

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**Кафедра «Строительство и эксплуатация дорог»**

**Ю. М. ЭТИН, П. Ю. ЭТИН**

# **ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВТОРЫХ ПУТЕЙ**

**Часть I**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ  
И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВТОРЫХ ПУТЕЙ.  
СООРУЖЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПОД ВТОРОЙ ПУТЬ**

**Учебно-методическое пособие  
по дисциплине «Строительство железных дорог»**

**Гомель 2011**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»  
Кафедра «Строительство и эксплуатация дорог»

Ю. М. ЭТИН, П. Ю. ЭТИН

# ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВТОРЫХ ПУТЕЙ

Часть I

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ  
И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВТОРЫХ ПУТЕЙ.  
СООРУЖЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПОД ВТОРОЙ ПУТЬ

*Рекомендовано Научно-методическим советом по железнодорожному и водному транспорту учебно-методического объединения по образованию в области транспорта и транспортной деятельности в качестве учебно-методического пособия для студентов специальности 1-37 02 05 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» дневной и заочной форм обучения*

Гомель 2011

УДК 625.111 : 656.2.022.8  
ББК 39.20-06  
Э90

Р е ц е н з е н т ы : канд. техн. наук, доцент кафедры «Изыскание и проектирование дорог» *Г. В. Ахраменко* (УО «БелГУТ»); заместитель начальника Гомельского отделения Белорусской железной дороги *В. Д. Каймович*

**Этин, Ю. М.**

Э90 Организация строительства вторых путей : учеб.-метод. пособие : в 2 ч. Ч. I. Проектирование основных принципиальных схем и организация строительства вторых путей. Сооружение земляного полотна под второй путь / Ю. М. Этин, П. Ю. Этин ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 99 с.  
ISBN 978-985-468-895-4 (ч. I)

Рассмотрена методика проектирования принципиальных схем организации строительства вторых путей поточным методом и технико-экономическое сравнение вариантов. Описана организация комплекса работ по сооружению земляного полотна. Рассмотрено применение нетканых материалов при строительстве железных дорог. Пособие иллюстрировано схемами и формулами расчетов, материалами нормативных и справочных источников.

Предназначено для студентов специальности 1-37 02 05 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» специализации 1-37 02 05 01 «Строительство железных дорог и путевое хозяйство» дневной и безотрывной форм обучения.

**УДК 625.111 : 656.2.022.8  
ББК 39.20-06**

**ISBN 978-985-468-895-4 (ч. I)  
ISBN 978-985-468-894-7**

© Этин Ю. М., Этин П. Ю., 2011  
© Оформление. УО «БелГУТ», 2011

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Проектирование основных принципиальных схем организации строительства вторых путей .....	5
1.1 Основные установки по организации строительства .....	7
1.1.1 Условия строительства .....	7
1.1.2 Разработка принципиальных схем организации строительства .....	10
1.1.3 Техничко-экономическое сравнение вариантов по ожидаемой дополнительной прибыли.....	19
1.1.4 Техничко-экономические показатели проекта .....	23
1.1.5 Календарный план и календарный график строительства .....	25
2 Организация строительства вторых путей .....	31
2.1 Сооружение земляного полотна под второй путь .....	35
2.1.1 Разработка выемок и отсыпка насыпей под второй путь .....	40
2.1.2 Мероприятия по оздоровлению земляного полотна первого пути ...	58
2.1.3 Особенности сооружения земляного полотна в зимнее время .....	60
2.1.4 Приемка-сдача земляного полотна под укладку .....	68
2.1.5 Обеспечение безопасности при производстве земляных работ .....	70
2.1.6 Геотекстиль в железнодорожном строительстве .....	72
2.1.7 Применение нетканых материалов при сооружении железнодорожного земляного полотна .....	73
2.1.8 Проектирование защитных слоев земляного полотна .....	78
Список литературы .....	85
Приложение А Грунты, используемые для отсыпки земляного полотна (крупнообломочные и песчаные) .....	87
Приложение Б Грунты, используемые для отсыпки земляного полотна (глинистые) .....	88
Приложение В Оснащение механизированных колонн ведущими землеройными и землеройно-транспортными машинами .....	89
Приложение Г Ориентировочные значения режимов уплотнения грунтов в насыпи.....	90
Приложение Д Акт освидетельствования скрытых работ .....	91
Приложение Е Нормы допустимого отклонения очертаний земляного полотна .....	92
Приложение Ж Акт освидетельствования готовности земляного полотна перед укладкой пути и передачи его генподрядчику на ответственное хранение .....	93
Приложение И Рабочая программа по дисциплине «Строительство железных дорог» .....	94
Приложение К Список литературы по дисциплине «Строительство железных дорог» .....	95
Приложение Л Список вопросов для самоконтроля по дисциплине «Строительство железных дорог» .....	97

## ВВЕДЕНИЕ

Повышение пропускной и провозной способности на отдельных железнодорожных направлениях можно обеспечить путем строительства вторых путей. Постройка вторых путей на таком грузонапряженном направлении улучшает эксплуатационные показатели дороги и может увеличить ее пропускную способность в 4–5 раз. В то же время затраты на строительство второго пути в 1,5–2 раза ниже, чем постройка однопутной разгружающей линии этого направления.

Организация работ по строительству вторых путей по сравнению со строительством новой железной дороги имеет ряд существенных отличий. Увеличение пропускной способности перегонов после окончания строительства должно быть увязано с пропускной способностью железнодорожных станций, техническими возможностями локомотивного и вагонного хозяйства, энергоснабжения, всех служб железной дороги, а также с объемами перевозок. При этом проектируется реконструкция станций или отдельных парков, а также развитие существующих устройств и сооружений для обеспечения установленных размеров движения в расчетные сроки.

Организация строительства вторых путей предусматривает **три периода**:

– *подготовительный* – выполняется разбивка и закрепление оси трассы; производится расчистка и подготовка полосы отвода, перенос сооружений и коммуникаций; восстанавливаются и отсыпаются притрассовые автодороги; организуется временное энергоснабжение, строительная связь; подготавливаются временные здания и сооружения, материальная и взнособорочная база, склады; производится передислокация строительных подразделений;

– *основной* – ведутся работы по строительству водопропускных сооружений; производится возведение земляного полотна с отсыпкой дренирующего слоя; выполняются работы по сооружению верхнего строения пути. Большие и средние мосты под второй путь, как правило, строятся на удалении от существующих сооружений на раздельном земляном полотне. Малые мосты сооружают рядом с существующими на совместном земляном полотне;

– *заключительный* – выполняются все работы, необходимые для окончательной сдачи участка строительства вторых путей в постоянную эксплуатацию, и осуществляется постепенное сворачивание строительства.

## **1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВТОРЫХ ПУТЕЙ**

Главной целью разработки проекта организации строительства (ПОС) вторых путей является определение целесообразной последовательности производства работ по принятой технологии, установление оптимальной продолжительности выполнения работ всего комплекса и по каждому виду в отдельности, сроков поставки материалов и конструкций, определение объемов работ и затрат по укрупненным показателям, а также распределение капитальных вложений по видам работ и срокам их освоения.

В комплекс работ по сооружению второго пути входят работы по реконструкции существующего первого пути: капитальный ремонт искусственных сооружений; переустройство земляного полотна, связанное с изменением плана и профиля линии; лечение земляного полотна и выполнение противодеформационных мероприятий; замена верхнего строения пути на существующих станционных путях или в отдельных парках; усиление верхнего строения на перегонах. Обычно такие работы планируются к выполнению до начала работ по второму пути, хотя в отдельных случаях реконструкция существующего пути может вестись и после сооружения второго пути. При этом движение поездов полностью переключается на второй путь.

Важнейшим этапом в разработке ПОС является проектирование вариантов основных принципиальных схем организации строительства.

В качестве исходных данных принят тип поперечного профиля земляного полотна, приведенный на рисунке 2.3. При этом предусматривается устройство второго пути рядом с существующим первым на общем с ним земляном полотне, со стандартным междупутьем и в одном уровне.

При сооружении земляного полотна под второй путь из недренирующих грунтов поверх земляного полотна из местных грунтов производят отсыпку слоя дренирующего грунта толщиной 0,5–1,0 м для обеспечения водоотвода и пучения насыпи. Отсыпку дренирующего слоя обычно осуществляют думпкарами вертушками, загружаемыми в карьере песчаного балласта, который располагается часто на значительном расстоянии от места производства работ. Погрузка дренирующего грунта осуществляется в карьере экскаватором прямая

лопата с вместимостью ковша 2,0–2,5 м<sup>3</sup> в думпкарные вертушки, состоящие из 20–40 вагонов-думпкаров в составе.

Для производства работ думпкарные вертушки могут выделяться генподрядчиком или же быть арендованы у специализированных организаций, имеющих их в своем распоряжении.

Работы по отсыпке дренирующего слоя выполняют механизированные колонны, занимающиеся возведением земляного полотна под второй путь из местных грунтов. При этом особое внимание следует уделять соблюдению технологии отсыпки и планировки дренирующего слоя, а также его уплотнению до требуемого коэффициента уплотнения.

Ввиду значительной удаленности балластного карьера от места производства отсыпки, по сравнению с местными грунтовыми карьерами, обычно средние темпы отсыпки дренирующего слоя бывают небольшими, что значительно влияет на общие сроки строительства вторых путей. По этой причине в общем комплексном потоке по строительству второго пути отсыпка дренирующего грунта выделяется в специализированный поток, который технологически и организационно увязывается с потоками по возведению земляного полотна из обычных местных грунтов и укладки рельсошпальной решетки.

При проектировании основных принципиальных схем организации строительства вторых путей в качестве исходных данных принимают:

- район строительства;
- протяженность главных и станционных путей;
- схематический продольный профиль и план пути;
- профильный объем земляного полотна из местных грунтов;
- средний расход дренирующего грунта на 1 км второго пути;
- расстояние до песчаного и щебеночного карьеров;
- количество думпкарных и хоппер-дозаторных вертушек и число специальных вагонов в их составе (думпкаров и хоппер-дозаторов);
- механические характеристики балластных материалов;
- последовательность строительства вторых путей по перегонам;
- вид тяги на участке строительства.

На первом этапе проектирования разрабатывают исходный вариант организационных схем, учитывая возможности генподрядчика, что соответствует исходным данным проекта. Обычно исходный вариант не обеспечивает выполнение работ в нормативные или директивные сроки.

Для сокращения общего срока строительства до нормативного разрабатывают несколько конкурирующих вариантов, в которых путем внедрения относительно недорогих организационно-технических мероприятий добиваются общей продолжительности строительства, не превышающей нормативную или директивную. При этом предполагается получить экономический эффект от досрочной сдачи второго пути в эксплуатацию. На основа-

нии технико-экономического сравнения каждого конкурирующего варианта с исходным вариантом выбирают к исполнению более эффективный.

При проектировании организации строительства вторых путей влияние сосредоточенных объектов (барьерных мест) не учитывают. Их влияние не столь значительно как при строительстве новых дорог, и укладочно-балластировочный комплекс всегда можно пропустить к месту производства работ по действующему первому пути и вести укладку и балластировку с любого перегона и в любом направлении.

При проектировании организации строительства вторых путей следует рассматривать возможные варианты последовательности их строительства:

- укладка двухпутных вставок на части длины перегонов, как правило, с оборудованием линии диспетчерской централизацией и организацией безостановочного скрещения поездов;
- укладка второго пути на отдельных перегонах, ограничивающих пропускную способность линии;
- строительство вторых путей от одной титульной станции до другой единым комплексным потоком.

## **1.1 Основные установки по организации строительства**

Этот раздел является первой частью ПОС. В нем принимаются и обосновываются решения о продолжительности строительства, количестве самостоятельных направлений комплексных потоков, средних темпов основных работ, взаимной увязке специализированных и объектных потоков, комплектах ведущих машин и транспортной схеме обеспечения строительства.

Число самостоятельных направлений зависит от условий строительства, возможности организации опорных пунктов, транспортной схемы доставки строительных грузов, протяженности вторых путей, а также всех видов ресурсов, которыми располагает генеральный подрядчик.

### **1.1.1 Условия строительства**

При проектировании второго пути стремиться к минимальным объемам строительных работ, обеспечению удобств эксплуатации и безопасности движения поездов.

Второй путь, особенно в пределах перегона, следует проектировать, как правило, с одной стороны от существующего пути. Частая смена сторонности нежелательна как по условиям строительства, так и эксплуатации. При этом значительно усложняются земляные работы и особенно путевые работы. Это приводит к замедлению темпов строительства, увеличению трудоемкости и удорожанию строительства. Сторонность пути лучше предусмат-

ривать в пределах отдельных пунктов. На участках с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями и «больным» земляным полотном выбор сторонности следует определять из условия обеспечения гарантированной стабильности и надежности земляного полотна.

Для заданного района проектирования выполняется сбор материалов и описание условий строительства вторых путей. В этой части пояснительной записки приводятся такие данные:

- описание района прохождения трассы и условий строительства в нем;
- сведения о местных условиях, существенно влияющих на организацию строительства;
- характеристика населенных пунктов, расположение их на трассе, возможность использования для размещения строительных организаций;
- описание климата района строительства с приведением данных о количестве дней с положительной и отрицательной температурой, дождливых дней, снежном покрове, глубине промерзания грунта и т. д.;
- анализ существующих путей сообщения – расположение, возможность использования их для перевозки строительных грузов;
- наличие, расположение и возможность использования для строительства предприятий местной стройиндустрии, карьеров песка, щебня, глины;
- расположение и возможность использования для строительства дороги местных источников водоснабжения, энергоснабжения и т. д.

Наиболее информативными данными о климате для решения задач организации железнодорожного строительства следует считать:

- данные о температурах воздуха: среднемесячные значения, средние из максимумов, средние из минимумов, абсолютный максимум, абсолютный минимум, °С;
- среднемесячные и вероятные максимальные значения скорости ветра повторяемостью 1 и 0,1 (1 раз в год и в 10 лет), м/с;
- толщина снежного покрова в ее изменении за холодный сезон года, см;
- максимальная и средняя глубина промерзания грунтов, см;
- максимальная толщина льда на реках, см;
- вероятные сроки наступления устойчивых положительных и отрицательных температур воздуха;
- период возможной распутицы (период сильного переувлажнения талыми и дождевыми водами);
- метелевая опасность и розы метелевых ветров;
- продолжительность периодов выпадения в течение года жидких, твердых осадков, а также межсезонных переходов от одного вида преобладающих осадков к другому, мес.;
- вероятная продолжительность теплого сезона с положительными температурами, мес.

Производится анализ технических характеристик действующего и проектируемого второго пути по основным параметрам (таблица 1.1), которые могут существенно влиять на организацию строительства.

Таблица 1.1 – Анализ основных технических параметров путей

Действующий первый путь	Проектируемый второй путь
1 Вид тяги	1 Сторонность второго пути
2 Руководящий уклон	2 Характеристики грунтов, предполагаемых к отсыпке в земляное полотно
3 Расчетная масса поезда	3 Типы поперечных профилей земляного полотна
4 Поперегонная пропускная способность	4 Покилометровые и суммарные объемы обычных и дренирующих грунтов для возведения земляного полотна второго пути
5 Возможность выделения технологических «окон» для выгрузки балластных поездов	5 Местоположение грунтовых карьеров
6 Данные о грунтах тела насыпей и местах, где наблюдаются выплески	6 Местоположение карьеров дренирующих грунтов
7 Наличие балластных шлейфов со стороны строительства второго пути	7 Искусственные сооружения с выделением больших и средних мостов
8 Наличие больных участков земляного полотна и предполагаемые меры по его оздоровлению	8 Местоположение карьеров песчаного балласта
9 Гидрогеологическое строение болот и других слабых оснований существующих насыпей	9 Местоположение карьеров щебеночного балласта
10 Местонахождение пучинных участков	10 Расположение звеносборочной базы
11 Конструкция балластного слоя	11 Тип верхнего строения второго пути
12 Данные о просадках пути	12 Длина главного и станционных путей.
13 Места ограничения скорости движения поездов и их причины	13 Категория сложности строительства
14 Сведения об участках деформаций откосов насыпей и выемок	14 Техническое оснащение и производственные возможности генподрядчика и субподрядчиков

Работы по строительству вторых путей производят в непосредственной близости от действующего пути, а потому при их организации необходимо обеспечить безопасность движения поездов и исключить угрозы получения работниками строительных организаций травм от проходящих поездов.

В графике движения поездов следует предусмотреть «окна» для выгрузки дренирующего грунта из думпкаров с действующего первого пути на второй строящийся путь.

### 1.1.2 Разработка принципиальных схем организации строительства

При составлении принципиальных схем организации строительства вторых путей обосновывают:

- продолжительность строительства в целом и по видам основных работ;
- порядок развертывания строительства;
- количество и мощность занятых в строительстве подразделений;
- очередность ввода в эксплуатацию лимитирующих перегонов;
- направления строительства и пусковые комплексы.

При разработке вариантов принципиальных схем следует учитывать нормы продолжительности строительства вторых путей [11] (таблица 1.2) и расчетные нормативы для составления проектов организации строительства [28].

Таблица 1.2 – Нормы продолжительности строительства вторых путей

Наименование объекта	Длина линии, км	Продолжительность, мес.	
		общая	в том числе подготовительного периода
Вторые и последующие пути, двухпутные вставки	До 50	21	4
	51–100	33	6

В случаях, когда длина проектируемых вторых путей меньше минимального или больше максимального значений, приведенных в нормах, расчет нормативной продолжительности выполняют методом экстраполяции. На каждый процент изменения протяженности участка железной дороги продолжительность строительства изменяется на 0,3 %.

#### Пример 1.1

Участок вторых путей протяженностью 40 км. Нормативную продолжительность строительства заданного участка определяем методом экстраполяции:

- процент уменьшения основного параметра

$$(50 - 40) \cdot 100 / 50 = 20,0 \%;$$

- процент уменьшения нормы продолжительности строительства

$$20,0 \cdot 0,3 = 6,0 \%;$$

- нормативная продолжительность строительства

$$T_H = 21 \cdot (100 - 6,0) / 100 = 19,7 \text{ мес.}$$

#### Пример 1.2

Участок вторых путей протяженностью 125 км. Нормативную продолжительность строительства заданного участка определяем методом экстраполяции:

- процент увеличения основного параметра

$$(125 - 100) \cdot 100 / 100 = 25,0 \%;$$

– процент увеличения нормы продолжительности строительства

$$25,0 \cdot 0,3 = 7,5 \%;$$

– нормативная продолжительность строительства

$$T_n = 33 \cdot (100 + 7,5) / 100 = 35,5 \text{ мес.}$$

В случаях, когда длина проектируемых вторых путей находится в промежутке между минимальным и максимальными значениями, которые приведены в нормах, расчет нормативной продолжительности выполняют методом интерполяции.

### Пример 1.3

Участок вторых путей протяженностью 60 км. Нормативную продолжительность строительства заданного участка определяем методом интерполяции:

$$T_n = 21 + (33 - 21) \cdot (60 - 50) / (100 - 50) = 23,4 \text{ мес.}$$

Согласно [11] при строительстве железных дорог с одновременной электрификацией к сроку строительства железной дороги необходимо добавлять продолжительность работ по электрификации с коэффициентом 0,5. Срок электрификации железной дороги при наличии работ по переустройству станций, удлинению путей и при протяженности линии от 101 до 200 км составляет 18 мес., а менее 50 км – 14 мес.

Нормативную продолжительность строительства больших железнодорожных мостов, в случае, если их длина превышает приведенную в нормах (таблица 1.3), определяют также методом экстраполяции.

Таблица 1.3 – Нормы продолжительности строительства больших мостов

Наименование объекта	Характеристика моста	Нормы продолжительности строительства, мес.	
		общая	в том числе подготовительный период
Железнодорожный мост	Однопутный длиной, м:		
	Св. 30 до 100	10	2
	" 100 " 200	12	2
	" 200 " 300	14	2
	" 300 " 400	16	3
	" 400 " 500	18	3

### Пример 1.4

На трассе строящейся железной дороги располагается железнодорожный мост протяженностью 900 м. Нормативную продолжительность строительства моста определяем методом экстраполяции:

– процент увеличения основного параметра

$$(900 - 500) \cdot 100 / 500 = 80 \%;$$

– процент увеличения нормы продолжительности строительства

$$80 \cdot 0,3 = 24 \%;$$

– процент увеличения нормы продолжительности строительства

$$T_n = 18 \cdot (100 + 24) / 100 = 22,3 \text{ мес.}$$

Варианты принципиальных схем организации строительства второго пути различают:

- по порядку развертывания строительства;
- очередности ввода перегонов или отдельных участков в постоянную эксплуатацию;
- количеству и мощности генподрядных и субподрядных подразделений, размещению их по трассе.

