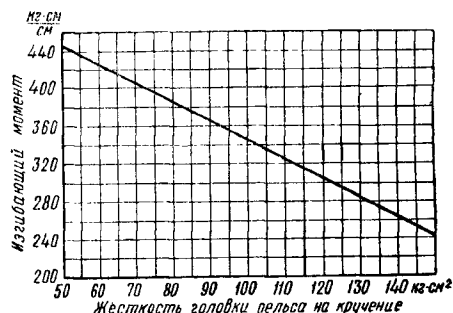
шенко¹, жёсткость головки на кручение в $\text{кг} \cdot \text{см}^2$:

$$C = \frac{F^4 G}{4\pi^2 I_p} \approx \frac{F^4 G}{40 I_p},$$

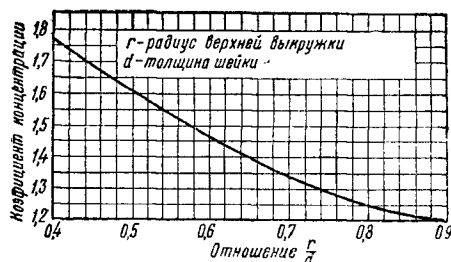
где F — площадь поперечного сечения головки рельса в см^2 ;

I_p — полярный момент инерции головки рельса в см^4 , равный сумме моментов инерции головки рельса относительно вертикальной и горизонтальной осей, проходящих через центр тяжести;

G — модуль упругости при сдвиге в $\text{кг}/\text{см}^2$.



Фиг. 5. График для определения изгибающего момента, приходящегося на 1 см длины шейки при нагрузке $P_{\text{дин}} = 10\,000 \text{ кг}$ и эксцентриситете $l = 19 \text{ мм}$



Фиг. 6. Коэффициент концентрации напряжений изгиба в верхней выкружке рельса

Расчёт шпал на изгиб и смятие

Наиболее характерными для расчёта шпал постоянного поперечного сечения на изгиб являются сечения по оси рельсов, по оси пути и по концам шпал.

Изгибающий момент M в $\text{кг} \cdot \text{см}$, упругий прогиб шпалы y в см и давление на балласт p в $\text{кг}/\text{см}^2$ в указанных сечениях определяют по формулам, приведённым в табл. 8,

где Q — усилие в кг, передаваемое от рельса на опору, определяемое по формулам, приведённым на стр. 209 и 210;

¹ С. П. Тимошенко. Сопротивление материалов, часть I, изд. 1932 г.; стр. 78.

Таблица 8

Формулы для расчёта шпал на изгиб

Сечение	Изгибающий момент	Упругий прогиб	Давление на балласт
Под рельсами . . .	$M_p = \frac{Q}{2k_1} \mu_p$	$y_p = \frac{k_1 Q}{C b} \gamma_p$	$p_p = \frac{k_1 Q}{b} \gamma_p$
По оси пути	$M_0 = \frac{Q}{2k_1} \mu_0$	$y_0 = \frac{k_1 Q}{C b} \gamma_0$	$p_0 = \frac{k_1 Q}{b} \gamma_0$
По концам шпалы	$M_K = 0$	$y_K = \frac{k_1 Q}{C b} \gamma_K$	$p_K = \frac{k_1 Q}{b} \gamma_K$

k_1 — коэффициент относительной жёсткости шпалы и её основания в см^{-1} :

$$k_1 = \sqrt[4]{\frac{C b}{4 E I_1}};$$

E_1 — модуль упругости материала шпалы в кг/см^2 ;

I_1 — момент инерции шпалы относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести сечения, в см^4 ;

C — коэффициент постели шпалы в кг/см^3 ;

b — ширина нижней постели шпалы в см .

Безразмерные значения функций γ_p и μ_p находят по табл. 9, функций γ_0 и μ_0 — по табл. 10, функций γ_K — по табл. 11.

В этих таблицах каждая верхняя строчка содержит значения γ , а каждая нижняя — значения μ .

Для пользования таблицами, в которых значения γ и μ даны в зависимости от вспомогательных безразмерных величин λ и ρ , необходимо вычислить последние по формулам:

$$\rho = k_1 \frac{r}{2} \text{ и } \lambda = k_1 \frac{a}{2},$$

здесь r — расстояние между точками приложения нагрузок к шпале в см , т. е. r есть ширина колеи плюс ширина головки рельса;

a — длина шпалы в см .

Коэффициенты γ и μ , соответствующие промежуточным между указанными в таблицах значениям ρ и λ , находят по линейной интерполяции.

Расчёт шпалы на смятие под подошвой рельса или подкладкой производят по формуле:

$$\sigma = \frac{Q}{\omega},$$

где ω — площадь опоры подошвы рельса или подкладки на шпале в см^2 .

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ДАВЛЕНИЙ НА БАЛЛАСТ И НА ОСНОВНУЮ ПЛОЩАДКУ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Наибольшие давления на балластный слой под шпалой возникают непосредственно под подошвой шпалы и распространяются на некоторую глубину в сечениях под рельсами.

В табл. 8 приведены формулы для определения давления на балласт под шпалой в подрельсовом сечении, по оси пути и под концами шпал — p_p , p_0 и p_K . Среднюю ве-

личину давления можно также определить по формуле:

$$\sigma_0 = \frac{2Q}{a b} = \frac{Q}{\Omega a} \text{ кг/см}^2,$$

где α — коэффициент изгиба шпалы, формула для определения которого приведена на стр. 227;

a и b — длина и ширина шпалы в см ;

Q — давление на шпалу в кг .

Напряжение σ_h , возникающее в балласте на некоторой глубине $h > 15 \text{ см}$ под подошвой шпалы, а также напряжение, возникающее на основной площадке земляного полотна, определяют по формуле, разработанной М. Ф. Вериги:

$$\sigma_h = \sigma'_h + \sigma''_h + \sigma'''_h \text{ кг/см}^2,$$

где σ'_h — напряжение, обусловленное давлением на балласт от основной расчётной шпалы;

σ''_h — напряжение, обусловленное давлением на балласт от одной шпалы, лежащей рядом с расчётной;

σ'''_h — напряжение, обусловленное давлением на балласт от другой соседней шпалы:

$$\sigma'_h = \sigma'_0 \left[0,509 m \left(\frac{b}{2h} - \frac{b^3}{24h^3} \right) + 1,02 \frac{(2-m)bh}{4h^2 + b^2} \right],$$

где σ'_0 — средняя величина напряжения в балласте под расчётной шпалой на уровне подошвы шпалы;

m — коэффициент концентрации, определяемый по формуле:

$$m = \frac{8,9}{\sigma_0 + 4,35};$$

$$\sigma''_h = 0,25 \sigma''_0 [\beta_1 + \beta_2 + 0,5 (\sin 2\beta_1 - \sin 2\beta_2)],$$

$$\sigma'''_h = 0,25 \sigma'''_0 [\beta_1 - \beta_2 + 0,5 (\sin 2\beta_1 - \sin 2\beta_2)],$$

где

$$\beta_1 = \arctg \frac{l + 0,5 b}{h};$$

$$\beta_2 = \arctg \frac{l - 0,5 b}{h},$$

l — расстояние между осями шпал в см ;

σ''_0 и σ'''_0 — среднее напряжение в балласте под соседними с расчётной шпалами на уровне подошвы.

Значения коэффициентов γ_p и μ_p (для подрельсового сечения)

Таблица 9

λ	ρ						ρ						λ
	$\frac{\pi}{4} = 0,785$	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	$\frac{\pi}{2} = 1,571$	1,6	1,7	
1,0	0,1167 0,0547	0,1321 0,0432	1,2711 0,0133	1,4753 0,0000	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0
1,1	0,9322 0,1046	0,9936 0,0966	1,1025 0,0478	1,2721 0,0134	1,5115 0,0000	—	—	—	—	—	—	—	1,1
1,2	0,8763 0,1603	0,8833 0,1521	0,9634 0,0960	0,0931 0,0433	1,2971 0,0138	1,5695 0,0000	—	—	—	—	—	—	1,2
1,3	0,7956 0,2177	0,7997 0,2090	0,8521 0,1513	0,9533 0,0971	0,1122 0,0496	1,3380 0,0143	1,6399 0,0000	—	—	—	—	—	1,3
1,4	0,7367 0,2711	0,7378 0,2630	0,7663 0,2079	0,8369 0,1529	0,9581 0,0994	1,1387 0,0512	1,3879 0,0143	1,7147 0,0000	—	—	—	—	1,4
1,5	0,6959 0,3178	0,6916 0,3107	0,7029 0,2612	0,7470 0,2098	0,8344 0,1562	0,9732 0,1024	1,1721 0,0530	1,4404 0,0154	1,7371 0,0000	—	—	—	1,5
$\frac{\pi}{2}$	0,6758 0,3459	0,6731 0,3396	0,6695 0,2953	0,6976 0,2482	0,7639 0,1971	0,8761 0,1431	1,0422 0,0893	1,2713 0,0415	1,5725 0,0033	1,8343 0,0000	—	—	1,571
1,6	0,6693 0,3562	0,6660 0,3502	0,6532 0,3083	0,6803 0,2632	0,7387 0,2137	0,8407 0,1602	0,9941 0,1056	1,2073 0,0549	1,4903 0,0160	1,7382 0,0015	1,8524 0,0000	—	1,6
1,7	0,6532 0,3857	0,6485 0,3309	0,6284 0,3473	0,6331 0,3102	0,6673 0,2675	0,7386 0,2186	0,8525 0,1646	1,0175 0,1087	1,2423 0,0565	1,4425 0,0263	1,5360 0,0165	1,9078 0,0000	1,7
1,8	0,6445 0,4068	0,6388 0,4032	0,6099 0,3777	0,6014 0,3492	0,6174 0,3143	0,6630 0,2731	0,7439 0,2239	0,8672 0,1638	1,0408 0,1115	1,1987 0,0728	1,2733 0,0580	1,5740 0,0169	1,8
1,9	0,6403 0,4206	0,6340 0,4179	0,5992 0,4000	0,5313 0,3799	0,5332 0,3542	0,6091 0,3210	0,6636 0,2792	0,7524 0,2290	0,8827 0,1727	1,0041 0,1310	1,0621 0,1139	1,2995 0,0591	1,9
2,0	0,6388 0,4282	0,6322 0,4265	0,5938 0,4152	0,5694 0,4026	0,5613 0,3854	0,5723 0,3610	0,6062 0,3277	0,6677 0,2850	0,7624 0,2337	0,8533 0,1932	0,8974 0,1759	1,0805 0,1159	2,0
2,1	0,6385 0,4313	0,6317 0,4303	0,5915 0,4245	0,5631 0,4184	0,5490 0,4088	0,5484 0,3928	0,5670 0,3683	0,6072 0,3342	0,6738 0,2903	0,7400 0,2538	0,7726 0,2376	0,9105 0,1785	2,1
2,2	0,6385 0,4310	0,6317 0,4305	0,5908 0,4291	0,5601 0,4285	0,5407 0,4254	0,5338 0,4169	0,5412 0,4008	0,5656 0,3755	0,6105 0,3402	0,6573 0,3091	0,6807 0,2949	0,7821 0,2408	2,2
2,3	0,6382 0,4236	0,6315 0,4285	0,5907 0,4303	0,5591 0,4340	0,5371 0,4362	0,5255 0,4342	0,5252 0,4257	0,5381 0,4087	0,5669 0,3821	0,5988 0,3572	0,6152 0,3454	0,6378 0,2986	2,3
$\frac{3\pi}{4}$	—	0,6312 0,4266	0,5907 0,4299	0,5589 0,4355	0,5362 0,4403	0,5227 0,4414	0,5193 0,4366	0,5274 0,4239	0,5401 0,4021	0,5744 0,3306	0,5876 0,3703	0,6470 0,3282	2,356
2,4	—	0,6303 0,4249	0,5906 0,4292	0,5589 0,4361	0,5357 0,4426	0,5212 0,4459	0,5159 0,4437	0,5209 0,4343	0,5380 0,4160	0,5589 0,3971	0,5699 0,3879	0,6204 0,3496	2,4
2,5	—	—	0,5902 0,4265	0,5589 0,4358	0,5353 0,4455	0,5194 0,4530	0,5110 0,4561	0,5108 0,4530	0,5193 0,4422	0,5327 0,4291	0,5398 0,4223	0,5738 0,3927	2,5
2,6	—	—	—	0,5587 0,4339	0,5353 0,4459	0,5188 0,4566	0,5088 0,4639	0,5053 0,4660	0,5089 0,4615	0,5163 0,4536	0,5207 0,4490	0,5428 0,4276	2,6
2,7	—	—	—	0,5580 0,4311	0,5352 0,4447	0,5187 0,4576	0,5080 0,4681	0,5027 0,4744	0,5029 0,4751	0,5067 0,4715	0,5093 0,4689	0,5230 0,4548	2,7
2,8	—	—	—	—	0,5348 0,4424	0,5187 0,4569	0,5079 0,4696	0,5018 0,4791	0,5001 0,4839	0,5016 0,4839	0,5029 0,4830	0,5111 0,4751	2,8
2,9	—	—	—	—	—	0,5184 0,4550	0,5079 0,4693	0,5016 0,4810	0,4989 0,4890	0,4992 0,4918	0,4998 0,4922	0,5045 0,4895	2,9
3,0	—	—	—	—	—	—	0,5077 0,4678	0,5016 0,4810	0,4987 0,4913	0,4983 0,4962	0,4986 0,4976	0,5012 0,4991	3,0
π	—	—	—	—	—	—	—	0,5013 0,4789	0,4986 0,4912	0,4931 0,4931	0,4932 0,5005	0,4996 0,5061	3,142