Как и при строительстве новых железных дорог, строительство вторых путей может вестись по одно-, двух- и многолучевым схемам. Количество лучей зависит от протяженности вторых путей, необходимости первоочередного ввода в эксплуатацию перегонов между отдельными отдельными пунктами, размещения существующих материальных и звеносборочных баз. Каждый луч является самостоятельным направлением развертывания. В пределах каждого направления развертывания строительства основные работы организуют в несколько этапов.

За этап следует принимать перегон между отдельными пунктами или участок, включающий несколько перегонов.

В исходном варианте организации строительства второго пути принимают последовательное строительство пути на всем протяжении направления развертывания с вводом участков в постоянную эксплуатацию в объеме пускового комплекса, состоящих из нескольких перегонов, начиная с первого. Организация работ по такой схеме позволяет вести их концентрированно и с наибольшим эффективным использованием всех видов ресурсов. При такой схеме организации сокращается потребность во временных сооружениях, тупиках и съездах, устройствах связи. В этом случае нет необходимости постоянно передислоцировать строительные подразделения с одного участка на другой, неся большие затраты на их переезд.

Такая схема организации строительства, обеспечивающая последовательный ввод отдельных перегонов в эксплуатацию, не всегда может обеспечить рост пропускной способности участка в целом, из-за того, что лимитирующие перегоны могут находиться в конце участка, и к работе на них будут приступать в последнюю очередь. Применение такой схемы организации строительства увеличивает эксплуатационные расходы дороги.

При организации строительства вторых путей с развертыванием работ вначале на лимитирующих перегонах обеспечивается наибольший эффект в эксплуатационной работе от постепенного ввода в эксплуатацию лимитирующих перегонов. Недостатком этой схемы является разбросанность строительных подразделений по нескольким перегонам, увеличение объемов работ на постройку временных сооружений, периодическая необходимость занятия действующего пути строительными поездами, дополнительные затраты на передислокацию техники, в особенности тяжелой.

**1.1.2.1 Разработка исходного варианта.** Разработку исходного варианта начинают с определения нормативной продолжительности строительства. Одновременно определяется нормативная продолжительность работ подготовительного периода и строительства больших мостов, а также других возможных барьерных сооружений.

После этого производятся расчеты и обоснование средних темпов основных работ для организации строительства второго пути комплексным потоком, состоящим из объектных и специализированных потоков:

- подготовительного периода;
- по строительству малых искусственных сооружений;
- по строительству земляного полотна из местных грунтов;
- по отсыпке дренирующего слоя;
- по укладке рельсошпальной решетки;
- по балластировке на песчаный балласт;
- по балластировке на щебеночный слой главного пути.

Принципиально расчет потоков можно свести к расчету и увязке разноритмичных потоков [6]. В связи с тем, что все потоки линейные, то в качестве захватки для их расчета и увязки следует принять один перегон. Увязку потоков следует вести по правилам увязки ритмичных потоков. В зависимости от соотношения темпов смежных потоков увязка ведется по первому или последнему перегонам.

Средние темпы укладочно-балластировочных работ зависят от средних темпов вывозки балласта, объема хоппер-дозаторных вертушек, количества вертушек и времени их оборота.

Время оборота хоппер-дозаторной вертушки  $T_{x-д}^o$  в сутках при доставке песчаного балласта

$$T_{x-д}^o = \frac{1}{24}(t_x + t_{оп} + t_{п} + t_{ов} + t_{в} + t_{оо}), \quad (1.1)$$

где  $t_x$  – время хода вертушки, ч;

$t_{оп}$  – время ожидания погрузки вертушки в карьере, ч;

$t_{п}$  – время погрузки вертушки в карьере, ч;

$t_{ов}$  – время ожидания выгрузки вертушки на объекте, ч;

$t_{в}$  – время выгрузки вертушки на объекте, ч;

$t_{оо}$  – время ожидания отправления вертушки в балластный карьер, ч.

Время хода вертушки  $t_x$  определяется из расчета преодоления дважды расстояния до карьера  $L_k$  (туда и обратно) и средней маршрутной скорости

для железнодорожных составов такой категории. Среднюю маршрутную скорость  $v_M$  следует принимать равной 30–35 км/ч. Тогда время хода вертушки

$$t_x = \frac{2L_K}{v_M}. \quad (1.2)$$

Время ожидания погрузки  $t_{оп}$  согласно [5] находится в пределах 5–38 часов и рекомендуется принимать 12 часов из условия, что вертушка прибывает в карьер вечером, а погрузка начнется утром.

Время погрузки  $t_{п}$  следует определять в соответствии с нормативами, приведенными в [7], для песчаного дренирующего грунта с погрузкой в железнодорожные вагоны экскаватором прямой лопаты.

Для экскаватора с вместимостью ковша  $2 \text{ м}^3$  норматив на  $1000 \text{ м}^3$  составляет 8 ч, а для экскаватора с вместимостью ковша  $2,5 \text{ м}^3$  – 7,0 ч.

Объем хоппер-дозаторной вертушки

$$Q_{x-д} = V_{x-д} \cdot n_{x-д}, \quad (1.3)$$

где  $V_{x-д}$  – паспортная вместимость хоппер-дозаторного вагона,  $\text{м}^3$ ;

$n_{x-д}$  – число вагонов в составе вертушки.

Время ожидания выгрузки хоппер-дозаторной вертушки  $t_{ов}$  следует принимать 7 ч [5].

Время выгрузки вертушки на строящемся втором пути  $t_B$  принимаем 2 ч.

Время ожидания отправления в карьер вертушки  $t_{оо}$  может составлять от 2 до 15 часов [5].

Потребность в песчаном балласте для отсыпки балластной призмы по главному пути и станционным путям

$$\Pi_{п} = q_{гл}L_{гл} + q_{ст}L_{ст}, \quad (1.4)$$

где  $q_{гл}$  – средний нормативный расход песчаного балласта на 1 км главного пути,  $\text{м}^3$ ,  $q_{гл} = 1230 \text{ м}^3$ ;

$L_{гл}$  – протяженность главного пути от начальной до конечной титульной станций, км;

$q_{ст}$  – средний нормативный расход песчаного балласта на 1 км станционных путей,  $\text{м}^3$ ,  $q_{ст} = 2500 \text{ м}^3$ ;

$L_{ст}$  – протяженность станционных путей, км.

Протяженность станционных путей следует принимать в размере 20 % от длины главного хода, т. е. от расстояния между осями начальной и конечной титульных станций.

Средние темпы вывозки песчаного балласта, м<sup>3</sup>/сут, определяем по формуле, подставляя найденные выше значения:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{N_{\text{х-д}} Q_{\text{х-д}}}{T_{\text{х-д}}^{\circ}}, \quad (1.5)$$

где  $N_{\text{х-д}}$  – число хоппер-дозаторных вертушек для вывоза песчаного балласта.

Продолжительность балластировки главного и станционных путей на песчаный балласт

$$T_{\text{п}} = \frac{\Pi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{п}}}. \quad (1.6)$$

Тогда средние темпы балластировки пути песчаным балластом

$$\Phi_{\text{п}}^{\text{ср}} = \frac{L_{\text{пл}}}{T_{\text{п}}}. \quad (1.7)$$

Путеукладочные краны имеют более высокий темп укладки пути, чем темп балластировки на песчаный балласт. Согласно действующим нормативам технологический отрыв балластировки на песчаный балласт от укладки рельсошпальной решетки должен быть от 2 до 10 км. В среднем следует принимать  $l_{\text{отр}} = 5$  км. В связи с этим поток по укладке пути вынужден сократить темп работ. Для дальнейших расчетов принимаем средний темп укладки равным среднему темпу балластировки на первый слой, но с отрывом по времени, зависящем от расстояния отрыва этих потоков  $l_{\text{отр}}$  :

$$t_{\text{отр}} = \frac{l_{\text{отр}}}{\Phi_{\text{п}}^{\text{ср}}}; \quad (1.8)$$

$$\Phi_{\text{у}}^{\text{ср}} = \Phi_{\text{п}}^{\text{ср}}. \quad (1.9)$$

Вывозка щебеночного балласта в главный путь производится также хоппер-дозаторными вертушками. Но расстояние перевозки принимается равным расстоянию от титульной станции до щебеночного карьера. Методика расчета остается прежней, как для балластировки на песчаный слой. Но в тоже время здесь имеются определенные особенности.

Время погрузки  $t_{\text{п}}$  следует определять в соответствии с нормативами [7] для щебня с погрузкой в железнодорожные вагоны экскаватором прямой лопатой. Для экскаватора с вместимостью ковша 2 м<sup>3</sup> норматив на 1000 м<sup>3</sup> составляет 9,5 ч, а для экскаватора с вместимостью ковша 2,5 м<sup>3</sup> – 8,4 ч.

При вычислении объема щебня в вертушке следует определиться с возможным объемом загрузки щебнем хоппер-дозаторного вагона. Исходить следует из паспортной грузоподъемности хоппер-дозаторного вагона и объемной массы загружаемого щебня:

$$q_{x-d} = \frac{P_{x-d}}{\Gamma_{щ}}, \quad (1.10)$$

где  $P_{x-d}$  – грузоподъемность вагона, т;

$\Gamma_{щ}$  – объемная масса щебня, т/м<sup>3</sup>.

Потребность в щебне определяется из расчета балластировки на щебеночный балласт только главного пути при среднем нормативном расходе щебня  $q_{щ} = 1700 \text{ м}^3/\text{км}$ :

$$\Pi_{щ} = q_{щ} L_{гл}. \quad (1.11)$$

Тогда средние темпы балластировки пути щебеночным балластом

$$\Phi_{щ}^{ср} = \frac{L_{гл}}{T_{щ}}. \quad (1.12)$$

Вывозка дренирующего грунта для отсыпки дренирующего слоя земляного полотна производится думпкальными вертушками из карьера песчаного балласта. Обычно в карьере загружается вертушка, состоящая из 20–40 думпкар (вагонов-самосвалов), и на ближайшем раздельном пункте перед перегоном, где будет производиться отсыпка, производится отцепка 20 вагонов и подача их локомотивом на перегон по действующему первому пути. Работы выполняются механизированной колонной, отсыпаящей земляное полотно из местных карьеров с выделением «окна» продолжительностью 2 часа.

Работы по отсыпке дренирующего слоя финансируются из общих работ по земляному полотну.

Потребность в дренирующем грунте определяется исходя из его среднего расхода на километр и общей длины главного и станционных путей:

$$\Pi_{д} = q_{д} (L_{гл} + L_{ст}), \quad (1.13)$$

где  $q_{д}$  – средний расход дренирующего грунта, м<sup>3</sup>/км.

Тогда средние темпы балластировки пути песчаным балластом

$$\Phi_{д}^{ср} = \frac{L_{гл}}{T_{д}}. \quad (1.14)$$

Средние темпы работ по возведению земляного полотна из местных недриенирующих грунтов следует определять исходя из общего рабочего объема земляного полотна, паспортной годовой производительности механизированной колонны и количества мехколонн, которое предполагается использовать в строительстве. Если в проекте организации строительства не решают задачу распределения земляных масс, то переход от профильного объема к рабочему следует предусмотреть через средний коэффициент  $b = 0,75$  и запас на возможные потери грунта при производстве работ 10 %.

Продолжительность работ по отсыпке земляного полотна из местных грунтов мехколонной

$$T_{з.р} = \frac{V_{раб}}{П_{мк} N_{мк}}, \quad (1.15)$$

где  $V_{раб}$  – рабочий объем земляного полотна, тыс. м<sup>3</sup>;

$П_{мк}$  – паспортная производительность мехколонны, тыс. м<sup>3</sup>/мес.;

$N_{мк}$  – число мехколонн на строительстве одинаковой производительности.

Тогда средний темп потока по строительству земляного полотна из местных грунтов механизированной колонной

$$q_{з.р}^{сп} = \frac{L_{гл}}{T_{з.р}}. \quad (1.16)$$

Работы по строительству малых искусственных сооружений предполагается вести в одном темпе с работами по строительству земляного полотна из местных грунтов, но с опережением на один перегон:

$$q_{ис}^{сп} = q_{з.р}^{сп}. \quad (1.17)$$

Остается определить темп потока подготовительного периода, продолжительность которого устанавливается по нормативу (см. таблицу 1.2). Средний темп подготовительного периода определится по формуле

$$q_{п.п}^{сп} = \frac{L_{гл}}{T_{п.п}}. \quad (1.18)$$

Продолжительность заключительного периода при строительстве второго пути протяженностью от 50 до 100 км можно принимать в пределах от 1,0 до 2,0 месяцев. Рассчитав средние темпы всех потоков, входящих в комплексный поток, можно приступить к разработке принципиальной схемы организации строительства вторых путей, используя известные правила увязки потоков (рисунок 1.1).

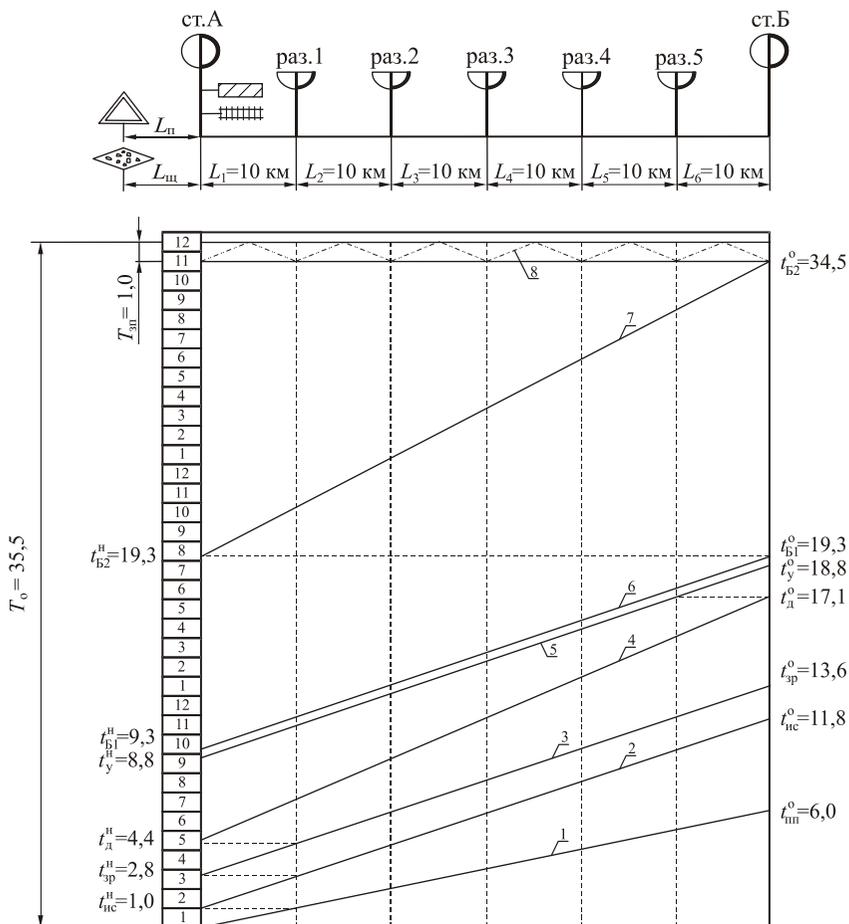


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема организации строительства вторых путей. Исходный вариант: 1 – подготовительный период; 2 – строительство искусственных сооружений; 3 – строительство земляного полотна из местных грунтов; 4 – отсыпка дренирующего грунта; 5 – укладка рельсошпальной решетки; 6 – балластировка на песчаный слой; 7 – балластировка главного пути на щебеночный слой; 8 – работы заключительного периода

**1.1.2.2 Разработка конкурирующих вариантов.** Разработку конкурирующих вариантов организационных схем следует начинать после проведения тщательного изучения и анализа исходного варианта.

Основной задачей при разработке конкурирующих вариантов является сокращение общей продолжительности строительства и доведение ее до нормативной. Этого можно добиться за счет внедрения различных организационно-технических мероприятий. Применяемые мероприятия не должны

требовать значительных капиталовложений и, как правило, в результате грамотного подхода на этой стадии проектирования организации строительства можно получить достаточно большой экономический эффект от досрочного ввода линии в эксплуатацию.

Следует рассмотреть потоки, имеющие относительно невысокие средние темпы. После чего назначают организационно-технические мероприятия по обеспечению работы этих потоков в требуемом темпе. Такими могут быть:

- введение в работу дополнительной мехколонны;
- использование мехколонны с более высокой годовой выработкой;
- увеличение количества спецсоставов для доставки балласта и дренирующего грунта;
- увеличение количества спецвагонов в вертушках;
- применение дополнительного строительного-монтажного поезда для балластирования на щебень главного пути;
- сооружение временного обхода большого моста или же другого барьерного сооружения;
- организация дополнительных опорных пунктов и баз;
- изменение последовательности строительства второго пути по перегонам.

### **1.1.3 Техничко-экономическое сравнение вариантов по ожидаемой дополнительной прибыли**

Расчет экономической эффективности организационных схем строительства по ожидаемой дополнительной прибыли позволяет найти оптимальный вариант организационной схемы развертывания строительства. Эта методика позволяет достаточно просто, но в то же время с необходимой точностью для проекта организации строительства определить оптимальный вариант организации строительства железнодорожной линии в условиях рыночной экономики, сравнивая конкурирующие варианты с исходным.

Метод применим при сравнении вариантов организации строительства как новых железнодорожных линий, так вторых и последующих путей. Критерием экономической эффективности выбора и целесообразности применения для дальнейшего проектирования организации строительства является ожидаемая дополнительная прибыль заказчика.

Дополнительная прибыль от досрочного ввода в эксплуатацию железнодорожной линии

$$D_{\text{п}} = P_{\text{д}} - D_{\text{экс}} - D_{\text{стр}} - \text{б} P_{\text{д}}, \quad (1.19)$$

где  $P_{\text{д}}$  – планируемый доход от досрочного ввода в эксплуатацию железнодорожной линии, тыс. руб.;

$D_{\text{экс}}$  – дополнительные эксплуатационные затраты, связанные с досрочным вводом железнодорожной линии, тыс. руб.;

$D_{\text{стр}}$  – дополнительные строительные затраты, связанные с досрочным вводом железнодорожной линии, тыс. руб.;

$b$  – налог на прибыль.

Планируемый доход от досрочного ввода в эксплуатацию железнодорожной линии

$$P_d = (T^И - T^K) C_d QNL, \quad (1.20)$$

где  $T^И$ ,  $T^K$  – продолжительность строительства соответственно по исходному и конкурирующему вариантам, сут;

$C_d$  – средняя доходная ставка для железной дороги, руб./т·км;

$Q$  – средняя масса поезда, обращающегося на новой дороге, т;

$N$  – ожидаемое число поездов в сутки;

$L$  – строительная длина строящейся линии, км.

Средние доходные ставки для Белорусской железной дороги и ее отделений различные (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Средние доходные ставки перевозок в 2010 году для отделений Белорусской железной дороги

Отделения дороги	Шифр отделения	Средняя доходная ставка перевозок, руб./т·км
Минское	НОД-1	68,1
Барановичское	НОД-2	1181,2
Брестское	НОД-3	1107,7
Гомельское	НОД-4	95,1
Могилевское	НОД-5	72,0
Витебское	НОД-6	66,5
В среднем по дороге	–	1156,0

Доходная ставка может изменяться в зависимости от рода перевозимых грузов и скорректирована для различных участков и направлений за счет введения поправочных коэффициентов (таблица 1.5).

Поправочные коэффициенты выше у тех грузов, которые больше повреждают верхнее строение пути, а также у грузов, требующих дополнительных мер безопасности при перевозках.

Таблица 1.5 – Поправочные коэффициенты к доходной ставке

Наименование груза	К
Руды и концентраты железные	0,56
Галька, гравий, щебень, дробленый камень	0,58
Древесина топливная	0,60
Лесоматериалы необработанные	0,67
Уголь каменный, уголь бурый, кокс и полукокс	0,75
Пробег порожних вагонов (из-под выгрузки и под погрузку)	0,75
Удобрения минеральные (азотные, фосфорные, калийные)	0,79
Нефть и нефтепродукты	0,80
Продукты питания	0,80
Крупнотоннажные контейнеры в составе контейнерного поезда, состоящего не менее чем из 57 условных вагонов	0,9
Соль	0,98
Скоропортящиеся грузы в рефрижераторных секциях	0,98
Пробег подвижного состава, рассчитываемый на осе-км	1,00
Универсальные и специализированные контейнеры	1,10
Грузы другими видами поставок	1,18

Дополнительные эксплуатационные затраты, связанные с досрочным вводом железнодорожной линии,

$$D_{\text{экс}} = (T^{\text{н}} - T^{\text{к}})C_c QNL, \quad (1.21)$$

где  $C_c$  – средняя себестоимость перевозок, руб./т·км.