Таблица 10

Значения коэффициентов η_0 и μ_0 (для сечения по оси пути)

λ	ρ										ρ			λ
	$\frac{\pi}{4}=0,785$	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	$\frac{\pi}{2}=1,571$	1,6	1,7		
1,0	0,8605 -0,5059	0,8520 -0,5308	0,7937 -0,7015	0,7352 -0,8720	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	
1,1	0,7845 -0,4028	0,7749 -0,4262	0,7086 -0,5861	0,6419 -0,7452	0,5749 -0,9042	—	—	—	—	—	—	—	1,1	
1,2	0,7329 -0,3090	0,7224 -0,3307	0,6495 -0,4786	0,5758 -0,6250	0,5016 -0,7707	0,4272 -0,9163	—	—	—	—	—	—	1,2	
1,3	0,7006 -0,2270	0,6894 -0,2470	0,6116 -0,3822	0,5325 -0,5151	0,4527 -0,6465	0,3726 -0,7773	0,2925 -0,9079	—	—	—	—	—	1,3	
1,4	0,6827 -0,1583	0,6711 -0,1766	0,5901 -0,2993	0,5075 -0,4185	0,4239 -0,5354	0,3399 -0,6509	0,2557 -0,7657	0,1715 -0,8803	—	—	—	—	1,4	
1,5	0,6752 -0,1035	0,6633 -0,1201	0,5806 -0,2308	0,4962 -0,3370	0,4108 -0,4398	0,3247 -0,5403	0,2384 -0,6394	0,1520 -0,7379	0,0655 -0,8363	—	—	—	1,5	
$\frac{\pi}{2}$	0,6739 -0,0727	0,6620 -0,0882	0,5790 -0,1812	0,4943 -0,2887	0,4085 -0,3821	0,3220 -0,4725	0,2353 -0,5611	0,1484 -0,6485	0,0615 -0,7355	0,0000 -0,7971	—	—	1,571	
1,6	0,6741 -0,0618	0,6622 -0,0769	0,5793 -0,1768	0,4946 -0,2710	0,4088 -0,3607	0,3224 -0,4472	0,2358 -0,5315	0,1490 -0,6146	0,0621 -0,6971	0,0007 -0,7553	0,0247 -0,7793	—	1,6	
1,7	0,6765 -0,0319	0,6647 -0,0457	0,5826 -0,1361	0,4988 -0,2196	0,4141 -0,2978	0,3287 -0,3717	0,2432 -0,4426	0,1576 -0,5115	0,0720 -0,5792	0,0114 -0,6268	0,0136 -0,6464	0,0991 -0,7134	1,7	
1,8	0,6813 -0,0118	0,6687 -0,0246	0,5882 -0,1069	0,5061 -0,1814	0,4232 -0,2496	0,3400 -0,3127	0,2566 -0,3719	0,1734 -0,4283	0,0903 -0,4829	0,0316 -0,5209	0,0074 -0,5364	0,0754 -0,5395	1,8	
1,9	0,6840 -0,0005	0,6726 -0,0114	0,5940 -0,0871	0,5142 -0,1543	0,4338 -0,2142	0,3532 -0,2682	0,2729 -0,3176	0,1928 -0,3634	0,1132 -0,4067	0,0569 -0,4363	0,0338 -0,4483	0,0454 -0,4890	1,9	
2,0	0,6866 -0,0069	0,6756 -0,0042	0,5991 -0,0747	0,5217 -0,1359	0,4441 -0,1892	0,3666 -0,2359	0,2895 -0,2772	0,2131 -0,3143	0,1373 -0,3482	0,0840 -0,3708	0,0620 -0,3799	0,0128 -0,4101	2,0	
2,1	0,6879 -0,0094	0,6771 -0,0012	0,6029 -0,0677	0,5279 -0,1243	0,4530 -0,1724	0,3786 -0,2133	0,3050 -0,2482	0,2323 -0,2783	0,1606 -0,3047	0,1103 -0,3216	0,0897 -0,3282	0,0195 -0,3498	2,1	
2,2	0,6877 -0,0092	0,6773 -0,0010	0,6050 -0,0644	0,5324 -0,1176	0,4602 -0,1617	0,3887 -0,1981	0,3184 -0,2281	0,2494 -0,2528	0,1816 -0,2732	0,1343 -0,2856	0,1150 -0,2903	0,0494 -0,3050	2,2	
2,3	0,6863 -0,0075	0,6761 -0,0024	0,6056 -0,0636	0,5351 -0,1142	0,4653 -0,1554	0,3966 -0,1886	0,3293 -0,2148	0,2636 -0,2354	0,1996 -0,2513	0,1552 -0,2602	0,1371 -0,2634	0,0759 -0,2727	2,3	
$\frac{3\pi}{4}$	—	0,6749 -0,0036	0,6054 -0,0639	0,5360 -0,1133	0,4673 -0,1533	0,4000 -0,1850	0,3343 -0,2096	0,2704 -0,2284	0,2083 -0,2422	0,1654 -0,2496	0,1479 -0,2522	0,0391 -0,2590	2,356	
2,4	—	0,6738 -0,0047	0,6050 -0,0643	0,5363 -0,1130	0,4685 -0,1521	0,4022 -0,1829	0,3377 -0,2065	0,2750 -0,2240	0,2144 -0,2365	0,1726 -0,2429	0,1556 -0,2449	0,0985 -0,2502	2,4	
2,5	—	—	0,6032 -0,0657	0,5361 -0,1132	0,4701 -0,1508	0,4059 -0,1799	0,3437 -0,2016	0,2837 -0,2169	0,2260 -0,2270	0,1865 -0,2315	0,1705 -0,2327	0,1170 -0,2350	2,5	
2,6	—	—	—	0,5349 -0,1140	0,4704 -0,1506	0,4078 -0,1786	0,3476 -0,1989	0,2898 -0,2128	0,2346 -0,2212	0,1971 -0,2244	0,1820 -0,2251	0,1317 -0,2252	2,6	
2,7	—	—	—	0,5329 -0,1150	0,4696 -0,1511	0,4084 -0,1783	0,3497 -0,1978	0,2938 -0,2107	0,2408 -0,2179	0,2049 -0,2202	0,1905 -0,2205	0,1429 -0,2192	2,7	
2,8	—	—	—	—	0,4681 -0,1517	0,4030 -0,1784	0,3506 -0,1974	0,2961 -0,2097	0,2443 -0,2163	0,2103 -0,2180	0,1965 -0,2180	0,1511 -0,2158	2,8	
2,9	—	—	—	—	—	0,4068 -0,1788	0,3504 -0,1975	0,2971 -0,2094	0,2471 -0,2156	0,2137 -0,2169	0,2004 -0,2168	0,1569 -0,2141	2,9	
3,0	—	—	—	—	—	—	0,3495 -0,1976	0,2971 -0,2094	0,2482 -0,2153	0,2156 -0,2165	0,2027 -0,2164	0,1606 -0,2133	3,0	
π	—	—	—	—	—	—	—	0,2960 -0,2095	0,2481 -0,2153	0,2165 -0,2165	0,2039 -0,2163	0,1633 -0,2131	3,142	

Таблица 11

Значения коэффициентов γ_K (для концевых сечений)

λ	ρ						ρ						λ
	$\frac{1}{4}\pi=0,785$	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	$\frac{1}{2}\pi=1,571$	1,6	1,7	
1,0	1,2242	1,2406	1,3561	1,4753	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0
1,1	1,0939	1,1118	1,2393	1,3735	1,5155	—	—	—	—	—	—	—	1,1
1,2	0,9631	0,9819	1,1174	1,2624	1,4141	1,5695	—	—	—	—	—	—	1,2
1,3	0,8316	0,8509	0,9906	1,1416	1,3020	1,4692	1,6399	—	—	—	—	—	1,3
1,4	0,7014	0,7206	0,8606	1,0135	1,1777	1,3510	1,5310	1,7147	—	—	—	—	1,4
1,5	0,5750	0,5938	0,7308	0,8816	1,0451	1,2195	1,4031	1,5933	1,7871	—	—	—	1,5
$\frac{1}{2}\pi$	0,4896	0,5078	0,6409	0,7882	0,9488	1,1214	1,3044	1,4958	1,6930	1,8343	—	—	1,571
1,6	0,4556	0,4735	0,6047	0,7501	0,9090	1,0802	1,2624	1,4535	1,6512	1,7935	1,8524	—	1,6
1,7	0,3454	0,3622	0,4854	0,6229	0,7742	0,9387	1,1153	1,3026	1,4988	1,6418	1,7015	1,9078	1,7
1,8	0,2463	0,2617	0,3755	0,5032	0,6448	0,7998	0,9677	1,1475	1,3379	1,4782	1,5371	1,7429	1,8
1,9	0,1592	0,1732	0,2766	0,3934	0,5238	0,6676	0,8245	0,9941	1,1754	1,3103	1,3673	1,5679	1,9
2,0	0,0843	0,0968	0,1895	0,2949	0,4132	0,5446	0,6892	0,8467	1,0167	1,1441	1,1983	1,3904	2,0
2,1	0,0213	0,0323	0,1143	0,2081	0,3141	0,4327	0,5641	0,7085	0,8656	0,9844	1,0351	1,2162	2,1
2,2	-0,0306	-0,0210	0,0506	0,1330	0,2268	0,3325	0,4506	0,5813	0,7249	0,8341	0,8810	1,0495	2,2
2,3	-0,0724	-0,0642	-0,0024	0,0691	0,1512	0,2443	0,3492	0,4663	0,5959	0,6953	0,7381	0,8930	2,3
$\frac{3}{4}\pi$	—	-0,0843	-0,0278	0,0379	0,1136	0,1999	0,2975	0,4070	0,5288	0,6226	0,6632	0,8102	2,356
2,4	—	-0,0981	-0,0456	0,0157	0,0866	0,1678	0,2599	0,3635	0,4793	0,5688	0,6075	0,7484	2,4
2,5	—	—	-0,0800	-0,0281	0,0323	0,1022	0,1822	0,2730	0,3754	0,4551	0,4897	0,6166	2,5
2,6	—	—	—	-0,0634	-0,0126	0,0468	0,1154	0,1941	0,2837	0,3540	0,3847	0,4977	2,6
2,7	—	—	—	-0,0911	-0,0490	0,0007	0,0589	0,1263	0,2037	0,2651	0,2920	0,3918	2,7
2,8	—	—	—	—	-0,0778	-0,0369	0,0116	0,0686	0,1348	0,1877	0,2111	0,2982	2,8
2,9	—	—	—	—	—	-0,0670	-0,0272	0,0202	0,0760	0,1212	0,1412	0,2165	2,9
3,0	—	—	—	—	—	—	-0,0584	-0,0197	0,0267	0,0646	0,0816	0,1458	3,0
π	—	—	—	—	—	—	—	-0,0633	-0,0288	0,0000	0,0130	0,0631	3,142

РАСЧЁТ РЕЛЬСОВЫХ СТЫКОВ

Существует несколько схем для расчёта рельсовых стыков. Однако практическое использование их затрудняется отсутствием ряда необходимых экспериментальных данных.

В практике получил наибольшее распространение следующий эмпирический способ расчёта. Накладка рассматривается как балка на двух опорах, расположенных под концами накладки, нагруженная по середине двумя сосредоточенными грузами N с расстоянием между ними 4—6 см. Изгибающий момент в среднем сечении накладок от действия указанных сил и сил трения между поверхностями соприкосновения головки и подошвы рельса с накладками определяют по эмпирической формуле:

$$M = kM_p,$$

где k — коэффициент, равный 0,85;

M_p — изгибающий момент в средней части рельса.

Вследствие неравномерности работы стыковых накладок на одну накладку передаётся 60% от момента в стыке и, следовательно, изгибающий момент в накладке:

$$\frac{M}{2} = 0,5 M_p.$$

Напряжения в накладках определяют по обычным формулам сопротивления материалов, так что для накладок симметричного относительно горизонтальной оси сечения

$$\sigma = \frac{M}{2w},$$

где w — момент сопротивления накладки относительно горизонтальной оси,

а для накладок несимметричного сечения:

$$\sigma_{\max} = \left(\frac{M_u u}{2I_u} + \frac{M_v v}{2I_v} \right)_{\max},$$

где $\frac{M_u}{2}$ и $\frac{M_v}{2}$ — составляющие изгибающего момента, действующие по главным осям инерции накладки;

I_v и I_u — моменты инерции относительно главных осей инерции накладки;

u и v — расстояния от наиболее напряжённой фибры до главных осей инерции.

Данные о геометрических характеристиках накладок различного типа, необходимые для расчёта накладок, приведены в разделе о стыковых скреплениях.

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ДАВЛЕНИЯ НА РЕЛЬСЫ ОТ КОЛЁС ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Вследствие колебания наддрессорного строения подвижного состава, инерции избыточных противовесов на движущих колёсах паровозов, инерции неуравновешенных возвратно-поступательно движущихся частей, давления пара, передающегося на палец кривошипа, и различных неровностей на пути и на колёсах подвижного состава, давления колёс на рельсы во время движения непрерывно меняются. Существующей практикой расчётов во внимание принимают наибольшие и наименьшие значения действующих сил. Наибольшие силы принимаются во внимание при расчётах пути и деталей подвижного состава на прочность, а наименьшие — только при расчётах на устойчивость движения.

Величины вертикальных усилий, передаваемые колесом на рельс, определяют по формуле:

$$Q = P \pm P_p \pm P_n \pm (P_0 + P_c) \pm P_H,$$

где P — статическая нагрузка от колеса на рельс; номинальные статические нагрузки для ряда локомотивов и вагонов приводятся в табл. 17. Для паровозов допускается отступление от указанных нагрузок на $\pm 3\%$;

фактически же встречаются большие отступления — до $\pm 10\%$;

P_p — усилие, возникающее от колебания рессор;

P_n — вертикальная составляющая силы пара, приложенная к пальцу кривошипа ведущего колеса паровоза;

P_0 — вертикальная составляющая центробежной силы избыточного противовеса;

P_c — вертикальная составляющая сил инерции неуравновешенных возвратно-поступательно движущихся частей движущего механизма;

P_H — инерционная сила давления колеса на рельс, вызываемая наличием неровностей на колесе или на рельсе.

Ориентировочно $P_p = Jz$,
где J — жёсткость рессор в кг/мм, т. е. сила в кг, которую нужно приложить к рессоре, чтобы вызвать прогиб её на 1 мм;

z — разница прогиба рессоры в мм при динамической и статической нагрузках.

Величина игры рессор при нормальном состоянии пути и экипажа колеблется в пределах 14 мм от статического положения. В отдельных случаях наблюдаются отклонения до 20 — 25 мм.

Для ориентировочных расчётов принимают $z = \pm 15$ мм.

Таблица 12

Проектные приведённые жёсткости рессор на колесо для различных типов подвижного состава в кг/мм

Наименование подвижного состава		Колёсная формула	Бегунки		Сцепные оси						Поддерживающие оси	
род	серия		B_1	B_2	I	II	III	IV	V	VI	P_1	P_2
Паровозы	Б	2-3 ⁰	90,5	90,5	62,5	62,5	62,5	—	—	—	—	—
	Еа и Ем	1-5-0	305	—	200	200	117	386	293	—	—	—
	ЕЛ	1-5-0	204	—	125	125	125	219	219	—	—	—
	ЕФ	1-5-0	204	—	130	130	166	193	125	—	—	—
	ИС	1-4-2	101	—	104	104	104	112	—	—	130	130
	К	2-3-0	193	193	75	69,5	75	—	—	—	—	—
	Л	1-5-0	174	—	113	113	113	113	113	—	—	—
	НУ	1-3-0	133	—	120	120	120	—	—	—	—	—
	Ов	0-4-0	—	—	142	139	136	154	—	—	—	—
	СУ	1-3-1	236	—	83	117	87	—	—	—	83	—
	СУм	1-3-1	122	—	131	133	128	—	—	—	134	—
	СО 17, СО 18 и СОК	1-5-0	155	—	142	142	142	142	142	—	—	—
	ФД-20, ФД-21	1-5-1	155	—	167	167	167	167	167	—	167	—
	Ша	1-4-0	440	—	160	160	248	276	—	—	—	—
	Э	0-5-0	—	—	100	100	100	100	100	—	—	—
	Эм и ЭУ	0-5-0	—	—	109	109	109	109	109	—	—	—
	ЭР	0-5-0	—	—	146	146	146	146	146	—	—	—
	Серия 52	1-5-0	160	—	160	160	160	160	160	—	—	—
Тепловозы	ТЭ-01	0-3+3-0	—	—	162	162	162	162	162	162	—	—
	ТЭ-02	0-2+2+2+2-0	—	—	Все движущие оси $J=106$						—	—
Электро- возы	ВЛ-19 ¹	0-3+3-0	—	—	108	108	108	108	108	108	—	—
	ВЛ-19	0-3+3-0	—	—	88	88	88	88	88	88	—	—
	ВЛ-22	0-3+3-0	—	—	140	140	140	140	140	140	—	—
	СС, СК	0-3+3-0	—	—	140	140	140	140	140	140	—	—

¹ При усиленных пружинах $d_H = 33$ мм и $d_B = 19$ мм.

Жёсткость рессор определяется расчётом по геометрическим размерам рессор или опытным путём на рессорном станке. В табл. 12 приведены данные о жёсткости рессор некоторых экипажей.

Более точно дополнительную нагрузку на рельс от колебания надрессорного строения паровозов можно определить с учётом скорости движения (см. С. С. Зольников. О дополнительной нагрузке на рельс от колебания надрессорного строения паровозов) по формуле

$$P_p = \mathcal{K} \left(\frac{\mathcal{K}_c}{\mathcal{K}} \right) z, \text{ кг},$$

где \mathcal{K} — жёсткость рессор в кг/мм;

\mathcal{K}_c — жёсткость (или удельное сопротивление) вертикального перемещения буксы в буксовом вырезе в кг/мм;
 z — половина вертикального перемещения буксы в раме в мм.

z и $\frac{\mathcal{K}_c}{\mathcal{K}}$ находят по формулам:

$$z = 0,000025 (n^2 + n) + 5$$

и $\frac{\mathcal{K}_c}{\mathcal{K}} = 0,000015 (n^2 + n) + 1,55,$

где n — число оборотов движущих колёс в минуту.

Для вагонов более точный расчёт максимального прогиба рессор z в зависимости от скорости движения v км/час производят на основании экспериментальных работ лаборатории динамики вагонов ЦНИИ МПС по эмпирическим формулам:

хоппер на пятипружинном подвешивании:

$$z = 5,8 + 0,675 \cdot 10^{-6} v^4 \text{ при } v \leq 70 \text{ км/час};$$

хоппер на комбинированном подвешивании (спиральные и листовые рессоры):

$$z = 3,5 + 0,0000233 v^3 \text{ при } v \leq 70 \text{ км/час},$$

гондола грузоподъёмностью 60 т на комбинированном подвешивании:

$$z = 3,27 + 0,033 v \text{ при } v \leq 70 \text{ км/час};$$

крытый четырёхосный вагон грузоподъёмностью 50 т с пятипружинным подвешиванием:

$$z = 3,37 + 0,000016 v^3 \text{ при } v \leq 100 \text{ км/час},$$

то же с комбинированным подвешиванием:

$$z = 1,9 + 0,00076 v^2 \text{ при } v \leq 100 \text{ км/час}.$$

Для приближённых расчётов величины P_n в кг применяют формулу

$$P_n = A - av,$$

где A — наибольшее возможное значение P_n в кг при данной скорости;

a — параметр в $\frac{\text{кг}}{\text{км/час}}$;

v — скорость движения в км/час.

Значения A и a принимают по табл. 13.

Таблица 13

Значения A и a

При наибольшей нагрузке на ось в т	Для пассажирских паровозов		Для товарных паровозов	
	A	a	A	a
Более 16	3 000	20	4 000	30
16 и менее	2 600	20	3 500	30

Более точно величину P_n определяют с учётом конструктивных особенностей той или иной серии паровоза, а также с учётом реализуемых передовыми машинистами форсировок и отсечек по известным формулам.

Для нахождения P_0 служит следующая формула:

$$P_0 = \frac{q}{g} \omega^2 r \sin(\varphi + \gamma), \text{ кг},$$

где q — вес избыточного противовеса в кг;

r — радиус кривошипа в м;

ω — угловая скорость вращения колеса

$$\text{в } \frac{\text{рад.}}{\text{сек.}}; \omega = \frac{v}{1,8 d};$$

d — диаметр движущих колёс в м;

g — ускорение силы тяжести в м/сек²;

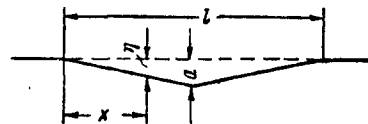
φ — угол поворота кривошипа, отсчитываемый по направлению вращения часовой стрелки от нулевого положения, за которое принимается крайнее переднее положение правого кривошипа;

γ — угол сдвига противовеса, т. е. угол между осью кривошипа и линией, соединяющей центр колеса с центром тяжести противовеса, отсчитываемый по направлению вращения часовой стрелки.

Данные, необходимые для расчёта P_0 , для ряда паровозов приведены в табл. 14.

Ввиду необходимости иметь большое количество данных для расчёта величин P_c расчётная формула здесь не приводится. С ней можно ознакомиться в статье В. Н. Иванова «Методика уравнивания паровозов». Выпуск МЭМИИТ № 54, Трансжелдориздат.

Встречаемые на практике неровности могут иметь самые разнообразные формы. Вследствие крайней сложности задачи о дополнительном силовом воздействии на рельс колеса с неровностью произвольной формы



Фиг. 7. Впадина прямолинейного ломаного очертания

решение её до сих пор в общем виде до практического применения ещё не доведено. Имеются готовые решения применительно к изолированным неровностям следующих четырёх видов: 1) впадины прямолинейного ломаного

Таблица 14

Данные об избыточных противовесах

Серия	Тип	Первая ось		Вторая ось		Третья ось		Четвёртая ось		Пятая ось		Примечание
		вес в кг	угол сдвига	вес в кг	угол сдвига	вес в кг	угол сдвига	вес в кг	угол сдвига	вес в кг	угол сдвига	
ФД	1-5-1	80	5°20'	85	9°50'	16,4	—	74,78	11°50'	77,54	5°40'	3-я ведущая
ИС	1-4-2	65	8°20'	65	18°40'	23,6пр.	4°16'пр.	64,7	9°10'	—	—	То же
Л	1-5-0	75,0	2°49'	75,0	2°44'	14,9пр.	113°42'	66,2	3°51'	62,5	3°51'	»
Э	0-5-0	18,7	—	25,5	—	11,6	45°48'	25,5	—	18,7	—	»
СУ	1-3-1	55	—	6,9	—	55	—	Постройки 1932 г.				2-я ведущая
Нв	1-3-0	68	—	29	—142°31'	55	—	—	—	—	—	То же
НВ	1-3-0	59	—	24	—94°50'	51	—	—	—	—	—	»
НУ	1-3-0	47	—	34	—167°50'	41	—	—	—	—	—	»
НУ	1-3-0	74	—	46	—31°50'	68	—	—	—	—	—	»
Нп	1-3-0	44	—	67	6°40'	41	—	—	—	—	—	»
Ншп	1-3-0	44	—	67	6°40'	41	—	—	—	—	—	»
Б	2-3-0	32	—156°30'	16	—	29	—	—	—	—	—	1-я ведущая
КУ	2-3-0	106,6	—	101,6	7°40'	97,5	—	—	—	—	—	2-я ведущая
С	1-3-1	73	—	55	17°30'	75	—	—	—	—	—	То же
УУ	2-3-0	11,7	33°23'	25,1	166°45'	20,6	—	—	—	—	—	»
ОВ	0-4-0	123	—	93	—	50	145°10'	124	—	—	—	3-я ведущая
Ыч	0-4-0	63	—	26	—	34	142°10'	65	—	—	—	То же
Щ	1-4-0	69	—	59	—	38	27°	76	—	—	—	»
ЕФ	1-5-0	88	—	82	—	261	198°20'	76	—	84	—	»
ТБ	1-5-1	52	2°	52	3°	30	7°	52	3°	52	2°	»
Та	1-5-2	132	1°08'	141	2°13'	110	8°	148	2°47'	134	1°35'	»

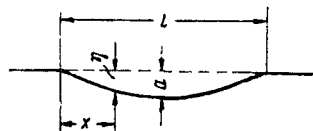
очертания (фиг. 7); 2) впадины синусоидального очертания (фиг.8); 3) впадины квазипараболического очертания (фиг. 9) и 4) впадины, очерченные по так называемой дефективной гиперболы. Последние применяются для расчёта дополнительных инерционных усилий только на неровностях, образуемых рельсовыми стыками.

Наибольшее значение P_H :

$$\max P_H = \delta Q_{\max},$$

где δ — динамический коэффициент, характеризующий влияние неровности

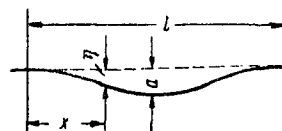
$$Q_{\max} = P + P_{p\max} + P_{n\max} + (P_0 + P_c)_{\max}.$$



Фиг. 8. Впадина синусоидального очертания

Значения динамического коэффициента, характеризующего влияние неровности, зависят от очертания неровности, её длины l , глубины a , от значения статического прогиба рельса $U_{ст}$, определяемого согласно указаниям, приведённым на стр. 208, а также от скорости движения.

Далее в табл. 15 приведены формулы, по которым для трёх типов неровностей на головках рельсов, пути или на ободке бандажей можно определить как ту критическую



Фиг. 9. Впадина квазипараболического очертания

скорость движения, при которой значение динамического коэффициента будет абсолютно наибольшим, так и значение последнего.