Средняя себестоимость перевозок для Белорусской железной дороги и ее отделений также различная (таблица 1.6).

Дополнительные строительные затраты, связанные с досрочным вводом железнодорожной линии, включают в себя все затраты на сооружение временного обхода моста или же другого барьерного сооружения, организацию дополнительных опорных пунктов, баз и т. д.

Таблица 1.6 – Средняя себестоимость перевозок в 2010 году для отделений Белорусской железной дороги

Отделения дороги	Шифр отделения	Средняя себестоимость перевозок, руб./т·км
Минское	НОД-1	31,73
Барановичское	НОД-2	42,92
Брестское	НОД-3	85,53
Гомельское	НОД-4	55,77
Могилевское	НОД-5	45,08
Витебское	НОД-6	33,13
В среднем по дороге	–	52,29

Дополнительные затраты на строительство временного обхода большого моста, являющегося барьерным,

$$D_{стр} = l_{обх} C_{обх} + l_{в.м} C_{в.м}, \quad (1.22)$$

где  $l_{обх}$  – длина железнодорожного обхода, км;

$C_{обх}$  – стоимость 1 км обхода, млн руб./км;

$l_{в.м}$  – длина временного моста на обходе, м;

$C_{в.м}$  – стоимость 1 м временного моста на обходе, млн руб./м.

Временный мост возводят при невозможности пропуска подвижного состава по существующему мосту на первом действующем пути, и обычно предполагается его выполнять низководным или наплавным с минимально возможными затратами на устройство самого мостового перехода и подходов к нему. Стоимость временного моста обычно принимаем в размере 10 % от стоимости проектируемого здесь постоянного моста с использованием нормативов удельных капитальных вложений для строительства больших однопутных железнодорожных мостов (таблица 1.7). Стоимость самого обхода принимаем в размере 50 % от стоимости дороги IV категории при средней длине всего обхода до 5 км.

В результате несложных преобразований формула (1.19) примет окончательный вид:

$$D_{п} = (T^H - T^K)(C_d - C_c)QNL - D_{стр} - \delta(T^H - T^K)C_dQNL. \quad (1.23)$$

Налог на прибыль  $\delta$  следует принимать в размере 24 %.

Таблица 1.7 – Нормативы удельных капвложений в строительство больших однопутных железнодорожных мостов в ценах 2006 года

Длина пролетных строений, м	Норматив удельных капитальных вложений, млн руб./м длины моста при средней высоте моста, м							
	10,1–20,0		20,1–30,0		30,1–40,0		более 40,0	
	всего	в том числе СМР	всего	в том числе СМР	всего	в том числе СМР	всего	в том числе СМР
До 66	39,48	33,34	43,52	36,83	47,29	40,04	50,78	42,69
От 66 до 110	42,13	35,71	45,62	38,92	49,94	42,41	53,71	45,20
Более 110	44,36	37,39	49,38	41,85	53,15	44,92	57,47	48,69
<i>Примечание</i> – Капитальные вложения приведены без учета стоимости регуляционных сооружений и укрепительных работ.								

На основании выполненных расчетов производят анализ экономической эффективности разработанных вариантов организации строительства и принимают решение по окончательно принимаемому в работу варианту.

В случае если ожидаемая дополнительная прибыль  $D_{\Pi}$  имеет положительное значение, то конкурирующий вариант следует принять за основу к дальнейшей разработке проекта организации строительства. Если же расчеты показали, что ожидаемая дополнительная прибыль  $D_{\Pi}$  имеет отрицательное значение, то для дальнейшей разработки принимается исходный вариант. Если при сравнении вариантов ожидаемая дополнительная прибыль  $D_{\Pi}$  близка к нулевому значению, к дальнейшей разработке проекта организации строительства можно принять за основу любой из вариантов – исходный или же конкурирующий.

Конкурирующих вариантов может быть разработано несколько. Каждый из них сравнивают с исходным вариантом попарно и принимают окончательно к исполнению вариант с максимальной ожидаемой дополнительной прибылью  $D_{\Pi}$ . В качестве стимулирующего фактора при заключении контракта на выполнение строительно-монтажных работ между заказчиком и генподрядчиком заказчик может часть ожидаемой прибыли передать генподрядчику после досрочного ввода объекта в эксплуатацию.

#### 1.1.4 Технико-экономические показатели проекта

В основные показатели проекта организации строительства должны быть включены следующие технические и финансово-экономические параметры разработанного проекта:

1 Длина строящейся линии, км.

- 2 Строительная длина линии, км.
- 3 Продолжительность строительства, мес.
- 4 Продолжительность видов работ, мес.:
- а) подготовительные работы;
- б) основные работы:
- искусственные сооружения;
  - земляные работы;
  - укладка пути;
  - балластировка на первый слой;
  - балластировка на второй слой;
- в) работы заключительного периода.
- 5 Общий темп строительства, км/мес., в том числе:
- темп постройки искусственных сооружений, км/мес.;
  - темп сооружения земляного полотна, км/мес.;
  - темп сооружения верхнего строения пути, км/мес.
- 6 Средняя интенсивность выполнения основных видов работ:
- подготовка территории строительства, км/сут;
  - земляное полотно, тыс. м<sup>3</sup>/сут;
  - малые искусственные сооружения, м<sup>3</sup>/сут;
  - укладка рельсошпальной решетки, км/сут;
  - балластировка на первый слой, км/сут;
  - балластировка на второй слой, км/сут;
  - заключительный период, км/сут.
- 7 Расход основных материалов на единицу конечной продукции:
- бетон, тыс. м<sup>3</sup>;
  - железобетон, тыс. м<sup>3</sup>;
  - шпалы, шт.;
  - рельсы (по типам), т;
  - песчаный балласт, тыс. м<sup>3</sup>;
  - щебеночный балласт, тыс. м<sup>3</sup>.
- 8 Удельные затраты по видам основных работ:
- искусственные сооружения, тыс. руб.;
  - земляное полотно, тыс. руб.;
  - верхнее строение пути, тыс. руб.
- 9 Затраты труда на 1 км главного пути железной дороги, чел. дн.
- 10 Среднесписочное число рабочих, чел.
- 11 Коэффициент равномерности использования рабочей силы в целом на строительстве (из графика движения рабочей силы)

$$K_p = n_{cp} / n_{max} , \quad (1.24)$$

где  $n_{cp}$  – среднее количество рабочих на строительстве, чел.;

$n_{max}$  – максимальное количество рабочих на строительстве, чел.

12 Сметная стоимость строительства, млн руб.

13 Экономический эффект проекта организации строительства, млн руб.

На основании полученных расчетных данных, определяющих сроки выполнения работ по сооружению железнодорожного пути и линейных сооружений, а также их сметной стоимости, проектируются календарный план и календарный график организации строительства железной дороги.

### 1.1.5 Календарный план и календарный график строительства

Сметная стоимость строительства определяется согласно нормативам капитальных вложений строительства вторых путей (таблица 1.8), вида тяги, категории сложности строительства (таблица 1.9) и общей строительной длины главного пути строящихся вторых путей.

Таблица 1.8 – **Нормативы удельных капитальных вложений в строительство вторых путей в базисных ценах 2006 года**

Наименование объекта	Категория сложности строительства	Норматив удельных капитальных вложений, млн руб./км			
		Объекты производственного назначения			Объекты жилищно-гражданского строительства
		Всего	В том числе		
	СМР		оборудование		
Вторые пути на участках с тепловозной тягой	I	1451	1309	100	413
	II	1565	1409	100	413
	III	1708	1537	100	413
	IV	1876	1691	100	413
	V	1964	1770	100	413
Вторые пути на участках с электротягой	I	1765	1565	201	413
	II	1936	1735	201	413
	III	2134	1921	201	413
	IV	2363	2120	201	413
	V	2618	2348	201	413

Для перевода цен 1991 года в базисные цены 2006 года следует использовать коэффициент индексации  $K_{инд} = 1395$ . Для перевода базисных цен 2006 года в действующие 2011 года следует применить усредненный коэффициент индексации  $K_{инд} = 1,894$ . Оба коэффициента получены на основании практических выводов индексации цен в области транспортного строительства на Белорусской железной дороге в УП «Белжелдорпроект».

Категория сложности строительства вторых путей устанавливается в зависимости от среднего профильного объема земляных работ, приходящегося на пристраиваемый второй главный путь. Профильный объем представляет собой сумму объемов всех насыпей и выемок по трассе.

Профильный объем земляных работ на 1 км строительной длины вторых путей складывается из профильного объема земляного полотна, отсыпаемого из местных недренирующих грунтов и объема земляного полотна, отсыпаемого в верхней части насыпи из дренирующих грунтов.

В связи с отсутствием справочных материалов для расчета объема земляного полотна второго пути в учебных целях его значение можно принимать с коэффициентом 0,75 от объема земляного полотна однопутной линии на данном участке трассы [11].

Точный объем земляного полотна второго пути можно определить путем геометрического построения поперечников на всех характерных точках трассы, предварительно разделив ее на однородные участки, с расчетом площади полученных поперечников и умножением их на длину участков.

**Таблица 1.9 – Категории сложности строительства вторых путей**

Категория сложности строительства	I	II	III	IV	V
Профильный объем земляных работ на 1 км строительной длины, тыс. м <sup>3</sup>	До 6,0	6,1–10,0	10,1–14,0	14,1–20,0	Свыше 20,0

Календарный план и календарный график строительства являются основными итоговыми документами разработки ПОС. Эти документы разрабатываются параллельно с их взаимной увязкой.

Объемы и сроки финансирования увязываются с объемами и сроками производства работ, рассчитанными при разработке принятой при технико-экономическом сравнении вариантов схеме организации строительства.

Календарный график организации строительства, в котором отражается общая продолжительность строительства, объемы и сроки выполнения основных работ, их взаимная увязка и потребность в различных ресурсах, а также график движения рабочей силы на весь период строительства разрабатываются в масштабной форме.

Построение календарного плана строительства следует начинать с определения общей сметной стоимости строительства. После этого производят распределение общих капиталовложений по отдельным видам работ и затрат (таблица 1.10), учитывая категорию сложности строительства. Распределение капиталовложений для первого года строительства производится поквартально.

Таблица 1.10 – **Распределение стоимости вторых путей по главам сводной сметы в зависимости от категории сложности строительства**

Номер главы сметы	Вид работы и затрат	В процентах от общей стоимости и по категориям сложности строительства				
		I	II	III	IV	V
1	Подготовка территории строительства	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5
2	Земляное полотно	16	17	18	21	25
3	Искусственные сооружения	7,3	7,5	7,7	9,4	10,4
4	Верхнее строение пути	35	34	33	31	28
5	Устройства связи и СЦБ	13,0	12,8	12,0	11,0	9,0
6	Здания и сооружения производственные и служебные	4,0	4,0	4,0	3,0	2,8
7	Устройства электроснабжения и электрификации	2,9	2,9	2,9	2,5	2,0
8	Водоснабжение и канализация, теплофикация и газоснабжение	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0
9	Эксплуатационный инвентарь и инструмент	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
10	Временные здания и сооружения	3,5	3,5	3,7	4,0	4,2
11	Прочие работы и затраты	10,0	10,0	10,0	9,0	8,4
12	Содержание дирекции	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
13	Проектно-изыскательские работы	1,8	1,8	1,9	2,1	2,2
	Непредвиденные работы и расходы по смете	3,6	3,6	3,8	4,0	5,0
<b>Итого</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Используя данные из таблицы 1.11, в которой приведено примерное распределение объемов СМР по различным главам сводной сметы, производится расчет объемов СМР по каждому виду работ и затрат. Сумма объема СМР записывается в знаменателе под значением полной сметной стоимости.

После этого производится распределение общих капиталовложений и объемов СМР по каждому виду работ и затрат и периодам освоения капиталовложений. Объемы капиталовложений следует принимать, используя календарный график организации строительства или же принятую схему организации строительства, вычерченные на миллиметровой бумаге.

При распределении капиталовложений необходимо учитывать продолжительность работы каждого из потоков в течение всего периода строительства вторых путей. Распределение капиталовложений по срокам их освоения необходимо принимать пропорционально времени нахождения каждого из потоков в работе. На этом этапе построения календарного плана целесообразно использовать метод сечений на календарном графике или же на организационной схеме строительства.

Таблица 1.11 – **Примерный объем СМР в объемах капитальных вложений по главам сводной сметы**

Номера глав в сводной смете	1–4	5	6	7	8	9	10	11	12, 13	Без номера
Объем СМР, %	100	76	98	80	92	–	80	100	–	80

После выполнения всех расчетов следует произвести проверку правильности построения календарного плана, суммируя значения по строчкам и столбцам. Суммы распределенных капиталовложений должны полностью совпасть с общими затратами и объемами СМР по строчкам, столбцам и с начальными значениями капиталовложений.

Календарный план организации строительства имеет установленную форму и оформляется в виде таблицы. Пример календарного плана для участка вторых путей протяженностью 60 км с тепловозной тягой второй категории сложности в базисных ценах 2006 года приведен в таблице 1.12.

В верхней части календарного графика располагается утрированный продольный профиль трассы второго пути, ситуационный план, план линии, объемы основных видов работ. Построение календарного графика начинают с последовательного нанесения на нем циклограмм всех потоков, производя необходимые расчеты и увязку этих потоков. При этом также следует использовать расчетные данные, полученные при определении временных параметров потоков по принятому варианту организационной схемы. Потоки должны располагаться в технологической последовательности их работы, с соблюдением правил увязки ритмичных потоков.

Справа от календарного графика строится график движения рабочей силы, используя расчетные данные по требуемому количеству людских ресурсов. При наличии на трассе больших и средних мостов на графике показывают только их расположение с пикетажным значением, длину моста и общую нормативную продолжительность строительства каждого из мостов.

Фрагмент календарного графика организации строительства второго пути на участке ст. А – ст. Ж показан на рисунке 1.4.

Таблица 1.12 – Календарный план строительства вторых путей

Наименование объектов и работ	Сметная стоимость и объем СМР, млн руб.	Распределение объемов работ по периодам освоения, млн руб.				
		1-й год				2-й год
		I	II	III	IV	
Полная сметная стоимость строительства,	<u>93900</u> 86277	<u>4095</u> 3369	<u>4095</u> 3369	<u>6799</u> 6402	<u>6799</u> 6402	<u>72112</u> 66735
в т. ч. по видам работ:						
– подготовка территории строительства	<u>1220</u> 1220	<u>610</u> 610	<u>610</u> 610	– –	– –	– –
– земляное полотно	<u>15963</u> 15963	–	–	<u>3193</u> 3193	<u>3193</u> 3193	<u>9577</u> 9577
– искусственные сооружения	<u>7042</u> 7042	–	–	<u>1765</u> 1765	<u>1765</u> 1765	<u>3512</u> 3512
– верхнее строение пути	<u>31926</u> 31926	–	–	–	–	<u>31926</u> 31926
– устройства связи и СЦБ	<u>12019</u> 9134	–	–	–	–	<u>12019</u> 9134
– здания и сооружения производственные и служебные	<u>3756</u> 3681	–	–	–	–	<u>3756</u> 3681
– устройства электроснабжения и электрификации	<u>2723</u> 2178	–	–	–	–	<u>2723</u> 2178
– водоснабжение, канализация, теплофикация и газоснабжение	<u>1033</u> 950	–	–	–	–	<u>1033</u> 950
– эксплуатационный инструмент и инвентарь	188	–	–	–	–	188
– временные здания и сооружения	<u>3288</u> 2630	<u>1644</u> 1315	<u>1644</u> 1315	–	–	–
– прочие работы и затраты	<u>9390</u> 9390	<u>1174</u> 1174	<u>1174</u> 1174	<u>1174</u> 1174	<u>1174</u> 1174	<u>4694</u> 4694
– содержание дирекции	282	35	35	35	35	142
– проектно-изыскательские работы	1690	211	211	211	211	846
– непредвиденные работы и расходы по смете	<u>3380</u> 2163	<u>421</u> 270	<u>421</u> 270	<u>421</u> 270	<u>421</u> 270	<u>1696</u> 1083

*Примечание* – В числителе – объемы капитальных вложений, в знаменателе – объемы строительно-монтажных работ.



## 2 ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВТОРЫХ ПУТЕЙ

Строительство второго пути должно вестись в соответствии с утвержденным проектом организации строительства. Целью проектирования организации строительства второго пути является:

- последовательная подготовка перегонов или двухпутных вставок к вводу в постоянную эксплуатацию;
- ввод в постоянную эксплуатацию строящегося второго пути в объеме утвержденного проекта или пускового комплекса в установленные сроки при эффективном использовании всех видов ресурсов;
- минимальное нарушение земель и предотвращение загрязнения водоемов и окружающей территории в процессе строительства.

Проектом организации строительства определяют этапы и очередность ввода в эксплуатацию перегонов, очередность выполнения подготовительных и основных работ по каждому перегону; порядок переустройства станций и узлов; устанавливают календарные сроки строительства, поставки оборудования и конструкций, потребность в материальных и трудовых ресурсах, средствах механизации работ.

При сборе исходных данных в период обследования района предстоящего строительства особое внимание должно быть уделено наличию и состоянию подъездных автодорог со стороны проектируемого второго пути, которые можно использовать для постройки водопропускных сооружений, подъезда к грунтовым карьерам и карьерам балластных материалов, источникам энерго-, водо-, газо- и теплоснабжения. Следует определить наличие и возможность использования предприятий стройиндустрии в районе производства работ. Особое внимание уделяют решению вопросов возможности использования действующего первого пути и отдельных пунктов, а также выделения «окон» для проведения работ.

Планирование работ подготовительного периода ведется в соответствии с общей технологической последовательностью ввода второго пути в эксплуатацию. Строительство притрассовой автодороги и подъездных дорог к сосредоточенным объектам следует вести с опережением начала работ.

Проектирование организации строительства малых мостов и удлинения водопропускных труб в разделе ПОС заключается в определении параметров специализированных потоков, сроков возведения водопропускных сооружений по участкам, расчете потребности в основных строительных машинах и механизмах. Проектирование организации строительства малых водопропускных сооружений ведется по перегонам. Одновременное проведение реконструкции или замены водопропускных сооружений первого пути и устройство труб сразу под двумя путями являются наиболее трудоемкими и продолжительными работами. Выполняются они в «окна» большой продолжительности (не менее 10–12 ч). А потому коэффициент эффективности «окон» в пределах всего периода строительства будет различным:

$$k_{\text{эф}} = \frac{T_{\text{ч.в.}}}{T_0}, \quad (2.1)$$

где  $T_{\text{ч.в.}}$  – продолжительность чистого времени «окна», ч;

$T_0$  – общая продолжительность «окна», ч.

Проектирование организации сооружения земляного полотна производится по перегонам и отдельным пунктам. Начало земляных работ по срокам определяется готовностью малых водопропускных сооружений. При распределении земляных масс определяют объемы грунта, разрабатываемого модулями ведущих машин механизированных колонн.

В обязательном порядке выделяют объемы земляных работ, выполняемых в зимний период. При установлении сроков работы модулей на участках учитывают увеличение затрат рабочего времени в зависимости от размеров движения по действующему пути и наличия электрификации.

Темпы и сроки выполнения работ по строительству водопропускных сооружений и строительству земляного полотна должны определяться с увязкой работы укладочно-балластировочного комплекса. Проектирование организации балластировочных работ заключается в выборе балластных карьеров из числа имеющихся, установлении границ участков их действия, а также в определении темпов и сроков производства балластировочных и отделочных работ. При выборе балластных карьеров решающим фактором является стоимость разработки и доставки  $1 \text{ м}^3$  балласта  $C_б$  к месту укладки:

$$C_б = \frac{C_k + C_{\text{п}} + C_{\text{гр}}}{W} + C_{\text{уб}} + C_{\text{тр}}\Gamma l + \frac{C_{\text{р}}}{W}, \quad (2.2)$$

где  $C_k$  – затраты на организацию карьера, тыс. руб.;

$C_{\text{п}}$  – стоимость подъездного пути к карьере, тыс. руб.;

$C_{\text{гр}}$  – стоимость вскрыши карьера, тыс. руб.;

- $W$  – объем разрабатываемого в карьере балласта, тыс. м<sup>3</sup>;  
 $C_{уб}$  – стоимость разработки и погрузки 1 м<sup>3</sup> балласта на железнодорожный состав, руб.;  
 $C_{тр}$  – стоимость перевозки 1 т·км балласта по дороге, руб.;  
 $\gamma$  – плотность балласта, т/м<sup>3</sup>;  
 $l$  – дальность возки балласта, км;  
 $C_p$  – затраты на рекультивацию карьера, тыс. руб.