Таблица 15

Формулы для определения критической скорости

Вид неровностей	Критическая скорость, при которой δ оказывается наибольшим	Значение δ
Прямолинейная . .	$\frac{\phi l}{4,66}$	$1,45 \frac{a}{U_{ст}}$
Синусоидальная . .	$\frac{\phi l}{5,27}$	$1,64 \frac{a}{U_{ст}}$
Квазипараболическая	$\frac{\phi l}{4,16}$	$1,75 \frac{a}{U_{ст}}$

Параметр ψ вычисляют по формуле

$$\psi = \sqrt{\frac{2gU}{kq}},$$

где g — ускорение силы тяжести в м/сек^2 ;
 U — модуль упругости рельсового пути в кг/см^2 ;

$$k = \sqrt[4]{\frac{U}{4EI}} \text{ см}^{-1},$$

q — неподрессоренная нагрузка, передающаяся на рельс от одного колеса, в кг .

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ДОПУСКАЕМЫХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Практические расчёты для установления допускаемых скоростей движения различных экипажей в целом ряде случаев производят по проекту инструкции, разработанному в НИИ пути в 1940 г. В настоящее время разрабатывается новый проект инструкции, который будет весьма существенно отличаться от указанного. В частности, изменяются и нормы допускаемых напряжений для всех рассчитываемых элементов. Излагаемым ниже проектом следует пользоваться лишь для ориентировочных расчётов, имея в виду, что установление скоростей движения в зависимости от типа подвижного состава и от конструкции верхнего строения пути производится для всей сети железных дорог Главным управлением путевого хозяйства Министерства путей сообщения.

Статическая часть излагаемого расчёта основывается на схеме балки на сплошном упругом основании в соответствии с расчётными формулами и расчётными величинами, приведёнными на стр. 208.

Динамические напряжения в рельсах определяются от изгиба под действием вертикальной нагрузки:

$$\sigma_{\text{дин}} = \frac{M_{\text{дин}}}{W} = \frac{P_{\text{дин}}}{4wk} \leq R_0,$$

где R_0 — допускаемое напряжение.

В развёрнутом виде формула для определения $\sigma_{\text{дин}}$ имеет вид:

$$\sigma_{\text{дин}} = \frac{1}{4wk} \left(\sum \mu P + P_n + 0,02 l \gamma \frac{\sqrt{Pq}}{d} v + \right. \\ \left. + \sum \mu B v^2 + 0,0095 l \gamma \frac{B}{d} v^3 \right).$$

Выражение в скобках представляет результирующий эквивалентный груз, заменяющий при изгибе рельса динамическое воздействие заданной системы сосредоточенных нагрузок и дополнительных вертикальных сил, возникающих при движении экипажа. При этом отдельные члены указанного выражения имеют следующие значения:

1-й член $\sum \mu P$ — эквивалентный груз от статических колёсных нагрузок;

2-й член P_n — наибольшая вертикальная оставшаяся от давления пара на палец

кривошипа, добавляемая к нагрузке ведущего колеса, причём для прочих колёс локомотивов, а также для вагонов $P_n = 0$.

В случае, когда расчётным колесом паровоза является не ведущее колесо, член P_n в формулу не входит. Определяется P_n , как указано на стр. 235.

3-й член $0,02 l \gamma \frac{\sqrt{Pq}}{d} v$ — эмпирическая формула динамической добавки к статической нагрузке расчётного колеса P , т. е. того колеса, под которым желают определить напряжение, вызванное влиянием неровности на бандаже или на рельсовой нити. В этой формуле:

l — расстояние между осями шпал для средних пролётов рельсового звена;
 γ — коэффициент, учитывающий свойства балласта (табл. 16).
 q — неподрессоренная нагрузка колеса в кг ;
 d — диаметр расчётного колеса в см ;
 v — скорость движения в км/час .

Численные значения l , γ , P , q и d для ряда экипажей приводятся в табл. 16, 16а и 17.

Таблица 16
Значения l

Число шпал на 1 км	1 320	1 440	1 600	1 840
l в см	76	70	63	55

Таблица 16а
Значения γ

Род балласта	γ
Щебень и гравий I сорта	1
Гравий II сорта	1,1
Песок крупнозернистый	1,2
» среднезернистый	1,5

4-й член $\sum \mu B v^2$ — эквивалентная нагрузка от наибольших вертикальных составляющих неуравновешенных сил инерции движущих колёс паровоза, причём для прочих колёс локомотивов при отсутствии неуравновешенных вращающихся масс, а также для вагонов $\sum \mu B v^2 = 0$.

В этом члене B — коэффициент неуравновешенности данной оси, равный:

$$B = \frac{P_0 + P_c}{v^2} \frac{\text{кг}}{\left(\frac{\text{км}}{\text{час}}\right)^2}.$$

Численные значения коэффициента B , необходимые для расчёта, приведены в табл. 17.

5-й член $0,0095 l \gamma \frac{B}{d} v^3$ — динамическая добавка к наибольшей вертикальной составляющей от неуравновешенных сил инерции расчётного движущего колеса паровоза, вызванная влиянием неровности на колесе или на рельсовой нити. Для электровозов, тепловозов и вагонов этот член равен нулю.

Таблица 17

Характеристики локомотивов и вагонов для расчётов пути

Серия локомотива и колёсная формула	Название оси	Нагрузка на рельсы P_R в кг от оси	Нагрузка на рельсы P_K в кг от колеса	Расстояние между осями l в см	Диаметр колёс d в см	Неподсоренный вес (на 1 колёсо) q в кг	Коэффициент неуравновешенности B	$\sqrt{\frac{Pq}{d}}$ 0,02	$\frac{B}{d}$ 0,0095	Примечание
Ав 2-3-0	Бегун	10 800	5 400			1 410	0	0,5358	0	Ввиду отсутствия паспортных данных значения B (графа 8) взяты по паровозу Нв
	Бегун I	11 000	5 500	211	103	1 410	0	0,5408	0	
	II-в	13 800	6 900	161	103	1 725	0,17	0,3770	$0,88 \cdot 10^{-5}$	
	III	14 000	7 000	197	183	1 985	0,15	0,4074	$0,78 \cdot 10^{-5}$	
	III	13 900	6 950	234	183	1 690	0,14	0,3746	$0,73 \cdot 10^{-5}$	
Б 2-3-0	Бегун	13 300	6 650			1 392	0	0,5908	0	
	Бегун I-в	14 210	7 105	235	103	1 392	0	0,6006	0	
	II	15 580	7 790	254	183	1 864	0,29	0,4154	$1,51 \cdot 10^{-5}$	
	III	15 680	7 840	210	183	1 834	0,05	0,4144	$0,26 \cdot 10^{-5}$	
	III	15 680	7 840	210	183	1 646	0,10	0,3926	$0,52 \cdot 10^{-5}$	
ВЛ-19 Электровоз	I	20 100	10 050		122	3 250	0	0,9369	0	
	II	20 100	10 050	200	122	3 250	0	0,9369	0	
	III	20 100	10 050	380	122	3 250	0	0,9369	0	
	IV	20 100	10 050	200	122	3 250	0	0,9369	0	
	V	20 100	10 050	200	122	3 250	0	0,9369	0	
	VI	20 100	10 050	200	122	3 250	0	0,9369	0	
ВЛ-22 Электровоз	I	20 500	10 250		122	3 250	0	0,9490	0	В графах 3, 4 и 9 величина B числителя относится к ВЛ-22 без добавластировки, а в знаменателе — с добавластировкой
		22 000	11 000	200	122	3 250	0	0,9802	0	
		20 500	10 250	200	122	3 250	0	0,9490	0	
	II	22 000	11 000	200	122	3 250	0	0,9802	0	
		20 500	10 250	380	122	3 250	0	0,9490	0	
		22 000	11 000	200	122	3 250	0	0,9802	0	
	III	20 500	10 250	200	122	3 250	0	0,9490	0	
		22 000	11 000	200	122	3 250	0	0,9802	0	
		20 500	10 250	200	122	3 250	0	0,9490	0	
	IV	22 000	11 000	200	122	3 250	0	0,9802	0	
		20 500	10 250	200	122	3 250	0	0,9490	0	
		22 000	11 000	200	122	3 250	0	0,9802	0	
Ев и Ем 1-5-0	Бегун I	10 430	5 215		83,82	863	0	0,5062	0	Ввиду отсутствия паспортных данных значения q взяты по паровозу Ел
	II	17 145	8 573	279,4	132,08	1 551	0,72	0,5522	$5,18 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	17 145	8 573	142,24	132,08	1 691	0,50	0,5765	$3,60 \cdot 10^{-5}$	
	IV	17 145	8 573	142,24	132,03	2 479	0,62	0,6981	$4,46 \cdot 10^{-5}$	
	V	17 145	8 573	142,24	132,08	1 669	0,36	0,5728	$2,59 \cdot 10^{-5}$	
Ел 1-5-0	Бегун I	10 900	5 450		83,8	863	0	0,5178	0	
	II	15 900	7 950	279,4	132	1 551	0,55	0,5320	$3,96 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	16 100	8 050	142,24	132	1 691	0,55	0,5592	$3,96 \cdot 10^{-5}$	
	IV	16 200	8 100	142,24	132	2 479	0,61	0,6790	$4,39 \cdot 10^{-5}$	
	V	16 000	8 000	142,24	132	1 669	0,48	0,5536	$3,45 \cdot 10^{-5}$	
	V	16 100	8 050	142,24	132	1 552	0,55	0,5356	$3,45 \cdot 10^{-5}$	
Еф 1-5-0	Бегун I	9 900	4 950		63,8	632	0	0,4228	0	
	II	14 400	7 200	279,4	132	1 555	0,55	0,5070	$3,96 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	13 700	6 850	142,2	132	1 649	0,55	0,5092	$3,96 \cdot 10^{-5}$	
	IV	16 200	8 100	142,2	132	2 112	0,61	0,6268	$4,39 \cdot 10^{-5}$	
	V	16 700	7 850	142,2	132	1 642	0,48	0,5440	$3,45 \cdot 10^{-5}$	
	V	15 100	7 650	142,2	132	1 577	0,55	0,5229	$3,96 \cdot 10^{-5}$	
ИС 1-4-2 Сц. вес 86 т	Бегун I	16 000	8 000		105	1 080	0	0,5596	0	
	II	21 500	10 750	312,5	185	2 500	0,23	0,5604	$1,18 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	21 500	10 750	195	185	2 580	0,23	0,5694	$1,18 \cdot 10^{-5}$	
	IV	21 500	10 750	195	185	3 890	0,20	0,7002	$1,03 \cdot 10^{-5}$	
	1 подд.	21 500	10 750	195	185	2 415	0,23	0,5508	$1,18 \cdot 10^{-5}$	
	2 подд.	19 000	9 500	210,5	105	1 200	0	0,6590	0	
	2 подд.	19 000	9 500	152,5	105	1 285	0	0,6656	0	
	Бегун I	15 400	7 700		105	1 547	0	0,6576	0	
	II	20 175	10 087	312,5	185	2 735	0,23	0,5678	$1,18 \cdot 10^{-5}$	
ИС 1-4-2 Сц. вес 80,7 т	III-в	20 175	10 087	195	185	2 470	0,23	0,5396	$1,18 \cdot 10^{-5}$	
	IV	20 175	10 087	195	185	3 843	0,20	0,6732	$1,03 \cdot 10^{-5}$	
	1 подд.	20 175	10 087	195	185	2 374	0,23	0,5290	$1,18 \cdot 10^{-5}$	
	2 подд.	18 450	9 225	210,5	105	1 269	0	0,6516	0	
	2 подд.	18 450	9 225	152,5	105	1 269	0	0,6516	0	
	Бегун I	15 400	7 700		105	1 547	0	0,6576	0	
	II	20 175	10 087	312,5	185	2 735	0,23	0,5678	$1,18 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	20 175	10 087	195	185	2 470	0,23	0,5396	$1,18 \cdot 10^{-5}$	
	IV	20 175	10 087	195	185	3 843	0,20	0,6732	$1,03 \cdot 10^{-5}$	