Балласт к месту укладки может быть доставлен различными способами:

- поездами по действующему пути (думпкарными вертушками) в основном при отсыпке только первого слоя;
- хоппер-дозаторными вертушками после укладки пути и балластирования его на первый слой с действующего пути;
- хоппер-дозаторными вертушками сразу после укладки второго пути на земляное полотно или песчаную подушку;
- автомобильным транспортом при наличии притрассовых балластных карьеров;
- из промежуточных складов балластных материалов («блуждающих» карьеров);
- сочетанием различных способов доставки балласта.

Вариант балластирования пути на первый песчаный слой с доставкой балласта на перегон думпкарными вертушками и выгрузкой его в «окно» с действующего пути на подготовленное земляное полотно второго пути следует рассматривать как наиболее целесообразный. При такой организации балластировочных работ, по сравнению с вариантом балластирования хоппер-дозаторными вертушками со строящегося второго пути, трудозатраты могут быть сокращены до 30 %. Количество необходимых «окон» для вывоза и выгрузки балласта рассчитывается по формуле

$$N_o = \frac{P_p}{Q_d}, \quad (2.3)$$

где  $P_p$  – общая потребность в песчаном балласте, тыс. м<sup>3</sup>;

$Q_d$  – вместимость думпкарной вертушки, м<sup>3</sup>.

При организации «блуждающих» карьеров следует стремиться обеспечить наличие достаточного запаса в них балластного материала, что позволяет вести балластировочные работы в любое время и не зависеть от срывов в поставках из основных карьеров. Кроме того, в «блуждающие» карьеры балласт может завозиться в зимнее время, что гарантирует бесперебойную работу балластировочного комплекса в течение всего теплого периода года, являющегося наиболее благоприятным для балластировочных работ.

Потребное количество хоппер-дозаторов  $N_{х-д}$ , которые требуется выгружать в течение суток для производства балластировки пути в расчетном темпе  $\tau_6$  можно определить по графику (рисунок 2.1).

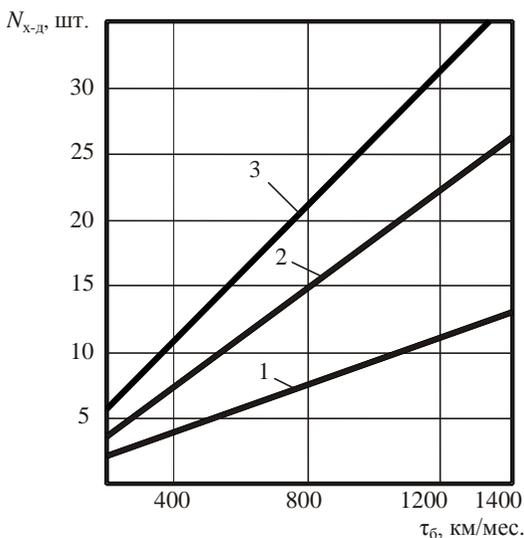


Рисунок 2.1 – График определения потребности в хоппер-дозаторах для балластировки в расчетном темпе 10 (1). 20 (2). 30 (3) км/мес.

Несмотря на возможность работы путеукладчиков с относительно более высоким темпом, в целом темп укладочных работ обычно определяется темпом вывоза песчаного балласта.

Строительство зданий на промежуточных станциях и разъездах при строительстве второго пути может быть организовано вне зависимости от сроков укладки рельсошпальной решетки. Все необходимые материалы и конструкции для выполнения этих работ по действующему первому пути доставляются на станции,

где выполняются коммерческие операции, а далее к месту монтажа их перевозят автомобильным транспортом. Строительство зданий следует организовывать поточным методом. Самостоятельные потоки организуют по жилым, служебно-техническим и культурно-бытовым зданиям.

Работы по строительству и реконструкции линий связи, телемеханики, автоматики, электропередачи, водоснабжения, канализации, теплоснабжения, контактной сети выполняют поточным методом. Сроки производства работ должны быть согласованы со сроками ввода перегонов второго пути в постоянную эксплуатацию.

Прокладку магистральных и кабельных линий в теле земляного полотна следует планировать на послеукладочный период. Работы по устройству автоматики и телемеханики на отдельных пунктах следует выполнять после укладки станционных путей и стрелочных переводов, постройки служебно-технических зданий, предназначенных для монтажа соответствующего технического оборудования. Строительство контактной сети электрифицированных участков и связанных с ней специальных устройств производится в послеукладочный период.

## 2.1 Сооружение земляного полотна под второй путь

Прочность и устойчивость земляного полотна, отсыпаемого под второй путь, определяется выбором грунтов, их взаимным расположением и степенью уплотнения. Кроме этого, они зависят от качества грунтов земляного полотна первого пути.

Для отсыпки железнодорожного земляного полотна разрешается использовать крупнообломочные, песчаные и глинистые грунты (приложения А, Б).

По условиям механизированного производства работ расстояние от оси вновь укладываемого второго пути до бровки земляного полотна принимают не менее половины ширины земляного полотна магистральных однопутных линий I и II категории (3,8 м – для глинистых грунтов и 3,3 м – для скальных и дренирующих грунтов).

Продольный профиль второго пути на общем земляном полотне с существующим первым на прямых участках проектируют в одном уровне головок рельсов обоих путей после проведения капитального ремонта существующего пути. На участках пути в кривых проектируют в одном уровне головки внутренних рельсов.

Сооружение земляного полотна под второй путь по сравнению с новой железнодорожной линией имеет ряд отличий и особенностей:

- стесненность фронтов работ;
- производство работ в условиях непрерывающегося движения поездов по первому действующему пути не должно повлиять на их безопасный и бесперебойный пропуск, а также обеспечить гарантию безопасности для рабочих, занятых на отсыпке земляного полотна второго пути;
- наличие действующего первого пути позволяет использовать поездную возку грунта для отсыпки земляного полотна на отдельных участках, где затруднен или невозможен подъезд с полевой стороны, а также на участках, где невозможно использовать местные грунты из-за их механических свойств или состава, при пересечении болот и т. д.

До начала производства основных работ производят подготовительные работы, в состав которых входят:

- восстановление проектной оси трассы и ее закрепление;
- отвод земель под строительство;
- расчистка территории в полосе отвода (валка леса, срезка кустарника, корчевка пней и т. д.);
- срезка балластных шлейфов на откосах существующего земляного полотна;
- лечение земляного полотна первого пути;
- разбивка в натуре поперечников;
- перенос водоотводных канав;
- подготовка и восстановление притрассовых землевозных автодорог;
- обследование использованных ранее и поиск новых карьеров грунта для отсыпки земляного полотна, а также подготовка карьеров к работе.

Прочность и устойчивость земляного полотна под второй путь определяется выбором грунтов, их взаимным расположением в насыпях, тщательностью уплотнения, а также соблюдением всех технологических требований организации работ по отсыпке земляного полотна второго пути.

Обязательным условием при сооружении земляного полотна второго пути является обеспечение бесперебойного и безопасного движения подвижного состава по первому действующему пути.

При сооружении земляного полотна под второй путь из недренирующих грунтов необходимо принять меры, исключающие пучение пристраиваемого пути и обеспечивающие хороший водоотвод поверхностных вод от существующего земляного полотна. С этой целью верхний слой земляного полотна второго пути отсыпают из дренирующего грунта с коэффициентом фильтрации не менее чем у песчаного балласта существующего пути, иногда комбинируя его с геотекстилем.

Толщина дренирующего слоя должна быть назначена на стадии технического проектирования на основании геологического обследования местных грунтовых карьеров, предполагаемых для использования при отсыпке нижней части земляного полотна, для устранения возможных пучений и обеспечения хорошего водоотведения поверхностных вод. Толщину слоя дренирующего грунта под балластной призмой устанавливают в зависимости от вида грунта земляного полотна и его состояния, а также глубины промерзания в районе строительства.

Обычно толщина дренирующего слоя без применения геотекстиля в основании должна быть не менее 0,5–0,7 м при отсыпке в нижнюю часть земляного полотна супесей, и 0,8–1,0 м – для суглинков и глин (в зависимости от климатических условий). Причем, чем более глинистый по составу грунт предполагается отсыпать в нижнюю часть полотна, тем больше должна быть толщина дренирующего слоя. Поверхность глинистых грунтов в основании дренирующего слоя планируют односкатной с уклоном 0,04–0,1 в направлении от действующего пути для лучшего отвода воды.

Особое значение имеет анализ инженерно-геологических условий на трассе проектируемого второго пути, а также состояние и качество существующего земляного полотна первого пути. Земляное полотно второго пути проектируют совместно с переустройством полотна существующего первого пути (с его использованием).

Существуют такие основные схемы размещения второго пути:

- на общем земляном полотне и в одном уровне с существующим путем;
- общим земляном полотне с изменением уровня существующего пути (как правило, реконструируемый первый путь должен быть в одном уровне со вторым);
- раздельном земляном полотне (такая схема обычно применяется на подходах к большим и средним мостам, а также на участках со слабым ос-

нованием и в сложных или неблагоприятных инженерно-геологических условиях);

– общем двухпутном полотне на новой трассе обхода участков, неблагоприятных по инженерно-геологическим условиям, а также на долговременных обходах преградных объектов.

Проектирование организации земляных работ зависит от схемы размещения земляного полотна второго пути по отношению к земляному полотну существующего участка (рисунки 2.2–2.5).

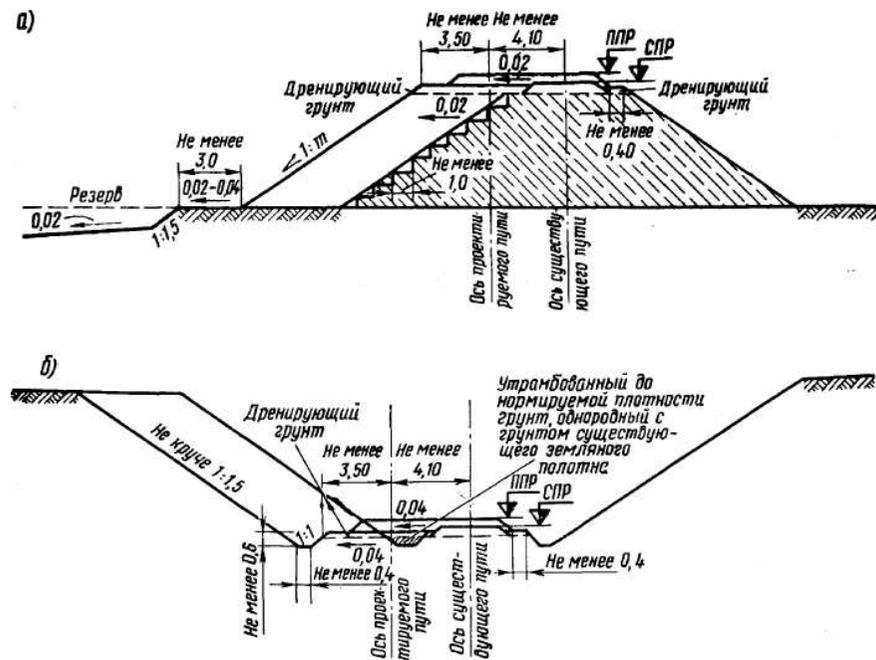


Рисунок 2.2 – Поперечные профили земляного полотна при малых подъемах и сохранением минимальной ширины обочины со стороны существующего пути:

а – на насыпи; б – в выемке

При уширении выемок ликвидируемые кюветы и лотки засыпают грунтом, однородным с грунтом основания и тщательно послойно уплотняют. Приступать к основным работам по отсыпке насыпей и разработке выемок можно только после устройств водоотводов.

Важное требование при строительстве земляного полотна второго пути – недопущение застоя воды и увлажнения грунта на контакте существующего и присыпаемого земляного полотна. С этой целью целесообразно использовать нетканый синтетический материал (НСМ) – геотекстиль, дорнит и др., укла-

дыаемый под дренарующий слой. Для предотвращения сползания полотнищ НСМ перед выгрузкой думпкаров с дренающим грунтом их выводят за откос на 0,5 м и закрепляют через каждые 1,5–2,0 м.

Для перемещения разгруженного дренающего грунта по земляному полотну используют экскаватор-планировщик, который в процессе работы находится на частично отсыпанном участке защитного слоя. Возможно использование бульдозеров, но с предосторожностью не повредить НСМ.

Целесообразно при проектировании земляного полотна второго пути на участках, совмещенных с существующим путем, ширину основной площадки назначать такой же, как и для новых двухпутных железных дорог.

Согласно СНБ 3.03.01–98 [18] и СТН Ц–01–95 [19] на прямых участках пути она составляет при использовании в теле глинистых грунтов 11,7 м, а при применении скальных грунтов и дренающих песков – 10,7 м. Этим создаются предпосылки для доведения существующего пути после реконструкции до той же категории, что и у нового второго пути. При этом возможно смещение оси существующего пути при выполнении работ с односторонней и двухсторонней присыпкой земляного полотна.

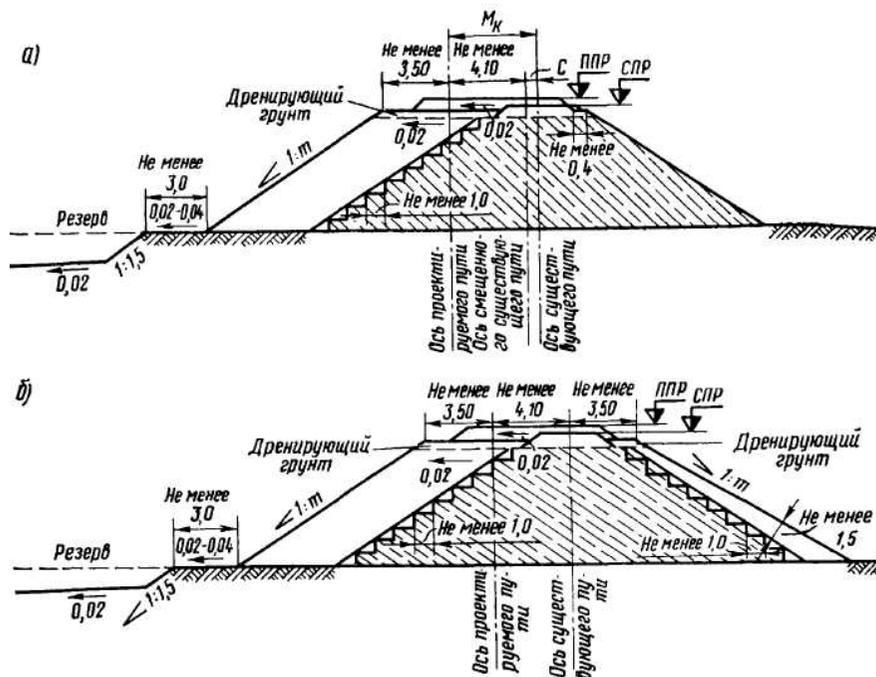


Рисунок 2.3 – Поперечные профили земляного полотна при величине подьемки, не обеспечивающей минимальной ширины обочины со стороны существующего пути: а – со смещением оси существующего пути; б – то же без смещения

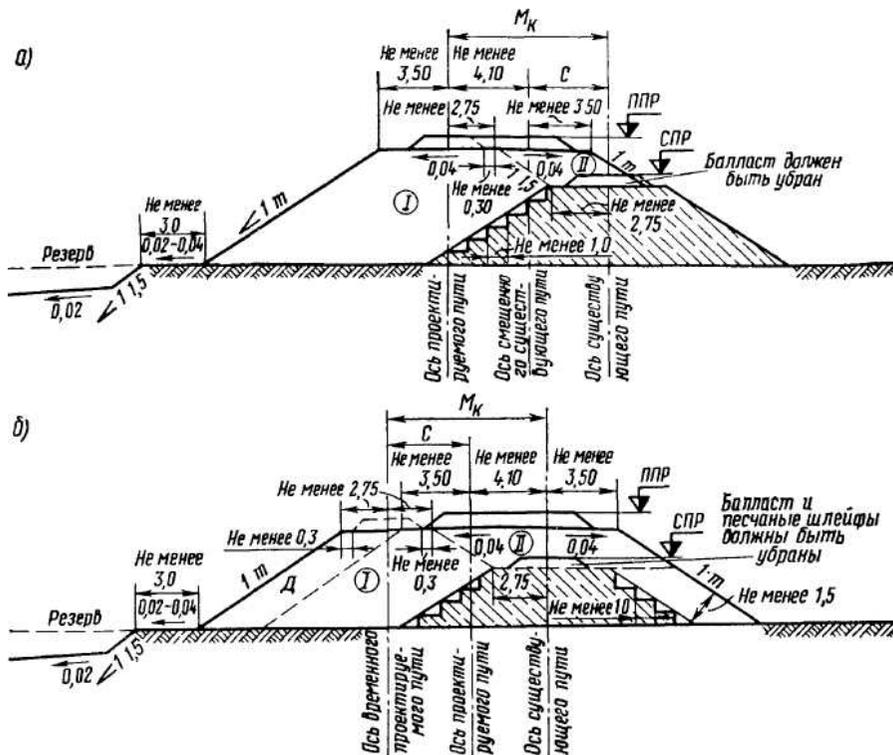


Рисунок 2.4 – Поперечные профили земляного полотна при больших подъёмках:  
 а – со смещением оси существующего пути; б – то же без смещения;  
 I, II – этапы выполнения строительных работ

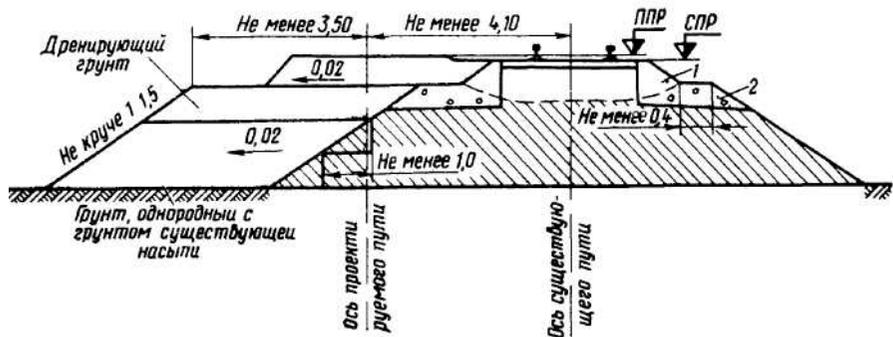


Рисунок 2.5 – Поперечные профили земляного полотна при сплошной боковой срезке бортов балластных корыт: 1 – балласт; 2 – песок или гравий

### 2.1.1 Разработка выемок и отсыпка насыпей под второй путь

Разработку выемок под второй путь можно производить различными механизированными землеройными комплектами (приложение В). Выемки в талых нескальных грунтах рекомендуется разрабатывать экскаваторами-драглайнами. Если позволяют технические характеристики экскаватора, то разработку выемки целесообразно вести на полную ее глубину, а самосвалы загружать в уровне стоянки экскаватора. При глубине выемки свыше 6 м предпочтительнее также использование экскаватора-драглайна.

При глубине выемки до 3,5 м разработку грунта можно производить экскаватором обратной лопата с гидравлическим приводом рабочего органа и вместимостью ковша 1,0–1,6 м<sup>3</sup>. При глубине выемки от 3,5 до 6 м работы можно производить такими же экскаваторами, но двумя ярусами.

При работе экскаваторов следует учитывать, что по условиям безопасности производства работ экскаватор не может приближаться к откосу выемки со стороны пути ближе, чем на 1,5 м.

Выемки в талых нескальных грунтах можно разрабатывать прицепными и самоходными скреперами с вместимостью ковшей от 8 до 15 м<sup>3</sup>. Вывозка грунта организуется в насыпь или в кавальер. В скреперный комплект дополнительно включают:

- в зоне работы – бульдозер с универсальным отвалом;
- при работе самоходных скреперов – дополнительные толкачи, принимаемые по расчету;
- при вывозке грунта в насыпь – бульдозер для разравнивания грунта и грунтоуплотняющая машина.

При разработке скреперами коротких выемок (100–150 м) дополнительные въезды и съезды не устраивают. В случае необходимости разработки скреперами затяжных выемок (более 150 м) с целью увеличения производительности этих ведущих машин целесообразно выемку делить на захватки с организацией промежуточных въездов и съездов (выездов).

При работе скреперов следует учитывать, что по условиям безопасности производства работ скрепер не может приближаться к откосу выемки со стороны пути ближе, чем на 0,5 м. При этом часть грунта им не дорабатывается, и для полной разработки выемки используют бульдозер с поворотным отвалом, который включают в состав комплекта. После 2–3 проходок скрепера отвалом бульдозера, закрепленным под углом к оси трактора, срезают и перемещают оставшийся грунт в зону набора грунта скрепером.

Бульдозеры для разработки выемок целесообразно применять в случаях, когда грунт из выемки перемещается в прилегающие насыпи на расстояние не более 100 м. Для сокращения потерь грунта следует использовать совковые отвалы, что позволяет транспортировать грунт на значительные расстояния и разрабатывать выемку с отсыпкой в прилегающие к ней насыпи.