Продолжение табл. 17

Серия локомотива и колёсная формула	Название оси	Нагрузка на рельсы P в кг от оси	Нагрузка на рельсы P в кг от колеса	Расстояние между осями l в см	Диаметр колёс d в см	Неподдресоренный вес (на 1 колесо) q в кг	Коэффициент неравномерности B	$\sqrt{\frac{Pq}{d}}$ 0,02	$\frac{B}{d}$ 0,0095	Примечание
К 2-3-0	Бегун	13 200	6 600	220	103	1 415	0	0,5934	0	Ввиду отсутствия паспортных данных значение величин по графам 8 и 10 взяты по паровозу КУ
	Бегун I	13 400	6 700	161	103	1 415	0	0,5978	0	
	II-в	15 700	7 850	197	170	1 595	0,29	0,4162	$1,45 \cdot 10^{-5}$	
	III	15 900	7 950	215	170	1 890	0,34	0,4560	$1,70 \cdot 10^{-5}$	
		15 800	7 900		170	1 550	0,27	0,4116	$1,35 \cdot 10^{-5}$	
КУ 2-3-0	Бегун	12 680	6 340	220	103	1 430	0	0,5846	0	
	Бегун I	12 820	6 410	161	103	1 430	0	0,5878	0	
	II-в	15 880	7 940	197	190	1 850	0,29	0,4034	$1,45 \cdot 10^{-5}$	
	III	15 900	7 950	215	190	2 160	0,34	0,4362	$1,70 \cdot 10^{-5}$	
		15 900	7 950		190	1 800	0,27	0,3982	$1,35 \cdot 10^{-5}$	
Л 1-5-0	Бегун I	12 400	6 200	237,5	90	1 314	0	0,6342	0	
	II	18 200	9 100	162,5	150	1 719	0,42	0,5274	$2,66 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	18 200	9 100	162,5	150	1 853	0,42	0,5475	$2,66 \cdot 10^{-5}$	
	IV	18 200	9 100	162,5	150	2 880	0,38	0,6826	$2,41 \cdot 10^{-5}$	
	V	18 200	9 100	200,0	150	1 785	0,37	0,5374	$2,34 \cdot 10^{-5}$	
Л 2-3-1 (4-цилиндровый)	Бегун I	13 300	6 650	257,5	94	1 240	0	0,6352	0	
	Бегун I-в	14 600	7 300	158	94	1 340	0	0,6654	0	
	II-в	17 300	8 650	198	184	2 260	0,10	0,4806	$0,52 \cdot 10^{-5}$	
	III	17 300	8 650	198	184	2 210	0,17	0,4752	$0,88 \cdot 10^{-5}$	
	1 подд.	16 900	8 450	340	184	1 770	0,00	0,4254	0	
М 2-4-0 (3-цилиндровый)	Бегун I	13 000	6 500	260	105	808	0	0,4366	0	
	Бегун I	14 000	7 000	219	132	1 001	0	0,4010	0	
	II-в	18 100	9 050	194,5	172	1 783	0,16	0,4672	$0,88 \cdot 10^{-5}$	
	III	18 200	9 100	194,5	172	2 201	0,25	0,5204	$1,38 \cdot 10^{-5}$	
	IV	18 100	9 050	200	172	1 799	0,20	0,4692	$1,11 \cdot 10^{-5}$	
НВ 1-3-0	Бегун I	14 000	7 000	300	103	785	0	0,4554	0	
	II-в	15 100	7 550	212	190	1 632	0,17	0,3752	$0,85 \cdot 10^{-5}$	
	III	15 000	7 500	232	190	1 986	0,15	0,3958	$0,75 \cdot 10^{-5}$	
		15 100	7 550		190	1 804	0,14	0,3984	$0,70 \cdot 10^{-5}$	
НУ 1-3-0	Бегун I	14 000	7 000	292	103	785	0	0,4554	0	
	II-в	15 900	7 950	212	190	1 882	0,20	0,3850	$1,00 \cdot 10^{-5}$	
	III	16 000	8 000	232	190	1 886	0,23	0,4088	$1,15 \cdot 10^{-5}$	
		16 000	8 000		190	1 804	0,20	0,3998	$1,00 \cdot 10^{-5}$	
ОВ 0-4-0	I	13 400	6 700	133	120	1 144	0,87	0,4616	$6,89 \cdot 10^{-5}$	
	II	13 200	6 600	128	120	1 186	0,65	0,4664	$5,23 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	13 200	6 600	123	120	1 457	0,62	0,5163	$4,91 \cdot 10^{-5}$	
	IV	13 400	6 700	123	120	1 137	0,88	0,4600	$6,97 \cdot 10^{-5}$	
О-ЭЛ-7 1-4-0 Тепловоз	Бегун I	14 300	7 150	230	95	1 380	0	0,6614	0	
	II	21 500	10 750	170	122	3 000	0	0,9310	0	
	III	21 500	10 750	170	122	2 960	0	0,9248	0	
	IV	21 500	10 750	170	122	3 140	0	0,9524	0	
		21 500	10 750		122	3 260	0	0,9704	0	
ПБ 2-3-2 Электровоз	Бегун I	16 000	8 000	210	105	1 250	0	0,6024	0	
	Бегун I	16 000	8 000	200	105	1 250	0	0,6024	0	
	II	22 330	11 165	240	105	2 425	0	0,5626	0	
	III	22 330	11 165	240	105	2 425	0	0,5626	0	
	1 подд.	22 330	11 165	200	105	2 425	0	0,5626	0	
С 1-3-1	Бегун I	13 000	6 500	270	103	768	0	0,4133	0	
	II-в	15 700	7 850	200	183	1 685	0,25	0,3974	$1,30 \cdot 10^{-5}$	
	III	15 700	7 850	200	183	2 003	0,33	0,4334	$1,71 \cdot 10^{-5}$	
	1 подд.	15 800	7 900	220	183	1 656	0,26	0,3954	$1,35 \cdot 10^{-5}$	
		15 600	7 800		120	846	0	0,4282	0	

Продолжение табл. 17

Серия локомотива и колёсная формула	Название оси	Нагрузка на рельсы P в кг от оси	Нагрузка на рельсы P в кг от колёса	Расстояние между осями l в см	Диаметр колёс d в см	Неподсоренный вес (на 1 колесо) q в кг	Коэффициент неуравновешенности B	$\sqrt{\frac{Pq}{d}}$ 0,02	$\frac{B}{0,0095 \cdot d}$	Примечание
СО17 1-5-0	Бегун I	10 000	5 000	265	90	1 205	0	0,5455	0	
	II	18 000	9 000	146	132	1 285	0,49	0,5153	$3,53 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	18 000	9 000	143	132	1 420	0,70	0,5417	$5,04 \cdot 10^{-5}$	
	IV	18 000	9 000	143	132	1 740	1,23	0,5996	$8,85 \cdot 10^{-5}$	
	V	18 000	9 000	146	132	1 400	0,65	0,5378	$4,68 \cdot 10^{-5}$	
СО18 1-5-0	Бегун I	11 000	5 500	265	90	1 205	0	0,5721	0	
	II	18 400	9 200	146	132	1 285	0,43	0,5210	$3,09 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	18 400	9 200	143	132	1 420	0,54	0,5476	$3,89 \cdot 10^{-5}$	
	IV	18 400	9 200	143	132	1 740	1,41	0,6062	$10,15 \cdot 10^{-5}$	
	V	18 400	9 200	146	132	1 400	0,55	0,5438	$3,96 \cdot 10^{-5}$	
СОК 1-5-0	Бегун I	11 000	5 500	265	90	1 205	0	0,5721	0	
	II	19 500	9 750	146	132	1 285	0,43	0,5363	$3,09 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	19 500	9 750	143	132	1 420	0,54	0,5638	$3,89 \cdot 10^{-5}$	
	IV	19 500	9 750	143	132	1 740	1,41	0,6241	$10,15 \cdot 10^{-5}$	
	V	19 500	9 750	146	132	1 400	0,55	0,5593	$3,96 \cdot 10^{-5}$	
С ^У 1-3-1	Бегун I	13 100	6 550	300	105	885	0	0,4588	0	
	II-в	18 300	9 150	197,5	185	1 777	0,18	0,4360	$0,92 \cdot 10^{-5}$	
	III	18 300	9 150	192,5	185	2 159	0,20	0,4304	$1,03 \cdot 10^{-5}$	
	1 подд.	18 300	9 150	340	185	1 748	0,18	0,4324	$0,92 \cdot 10^{-5}$	
		18 000	9 000		132	1 116	0	0,4302	0	
С-с 0-3+3-0 Электровоз	I	21 000	10 500	210	120	3 250	0	0,9736	0	В графах 3, 4 и 9 величина в числителе относится к электровозу С-с без добавластировки, в знаменателе — с добавластировкой
		22 000	11 000					0,9802	0	
	II	21 000	10 500	210	120	3 250	0	0,9736	0	
		22 000	11 000					0,9802	0	
	III	21 000	10 500	210	120	3 250	0	0,9736	0	
		22 000	11 000					0,9802	0	
	IV	21 000	10 500	380	120	3 250	0	0,9736	0	
		22 000	11 000					0,9802	0	
	V	21 000	10 500	210	120	3 250	0	0,9736	0	
		22 000	11 000					0,9802	0	
УУ 2-3-0 4-цилиндровый	Бегун	12 500	6 250	239	95	1 350	0	0,6116	0	
	Бегун I-в	14 400	7 200	220	95	1 350	0	0,6564	0	
	II-в	16 300	8 150	195	173	2 140	0,07	0,4828	$0,39 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	16 300	8 150	195	173	1 940	0,18	0,4596	$0,99 \cdot 10^{-5}$	
		16 300	8 150		173	1 700	0,07	0,4304	$0,39 \cdot 10^{-5}$	
ФД 1-5-1 С добавластировкой	Бегун I	12 200	6 100	287	90	1 206	0	0,6028	0	
	II	21 100	10 550	162,5	150	2 005	0,44	0,6132	$2,79 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	21 600	10 800	162,5	150	2 119	0,44	0,6378	$2,79 \cdot 10^{-5}$	
	IV	21 700	10 850	162,5	150	3 880	0,18	0,8652	$1,01 \cdot 10^{-5}$	
	V	22 600	11 300	162,5	150	2 129	0,44	0,6540	$2,79 \cdot 10^{-5}$	
	1 подд.	22 300	11 150	300	150	2 008	0,44	0,6303	$2,79 \cdot 10^{-5}$	
		18 400	9 200		105	1 250	0	0,6460	0	
ФД-20 1-5-1	Бегун I	12 500	6 250	287	90	1 210	0	0,610	0	
	II	20 600	10 300	162,5	150	2 010	0,47	0,607	$2,93 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	20 600	10 300	162,5	150	2 120	0,53	0,622	$3,36 \cdot 10^{-5}$	
	IV	20 600	10 300	162,5	150	3 880	0,64	0,843	$4,05 \cdot 10^{-5}$	
	V	20 600	10 300	162,5	150	2 130	0,48	0,624	$3,04 \cdot 10^{-5}$	
	1 подд.	20 600	10 300	300	150	2 010	0,48	0,607	$3,04 \cdot 10^{-5}$	
		19 100	9 550		105	1 250	0	0,660	0	
ФД-21 1-5-1	Бегун I	12 000	6 000	287	90	1 210	0	0,598	0	
	II	21 000	10 500	162,5	150	2 010	0,43	0,612	$2,73 \cdot 10^{-5}$	
	III-в	21 000	10 500	162,5	150	2 120	0,46	0,629	$2,91 \cdot 10^{-5}$	
	IV	21 000	10 500	162,5	150	3 880	0,55	0,849	$3,49 \cdot 10^{-5}$	
	V	21 000	10 500	162,5	150	2 130	0,40	0,630	$2,53 \cdot 10^{-5}$	
	1 подд.	21 000	10 500	300	150	2 010	0,36	0,612	$2,28 \cdot 10^{-5}$	
		18 000	9 000		105	1 250	0	0,638	0	