Технология разработки выемок бульдозерами относится к категории наиболее простых. В процессе работы такой ведущей машины используется только одна вспомогательная – грунтоуплотняющая машина, что очень важно при сооружении вторых путей, т. к. наличие большого количества машин на месте производства работ снижает уровень безопасного производства работ в условиях действующего пути [8, 23].

Создание стабильных насыпей вторых путей в большой степени зависит от тщательности и полноты выполнения подготовительных работ, проводимых на откосах существующего пути. К ним в первую очередь относятся:

- уборка балластных шлейфов;
- срезка растительного грунта;
- нарезка уступов.

Балластные шлейфы представляют собой слой загрязненного в процессе длительной эксплуатации первого пути, сползшего на откос насыпи. Средний объем шлейфов может достигать  $300 \text{ м}^3$  на 1 км пути. Балластные шлейфы можно не срезать, если отсыпку земляного полотна второго пути производят дренирующим грунтом с коэффициентом фильтрации большим, чем у балластных шлейфов, но не меньше  $2,0 \text{ м/сут}$ .

Срезку балластных шлейфов следует производить в теплое время года с использованием бульдозеров или автогрейдеров с откосными ножами и высоте насыпи до  $2,5 \text{ м}$ , а при большей высоте используют экскаваторы-планировщики. Производительность комплектов машин при срезке шлейфов в среднем составляет  $200 \text{ м}^3$  в смену. Срезанный с откосов грунт может быть спланирован и распределен по берме (если он пригоден к отсыпке в тело насыпи). Если же он непригоден к дальнейшему использованию, то его собирают в промежуточные бурты для последующей вывозки в организованные отвалы.

В случае если удаление балластных шлейфов связано с угрозой безопасности движения поездов по первому пути (шлейфы являются частью земляного полотна), то срезка их осуществляется по индивидуальным проектам производства работ короткими захватками с немедленной нарезкой уступов и отсыпкой насыпи.

Насыпь отсыпают послойно, высота слоя зависит от типа применяемых грунтоуплотнительных машин. Коэффициент уплотнения грунта в теле насыпи по всему поперечнику должен быть не менее  $0,98$ .

Разгрузку грунта начинают от заложения нового откоса насыпи второго пути, постепенно приближаясь к существующему земляному полотну.

На откосах существующей насыпи высотой более  $1 \text{ м}$ , сложенной из всех разновидностей грунтов, кроме дренирующих, должны устраиваться уступы шириной  $1-1,5 \text{ м}$  с уклоном  $0,02-0,04$  в сторону присыпки (рисунок 2.6).

Каждый уступ нарезается за  $3-5$  проходок бульдозера. За первую проходку отвалом бульдозера срезается призма шириной в основании  $0,5-0,6 \text{ м}$ ,

за вторую проходку ширина уступа увеличивается еще на 0,3–0,4 м, а за последующие проходки каждый раз еще на 0,2 м. Грунт, собирающийся на отвале, перемещается в тело насыпи присыпаемого пути.

При работе с неполноповоротным отвалом длина захватки определяется объемом грунта, собирающегося на отвале, и обычно равна 10–12 м.

Средний объем работ по устройству уступов, принимая его ширину 1 м, а высоту – 0,7 м, в расчете на 1 км насыпи составляет в среднем 900 м<sup>3</sup>.

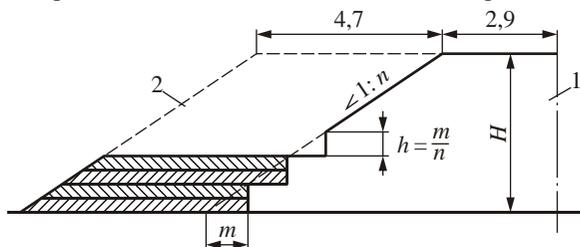


Рисунок 2.6 – Последовательность нарезки уступов бульдозером (размеры в метрах): 1 – существующая насыпь; 2 – присыпаемая насыпь

После окончания нарезки очередного уступа разработанный и перемещенный в тело отсыпаемой насыпи грунт разравнивается отвалом бульдозера. После нарезки первого нижнего уступа отсыпают 2–3 слоя насыпи на высоту уступа. Грунт уплотняют, нарезают следующий уступ, и процесс повторяется до отсыпки насыпи на полную высоту. Длина фронта для нарезки уступов назначается в зависимости от длины фронта земляных работ, установленного при отсыпке насыпи, и обычно составляет от 100 до 400 м.

Для обеспечения безопасности движения поездов по действующему пути работы по срезке шлейфов и нарезке уступов выполняются только в присутствии руководителя работ и представителя дистанции пути по должности не ниже дорожного мастера.

В пределах насыпей из дренирующих грунтов взамен устройства врезных уступов производят удаление с откосов дерна и древесно-кустарниковой растительности, а при отсутствии дерна рыхлят верхний слой грунта на глубину 10–15 см.

После подготовки откоса существующего пути возведение насыпи второго пути можно выполнять автосамосвалами, скреперами, драглайнами из резервов, бульдозерами и поездной возкой из карьеров.

Возведение насыпей скреперами, драглайнами из резервов и бульдозерами специфических технологических особенностей не имеют. Но при этом следует учитывать снижение эксплуатационной производительности землеройных и землеройно-транспортных машин  $\Pi_{эл}$  с учетом технологических перерывов в их работе, связанных с движением поездов по первому пути:

$$\Pi_{\text{эп}} = K_{\text{д}} \Pi_{\text{э}}, \quad (2.4)$$

где  $K_{\text{д}}$  – коэффициент, учитывающий снижение эксплуатационной производительности машин,

$$K_{\text{д}} = \frac{N t_{\text{п}} K_{\text{т}}}{1440 K_{\text{в}}}, \quad (2.5)$$

где  $N$  – число поездов, проходящих в сутки по первому пути;

$t_{\text{п}}$  – время на подготовку участка производства земляных работ к пропуску поездов по первому пути, мин;

$K_{\text{т}}$  – коэффициент относительного количества поездов, приходящихся на технологические перерывы в работе машин (0,64–0,67);

$K_{\text{в}}$  – коэффициент использования машин по времени.

Коэффициент  $K_{\text{д}}$  для случаев возведения верхней части насыпи, когда по условиям безопасности при проходе поезда по действующему пути машины должны прекращать работу в связи с опасностью выхода их рабочего органа за пределы габарита приближения строения, приведен для различных видов работ в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Коэффициент снижения эксплуатационной производительности

Виды работ и наименование машин	Коэффициент $K_{\text{д}}$ при числе поездов, проходящих по первому пути в сутки		
	14–36	37–72	73–112
Планировка откосов насыпей и основной площадки драглайнами и экскаваторами-планировщиками, разработка выемок экскаваторами, планировка откосов выемок драглайнами при работе с бермы и экскаваторами-планировщиками с основной площадки	0,93	0,85	0,80
Разработка выемок скреперами и бульдозерами, возведение верхней части насыпей (ниже ее проектной отметки до 1,3 м) скреперами, бульдозерами, экскаваторами с транспортированием грунта автосамосвалами	0,95	0,87	0,78

Для упрощения расчетов составлена таблица 2.2, в которой коэффициент  $K_{\text{д}}$  предусмотрен для расчета производительности машин при отсыпке насыпи по всей ее высоте и подсчитан в зависимости от этой высоты.

Таблица 2.2 – Коэффициент снижения эксплуатационной производительности

Виды работ и наименование машин	Высота насыпи, м	Коэффициент $K_d$ при числе поездов, проходящих по первому пути в сутки		
		14–36	37–72	73–112
Возведение насыпей автосамосвалами, скреперами и бульдозерами	До 2	0,95	0,89	0,81
	2–4	0,98	0,93	0,88
	4–6	0,98	0,96	0,93
	6–8	0,99	0,97	0,95
	8–10	0,99	0,98	0,96
	Более 10	0,99	0,99	0,97

**Возведение насыпей автомобилями-самосвалами.** Способ возведения насыпей автомобилями-самосвалами с разработкой грунтов в карьерах или выемках экскаваторами при строительстве вторых путей является наиболее распространенным. Важную роль при такой организации работ играет выбор рациональной схемы движения автосамосвалов [8].

Схема работы автосамосвалов при отсыпке насыпи должна удовлетворять трем основным требованиям:

- насыпь необходимо возводить послойно, а движение автосамосвалов производить по спланированной и уплотненной части отсыпанного слоя;
- время маневрирования самосвала на насыпи, передвижение его задним ходом для разгрузки должно быть минимальным;
- самосвалы не должны мешать работе планирующих и уплотняющих грунт машин.

Железнодорожные насыпи возводят по двум основным принципиально разным технологическим схемам:

- кольцевой, когда ширина насыпи позволяет производить работы с разделением отсыпаемого слоя на две полосы;
- однополосной схеме при стесненных условиях работы.

Область применения кольцевой схемы имеет широкое применение при отсыпке насыпей вновь строящихся линий. Она является наиболее рациональной и технологичной, позволяет обеспечить необходимую плотность отсыпаемого земляного полотна. Недостатком ее является необходимость движения самосвалов по кучам отсыпаемого по всей ширине слоя грунта. Для исключения этого недостатка, сохранив кольцевую схему движения автосамосвалов, была разработана новая технология возведения железнодорожной насыпи (рисунок 2.7), предусматривающая деление отсыпаемого слоя насыпи на две половины. Вначале отсыпают одну половину слоя, а в это время движение груженых автосамосвалов происходит на другой его половине. Около места выгрузки автосамосвалы переезжают на первую половину отсыпаемого слоя и подаются на разгрузку.

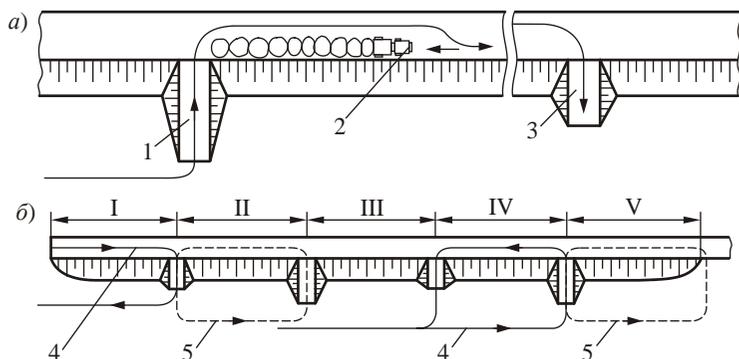


Рисунок 2.7 – Отсыпка насыпи по кольцевой схеме с двухполосным производством работ: а – разгрузка грунта на захватке; б – кольцевое движение автосамосвалов; 1 – въезд; 2 – автосамосвал; 3 – съезд; 4 – кольцевое движение автосамосвалов; 5 – кольцевое движение пневмокатков; I-V – номера захваток

После отсыпки грунта по всей длине слоя производят разравнивание грунта бульдозером и уплотнение его пневмокатком. Применение такой схемы отсыпки насыпи при сооружении второго пути возможно при определенной ее ширине и зависит от габаритов используемых на земляных работах автосамосвалов (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Ширина насыпи для организации кольцевой схемы отсыпки

Грузоподъемность автосамосвала, т	Необходимая ширина насыпи при толщине отсыпаемого слоя, м			Грузоподъемность автосамосвала, т	Необходимая ширина насыпи при толщине отсыпаемого слоя, м		
	0,3	0,4	0,5		0,3	0,4	0,5
До 4,5	5,35	5,20	5,05	7,0	6,55	6,40	5,65
5,0	6,20	6,05	5,90	10,0	7,60	7,45	7,30

В случае возведения насыпей высотой до 6 м одновременно с ее отсыпкой устраивают въезды и съезды. Их размещают, как правило, поочередно (один съезд между двумя въездами или между концом насыпи и въездом). Длину захватки на насыпях протяженностью более 400 м рекомендуется принимать равной 200–300 м, а на насыпях меньшей протяженности – длиной 100–200 м.

Насыпи высотой более 6 м целесообразно возводить с устройством только съездов, а въезд на них производить в нулевых местах. В связи с большим нерабочим пробегом катков использование их становится малоэффективным, поэтому применение катков для уплотнения насыпей длиной более 900 м является нерациональным. В этих случаях целесообразно использовать навесные трамбовочные машины на тракторах, способные разворачиваться на насыпи.

Насыпи, ширина которых не позволяет применить двухполосную схему, могут быть уширены на необходимую величину. После отсыпки насыпи грунт временного уширения срезают с откоса и укладывают с уплотнением в верхние слои или на берму вдоль насыпи. На электрифицированных линиях отсыпку грунта в верхние слои насыпи производить нельзя в связи с опасностью приближения стрелы экскаватора к контактному проводу. Поэтому временное уширение насыпи в таком случае делают не более 0,5 м.

Узкие насыпи возводят с применением однополосной схемы движения автосамосвалов. Однополосная схема движения по сравнению с двухполосной менее технологична. Ее более сложно организовывать, но она не требует дополнительного уширения насыпи. Оптимальной областью применения однополосной схемы является отсыпка насыпей при высоте до 3 м и протяженности не более 500 м (рисунок 2.8, а).

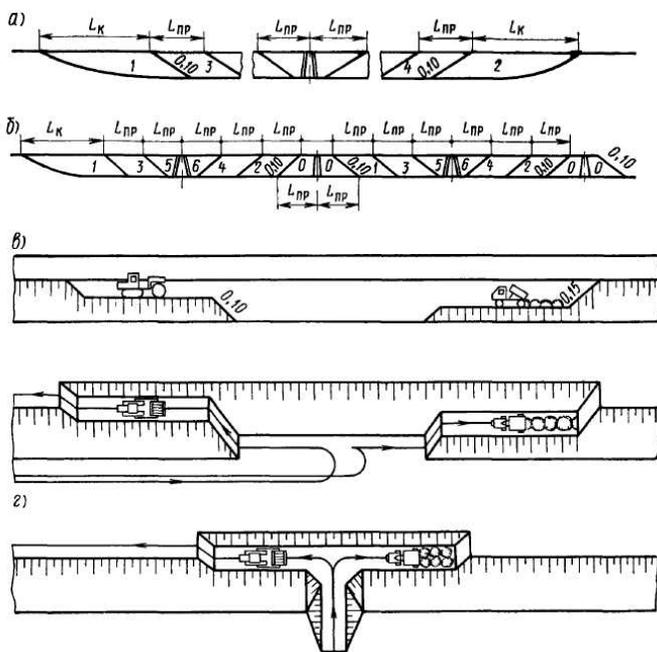


Рисунок 2.8 – Схема отсыпки насыпи с однополосным производством работ: а – при длине насыпи до 500 м; б – при длине насыпи более 500 м; в – работа на захватке; г – отсыпка насыпи на стыковых захватках; 1–6 – номера захваток

Насыпь делят на ряд симметричных по отношению ее середины продольных захваток. Длину концевых захваток  $L_K$  принимают от 60 до 100 м, а промежуточных  $L_{ПР}$  – от 30 до 50 м, что соответствует насыпям высотой от

1 до 3 м. Для въезда на насыпь автосамосвалов, пневмокатков и других машин ее торцевой части на каждой захватке придают уклон, не превышающий 0,1. Самосвалы у начала въезда разворачиваются и въезжают на насыпь задним ходом. При этих условиях и общей длине захватки, не превышающей 50 м, движение автосамосвалов задним ходом в среднем тоже не будет превышать 50 м. При отсыпке крайних захваток въезд на насыпь возможен с обеих сторон – с нулевого места и с торца, а поэтому длина захватки может быть увеличена в два раза. Работы ведутся одновременно на двух захватках: на одной, отсыпают слой грунта, а на другой – производят уплотнение отсыпанного грунта (рисунок 2.8, в). После возведения насыпи на захватках 1 и 2 на полную высоту, машины переключают на захватки 3, 4 и т. д. Центральные захватки насыпи сооружают с устройством въезда, по которому и движутся автосамосвалы.

Важным недостатком этой схемы является необходимость движения автосамосвалов в момент их въезда на насыпь и к месту разгрузки задним ходом, что увеличивает цикл работы автосамосвала по времени из-за потери скорости и повышает утомляемость шоферов. А потому движение автосамосвалов задним ходом ограничивается 50 м, что сужает область применения этой схемы только для отсыпки насыпей высотой до 3 м. При выборе схемы движения имеет значение и общая длина насыпи. В связи с невозможностью разъезда на сооружаемой насыпи автосамосвалов и пневмокатков возникает необходимость отдалять на значительные расстояния захватки для отсыпки насыпи от захваток для ее уплотнения. Это приводит к увеличению холостых пробогов пневмокатков, длину которых ограничивают 400–500 м.

Насыпи длиной более 500 м возводят по технологической схеме участками длиной 400–500 м (рисунок 2.8, б). Каждый участок делят на захватки так же, как и в предыдущем случае. На стыках центральных захваток одновременно с возведением насыпи отсыпают съезды (рисунок 2.8, г) для кольцевого движения пневмокатков. Если уплотнение грунта производят машинами ударного действия с навесным рабочим оборудованием на тракторах, способных развернуться на сооружаемой насыпи или двигаться задним ходом, то устройство съездов не требуется.

Уплотнение насыпей пневмокатками производят по кольцевой схеме с использованием торцовых и боковых присыпных въездов и съездов. При уплотнении грунта на промежуточных захватках каток проходит и по смежным захваткам ранее возведенной насыпи. Для устройства въездов и съездов необходимо по возможности выбирать участки насыпи с повышенными отметками. В дальнейшем указанные въезды и съезды убирают и на их месте доводят откосы насыпи до проектного очертания. Уборку съездов и въездов наиболее рационально производить сразу после окончания работ по возведению насыпи на участке нескольких захваток. В это время поблизости к участку находятся все машины и, кроме того, имеется возможность пере-

местить грунт на ближайшие участки еще не отсыпанной насыпи. Однако не всегда эффективно грунт из присыпных въездов и съездов перемещать в насыпь. Если насыпь имеет высоту до 3 м, то грунт целесообразно отсыпать на берму с последующим его уплотнением. При большей высоте насыпи это следует делать только в том случае, когда расстояние перевозки грунта, отсыпаемого в насыпь на смежных участках, равно или больше дальности его транспортирования из карьера, а переброска экскаватора к месту работ не вызывает затруднений. Грунт, транспортируемый из съездов, лучше во всех случаях отсыпать и разравнивать на берме.

Устройство въездов и съездов требует дополнительных объемов земляных работ, величину которых рассчитывают при составлении проекта производства работ по сооружению вторых путей.

**Особенности отсыпки насыпи на болотах.** Организация работ по возведению насыпей на болотах по сравнению с обычными условиями ее отсыпки более сложна [8, 23]. Это объясняется необходимостью специальной подготовки основания и затруднениями, а иногда невозможностью бокового подвоза грунта. В таких условиях возведение насыпи обычно оказывается возможным только «с головы». Выбор способа отсыпки зависит также от типа болота. Согласно классификации болота подразделяют на три типа в зависимости от вида деформации слагающего болота торфа под нагрузкой.

Процесс возведения насыпей на болотах включает несколько технологически отличных друг от друга видов работ: подготовку основания; отсыпку части насыпи, находящейся ниже уровня болота; отсыпку верхней части насыпи, находящейся выше уровня болота. При отсыпке насыпей под второй путь на болотах вначале отсыпают нижнюю часть насыпи до уровня воды на болоте плюс 0,5 м. Выше этой отметки отсыпку ведут дренирующим грунтом. Если в основании насыпи есть торф, то его предварительно обжимают грунтом. После получения расчетной осадки основания и насыпи второго пути производится отсыпка ее верхней части дренирующим грунтом.

В случае если насыпь I пути была выполнена способом посадки на минеральное дно, то и насыпь II пути отсыпается на минеральное дно. При этом нижняя часть из местных грунтов отсыпается на 0,5 м выше уровня болота.

Насыпи на болотах I типа при необходимости частичного или полного выторфовывания возводят ограниченными участками длиной 10–50 м в зависимости от глубины траншей, плотности и устойчивости торфа. Проведение работ по выторфовыванию под насыпи вторых путей дополнительно связано с опасностью нарушений устойчивости насыпи первого пути, а потому длина одновременно отрываемой траншеи должна быть предусмотрена в проекте. Траншеи отрывают захватками длиной до 50 м (рисунок 2.9, а). Вынутый торф укладывают тонким слоем толщиной не более 0,5 м драглайном или бульдозером. Сооружение земляного полотна, начиная с засыпки траншей и до высоты 0,5 м над уровнем болота, для обеспечения лучших условий работы самосвалов осуществляется с «головы».

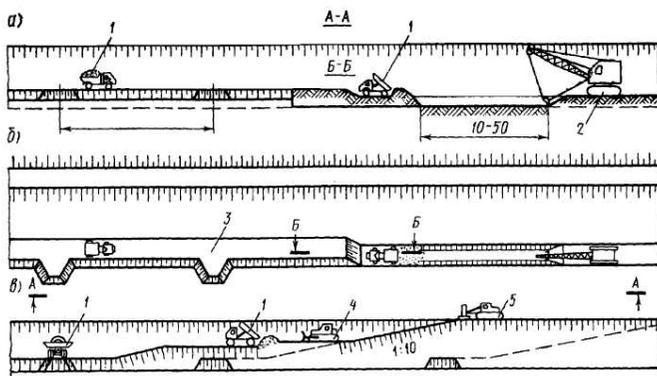


Рисунок 2.9 – Схема отсыпки насыпи на болоте с однополосным производством работ (размеры в метрах): а – продольный разрез; б – план; в – уплотнение грунта машинами реверсивного типа; 1 – автосамосвал; 2 – драглайн; 3 – разезд; 4 – бульдозер; 5 – грунтоуплотняющая машина

Возведение насыпей высотой более 3 м, а с применением нереверсивных уплотняющих машин и до 3 м преимущественно выполняется по схеме двухполосного движения автомобилей-самосвалов с временным уширением насыпи (рисунок 2.10).

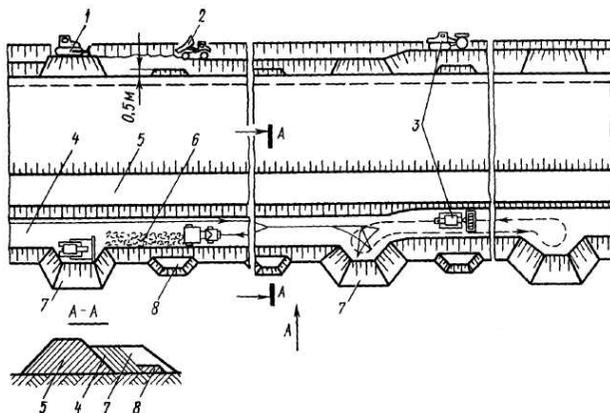


Рисунок 2.10 – Схема отсыпки насыпи на болоте с двухполосным производством работ: 1 – бульдозер; 2 – автосамосвал; 3 – грунтоуплотняющая машина; 4 – насыпь второго пути; 5 – насыпь первого пути; 6 – отсыпaeмый грунт; 7 – основной разезд; 8 – вспомогательный разезд

Засыпку траншей и возведение первого верхнего слоя насыпи выполняют по технологии однополосной схемы, а дальнейшую отсыпку ведут, начиная от дальнего к карьеру конца насыпи, одновременно на двух захватках:

на одной из них отсыпают грунт, а на другой в это время выполняют разравнивание и уплотнение.

Для разреза и разворота машин, кроме вспомогательных разрезов, отсыпанных через 50 м, устраивают основные разрезы у концов захваток. Расстояния между основными разрезами рекомендуется назначать равными 200–300 м для насыпей высотой до 6 м. Для сокращения объемов земляных работ при устройстве разрезов насыпи высотой более 6 м и протяженностью до 600 м следует возводить по однозахватной схеме без отсыпки основных разрезов. Тогда поворот автосамосвалов будет выполняться у концов насыпи на нулевых отметках, а в период производства ее уплотнения автосамосвалы направляют на отсыпку смежных насыпей. Возведение верхней части таких насыпей можно производить скреперами.

Насыпи на болотах в большинстве случаев возводят автосамосвалами. Применение кольцевой схемы движения автомобилей, как правило, исключено. Отсыпку насыпей большой высоты и протяженности (более 600 м) на болотах выполняют по индивидуальным проектам производства работ.

Устройство вездов (съездов) и разрезов при использовании всех технологических схем возведения насыпей автосамосвалами выполняется по стандартным схемам (рисунок 2.11). Минимальные размеры разрезов  $a$ ,  $b$ ,  $c$  на этом рисунке принимают равными (соответственно): при отсыпке насыпи автосамосвалами грузоподъемностью 7 т – 5,5, 13 и 5,5 м; то же 10 т – 8,5, 11 и 6 м; при уплотнении грунта пневмокатками – 8, 14 и 7,5 м.

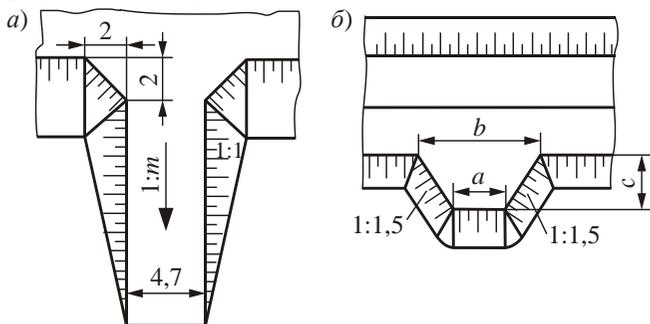


Рисунок 2.11 – Схемы устройства вездов (съездов) и разрезов (размеры в метрах):  $a$  – везд (съезд);  $b$  – разезд

В случае возведения насыпи на болоте I типа без выторфовывания предусматривают отсыпку «тропы» по той же технологии, как при отсыпке первого слоя насыпи над уровнем болота.

Возведение насыпей на болотах II и III типов производят с «голова» после соответствующей подготовки основания, предусмотренной проектом, и сразу по всему поперечному сечению до выхода насыпи из-под уровня болота. Далее при производстве работ используют одну из описанных схем.

Работы по возведению насыпей на болотах в основном планируют на зимний период, когда промерзшая верхняя часть болота позволяет применять экскаваторы и автосамосвалы без укладки сланей и щитов.

**Сооружение насыпей поездной возкой.** Поездную возку используют в тех случаях, когда для отсыпки насыпей применяют дренирующий грунт. Обычно таким грунтом досыпают верхний слой насыпи. Рассматриваемые технологические схемы производства работ могут быть использованы и при отсыпке насыпей на полную высоту. Объем насыпей вторых путей, возводимых поездной возкой из дренирующих грунтов, для различных линий колеблется в значительных пределах и в среднем достигает 20 % общего объема таких насыпей.

Отсыпку насыпей поездной возкой целесообразно использовать в случаях, когда дальность транспортирования грунта превышает 10 км, а разрабатываемый карьер имеет достаточный объем грунта (не менее 50 тыс. м<sup>3</sup>). Работа организовывается по таким технологическим схемам:

- а) поездная возка по действующему пути с разгрузкой на перегоне;
- б) поездная возка в сочетании с автомобильной возкой.

Поездную возку грунта наиболее целесообразно осуществлять думпкарами грузоподъемностью 60 т, а его разработку в карьере экскаваторами с ковшами вместимостью 1,5–2,0 м<sup>3</sup>.

Возведение насыпи поездной возкой с действующего пути выполняют в «окно» (рисунок 2.12).

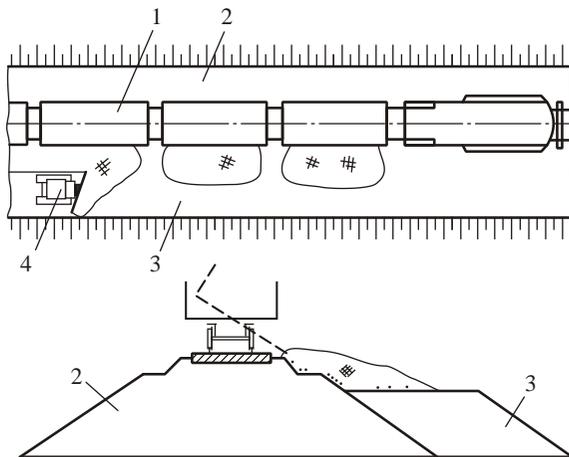


Рисунок 2.12 – Схема возведения насыпи поездной возкой с действующего пути (уступы условно не показаны): 1 – думпкары; 2 – действующий первый путь; 3 – отсыпaeмый второй путь; 4 – бульдозер

Землевозный поезд выводят на перегон в полном составе. Грунт выгружают без передвижки или с передвижкой поезда в зависимости от емкости

думпкаров, продолжительности «окна», но в основном – от толщины отсыпаемого слоя. Согласно правилам безопасности находиться рабочим внутри кузова думпкара категорически запрещается.

Выгруженный грунт планируют по всей ширине насыпи бульдозером с поворотным отвалом. Толщину отсыпаемого слоя назначают в зависимости от требуемой плотности грунта и вида уплотняющих машин. Она колеблется в пределах 0,3–0,5 м. Уплотнять грунт целесообразно реверсивными машинами на тракторах или вибрационными катками.

В процессе выгрузки грунта думпками он частично попадает на балластную призму и засоряет щебеночный балласт. Для предупреждения или уменьшения такого засорения следует применять думпки не с подъемными, а с откидными бортами. Для приема выгружаемого грунта и уменьшения его попадания на балластную призму существующего пути ее укрывают пленочным материалом, щитами и т. д. Иногда устраивают в верхней части существующей насыпи уступ высотой до 1 м с оставлением обочины шириной до 0,2 м.

Положительные результаты при разгрузке думпкаров получают при включении в состав вертушки путевого струга, располагаемого позади локомотива. После разгрузки думпкаров грунт отваливают на величину вылета крыла за габарит одним или двумя проходками струга. Применение путевого струга позволяет уменьшить число рабочих, занятых на очистке габарита, с 10–12 до 6–7 чел.

Перед выводом вертушки с перегона после разгрузки необходимо освободить от грунта борта думпкаров, очистить рельсы и концы шпал, а также привести состав в транспортное положение.

Отсыпка верхнего слоя дренирующим грунтом по описанной технологии возможна при толщине досыпаемого слоя, не превышающей 1 м. При большей толщине этого слоя, а также при возведении насыпей высотой до 4,5 м в комплект машин необходимо включить экскаватор-планировщик, используемый для отвала грунта. На заболоченных участках следует предварительно отсыпать первый слой насыпи для перемещения по нему экскаватора-планировщика. Эту работу выполняют методом с «головы».

Комбинированный способ отсыпки насыпей, включающий одновременно поездную и автомобильную возку грунта, используют в тех случаях, когда получение «окон» для разгрузки грунта на перегоне невозможно или сопряжено с большими трудностями. При использовании этого способа грунт из основного карьера подвозят железнодорожным транспортом на станцию, граничащую с перегонем, где ведется отсыпка насыпи. Доставленный грунт выгружают в специально организованном перегрузочном карьере, а из него автосамосвалами перевозят к месту его укладки в насыпь. Насыпь возводят полностью или отсыпают только ее верхнюю часть по одной из ранее рассмотренных технологических схем.

Перегрузочный карьер размещают на станциях на той же стороне, где сооружается второй путь, и по возможности на его проектной оси. В перегрузочном карьере создают запас грунта в объеме двухсменной или трехсменной производительности комплекта машин. Длину карьера принимают равной 1,5–2 длинам землевозных поездов. После выгрузки грунта в таком «блуждающем» карьере его перемещают бульдозером в отвалы и грубо планируют, создавая бурты высотой 1,5–3,5 м. Для увеличения темпов отсыпки насыпи перегрузочные карьеры рационально устраивать на обеих станциях, ограничивающих перегон.

Отсыпка насыпей дренирующим грунтом является трудоемкой и дорогой работой из-за высокой стоимости дренирующего грунта, который приходится доставлять из карьеров, удаленных, как правило, на большие расстояния от места производства работ. Поэтому в процессе подготовительного периода следует принять все меры к изысканию карьеров дренирующего грунта в районе трассы.

При использовании нетканого синтетического материала (НСМ) в виде геотекстиля, дорнита и др. на строительстве вторых путей с целью лучшего отведения воды из-под дренирующего слоя, НСМ укладывают на земляное полотно и выводят за откос на 0,5 м с закреплением через каждые 1,5–2,0 м.

**Уплотнение грунтов в насыпи.** Все грунты, за исключением скальных слабывветривающихся, во время укладки их в насыпь послойно уплотняют грунтоуплотняющими машинами независимо от способа производства работ. Плотность грунта по всему поперечному сечению пристраиваемой насыпи назначают одинаковую.

Нормы плотности железнодорожного земляного полотна принимаются согласно [18] и приведены в таблице 2.4.

Требуемую (нормативную) в земляном полотне для песчаных и глинистых грунтов плотность сухого грунта  $\rho_d$  определяют с помощью коэффициента уплотнения  $K$  (см. таблицу 2.4):

$$\rho_d = K \rho_{d \max}, \quad (2.6)$$

где  $K$  – минимальный коэффициент уплотнения;

$\rho_{d \max}$  – максимальная плотность сухого грунта,  $\text{г/см}^3$ , определенная по методу стандартного уплотнения.

При невозможности или экономической нецелесообразности достижения требуемой плотности грунта, а также при возведении насыпей без уплотнения грунтов следует предусмотреть дополнительные технические мероприятия, которые смогут обеспечивать общую устойчивость земляного полотна и прочность его основной площадки. К ним относятся: уполаживание откосов, устройство бермы, укладка геотекстильных материалов, назначение запаса на осадку и др., индивидуально для каждого объекта насыпи или выемки.

Уплотнение грунта целесообразно выполнять при оптимальной влажности. В реальных условиях это не всегда выполнимо, а потому допускаются отклонения  $\pm 10\%$  для связных грунтов и  $\pm 20\%$  для несвязных грунтов. При недостаточной влажности связных грунтов их увлажняют в местах разработки (карьерах, резервах) или при их укладке в тело земляного полотна. В случаях наличия переувлажненных грунтов в местах разработки, их подсушивают с использованием дренажей, канав, собирают в бунты [8, 10, 23].

Таблица 2.4 – Нормы плотности земляного полотна

Вид земляного полотна		Глубина расположения слоя от основной площадки, м		Коэффициент уплотнения К для дорог***	
		дороги I, II категории и дополнительные главные	дороги III, IV категории	дороги I, II категории и дополнительные главные пути	дороги III, IV категории
Насыпи	Верхняя часть	До 1,0	До 0,5	0,98; 0,95*	0,95; 0,92*
	Нижняя часть	Более 1,0	Более 0,5	0,95; 0,92*	0,95**; 0,90
Выемки, основания, насыпи высотой до 0,5 м		0–0,5	0–0,5	0,98; 0,95*	0,95; 0,92*
<p>*Для насыпей из однородных песков.  **На участках с сильно пересеченным рельефом, на участках периодического подтопления насыпей, а также в пределах участков длиной до 100 м на подходах к мостам.  ***Для подъездных путей коэффициент уплотнения по всей высоте насыпи устанавливается 0,90. Для скоростных и особогрузонапряженных линий коэффициент уплотнения определяется расчетом.</p>					

Увлажнение грунта в карьере следует осуществлять напуском воды на участок, обвалованный валиком грунта, или же установкой системы разбрызгивателей. Увлажнение грунта при возведении насыпи осуществляется равномерной поливкой его из шлангов, присоединенных к временному водопроводу или при помощи поливочных машин.

Количество воды  $Q$ , т, необходимое для увлажнения  $1 \text{ м}^3$  грунта в выемке (карьере) для повышения его влажности, можно определить по формуле

$$Q = 0,01h\gamma_{\text{ск}}(W_0 - W_{\text{к}} + W_{\text{п}}), \quad (2.7)$$

где  $h$  – толщина увлажняемого слоя, м;

$\gamma_{\text{ск}}$  – требуемая плотность грунта,  $\text{т/м}^3$ ;

$W_0$  – оптимальная влажность грунта, %;

$W_{\text{к}}$  – естественная влажность грунта в карьере, %;

$W_{\text{п}}$  – потери влаги при разработке грунта, его транспортировке и укладке в насыпь, %.

Оптимальная влажность грунта, при которой достигается наибольший эффект уплотнения и при которой требуется меньше затрат на его уплотнение, устанавливается в зависимости от вида грунта и от применяемых машин и механизмов. Оптимальная влажность грунтов в необходимых случаях должна достигаться путем увлажнения сухих и, наоборот, подсушивания излишне влажных грунтов.

Для уплотнения грунтов, влажность которых отличается от оптимальной, следует увеличивать число уплотняющих машин, снижать толщину уплотняемого слоя или увеличивать число проходов (ударов) по одному следу.

Грунты уплотняют специальными машинами укаткой, трамбованием или вибрированием, а также укатывают колесами землевозных транспортных средств. При выборе уплотняющих машин и их числа следует учитывать, что транспортные средства (автосамосвалы, скреперы и др.), выполняя свою основную работу, одновременно производят частичное уплотнение грунта (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – **Наибольшая толщина слоя в плотном теле и число проходов транспортных средств для уплотнения грунтов насыпи**

Наименование и характеристика транспортных средств	Число проходов по одному следу	Наибольшая толщина слоя, м	
		песчаный грунт	глинистый грунт
Автосамосвал грузоподъемностью до 14 т	4–5	0,45–0,5	0,35–0,4
Автосамосвал грузоподъемностью до 10 т	4–5	0,25	0,2
Скрепер с ковшем вместимостью до 6 м <sup>3</sup>	4–5	0,4–0,45	0,35–0,4
<i>Примечание</i> – Грунт оптимальной влажности уплотняется транспортными средствами до коэффициента уплотнения $K = 0,9$ .			

Толщина уплотняемого машиной слоя грунта назначается в зависимости от требуемой нормами плотности, вида и влажности грунта, числа проходов по одному следу и скорости движения грунтоуплотняющей машины (приложение Г).

Для уточнения технологических данных о толщине уплотняемых слоев, числе проходов или ударов уплотняющих машин по одному следу и оптимальной влажности грунта производят опытное уплотнение в реальных условиях. Такое уплотнение выполняется для каждого вида грунта и при использовании другого типа уплотняющей машины.

По результатам опытного уплотнения и исследований, проводимых полевой грунтовой лабораторией, принимается решение об организации технологического процесса уплотнения грунта в насыпи.

Пробное уплотнение грунта назначают в следующих случаях:

– при отсыпке насыпей в зимнее время;

- в случае возведения насыпей из смешанных грунтов;
- при обнаружении недостаточности уплотнения данного грунта при толщине слоя, числе проходов или рабочей скорости движения уплотняющих машин, принятых в технологии и приведенных в таблице 2.5, а также в приложении Г.

Для опытного уплотнения грунта отсыпают его слой в плане не менее  $5 \times 10$  м. Толщина слоя назначается в соответствии с характеристиками машин и данными таблицы 2.5 и приложения Г. Опытный слой грунта должен отсыпаться на плотное основание. Плотность грунта и осадку слоя проверяют после трех, пяти и восьми проходов катка по одному следу и для всех рабочих скоростях трамбующей машины.

При опытном уплотнении катками для получения проб роют 5–6 шурфов. Шурфы располагают или в одном сечении или в шахматном порядке на расстоянии приблизительно 0,6 м по осям шурфов. В каждом шурфе берут пробы в трех горизонтах. Плотность грунта для каждого горизонта определяется как средняя из проб, взятых из этих 5–6 шурфов.

Результаты пробного уплотнения оформляют в виде специального графика (рисунок 2.13), по которому определяют оптимальную толщину уплотняемого слоя грунта, число проходов уплотняющих машин по одному следу или рабочую скорость движения трамбующих машин.

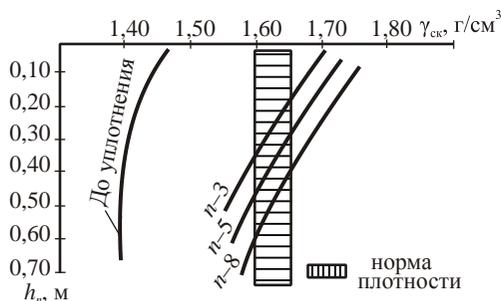


Рисунок 2.13 – График для определения оптимальной толщины слоя грунта и числа проходов уплотняющих машин по одному следу

Уплотнение насыпей катками производят на участке длиной не менее 200 м, а машинами ударного действия при фронте работ не менее 25 м, чтобы затраты времени на повороты в конце захватки по отношению ко времени уплотнения были минимальными. Уплотнение всегда производится послойно. Толщина слоя и количество проходов по нему зависят от типа уплотняющей машины и требуемого коэффициента уплотнения.

Плотность насыпи из разрыхленных скальных и крупнообломочных грунтов не нормируется, но уплотнение их обязательно и выполняется ма-

шинами ударного действия и решетчатыми катками по технологии, предусмотренной для глинистых грунтов.

Для уплотнения связных грунтов применяют катки на пневмошинах, кулачковые и решетчатые, трамбующие и виброуплотняющие машины. Для несвязных грунтов используют вибротрамбующие и вибрационные катки на пневмошинах. Уплотнение насыпей пневмокатками ДУ-16 (Д-551), ДСК-1, решетчатыми ЗУР-25, виброкатками и трамбовочной машиной Д-471 во избежание «сползания» их на откос начинают не ближе 1,5 м от бровки с постепенным приближением к откосу при каждом последующем вплоть до 0,5 м от бровки. После прикатки прилежащих к бровке частей в дальнейшем насыпь уплотняют от ее краев к середине. Минимальное расстояние механизма от бровки насыпи – 0,5 м. Каждый последующий проход (удар) грунтоуплотняющей машины должен перекрывать предыдущий на 0,1–0,2 м.