Продолжение табл. 17

Серия локомотива и колёсная формула	Название оси	Нагрузка на рельсы P в кг от оси	Нагрузка на рельсы R в кг от колеса	Расстояние между осями l в см	Диаметр колёс d в см	Неподдресоренный вес (на 1 колесо) q в кг	Коэффициент неуравновешенности B	$\sqrt{\frac{Pq}{0,02d}}$	$\frac{B}{0,0095d}$	Примечание
Щ 1-4-0	Бегун I II III-в IV	13 000	6 550	320	93	73	0	0,4706	0	
		16 000	8 000	160	130	1 312	0,45	0,4984	$3,29 \cdot 10^{-5}$	
		16 000	8 000	160	130	1 704	0,39	0,5682	$2,85 \cdot 10^{-5}$	
		16 200	8 100	150	130	1 704	0,52	0,5716	$3,80 \cdot 10^{-5}$	
		16 000	8 000	150	130	1 311	0,50	0,4982	$2,65 \cdot 10^{-5}$	
ЫЧ 0-4-0	I II III-в IV	15 130	7 565	133	120	1 196	0,50	0,5014	$3,96 \cdot 10^{-5}$	
		15 220	7 610	123	120	1 227	0,20	0,5094	$1,58 \cdot 10^{-5}$	
		16 200	7 635	123	120	1 515	0,60	0,5670	$4,75 \cdot 10^{-5}$	
		15 230	7 615	123	120	1 190	0,45	0,5018	$3,56 \cdot 10^{-5}$	
Э 0-5-0	I II III-в IV V	16 000	8 000	146	132	1 284	0,13	0,4856	$0,94 \cdot 10^{-5}$	
		16 100	8 050	143	132	1 420	0,16	0,5122	$1,15 \cdot 10^{-5}$	
		16 200	8 100	143	132	1 742	0,46	0,5692	$3,31 \cdot 10^{-5}$	
		16 100	8 050	146	132	1 400	0,16	0,5086	$1,15 \cdot 10^{-5}$	
		16 000	8 000		132	1 281	0,16	0,4850	$1,15 \cdot 10^{-5}$	
Эм 0-5-0 Постр. в 1932 г.	I II III-в IV V	17 180	8 590	146	132	1 281	0,49	0,5032	$3,52 \cdot 10^{-5}$	
		17 180	8 590	143	132	1 420	0,68	0,5444	$4,89 \cdot 10^{-5}$	
		17 970	8 985	143	132	1 742	1,63	0,5894	$11,73 \cdot 10^{-5}$	
		15 370	7 685	146	132	1 400	0,58	0,4970	$4,17 \cdot 10^{-5}$	
		15 240	7 620		132	1 281	0,47	0,4734	$3,38 \cdot 10^{-5}$	
ЭУ, Эш, Эг 0-5-0	I II III-в IV V	17 500	8 750	146	132	1 284	0,18	0,5078	$1,30 \cdot 10^{-5}$	
		17 500	8 750	143	132	1 420	0,18	0,5340	$1,30 \cdot 10^{-5}$	
		17 500	8 750	143	132	1 742	0,47	0,5916	$3,28 \cdot 10^{-5}$	
		16 250	8 125	143	132	1 400	0,14	0,5110	$1,01 \cdot 10^{-5}$	
		16 250	8 125	146	132	1 281	0,14	0,4888	$1,01 \cdot 10^{-5}$	
Э-МХ-3 2-5-1 Тепловоз	Бегун Бегун I II III IV V 1 подд.	13 000	6 500	220	105	810	0	0,4370	0	
		14 000	7 000	138	105	1 000	0	0,5040	0	
		17 400	8 700	143	132	2 625	0	0,7240	0	
		17 400	8 700	143	132	2 590	0	0,7192	0	
		17 400	8 700	143	132	2 750	0	0,7412	0	
		17 400	8 700	143	132	2 850	0	0,7546	0	
		17 600	8 800	143	132	2 800	0	0,7522	0	
		16 000	8 000	265	90	—	0		0	
Э-ЭЛ-2 1-5-1 Тепловоз	Бегун I II III IV V 1 подд.	16 350	8 175	234	95	1 485	0	0,7336	0	
		19 000	9 500	143	122	2 654	0	0,8232	0	
		19 250	9 625	143	122	2 654	0	0,8236	0	
		18 150	9 075	143	122	2 654	0	0,8046	0	
		17 500	8 750	143	122	2 654	0	0,7900	0	
		18 000	9 000	143	122	2 654	0	0,5012	0	
		16 600	8 300	234	95	2 654	0	0,9880	0	
Паровоз 2-3-2 Коломенского завода	Бегун Бегун I II-в III 1 подд. 2 подд.	13 900	6 950	225	90	1 175	0	0,6350	0	Нагрузки на оси взяты по результатам взвешивания паровоза 2-3-2 № 1 (ноябрь 1937 г.)
		13 800	6 900	155	90	1 175	0	0,6328	0	
		20 000	10 000	214	200	2 455	0,12	0,4954	$0,57 \cdot 10^{-5}$	
		21 000	10 500	214	200	3 560	0,12	0,6114	$0,57 \cdot 10^{-5}$	
		21 350	10 675	210	200	2 450	0,12	0,5114	$0,57 \cdot 10^{-5}$	
		19 100	9 550	210	90	1 045	0	0,7020	0	
		18 300	9 156	175	105	1 095	0	0,6030	0	
Паровоз 1-5-2 Улан-Удэнского завода	Бегун I II III-в IV V 1 подд. 2 подд.	13 400	6 700	305	90	1 280	0	0,650	0	
		22 500	11 250	175	163	2 255	0,276	0,618	$1,61 \cdot 10^{-5}$	
		22 500	11 250	175	163	2 400	0,277	0,637	$1,62 \cdot 10^{-5}$	
		22 500	11 250	175	163	3 950	0,357	0,818	$2,08 \cdot 10^{-5}$	
		22 500	11 250	175	163	2 420	0,230	0,633	$1,34 \cdot 10^{-5}$	
		22 500	11 250	220	163	2 255	0,277	0,618	$1,62 \cdot 10^{-5}$	
		18 600	9 300	105	105	1 260	0	0,652	0	
		18 600	9 300	152,5	105	1 260	0	0,652	0	
Моторный вагон СД 0-2+2-0	I II III IV	17 375	8 688	260	105	1 487	0	0,6846	0	Нагрузка на ось с перегрузом 20 т
		17 375	8 688	1140	105	1 487	0	0,6846	0	
		17 375	8 688	260	105	1 487	0	0,6846	0	
		17 375	8 688		105	1 487	0	0,6846	0	
Большегрузный полувагон 4-осный	I II III IV	20 400	10 200	180	95	1 000	0	0,670	0	Подъёмная сила 60 т, общий вес 81,6 т
		20 400	10 200	685	95	1 000	0	0,670	0	
		20 400	10 200	180	95	1 000	0	0,670	0	
		20 400	10 200		95	1 000	0	0,670	0	

Продолжение табл. 17

Серия локомотива и колёсная формула	Название оси	Нагрузка на рельсы P в кг от оси	Нагрузка на рельс P в кг от колеса	Расстояние между осями l в см	Диаметр колеса d в см	Неподсоренный вес (на 1 колесо) q в кг	Коэффициент неуравновешенности B	$\frac{\sqrt{Pq}}{d}$ 0,02	$\frac{B}{d}$ 0,0065	Примечание
Хоппер 4-осный	I	20 125	10 062	175	95	1 000	0	0,8678	0	Подъёмная сила 60 т, общий вес 80,5 т
	II	20 125	10 062	406	95	1 000	0	0,8678	0	
	III	20 125	10 062	175	95	1 000	0	0,8678	0	
	IV	20 125	10 062	175	95	1 000	0	0,8678	0	
Хоппер 2-осный	I	18 600	9 300	390	105	650	0	0,469	0	Подъёмная сила 25 т, общий вес 37,2 т
	II	18 600	9 300	390	105	650	0	0,469	0	
Товарный 2-осный вагон	I	15 500	7 750	390	105	650	0	0,428	0	Подъёмная сила 20 т, общий вес 31 т
	II	15 500	7 750	390	105	650	0	0,428	0	
4-осная большегрузная платформа	I	17 500	8 750	175	95	1 000	0	0,6227	0	Подъёмная сила 50 т, общий вес 70 т
	II	17 500	8 750	755	95	1 000	0	0,6227	0	
	III	17 500	8 750	175	95	1 000	0	0,6227	0	
	IV	17 500	8 750	175	95	1 000	0	0,6227	0	

Средние динамические напряжения на смятие древесины шпал под подкладкой (или под подошвой рельса при отсутствии подкладок):

$$\sigma_{ш} = \frac{Q_{дин}}{F} \leq R_{ш} \text{ кг/см}^2,$$

где F — площадь передачи давления от рельса на шпалу в см^2 ;

$R_{ш}$ — допускаемое напряжение на смятие шпал в кг/см^2 ;

$Q_{дин}$ — динамическое давление в кг, передаваемое через рельс на шпалу, определяемое по формуле:

$$Q_{дин} = \frac{kl}{2} \left(\sum \eta P + P_n + + 0,02 l \gamma \frac{\sqrt{Pq}}{d} v + \sum \gamma B v^2 \right).$$

Выражение в скобках представляет результирующий эквивалентный груз, заменяющий в отношении давления на шпалу динамическое действие заданной системы нагрузок и возникающих при движении дополнительных вертикальных сил.

Отдельные члены выражения в скобках и обозначения такие же, как в формуле динамических напряжений в рельсах.

Средние динамические напряжения в балласте непосредственно под шпалой

$$\sigma_b = \frac{Q_{дин}}{\Omega_x} \leq R_b \text{ кг/см}^2,$$

где Ω_x — площадь полушпалы в см^2 , с поправкой на изгиб шпалы $\Omega_x = \alpha \frac{ab}{2}$ (см. табл. 6).

В развёрнутом виде динамические напряжения под шпалой:

$$\sigma_b = \frac{kl}{2\Omega_x} \left(\sum \eta P + + 0,02 l \gamma \frac{\sqrt{Pq}}{d} v + \sum \gamma B v^2 \right).$$

Отдельные члены выражения и обозначения такие же, как и в формуле динамических напряжений в рельсах.

Наибольшие динамические напряжения на поверхности земляного полотна (или в балластном слое) на глубине h см ниже подошвы шпалы

$$\sigma_h = \frac{53,87}{h^{1,25}} \sigma_b.$$

Данная формула применима для обычно встречающихся на практике значений h в пределах от 15 до 75 см; вне этих пределов формула применяться не должна.

Значения $N = \frac{53,87}{h^{1,25}}$ даются в табл. 18.

Таблица 18

Значения h и N

h	N	h	N	h	N
17 см	1,561	26 см	0,918	35 см	0,633
18 »	1,453	27 »	0,875	40 »	0,535
19 »	1,353	28 »	0,836	45 »	0,462
20 »	1,275	29 »	0,800	50 »	0,405
21 »	1,198	30 »	0,767	55 »	0,360
22 »	1,131	31 »	0,736	60 »	0,323
23 »	1,070	32 »	0,707	65 »	0,292
24 »	1,014	33 »	0,681	70 »	0,265
25 »	0,964	34 »	0,656	75 »	0,244

ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Допускаемое давление на земляное полотно определяют в зависимости от рода грунта, степени его однородности, уплотнения и прочих условий. При этом в случае недостаточной несущей способности земляного полотна последнее не должно служить поводом к ограничению скоростей движения, допускаемых по условиям прочности верхнего строения пути, а должны быть приняты меры к повышению сопротивляемости земляного полотна путём его лечения.

Для здорового земляного полотна из обыкновенного грунта (суглинка, супеска, растительной земли), слежавшегося или подлежащего укатанного, допускаемое напряжение на сжатие на поверхности полотна при расчёте по приведённой формуле принимают: для нереконструированных линий $2,3 \text{ кг/см}^2$; для реконструируемых и вновь строящихся линий $2,0 \text{ кг/см}^2$.

Допускаемые средние динамические напряжения R_0 на сжатие балласта непосредственно под подошвой шпалы принимают при расчёте по приведённой формуле:

Для щебня	5,0 кг/см^2
Для гравия I сорта	4,0 "
» гравия II сорта, ракушки и доменного шлака	3,0 "
Для песка крупнозернистого с преобладанием частиц от 1 до 3 мм	2,6 "
Для среднезернистого с преобладанием частиц от 0,5 до 1 мм	2,0 "

Допускаемые средние динамические напряжения на смятие шпалы под подкладкой приняты по табл. 19.

Т а б л и ц а 19

Допускаемые средние динамические напряжения на смятие шпалы в кг/см^2

Род древесины шпал	Для линий	
	нереконструированных	реконструируемых и вновь строящихся
Дуб	60	50
Бук или граб	45	38
Сосна	30	25
Ель, пихта или кедр	25	20

Допускаемые динамические напряжения в рельсах на изгиб от действия вертикальных сил принимают по табл. 20.

Допускаемое динамическое напряжение R_0 в рельсах на изгиб от действия вертикальных сил определено способом, указанным ниже, исходя из величины предела текучести σ_s рельсовой стали (или из численно почти равного ему предела уста-

лости для рельса, рассматриваемого под действием симметричного цикла нагрузок).

Обширные испытания над различными плавками наших бессемеровских и мартеновских рельсовых сталей дают достаточное основание принять $\sigma_s = 3\,000 \text{ кг/см}^2$ для рельсов, прокатанных до 1935 г., и $\sigma_s = 3\,400 - 3\,500 \text{ кг/см}^2$ для рельсов первого сорта, удовлетворяющих ОСТ 4118 и прокатанных с 1935 г.

Наибольшие фибровые напряжения могут достигать в рельсе предела текучести, не вызывая в нём накопления остаточных деформаций и не ослабляя материала рельса. Поэтому величина $R_0 = \sigma_s$ принята за расчётное допускаемое динамическое фибровое напряжение от совместного действия вертикальных, горизонтальных и температурных сил при неблагоприятном их сочетании.

Расчётная формула, определяющая наибольшие динамические фибровые напряжения в рельсе при простом изгибе от действия вертикальных сил, всех факторов воздействия на рельс не охватывает, поэтому полученных по этой формуле расчётных напряжений, будучи меньше максимально возможных действительных, не должны достигать предела текучести. Но если эти расчётные напряжения R_0 увеличить на те фактические возникающие дополнительные напряжения, которые расчётными формулами не учитываются, то, очевидно, полученное суммарное напряжение в рельсе может быть приравнено к пределу текучести, как к допускаемому безопасному пределу напряжений, характеризующему наибольшее использование металла в сечении рельса.

Таковыми дополнительными к расчётному напряжению факторами, оцениваемыми грубо приближённо на основании экспериментальных данных в долях допускаемого расчётного напряжения или непосредственно в кг/см^2 , являются:

- 1) вызванное влиянием продольной качки (гало-пирование) от рессорного подвешивания и жёсткостью рессор увеличение колёсных нагрузок против принятых статических их значений, приблизительно оцениваемое в $7-10\%$ от величины допускаемого расчётного напряжения R_0 ;
- 2) влияние бокового изгиба и кручения рельса, вызванного действием горизонтальных составляющих колёсных нагрузок при влиянии экипажа и подуклонкой рельса и оцениваемое в 15% от R_0 ;
- 3) дополнительное влияние боковых возмущений тележек электровазов и тепловозов, не снабжённых специальными амортизаторами, оцениваемое в 17% от R_0 ;
- 4) действие температуры на напряжения в рельсах, оцениваемое добавлением 350 кг/см^2 к допускаемому расчётному напряжению (в рельсах длиной $12,5 \text{ м}$).