Пневмокатком ЗУ-25, дизельтрамбовочной машиной УМТС-2 и виброударными машинами насыпь можно уплотнять сразу от бровки к середине, так как тягач или базовая машина находится в этом случае на безопасном расстоянии от откоса. Это достигается тем, что уплотняющий крайний рабочий орган таких машин вынесен за след тягача или базовой машины во внешнюю сторону на расстояние 0,8–1,0 м. Поэтому обвал грунта под ним не приведет к потере устойчивости машины. Уплотнение насыпей на болотах производят в обратном порядке – от середины к краям насыпи.

Откосы насыпи наиболее подвержены деформации в процессе эксплуатации железнодорожного пути. Достаточное их уплотнение в обычных условиях на практике выполнить невозможно в связи с тем, что каток не может вплотную приблизиться к бровке земляного полотна. Поэтому для уплотнения откосов применяется специальное навесное оборудование к кранам или экскаваторам-драглайнам, выполненное в виде виброплиты.

Отметки бровок земляного полотна и основной площадки проверяются нивелировкой, а геометрические очертания земляного полотна, включая откосы, проверяются на соответствие типовым поперечным профилям или профилям индивидуального проектирования с выявлением отклонений.

При движении по насыпи загруженных грунтом автосамосвалов и скреперов происходит частичное уплотнение земляного полотна. Послойная отсыпка, разравнивание, уплотнение насыпей и движение автосамосвалов по спланированному слою грунта возможны как по кольцевой схеме езды, так и с поворотами их на насыпи.

Наибольшая толщина слоя и необходимое число проходов автосамосвалов по одному следу для уплотнения грунта до коэффициента уплотнения 0,9 при его оптимальной влажности приведены в таблице 2.5.

Следует отметить, что при организации работ по доставке грунта к месту его отсыпки поездной возкой уплотнение грунта необходимо выполнять преимущественно мощными виброкатками, позволяющими производить качественное уплотнение при толщине уплотняемого слоя до 0,7 м.

## 2.1.2 Мероприятия по оздоровлению земляного полотна первого пути

Земляное железнодорожное полотно является сложным инженерным сооружением, рассчитанным на длительный срок службы. В процессе эксплуатации действующего первого пути в нем могут возникать и накапливаться дефекты и деформации.

Дефекты являются следствием недоработок при проектировании земляного полотна, его защитных и укрепительных сооружений, нарушении технологии строительства и временной эксплуатации железнодорожных линий, неудовлетворительного текущего содержания и ремонта железнодорожного пути.

Деформации земляного полотна обычно возникают в случаях:

- недостаточной несущей способности грунтов, из которых построено земляное полотно;
- несоответствия мощности верхнего строения пути нагрузкам от обращающегося подвижного состава;
- недостаточной защиты грунтов земляного полотна от неблагоприятных воздействий климатических и инженерно-геологических факторов.

Дефекты и деформации земляного полотна подлежат устранению в процессе текущего содержания пути, при планово-предупредительных ремонтах верхнего строения пути, ремонтах и усилении земляного полотна по индивидуальным проектам, а также строительстве вторых путей.

Выбор противодеформационных и оздоровительных мероприятий для существующего земляного полотна первого пути осуществляют в зависимости от вида, размеров деформаций и других местных условий.

Там, где возведение земляного полотна под второй путь может нарушить устойчивость существующего полотна или вызвать его частичную деформацию, необходимо сравнивать варианты применения оздоровительных и противодеформационных мероприятий, а также размещения второго пути на общем полотне с существующим путем с вариантами однопутного и двухпутного обхода.

На участках с наличием балластных корыт или лож разумно использовать сплошную срезку всех бугров и планировку верха существующего полотна или же вырезку грунта под обочинами.

Сплошная срезка бугров является радикальным мероприятием, но применение ее может быть экономически обосновано только в случае сооружения второго пути одновременно с выполнением капитального ремонта или реконструкции существующего.

Сплошную срезку назначают на глубину 0,15–0,20 м ниже дна балластных корыт, а верху земляного полотна придают односкатное или же двухскатное очертание, исходя из реальных очертаний корыт, с поперечным уклоном не менее 0,05. Для замены срезаемого бугра использовать следует только дренирующий грунт.

Вырезка грунта с обочин является более простым и экономичным мероприятием, чем сплошная срезка бугров. Выполнять ее следует на глубину 0,15–0,20 м ниже дна корыт (рисунок 2.14). Для обеспечения надежного отвода воды с основной площадки при замене следует использовать только дренирующий грунт, обеспечивающий требуемую скорость фильтрации воды.

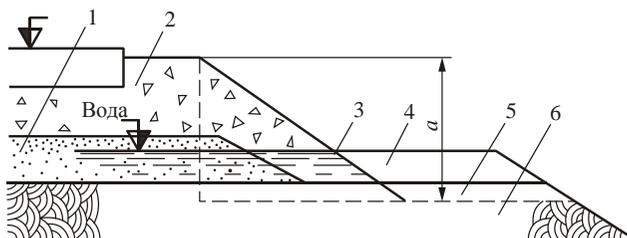


Рисунок 2.14 – Ликвидация застоев воды в балластной призме: 1 – балластная подушка; 2 – щебеночный слой; 3 – порог; 4 – загрязненная обочина; 5 – граница срезки обочины; 6 – глинистые грунты; а – размер, принимаемый в зависимости от типа верхнего строения пути

При ликвидации короткой пучинной впадины в основной площадке целесообразно применить вырезку разжиженного грунта с заменой его местным глинистым хорошо уплотненным грунтом. При достаточной водопроницаемости грунта можно его дополнительно закрепить инъекциями вяжущих растворов.

В пониженных местах дна лож и на участках с балластными мешками и карманами возможно устройство односторонних и двусторонних дренажных прорезей. Положение таких прорезей в плане и по глубине, а также целесообразную конфигурацию назначают исходя из продольного и поперечного профиля лож, мешков и карманов.

При сложном очертании больших участков следует применять разведочные прорези, а строительные работы по оздоровлению земляного полотна проводить поэтапно.

Для оздоровления земляного полотна в местах образования пучин следует выводить зоны промерзания из слоя грунта, вызывающего пучины и пучинные просадки, или же производить замену грунта при снятой рельсошпальной решетке. Как дополнительное мероприятие можно использовать дополнительную подъемку пути на балласт.

Земляное полотно под второй путь, противодеформационные устройства и их конструкцию следует сооружать с учетом состояния земляного полотна и противодеформационных устройств существующего пути, а также опыта их эксплуатации в местных условиях.

При создании земляного полотна второго пути в выемках следует предусмотреть мероприятия по обеспечению устойчивости откосов и прочности основной площадки земляного полотна. Если это связано с наличием водо-

носных горизонтов, а также для каптирования действующих ключей применяются подкюветные дренажи (рисунок 2.15).

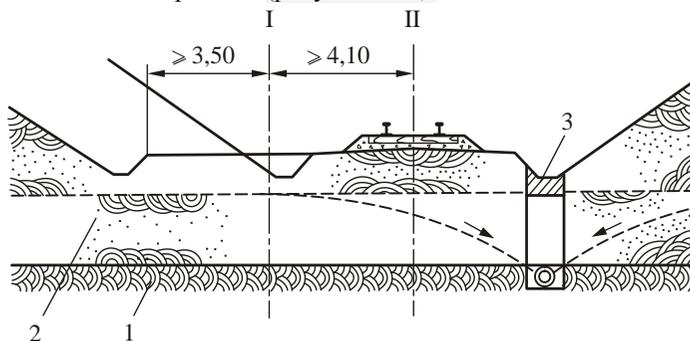


Рисунок 2.15 – Подкюветный дренаж (размеры в метрах): I – ось существующего первого пути; II – ось строящегося второго пути; 1 – водоупор; 2 – горизонт грунтовых вод; 3 – односторонний подкюветный дренаж

Устройство дренажей целесообразно предусматривать для прекращения деформаций основной площадки земляного полотна, вызванных близким залеганием грунтовых вод. Для поверхностного водоотвода, перехвата и понижения уровня грунтовых вод можно применять углубленные кюветы, лотки и дренажи закрытого типа.

Односторонний дренаж целесообразно устраивать на участках с явно выраженным односторонним направлением потока грунтовых вод и при залегании водоупорного слоя на глубине до 4 м. При более глубоком его залегании и отсутствии направленного потока грунтовых вод рационально устройство дренажа или полужакрытых лотков с обеих сторон полотна.

Существующие дренажи со стороны проектируемого пути подлежат ликвидации. Дренирующий заполнитель и трубы при этом необходимо полностью удалить, а дренажную траншею тщательно послойно заполнить местным грунтом с тщательным уплотнением каждого слоя.

### 2.1.3 Особенности сооружения земляного полотна в зимнее время

Сооружение земляного полотна вторых путей в зимнее время имеет определенные особенности по сравнению с аналогичными работами, выполняемыми в теплое время года. Выполнение работ в установленные сроки и с должным качеством в зимнее время во многом зависит от правильного выбора объектов, как по объему, так и по виду разрабатываемых грунтов. Главный принцип организации земляных работ зимой – максимальная концентрация землеройных комплексов на объекте для обеспечения бесперебойного и интенсивного производства таких работ. Выбор участков

для производства зимних работ надо осуществлять на стадии разработки ПОС, в котором необходимо наметить мероприятия по подготовке объектов.

Выбор способа производства земляных работ зимой зависит, прежде всего, от грунтовых условий объекта. Зимой целесообразно разрабатывать немерззающиеся (сухие) пески, гравийные и щебенистые грунты, которые разрабатываются примерно одинаково в любую пору года. В связи с относительно большим объемом мерзлого грунта (по сравнению с общим объемом) не рекомендуется разрабатывать зимой выемки глубиной менее 3 м, возводить насыпи из резервов, устраивать водоотводные каналы и планировать земляное полотно.

До наступления морозов следует выполнить все подготовительные работы. К основным из них следует отнести:

- восстановление и закрепление трассы;
- устройство нагорных и водоотводных каналов;
- удаление слабых грунтов в основании насыпей и разработку концевых участков выемок (глубиной до 3 м);
- срезку шлейфов и снятие растительного слоя с откоса насыпи первого пути;
- проведение утеплительных мероприятий в карьерах и выемках;
- подготовку к эксплуатации в зимнее время, оборудования и инвентаря;
- подготовку жилых, культурно-бытовых и производственных помещений, ведущих и вспомогательных машин землеройных комплексов.

Защиту карьеров и выемок от промерзания следует считать одним из основных методов сокращения трудоемкости разработки грунтов в зимнее время. В настоящее время используется несколько основных способов защиты грунтов от промерзания:

- глубокое рыхление верхнего слоя грунта с последующим задержанием и накоплением снега;
- поверхностное засоление глинистых грунтов хлористым натрием;
- покрытие грунта слоем пенопласта или другого утеплителя.

Первые два способа не целесообразно применять для защиты выемок от промерзания из-за опасности снегозанаesa действующего первого пути и затруднительности рыхления откоса. Для защиты грунтовых карьеров от промерзания могут быть использованы все перечисленные способы.

Независимо от способа производства работ в зимнее время необходимо соблюдать основные правила:

- организовывать работу землеройных машин в забоях непрерывно (круглосуточно) и узким фронтом во избежание промораживания грунта во время перерывов, а в случае вынужденных перерывов утеплять забой;
- не оставлять неразгруженными транспортные средства во время перерывов в работе, тщательно производить их разгрузку, не оставляя в кузовах грунт даже в незначительных количествах;

– до начала работ не раскрывать теплоизолирующее покрытие и не допускать движение транспорта по участкам, намеченным к разработке;

– в случаях, когда земляное полотно намечено под укладку, планировку основной площадки нужно производить немедленно вслед за отсыпкой и уплотнением верхнего слоя насыпи или разработкой нижнего слоя выемки, все досыпки производятся талым грунтом и немедленно уплотняются.

Выемки и карьеры зимой разрабатываются экскаваторами с ковшами вместимостью не менее  $1 \text{ м}^3$ , а при использовании экскаваторов с ковшом вместимостью  $0,65 \text{ м}^3$  в комплект следует включать не менее двух экскаваторов.

Прямые лопаты с ковшами вместимостью от  $1,0$  до  $1,6 \text{ м}^3$  могут разрабатывать мерзлый грунт без предварительного рыхления при толщине корки до  $0,4 \text{ м}$ , а при вместимости ковша  $0,65 \text{ м}^3$  – не более  $0,25 \text{ м}$ .

Драглайнами с ковшами вместимостью менее  $1 \text{ м}^3$  разрабатывают грунт с мерзлой коркой толщиной до  $0,15 \text{ м}$ .

При проектировании организации работ по возведению насыпей в зимних условиях особое внимание следует уделять отсыпке земляного полотна глинистым грунтом. Насыпи или слои насыпей из глинистых грунтов в зимнее время можно возводить с ограничением по высоте в зависимости от среднегодовой температуры воздуха (таблица 2.6). Среднюю за год температуру воздуха следует принимать по СНБ 2.04.05–2000 [17].

**Таблица 2.6 – Ограничения по отсыпке насыпей из глинистых грунтов**

Климат района	Среднегодовая температура, °С	Наибольшая высота насыпи из глинистых грунтов, м
Суровый	Ниже $-2$	2,5
Холодный	От $-2$ до $+1$	3,5
Умеренный	От $+1$ до $+5$	4,5
Теплый	Более $+5$	Без ограничений

При механическом рыхлении мерзлого грунта в экскаваторный комплект обязательно включают рыхлитель на тракторе мощностью не менее  $340 \text{ кВт}$  с бульдозерным оборудованием.

Подготовка захватки для работы экскаватора заключается в удалении снега, рыхлении и уборке грунта в кавальер. Разрыв по времени между разработкой забоя и удалением разрыхленного мерзлого грунта делают минимальным, чтобы не допустить промерзания нижележащего грунта более чем на  $5\text{--}10 \text{ см}$ .

Рыхление грунта производят параллельными проходками рыхлителя по всей площади захватки сначала в одном, а затем другом направлении под углом  $70\text{--}90^\circ$  при трехстоечном рыхлителе и  $50\text{--}70^\circ$  при одностоечном рыхлителе. Расстояние между смежными проходками составляет  $0,55 \text{ м}$ . Величина заглупления зуба устанавливается опытным путем в пределах от

0,25 до 0,45 м. Производительность рыхлителя  $\Pi_p$ , м<sup>3</sup>/смену, должна удовлетворять условию

$$\Pi_p \geq K_M \Pi_3, \quad (2.8)$$

где  $K_M$  – коэффициент, равный отношению толщины мерзлого грунта к глубине экскаваторного забоя (без мерзлого грунта);

$\Pi_3$  – сменная производительность экскаватора, м<sup>3</sup>/смену.

Разработку выемок и карьеров, на которых произведено утепление грунта, можно выполнять по обычным технологическим схемам, предназначенным для летних условий производства работ. Выемки, не защищенные от промерзания, разрабатывают по технологическим схемам, принципиально не отличающимся от принятых для разработки скальных выемок.

Наиболее эффективным методом устройства выемок в зимнее время в грунтах I–VI групп считается разработка их экскаваторами типа обратная лопата с гидравлическим приводом, оборудованными ковшами активного действия вместимостью до 1,6 м<sup>3</sup>. При уширении выемок второго пути по сравнению с разработкой карьеров в одних и тех же зимних условиях приходится сталкиваться с относительно большим удельным содержанием мерзлого грунта в выемках. Это объясняется промерзанием не только бермы, но и откоса выемки.

Допустимое содержание мерзлого грунта  $\beta$ , если он предназначен для отсыпки в насыпь

$$\beta = \frac{1,8}{B_y} \left( 1 - \frac{h_M}{H} \right) + \frac{h_M}{H}, \quad (2.9)$$

где  $B_y$  – величина уширения выемки, м;

$h_M$  – толщина мерзлого слоя, м;

$H$  – глубина выемки, м.

Количество мерзлого грунта, вычисленное по приведенной выше формуле, при разработке выемки при  $B_y = 5$  м и  $h_M = 0,6$  м будет превышать 30 %, что превышает допустимую норму применения мерзлых грунтов в насыпи.

При возведении насыпей следует учитывать, что количество мерзлого грунта в ней не должно быть больше 30 % общего объема. Линейные размеры комьев не должны превышать 0,2 м или же 2/3 толщины отсыпаемого слоя; мерзлые грунты располагают в насыпи равномерно.

Для обеспечения устойчивости насыпи при оттаивании мерзлых комьев их необходимо размещать в насыпи равномерно, не допуская образования гнезд из мерзлых комьев и, в особенности, в откосной части, где они не должны укладываться ближе 1 м от поверхности откоса насыпи.

В тех случаях, когда в основании насыпи имеются пни, нижнюю часть до уровня дренирующего слоя следует отсыпать до выпадения снега.

На участках мокрых и сырых оснований нижнюю часть насыпи также следует возвести до начала устойчивых заморозков.

Если насыпь из глинистых грунтов возводится на полную высоту, предусматривается запас на осадку до 5 % высоты насыпи в районах с суровым и холодным климатом и до 3 % в районах с умеренным климатом.

Следует отметить, что даже при использовании мобильных трамбующих машин на базе гусеничных тракторов длину захватки при производстве работ при отрицательных температурах не следует назначать менее 15–20 м.

Перед началом производства работ основания насыпей тщательно очищают от снега. Верхняя часть насыпей в обязательном порядке отсыпается тальми грунтами. Такими же грунтами отсыпают на высоту не менее 1 м насыпь над водопропускными трубами.

При организации работ по отсыпке подходов к железнодорожным мостам в зимних условиях следует использовать только незамерзший грунт. Незамерзший грунт также следует использовать при организации работ механизированных колонн при отсыпке ими на полный профиль насыпей над водопропускными трубами.

Для уменьшения промерзания грунта работы в зимнее время ведут узким фронтом, а уложенный в насыпь грунт сразу же после его выгрузки и разравнивания уплотняют грунтоуплотняющими машинами.

Рекомендуется возводить насыпи одновременно на двух смежных захватках. При этом на первой захватке производят отсыпку и разравнивание грунта, а на второй захватке – его уплотнение.

Разработка выемок также ведется одновременно на двух захватках. На первой захватке производится рыхление грунта, а на второй – разработка и погрузка грунта в транспортные средства и его вывозка.

Выемки разрабатывают сразу на полную ширину поверху и понизу, откосы оставляют ступенчатыми ( $h \leq 1,5$  м). Грунт выбирается экскаватором ярусами. Доработка откосов и кюветов до проектного очертания производится после наступления положительных температур и полного оттаивания грунта.

Экскаватор при разработке выемки вторых путей располагают на ее береге рядом с автосамосвалами, как и в случае применения драглайна. Это позволяет не угрожать безопасности движения поездов и вести работы по экономически выгодной технологической схеме.

Обратную лопату можно использовать и для частичной разработки выемки – ее верхнего промерзшего слоя в отвал. В оставшейся после этого части выемки удельное содержание мерзлого грунта будет значительно ниже (таблица 2.7), а разрабатываемый в ней грунт можно использовать для отсыпки насыпи.

Таблица 2.7 – Удельное содержание мерзлого грунта в нижнем слое

Толщина верхнего мерзлого слоя, м	Удельное содержание мерзлого грунта в нижней части, %
0,25	10
0,50	19
0,75	27
0,80	30

Выемки в скальном грунте, сухих песках, щебне и гравии устраивают согласно запроектированному поперечному профилю. В остальных грунтах их разрабатывают на полную ширину по низу, а откосную часть полностью не добирают. Оставшиеся на откосе уступы дорабатывают после полного оттаивания грунта.

В случае рыхления промерзающего слоя грунта взрывным способом применяют шпуровой или скважинный метод взрывания с использованием различных видов взрывчатых веществ насыпных и патронированных.

В зимнее время для устройства выемок можно применять и скреперы. К наиболее благоприятным условиям их использования следует отнести:

- разработку выемок в малосвязанных сухих грунтах;
- в случаях предохранения осенью грунтов от промерзания;
- наличие больших сосредоточенных объемов.

В грунтах, промерзших до 5 см, а сухих песчано-гравийных до 30 см их разработку скреперами можно производить без предварительного рыхления. При большей глубине промерзания требуется предварительное рыхление грунтов рыхлителями. В случае отсутствия объектов для скреперных работ, эти машины могут быть использованы как транспортные средства в экскаваторных комплектах, обеспечивая транспортировку грунта к месту отсыпки.