Исходя из указанного, получены следующие допускаемые напряжения:

- а) при расчёте пути от воздействия паровозов и вагонов

$$R_0 + 0,07 R_0 + 0,15 R_0 + 350 = R = \sigma_s = 3\,000 \text{ кг/см}^2,$$

отсюда

$$R_0 = 2\,180 \text{ кг/см}^2;$$

Т а б л и ц а 20

Допускаемые динамические напряжения в рельсах на изгиб от вертикальных сил в кг/см^2

Характеристика рельсовой стали	Расчётная подвижная нагрузка	Для линий	
		нереконструированных	реконструируемых и вновь строящихся
Рельсы прокатки до 1935 г. и рельсы II сорта А	Паровозы и вагоны	2 180	—
	Электровазы, тепловозы, теплопаровозы . .	1 900	—
Рельсы I сорта, изготовленные по ОСТ 4118 и прокатки с 1935 г.	Паровозы	2 300 ¹	2 180
	Вагоны	2 180	2 180
	Электровазы, тепловозы, теплопаровозы . .	1 900	1 900

¹ При принятии повышенного допускаемого напряжения в рельсах $R_0 = 2\,300 \text{ кг/см}^2$ перенапряжения в шпалах и балласте не допускаются.

б) при расчёте воздействия на путь электровозов и тепловозов

$$R'_0 + 0,10 R'_0 + 0,15 R'_0 + 0,17 R'_0 + 350 = R = \sigma_s = 3\,000 \text{ кг/см}^2,$$

отсюда

$$R'_0 = 1\,900 \text{ кг/см}^2.$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЁТА

Назначив по заданной характеристике пути значение коэффициента постели шпал C , находят по табл. 2 или 3 и по табл. 6 численные величины коэффициентов D , U и k , а также величину наименьшего момента сопротивления W .

Если задан рельс с одновременным вертикальным и горизонтальным (или же только с горизонтальным) износом, то по табл. 21 предварительно определяют величину приведённого (суммарного) износа, по которому уже и определяют из табл. 2 или 3 значения W и k .

Таблица 21

Приведение бокового и комбинированного износа к расчётному вертикальному износу в мм

Вертикальный износ в мм	Горизонтальный износ в мм				
	0	1	3	6	9
0	0	0,5	1,5	3	4,5
1	1	1,5	2,5	4	5,5
3	3	3,5	4,5	6	7,5
6	6	6,5	7,5	9	—
9	9	9,5	—	—	—

Величина приведённого вертикального износа по этой таблице находится на пересечении граф соответствующих износов (горизонтальной и вертикальной).

Необходимые для расчёта характеристики локомотивов приведены в табл. 17.

По найденному значению kx в табл. 1 находят значения ординат линий влияния μ и η . При помощи ординат линий влияния μ и η , пользуясь данными табл. 17, определяют для заданной схемы нагрузок значения сумм $\sum \mu P$, $\sum \eta P$, $\sum \mu B$ и $\sum \eta B$ — при положении над вершиной линии влияния (над расчётным сечением рельса) того колеса, которое даёт наибольшее значение этих сумм. При этом для нахождения ограничивающего колеса в большинстве случаев нет надобности подвергать испытанию все колёса заданной схемы. Так, например, для паровозов расчётным

колесом обычно бывает либо ведущее колесо (с учётом давления пара), либо крайнее движущее, редко — поддерживающее; в электровозах и тепловозах обычно расчётным колесом бывает крайнее движущее колесо — при определении напряжений в рельсах и среднее движущее — при расчёте напряжений в шпалах, балласте и земляном полотне.

Из вида линий влияния Q и M для балки, лежащей на сплошном упругом основании, усматривается, что практическое значение для величины ординат линий влияния η и μ могут иметь лишь колёса, находящиеся от рассматриваемого сечения рельса (от вершины линии влияния) на расстоянии не более 3 м, так как под более дальними колёсами заданной системы грузов ординаты могут не рассматриваться за малостью их абсолютного значения.

Из линий влияния для M усматривается также разгружающее влияние колёс, соседних с находящимся над вершиной линии влияния, поскольку под этими грузами обычно получаются отрицательные ординаты μ ; в противоположность этому, как видно из линии влияния для Q , колёса, соседние с расчётным, оказывают загружающее влияние, увеличивая значение $\sum \eta P$, поскольку ординаты η обычно имеют положительное значение.

Учтя по приведённым выше формулам влияние давления пара, в случае, когда расчётным колесом является ведущее колесо паровоза, получаем формулу динамических напряжений в рельсе в виде:

$$\sigma = A_1 + B_1 v + C_1 v^2 + D_1 v^3.$$

Решение данного уравнения по способу последовательных попыток производится путём подстановки в уравнение выбранных значений v с таким расчётом, чтобы полученное значение σ было возможно ближе к величине R_0 . Обычно для нахождения v_{\max} бывает достаточно 3 — 4 попыток, причём первые два раза значения v выбирают кратными 10 или 5 — в том интервале, где, по предварительным соображениям, должно лежать v_{\max} .

Техника подбора v_{\max} достаточно иллюстрируется приведённым примером расчёта.

Численный пример расчёта

I. Задание. Определить наибольшую допускаемую скорость обращения паровоза серии ФД-21 в прямых частях пути при следующих условиях: рельсы весом 50,63 кг/м с вертикальным износом 6 мм, шпалы сосновые, типа II-а, по ГОСТ 78-40 в количестве 1 600 шт/км, балласт — среднезернистый песок; толщина балластного слоя — 35 см под подошвой шпалы.

II. Данные об экипажной части паровоза серии ФД-21

Показатели	Бегунок	I сцепная ось	II сцепная ось	III ведущая ось	IV сцепная ось	V сцепная ось	Поддерживающая ось
Давление колеса P в кг	6 000	10 500	10 500	10 500	10 500	10 500	9 000
Диаметр колеса d в см	90	150	150	150	150	150	105
Неподдрессоренный вес колеса q в кг	1 210	2 010	2 120	3 880	2 130	2 010	1 250
Коэффициент неуравновешенности колеса B	0	0,43	0,46	0,55	0,40	0,36	0
Расстояние между колёсами в см	287	162,5	162,5	162,5	162,5	162,5	300

III. Невыгоднейший случай нагрузки

Из рассмотрения колёсной схемы, а также данных о нагрузках и неуравновешенности видно, что невыгоднейший случай нагрузки может быть лишь тогда, когда расчётным колесом будет либо 3-е ведущее, либо 5-е сцепное, либо поддерживающее. При этом условии, необходимое (но не достаточное) для того, чтобы поддерживающее колесо оказалось расчётным, заключается в том, чтобы для него $\Sigma \mu P$ (и соответственно $\Sigma \gamma P$) было больше, чем значения этих же сумм 3-го или 5-го колёс.

IV. Расчётные данные из таблиц

$C = 4 \text{ кг/см}^3$; $U = 195 \text{ кг/см}^2$; $k = 0,01064 \text{ см}^{-1}$;
 $x_3 = 162,5 \text{ см}$; $kx_3 = 1,73$; $\mu_1 = -0,2032$; $\gamma_1 = 0,1470$;
 $x_n = 300,0 \text{ см}$; $kx_n = 3,19$; $\mu_2 = -0,0391$; $\gamma_2 = -0,0431$;
 $W = 228 \text{ см}^3$;
 $I = 1811 \text{ см}^4$;
 $\omega = 496 \text{ см}^4$;
 $\Omega \alpha = 3064 \text{ см}^2$;
 $l = 63 \text{ см}$;
 $\gamma = 1,5$;
 $P_n = 4000 - 30 v$.

V. Определение отдельных величин, входящих в расчётные формулы

$$\frac{1}{4Wk} = \frac{1}{4 \cdot 228 \cdot 0,01064} = 0,1031;$$

$$\frac{kl}{2\omega} = \frac{0,01064 \cdot 63}{2 \cdot 496} = 0,000676;$$

$$\frac{kl}{2\Omega\alpha} = \frac{0,01064 \cdot 63}{2 \cdot 3064} = 0,0001094;$$

$$l\gamma = 63 \cdot 1,5 = 94,5.$$

Все необходимые для расчёта данные целесообразно сводить в специальные расчётные таблицы (см. табл. 22, 23, 24):

а) ведущая III ось

$$\Sigma \mu P = 10500 - (10500 + 10500) \cdot 0,2032 = 6240 \text{ кг};$$

$$\Sigma \gamma P = 10500 + (10500 + 10500) \cdot 0,1470 = 13590 \text{ кг};$$

$$\Sigma \mu B = 0,55 - (0,46 + 0,40) \cdot 0,2032 = 0,375;$$

$$\Sigma \gamma B = 0,55 + (0,46 + 0,40) \cdot 0,1470 = 0,676;$$

$$0,02 l \gamma \frac{\sqrt{Pq}}{d} = 80,5;$$

$$0,0095 l \gamma \frac{B}{d} = 0,00329;$$

б) V сцепная ось

$$\Sigma \mu P = 10500 - 10500 \cdot 0,2032 - 9000 \cdot 0,0391 = 8020 \text{ кг};$$

$$\Sigma \gamma P = 10500 + 10500 \cdot 0,1470 - 9000 \cdot 0,0431 = 11650 \text{ кг};$$

$$\Sigma \mu B = 0,36 - 0,40 \cdot 0,2032 = 0,279;$$

$$\Sigma \gamma B = 0,36 + 0,40 \cdot 0,1470 = 0,301;$$

$$0,02 l \gamma \frac{\sqrt{Pq}}{d} = 58,0;$$

$$0,0095 l \gamma \frac{B}{d} = 0,00216;$$

в) поддерживающая ось

$$\Sigma \mu P = 9000 - 10500 \cdot 0,0391 = 8590 \text{ кг};$$

$$\Sigma \gamma P = 9000 - 10500 \cdot 0,0431 = 8550 \text{ кг};$$

$$0,02 l \gamma \frac{\sqrt{Pq}}{d} = 61,0.$$

VI. Определение допускаемой скорости по напряжениям в рельсах от вертикальных сил

а) расчётная ось — III ведущая

$$\sigma = 0,1031 (6240 + 4000 - 30v + 80,5v + 0,375v^2 + 0,00329v^3) = 1055 + 5,2v + 0,0386v^2 + 0,000339v^3;$$

$$\sigma_{70} = 1055 + 364 + 189 + 116 = 1725 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{85} = 1055 + 442 + 278 + 208 = 1983 \text{ кг/см}^2.$$

Рассчитывать при большей скорости не нужно, так как конструкционная скорость паровоза ФД 85 км/час.

Таблица 22

Постоянные, зависящие от характеристики пути

Рельсы					Шпалы			Балласт			Производные постоянные		
тип	износ в мм	I в см ⁴	W в см ³	R_0 в кг/см ²	тип	число шпал на 1 км в шт.	l в см	Род балласта	C в кг/см ³	γ	k 1/см	$\frac{1}{4} \frac{Wk}{l}$ 1/см ²	$l\gamma$ в см
Р50	6	1811	228	2 180	IIA	1 600	63	Среднезернистый песок	4	1,5	0,01064	0,1031	94,5

Таблица 23

Постоянные, зависящие от локомотива и пути

Расчётные величины	О с и						
	бегунок	I	II	III-B	IV	V	поддерживающая
P в кг	6000	10500	10500	10500	10500	10500	9000
q в кг	1210	2010	2120	3880	2130	2010	1250
B в $\frac{\text{кг}}{(\text{км/час})^2}$	0	0,43	0,46	0,55	0,40	0,36	0
d в см	90	150	150	150	150	150	105
$\gamma l 0,02 \frac{\sqrt{Pq}}{d}$	56,6	57,8	59,5	80,5	59,5	58,0	61,0
$0,0095 \frac{B}{d} l \gamma$	0	$258 \cdot 10^{-5}$	$275 \cdot 10^{-5}$	$329 \cdot 10^{-5}$	$239 \cdot 10^{-5}$	$216 \cdot 10^{-5}$	0
P_n в кг	—	—	—	4000 - 30v	—	—	—

Таблица 24

Определение расчётных величин

№ установки	Расчётное колесо	Расчётная величина	О с и					ΣμP ΣμB
			II	III-B	IV	V	поддерживающая	
1	3-е	x Kx μ μ P μ B	162,5 1,73 -0,2032 -2 130 -0,0935	0 0 1 10 500 0,35	162,5 1,73 -0,2032 -2 130 -0,0812			6 240 0,3733
2	5-е	x Kx μ μ P μ B			162,5 1,73 -0,2032 -2 130 -0,031	0 0 1 10 500 0,36	300 3,19 -0,0391 -350 0	8 020 0,279
3	Поддерживающее	x Kx μ μ P μ B				300 3,19 -0,0391 -410 -0,0141	0 0 1 9 000 0	8 590 -0,0141

б) расчётная ось — V движущая

$$\sigma = 0,1031 (8\,020 + 58v + 0,279v^2 + 0,00216v^3) = 830 + 6v + 0,028v^2 + 0,000223v^3;$$

$$\sigma_{70} = 830 + 420 + 137 + 76 = 1\,463 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{85} = 830 + 510 + 205 + 137 = 1\,680 \text{ кг/см}^2;$$

в) расчётная ось — поддерживающая

$$\sigma = 0,1031 (8\,590 + 61,0v) = 885 + 6,28v;$$

$$\sigma_{85} = 885 + 535 = 1\,420 \text{ кг/см}^2.$$

Таким образом, по напряжениям в рельсах допускаемая скорость не ограничивается в пределах той скорости, какая допускается конструкцией паровоза.

VII. Определение напряжений на смятие в шпалах

а) расчётная ось — III ведущая

$$\sigma_{ш} = 0,000676 (13\,590 + 4\,000 - 30v + 80,5v + 0,676v^2) = 11,9 + 0,0341v + 0,000457v^2.$$

При скорости 85 км/час имеем:

$$\sigma_{ш_{85}} = 11,9 + 2,9 + 3,3 = 18,1 \text{ кг/см}^2 \text{ (меньше допускаемых } 25 \text{ кг/см}^2\text{)};$$

б) V движущая ось

$$\sigma_{ш} = 0,000676 (11\,650 + 58,0v + 0,301v^2) = 7,87 + 0,0392v + 0,000204v^2.$$

$$\sigma_{ш_{85}} = 7,87 + 3,33 + 1,47 = 12,7 \text{ кг/см}^2$$

меньше, чем по ведущей оси.

Поддерживающую ось можно не рассматривать, так как заведомо напряжения для неё будут меньше, чем по ведущей оси.

VIII. Определение средних напряжений в балласте непосредственно под подошвой шпалы

а) расчётная—ведущая ось

$$\sigma_b = 0,0001094 (13\,590 + 80,5v + 0,876v^2) = 1,48 + 0,0088v + 0,000074v^2;$$

$$\sigma_{b_{85}} = 1,48 + 0,748 + 0,534 = 2,76 \text{ кг/см}^2,$$

т. е. больше допускаемых;

б) V движущая ось

$$\sigma_b = 0,0001094 (11\,650 + 58v + 0,301v^2) = 1,275 + 0,00635v + 0,0000329v^2;$$

$$\sigma_{b_{85}} = 1,275 + 0,540 + 0,238 = 2,05 \text{ кг/см}^2,$$

т. е. меньше, чем по ведущей оси.

Поддерживающую ось можно не рассчитывать по тем же соображениям, как для напряжений в шпалах.

IX. Определение наибольших напряжений по поверхности земляного полотна под шпалой. На основании результатов расчёта в п. VIII ограничивающей, в данном случае, будет ведущая ось. Пользуясь формулой для расчёта напряжений в толще балласта, получим, что

$$\sigma_h = 0,633 \cdot 2,76 = 1,75 \text{ кг/см}^2.$$

X. Заключение. Таким образом, при указанной конструкции пути паровоз серии ФД может быть по условиям напряжений в рельсах допущен в обращение со скоростью 85 км/час, но вследствие получающегося перенапряжения в балласте придётся предвидеть более частую подбивку шпал, т. е. потребуется тщательное текущее содержание пути.

РАСЧЁТ ЭЛЕМЕНТОВ ПУТИ НА ДЕЙСТВИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СИЛ

ПОПЕРЕЧНЫЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СИЛЫ В ПРЯМЫХ ЧАСТЯХ ПУТИ

При извилистом движении экипажей, вызываемом неровностями пути в плане, коничностью бандажей и т. п., а для паровозов ещё и действием горизонтальных составляющих сил инерции возвратно-поступательного движущихся масс механизма, полностью неуравновешенных, могут возникать поперечные горизонтальные усилия, направленные перпендикулярно оси пути.

В расчётах учитывают горизонтальные поперечные силы двух родов:

1) горизонтальные поперечные силы первого рода F — силы трения при скольжении бандажей по рельсам, препятствующие движению, а затем напиранию гребня бандажа на рельс:

$$F = fP,$$

где f — коэффициент трения скольжения бандажа о рельс, изменяющийся для пары — бандаж и рельс — в зависимости от состояния их поверхностей в пределах от 0,2 до 0,15 (и даже 0,065 при смазанных рельсах);

P — вертикальное усилие, передаваемое от колеса на рельс;

2) горизонтальные поперечные силы второго рода:

H — силы от напирания гребня бандажа на рельс.

Согласно опытам наибольшее значение силы

$$H \approx 0,6 P,$$

где P — статическая нагрузка на ось.

Надо помнить, что чем больше P , тем больше поперечная сила первого рода F , препятствующая надвиганию и напиранию реборды на рельс, т. е. при $P_{дин} > P_{ст}$ поперечная сила второго рода может возникнуть лишь при малых значениях коэффициента трения скольжения.

В расчёт следует вводить и поперечную горизонтальную силу ветра на боковую поверхность экипажа, стремящуюся надвинуть колёса с ребордами к рельсу.

Сила давления ветра H_g в кг на боковую поверхность экипажа выражается формулой:

$$H_g = F \omega \text{ кг},$$

где F — площадь проекции кузова на вертикальную плоскость, параллельную оси экипажа, в м^2 ;

ω — удельное давление ветра (при направлении ветра перпендикулярно оси пути) в $\text{кг}/\text{м}^2$.

Удельное давление ветра

$$\omega = 0,1 v^2 \text{ кг}/\text{м}^2,$$

где v — скорость ветра в $\text{м}/\text{сек}$.

Значения удельного давления в зависимости от скорости ветра и характеристики давления даны в табл. 25.

Таблица 25

Удельное давление ветра

Скорость ветра в $\text{м}/\text{сек}$	Балл	Давление в $\text{кг}/\text{м}^2$	Обозначения ветра	Сравнительная характеристика силы ветра
14—17	7	29	Крепкий	Раскачивает стволы деревьев
18—20	8	40	Очень крепкий	Сбрасывает черепицу и ломает ветви
21—24	9	52	Шторм	Разрушает дымовые трубы
25—28	10	78	Сильный шторм	Вырывает с корнем деревья
29—33	11	110	Жесткий шторм	Большие разрушения, сносит крыши
34—40	12	160 и более	Ураган	Опустошительные разрушения

Для практических расчётов следует принимать наибольшее значение $\omega = 100 \text{ кг}/\text{м}^2$.

ПОПЕРЕЧНЫЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СИЛЫ В КРИВЫХ ЧАСТЯХ ПУТИ

Рассмотренные горизонтальные силы могут иметь место также и в кривых частях пути. Кроме этих сил, в кривых действуют ещё боковые и центробежные силы. Наибольшая величина горизонтального давления в кривых рассчитывается, как сумма двух последних сил:

$$N = R + D,$$

где R — центробежная сила в кг, равная

$$R = \frac{Pv^2}{gr},$$

где v — скорость движения экипажа в $\text{м}/\text{сек}$;
 g — ускорение силы тяжести в $\text{м}/\text{сек}^2$;
 r — радиус кривой в м ;

D — боковое усилие в кг, определяемое при расчётах динамического вписывания, с учётом упругости пути, по методу К. П. Королёва [2].

НАПРЯЖЕНИЯ В РЕЛЬСАХ ОТ ДЕЙСТВИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ

Приложенные к головке рельса горизонтальные поперечные силы вызывают изгиб рельса в горизонтальной плоскости и его кручение.

Под действием вертикальной силы P (фиг. 10), приложенной к головке рельса, с эксцентриситетом $\pm l$ и горизонтальной силы D , приложенной на расстоянии f от центра кручения, результирующий изгибающий момент от действия внешних сил M_g равен:

$$M_g = Df \pm Pl.$$

Полный момент M_k , действующий в любом сечении рельса на расстоянии x см от места приложения нагрузки, равен:

$$M_k = M_1 + M_2,$$

где M_1 — часть полного момента, вызывающая кручение всего сечения;

M_2 — часть полного момента, вызывающая изгиб головки и подошвы относительно шейки.

M_1 и M_2 определяют по формулам:

$$M_1 = -C \frac{d\varphi}{dx} = \frac{M_g}{2} (1 - e^{-\gamma x})$$

$$M_2 = Dh = Eh^2 \frac{I_1 I_2}{I_1 + I_2} \frac{d^3 \varphi}{dx^3} = Eh^2 \frac{I_1 I_2}{I_1 + I_2} \frac{M_g}{2C} \gamma^2 e^{-\gamma x},$$

где C — жёсткость рельса на кручение;

$$C = \frac{F^4 G}{40 I_p} \text{ кг}/\text{см}^2,$$

где G — модуль упругости рельсовой стали при сдвиге в $\text{кг}/\text{см}^2$;

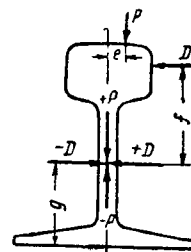
I_p — полярный момент инерции сечения рельса в см^4 ;

F — площадь поперечного сечения рельса в см^2 ;

φ — угол закручивания;

γ — коэффициент относительной жёсткости рельса и опоры при кручении;

$$\gamma = \frac{1}{h} \sqrt{\frac{C(I_1 + I_2)}{E I_1 I_2}} \text{ см}^{-1},$$



Фиг. 10. Определение результирующего изгибающего момента

где h — расстояние между центрами тяжести головки и подошвы в см;

I_1 — момент инерции головки относительно оси симметрии рельса в см⁴;

I_2 — момент инерции подошвы относительно той же оси;

E — модуль упругости рельсовой стали при растяжении в кг/см².

Наибольшие касательные напряжения, возникающие в местах сопряжения головки и подошвы рельса с шейкой, приближённо определяют по формуле Тимошенко [5]:

$$\tau_{\max} \approx 1,74 \frac{M_K}{W_K} \sqrt{\frac{\delta}{r}},$$

где W_K — момент сопротивления кручению в см³;

δ — полная высота головки или подошвы в см;

r — радиус сопряжения головки или подошвы с шейкой в см.

Положение центра кручения рельсового сечения приближённо определяют по формулам:

$$h_1 = \frac{h I_2}{I_1 + I_2} \text{ см и } h_2 = \frac{h I_1}{I_1 + I_2} \text{ см,}$$

где h_1 — расстояние от центра кручения до центра тяжести головки;

h_2 — то же до центра тяжести подошвы.

Расчёт действующих на путь от колёс подвижного состава горизонтальных сил и напряжений в элементах верхнего строения пути под действием этих сил ещё мало разработан.

В проекте инструкции по расчёту верхнего строения, рекомендованном б. Научно-исследовательским институтом пути (в 1940 г.) и применяемом на практике, рекомендуется определять величину напряжений в рельсах от действия горизонтальных сил в размере 15% от напряжений, вызываемых вертикальными силами. Предварительные данные экспериментальных исследований Путьиспытательной лаборатории Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта указывают на то, что этот коэффициент следует принимать равным 0,25—0,30 в прямых частях пути.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСИЛИЯ В РЕЛЬСАХ

При свободном перемещении рельса от действия температурных сил при изменении температуры на t° последний изменит свою длину на $\lambda = \alpha t l$, где $\alpha = 0,000012$ — коэффициент линейного расширения рельсовой стали при увеличении температуры на 1° ; l — длина рельса.

Если созданы условия, препятствующие свободному удлинению рельса, при изменении температуры на t° , то на рельс пере-

даётся продольное усилие P_t , определяемое по формуле:

$$P_t = E \alpha t F,$$

где E — модуль упругости стали;

F — площадь сечения рельса.

Величина продольного погонного, т. е. на единицу длины пути, сопротивления смещению пути g_n зависит в основном от типа и количества шпал на единицу длины пути, от рода балласта и от условий прикрепления рельсов к шпалам.

М. Т. Членов на основании анализа ряда опытных данных рекомендует принимать для расчётов приведённые в табл. 26 и 27 величины сопротивлений продольному смещению незагруженного пути, приходящиеся на одну шпалу.

Таблица 26

Сопротивление продольному смещению рельсов незагруженного пути относительно шпал при частичном смещении шпал

Характеристика пути	Сопротивление на 1 шпале в кг
Свежий несслежавшийся песок, костыльное скрепление	300
То же, раздельное скрепление	500
Нормально слежавшийся песок, костыльное скрепление	350
То же, раздельное скрепление	700
Свежеотсыпанный щебень, костыльное скрепление	350
То же, раздельное скрепление	550
Слежавшийся щебень, раздельное скрепление	750

Таблица 27

Сопротивление продольному (вдоль оси пути) смещению шпалы на незагруженном пути по балласту

Характеристика балласта	Сопротивление 1 шпалы в кг
Песок свежееотсыпанный	400—500
» нормально слежавшийся	600—700
Щебень свежееотсыпанный	500
» слежавшийся	800—1 000

По приведённым данным погонное сопротивление в кг продольному перемещению вычисляется в зависимости от числа шпал на единицу длины пути в м по формуле:

$$g_n = \frac{n r}{1000},$$

где n — число шпал на км пути;

r — сопротивление одной шпалы.

Напряжение в рельсах от действия температурных сил:

$$\sigma_t = \frac{P_t}{F}.$$

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

- Беляев Н. М. Сопротивление материалов М.—Л., Гостехиздат, 1949.
- Королёв К. П. Вписывание паровозов в кривые участки пути. Труды ЦНИИ, вып. 37, М., Трансжелдориздат, 1950.
- Методы проверки парораспределения и уравновешивания паровоза. Вып. МЭМИТ № 54, М., Трансжелдориздат, 1948.

- Николаев И. И. Динамика и парораспределение паровоза. М., Трансжелдориздат, 1949.
- Тимошенко С. П. Теория упругости. Л.—М., ОНТИ, 1937.
- Членов М. Т. Длинные рельсы. М., Трансжелдориздат, 1940.
- Шахунянец Г. М. Устройство железнодорожного пути, т. III. М., Трансжелдориздат, 1944.