Как экскаваторные, так и особенно скреперные работы рекомендуется вести круглосуточно и узким фронтом с тем, чтобы не допускать промерзания открытых забоев или вторичного смерзания разрыхленного грунта. Покрытые снегом или утепляющим материалом участки выемки не следует раскрывать до начала работ. Необходимо по возможности защищать открытые части забоев от промерзания.

Нарезку уступов нельзя выполнить заблаговременно, а откосная часть насыпей зимой, как правило, промерзает на всю высоту уступа. В настоящее время машин для устройства уступов в зимнее время нет. Из существующих средств механизации и способов производства работ для этой цели можно использовать отбойные молотки или предохранить грунт от промерзания путем покрытия его пенопластом с последующей нарезкой уступов зимой бульдозерами. Срезка балластных шлейфов и снятие растительного слоя с откоса насыпи первого пути выполняется только в теплое время года.

Временем полного оттаивания грунтов следует считать время наступления устойчивых положительных среднесуточных температур воздуха для района производства работ плюс 0,5 месяца.

Талыми принято считать грунты, имеющие в момент уплотнения температуру +0,5 °С и выше.

Устойчивость насыпей, возведенных в зимнее время, в значительной степени зависит от правильного выбора грунтов, технологии их отсыпки, уплотнения и качества подготовки основания. Насыпи в зимний период наиболее целесообразно отсыпать из песчаных сухих грунтов.

Решающим фактором, влияющим на стабильность насыпи, является качество уплотнения грунтов. Эффективность уплотнения в зимнее время зависит от температуры наружного воздуха, влажности грунта, вида и мощности уплотняющих машин.

Отсыпку насыпей зимой производят из карьера или из выемок, и от момента разработки до момента уплотнения грунта проходит время, в течение которого грунт, находясь в транспортных средствах, может промерзнуть. Поэтому время  $T$  нахождения грунта в пути нужно сводить к минимуму. Допустимое время рабочего цикла транспортировки и укладки грунта не должно превышать времени, при котором грунт сохраняет способность к уплотнению (таблица 2.8).

Доставленный на захватку грунт следует разравнивать непосредственно перед началом уплотнения с целью уменьшения степени его охлаждения.

Таблица 2.8 – Допустимое время рабочего цикла отсыпки грунта

Температура наружного воздуха, °С	Содержание мерзлых комьев, %	Допустимое время, мин, при скорости ветра, м/с			
		3	7	10	более 10
Выше –10	До 10	240	180	140	120
	10–20	180	130	110	90
	20–30	120	90	75	60
От –10 до –17	До 10	150	120	100	80
	10–20	110	90	75	60
	20–30	90	60	50	40
От –17 до –25	До 10	120	90	70	60
	10–20	70	60	50	45
	20–30	60	45	30	20

Используя данные таблицы 2.8, можно определить наибольшую длину захватки при отсыпке земляного полотна в зимних условиях по формуле

$$l_3 = \Pi_{э.т}(T - t_{тр} - t_M)/(120bh), \quad (2.10)$$

где  $\Pi_{э.т}$  – производительность экскаватора техническая, м<sup>3</sup>/ч;

$T$  – допустимое время рабочего цикла отсыпки грунта, мин;

$t_{тр}$  – время транспортировки грунта автосамосвалом, мин;

$t_M$  – время разгрузки грунта, включая маневры, мин;

$b$  и  $h$  – соответственно ширина и толщина отсыпаемого слоя в плотном теле насыпи, м.

Для уплотнения отсыпанного грунта необходимо использовать тяжелые вибрационные катки, машины ударного и виброударного действия, решетчатые катки.

Минимальный фронт работ для уплотняющих машин не рекомендуется делать меньше 15–20 м. На небольших по длине захватках следует применять машины виброударного воздействия, специально созданные для работы в стесненных условиях.

Наибольшая дальность транспортирования грунта в зимнее время, км,

$$L = \frac{v}{60} \left( T - t_M - \frac{120lbc}{\Pi_э} \right), \quad (2.11)$$

где  $v$  – скорость транспортирования грунта, км/ч;

$T$  – допустимое время рабочего цикла отсыпки грунта, мин;

$t_M$  – время стоянки самосвала под загрузкой и разгрузкой, мин;

$l$  – минимальная длина захватки, на которой происходит уплотнение, м;

$b, c$  – соответственно ширина и толщина отсыпаемого слоя, м;

$\Pi_э$  – производительность комплекта, м<sup>3</sup>/ч.

Планировку откосов земляного полотна и основной площадки, а также нарезку сливной призмы выполняют после оттаивания грунта. Если сдача земляного полотна под укладку пути намечена на зимний период, планировку основной площадки производят вслед за отсыпкой верхнего слоя насыпи, пока грунт в ней еще не замерз.

За состоянием насыпей, отсыпаемых в зимнее время, ведут регулярное наблюдение в процессе производства работ, а особенно в период оттаивания грунта. При этом определяют фактическую степень уплотнения слоев грунта и ожидаемую осадку насыпи.

Отсыпка земляного полотна в зимних условиях должна выполняться в строгом соответствии с принятыми технологиями. Отступления и несоблюдение правил производства работ могут обернуться непоправимым браком.

#### 2.1.4 Приемка-сдача земляного полотна под укладку

Приемка земляного полотна под укладку пути производится заказчиком совместно с представителем строительной организации (генподрядчиком, субподрядчиком) пообъектно или поэтапно в соответствии с установленными положениями действующих нормативных актов и документов.

При приемке выемок и насыпей следует проверять: расположение трасс сооружений в плане и профиле, а также геометрические размеры сооружений; отметки бровок, продольные уклоны дна и поперечные размеры канав и других водоотводных устройств; крутизну и укрепление откосов; степень уплотнения грунта; правильность расположения и оформления резервов, берм, нагорных канав и др.; наличие актов на скрытые работы (приложение Д), а также актов, устанавливающих соблюдение проектных требований к качеству грунтов в насыпях [4].

Обязательной промежуточной приемке с составлением актов на скрытые работы подлежат: основания насыпей, а также дренажные сооружения; замена грунтов в основаниях выемок и нулевых местах; выполнение мероприятий по обеспечению устойчивости земляного полотна объектов индивидуального проектирования, предусмотренных техническим проектом; нарезка уступов, засыпка кюветов и другие работы при сооружении земляного полотна второго пути; планировка поверхности нижнего слоя насыпи, отсыпанного из глинистого грунта, в случае, когда верхняя часть насыпи возведена из дренирующего грунта; подготовка карьеров к разработке.

Работы по устройству дренажей принимаются по мере готовности отдельных элементов дренажа, как скрытые работы. Кроме того, производится приемка всего дренажа в целом.

В акте приемки дренажа должно быть отмечено состояние отдельных его элементов и дана характеристика заполнителя. К акту прикладываются инженерно-геологические разрезы и планы дренажной системы с указанием выпусков и мест расположения опознавательных знаков.

Приемка штолен производится по мере готовности отдельных участков и всей системы в целом.

Приемку насыпей, возводимых на болотах, производят лишь после пробных испытаний подвижной или статической нагрузками. Длительность и характер нагрузки должны устанавливаться проектом.

В процессе возведения насыпей на болотах следует производить контроль с занесением результатов наблюдений в журнал по таким видам работ: подготовка основания насыпи (выторфовывание и засыпка траншей); динамика осадок насыпи во времени; состояние насыпи при рабочем движении поездов.

Насыпи после длительного перерыва работ подлежат обязательной приемке перед возобновлением работ с составлением соответствующего акта.

Объем грунта, уложенного в насыпь, должен исчисляться в плотном теле по проектным профилям.

Отклонения размеров земляного полотна от проектных не должны превышать допустимых отклонений, регламентированных предельными нормами (приложение Е) и дополнительных ограничений: отклонения в сторону увеличения ширины сооружения, а также в сторону уположения откосов допускаются без включения излишнего (против проекта) грунта в объем выполненных работ; в местах, где обнаружены недосыпки насыпей или переборы выемок на высоту более 5 см, основную площадку земляного полотна следует досыпать грунтом, однородным с ее телом, и тщательно уплотнять до требуемой нормы плотности. Пересыпки на насыпях и недоборы в выемках необходимо срезать. Недосыпки и переборы до 5 см исправляются за счет балластного слоя при балластировке пути; по основаниям железнодорожных выемок, разработанных в скальных грунтах, допускаются недоборы до 0,1 м и переборы до 0,2 м, которые должны быть засыпаны местным скальным грунтом; отклонения от проектных отметок планировки допускаются лишь в отдельных местах и при условии, если при этом не нарушается заданное направление стока воды.

При сдаче земляного полотна под укладку пути подрядчик подготавливает и предъявляет заказчику следующие документы: акты на скрытые работы; ведомость контрольной нивелировки и замеров ширины основной площадки земляного полотна; исполнительные поперечные профили земляного полотна, сооруженные по индивидуальным проектам; выписки из журнала контроля уплотнения земляного полотна; журнал контроля выполнения и качества укрепления откосов земляного полотна посевом трав.

Заказчик устанавливает соответствие земляного полотна его проекту, требованиям действующих нормативных документов и подписывает акт освидетельствования готовности земляного полотна под укладку (приложение Ж). В случае обнаружения отступлений или нарушений, не позволяющих вести укладку рельсошпальной решетки, генподрядчику дается время на их устранение, а повторная приемка переносится на новый срок.

Документация, предъявляемая строительной организацией при технической приемке законченных строительством объектов, должна содержать: рабочие чертежи конструктивных элементов с нанесением на них допущенных в процессе строительства изменений, а при значительных отступлениях приводятся соответствующие исполнительные чертежи с документами по оформлению изменений; журналы работ; акты на скрытые работы; ведомость выполненных работ по противоположным и противоположным мероприятиям; ведомость постоянных реперов и акты геодезической разбивки сооружений; акты лабораторных испытаний грунтов; акты лабораторных испытаний материалов, примененных при сооружении насыпей, в том числе камня, материалов для крепления и др.

### 2.1.5 Обеспечение безопасности при производстве земляных работ

При эксплуатации землеройных машин необходимо использовать безопасные методы и приемы производства работ в различных условиях, а также не создавать препятствие для движения поездов по действующему пути.

**Меры безопасности при работе экскаватора.** Во время работы экскаватора пребывание на нем посторонних лиц, а также в радиусе его действия плюс 5 м, не разрешается. Осмотр узлов, расположенных в тесных и опасных местах, во время работы двигателя и механизмов экскаватора запрещается. При загрузке самосвала, не имеющего над кабиной предохранительного козырька, водитель обязан выходить из кабины и находиться на безопасном расстоянии. Во избежание повреждения рабочего оборудования платформу экскаватора с наполненным ковшом можно поворачивать только после вывода ковша из забоя. Перед кратковременной остановкой или по окончании работ стрелу экскаватора следует расположить вдоль оси, а ковш опустить на землю. Все вращающиеся части экскаватора должны быть надежно ограждены снимающимися металлическими кожухами, сетками или щитками. Запрещается включать двигатель экскаватора без наличия всех защитных ограждений на своих местах. Перед прохождением поезда по действующему первому пути машинист экскаватора должен развернуть стрелу вдоль пути и не осуществлять ее поворот до полного прохождения поезда.

**Меры безопасности при работе скрепера.** Все работы по техническому обслуживанию и ремонту скрепера выполняются при остановленном двигателе, опущенном на землю ковше и заторможенной машине. Запрещается находиться в ковше и выполнять работы при поднятой заслонке, удерживаемой только одним канатом системы управления. Не допускается нахождение сзади скрепера при его работе из-за возможности выбрасывания камней, комьев и других включений, попавших между сдвоенными шинами.

Во время работы скрепера категорически запрещается: находиться между скрепером и тягачом или переходить через буксирное устройство; сидеть на скрепере и становиться на его раму, или же стоять на крыльях тягача; находиться на скрепере или около его посторонним лицам, а также сходить с тягача во время его движения; применять для сцепки предохранительный шкворень большей прочности, чем установлено расчетом; разгружать скрепер, подавая его назад под откос; работать на тракторе-тягаче без крыльев над гусеницами; работать на скрепере в дождливую погоду в мокрых глинистых грунтах; перевозить в ковше скрепера людей, а также любые грузы.

**Меры безопасности при работе бульдозера.** При совместной работе бульдозера и экскаватора первый не должен находиться в радиусе действия стрелы экскаватора. В противном случае машинист бульдозера может приступить к работе только после того, как ковш экскаватора будет опущен на землю. Находиться под поднятым отвалом, удерживаемым только стальным

канатом или гидравлическим приводом, не допускается. В случае необходимости отвал в поднятом положении должен удерживаться специальными упорами или быть установленным на клетку из брусьев.

Во время работы двигателя категорически запрещается находиться в пространстве между трактором и рамой бульдозера. Запрещается находиться во время работы бульдозера в радиусе 10 м от него, а при валке леса – в радиусе 50 м. Не разрешается заправлять стальной канат руками при намотке его на барабан лебедки. При работе бульдозера на насыпи (при уплотненном нижнем слое) расстояние от бровки уложенного грунта до наружного края гусеницы должно быть не менее 0,5 м. При продольном движении по свеженасыпанному грунту не допускается приближаться к бровке откоса ближе, чем на 1 м из-за возможности сползания бульдозера вниз. Не разрешается выдвигать нож бульдозера за бровку откоса при сбросе грунта. При любой остановке в работе бульдозера отвал должен быть опущен на грунт.

**Меры безопасности при работе автогрейдера.** Перед запуском двигателя автогрейдера следует тщательно осмотреть и проверить исправность всех его частей и узлов. Затем включают муфту сцепления и ставят в нейтральное положение рычаг коробки переключения передач, при этом сам автогрейдер должен быть заторможен. Запускает двигатель только машинист автогрейдера. Во время движения машинист должен находиться в кабине управления. Запрещается спускаться и подниматься во время движения автогрейдера. Производить смазочные, регулировочные работы во время движения не разрешается. При работе автогрейдера не допускается: удалять корни и камни из-под отвала или откосника; находиться на раме машины; допускать посторонних лиц в кабину.

**Меры безопасности при работе по уплотнению грунта.** При уплотнении грунта специальными грунтоуплотняющими машинами необходимо соблюдать основные требования безопасности: машины должны иметь габаритные световые сигналы и осветительные фары при работе в ночное время; в пространстве между машиной и тягачом запрещается нахождение любых лиц; тягач к прицепным машинам для осуществления сцепки должен подъезжать осторожно для обеспечения безопасности работающих.

При уплотнении грунта катками запрещается: загружать пригружающий балласт во время движения катков; оставлять прицепные катки на уклоне без подложенных под вальцы упоров; поднимать домкратом загруженный балластом пневмокатак; отцеплять пневмокатак от тягача при убранном домкрате; включать вибратор при нахождении виброкатка на твердом грунте или твердом основании.

При работе трамбующими машинами и виброплитами необходимо перед началом работ убедиться в исправности машины и оборудования, проявлять особую осторожность при работе с дизель-, пневмо- и электротрамбовками и виброплитами, в необходимых случаях использовать защитные очки.

## 2.1.6 Геотекстиль в железнодорожном строительстве

Стабильность железнодорожного пути во многом зависит от земляного полотна. В условиях эксплуатации возможность предоставления «окон» в движении поездов для производства работ по ремонту и усилению земляного полотна ограничены. Это обуславливает необходимость уже в период строительства земляного полотна принимать определенные решения по использованию противодеформационных конструкций из новых искусственных материалов, обеспечивающих высокие антидеформационные свойства и стабильность земляного полотна.

В современном понимании геотекстиль – это полиэфирное нетканое полотно, которое состоит из нескольких плотных слоев перепутанных между собой волокон полиэфира, равномерно распределенных по всему полотну. Как правило, производители геотекстиля подвергают его термической обработке для придания материалу высоких прочностных характеристик и других необходимых свойств.

Нетканые синтетические материалы, нашедшие широкое применение при строительстве и эксплуатации различных сооружений, способны разделять и армировать грунты, дренировать и отводить воду от земляного сооружения. Использование для таких конструкций натуральных волокон исключается ввиду их недолговечности при работе в земляных сооружениях.

Армирующая функция геотекстильных материалов заключается в его способности выдерживать растягивающие усилия и увеличивать несущую способность грунтового основания, укрепленного таким материалом, что очень важно при строительстве земляного полотна на болотах и слабых основаниях. При этом напряжения в грунтовом массиве перераспределяются и создаются благоприятные условия для работы земляного полотна. Прослойка геотекстиля работает здесь как мембрана и передает часть напряжений от более нагруженных мест к менее нагруженным участкам, выравнивая их.

Химическая и биологическая стойкость таких материалов является гарантом обеспечения и сохранения их свойств при нахождении в виде конструктивных материалов в земляном полотне на протяжении длительного периода эксплуатации, составляющего десятки лет.

В современных условиях редкое проектирование железных дорог может обойтись без использования геотекстиля. Проектами предусматривают укладку геосинтетического полотна в качестве укрепляющего, разделяющего и фильтрующего слоя.

Использование нетканых материалов взамен традиционных конструкций снижает стоимость устранения и предупреждения деформаций. При этом сокращаются затраты труда на содержание земляного полотна и пути в целом в период его эксплуатации, а также при его строительстве и капитальном ремонте. При этом обеспечивается повышение пропускной способности линии и значительная экономия финансовых ресурсов.

### 2.1.7 Применение нетканых синтетических материалов при сооружении железнодорожного земляного полотна

Нетканые синтетические материалы (НСМ) – геотекстили сохраняют свою функциональность в широком температурном диапазоне (от  $-60$  до  $+100$  °С), обладают длительным сроком службы (до 25 лет), что имеет важнейшее значение в использовании их при строительстве железных дорог.

Такие материалы вырабатываются из синтетических волокон (отходы, вторичное сырье или же первичное из расплава полимеров), соединяемых между собой механическим путем на иглопробивных машинах, где специальные иглы спутывают их в слое. Для производства материала используются различные полимерные волокна: полиэфирные, полиамидные, полипропиленовые и др.

Геотекстиль состоит из 70 % полипропилена и 30 % полиэтилена. Геотекстиль маркировки "S" содержат 100 % полипропилена. Материал устойчив ко всем встречающимся природным почвенным кислотам (т. е. кислоты с уровнем  $pH > 2$ ); не подвержен воздействию бактерий, грибов, не употребляется в пищу грызунами и насекомыми; структура материала исключает внедрение частиц грунта в поры и их засорение; относительно большое удлинение (до 45 %) от нагрузок до наступления разрыва материала.

В качестве обратного фильтра геотекстильный материал предотвращает механическую суффозию, т. е. вынос мелких частиц грунта потоками воды. При этом в направлении движения воды перед прослойкой нетканого материала в результате пересортировки отдельных частиц грунта образуется естественный грунтовый обратный фильтр.

К числу важнейших положительных свойств нетканых материалов, благотворно влияющих на состояние земляного полотна, следует отнести такие их достоинства:

- способность задерживать мелкие частицы грунта, работая при этом в виде эффективного фильтра;
- высокая водопроницаемость;
- высокая механическая прочность при растяжении в сочетании с эластичностью и способностью к удлинению;
- технологичность при использовании, обусловленная малым расходом на единицу площади, простотой транспортировки, укладки и соединения.

Обладая указанным положительным комплексом свойств, нетканые геотекстильные материалы выполняют еще одну важную функцию – роль разделительной прослойки в грунте. С укладкой в тело земляного полотна нетканого материала напряженно-деформированное состояние грунта изменяется в лучшую сторону и последующие воздействия нагрузок и климатических факторов на сооружение смягчаются. Такая прослойка препятствует проявлению остаточных деформаций грунта из-за ограничения свободы пе-

ремещения отдельных его частиц, которые не могут пройти через геотекстильный материал. Одновременно с этим предупреждается взаимопроникновение крупных частиц в глинистый грунт и мелких частиц в дренирующий грунт, практически невозможен сдвиг отдельных слоев, агрегатов или частиц грунта в зоне такой прослойки.

Геосинтетические материалы на базе геотекстиля уже более 20 лет используются для разделения балластного слоя и основной площадки земляного полотна. Вместе с тем накопленный опыт показал, что эти материалы наиболее эффективны при применении в качестве дренирующего разделительного слоя на полотне из грунтов определенных видов.

Известно, что разделительная функция геотекстиля заключается в предотвращении проникновения фракций балласта в земляное полотно. С другой стороны, геотекстиль предотвращает попадание частиц земляного полотна в балласт и тем самым его загрязнение и снижение несущей способности. Дренажная функция геотекстиля заключается в пропуске через него грунтовых вод из земляного полотна вверх к поверхности путевой структуры. Поскольку накопление воды под геотекстилем может приводить к ослаблению земляного полотна, его делают водопроницаемым.

Существует ошибочное мнение, что геотекстиль должен быть водопроницаемым и для пропуска дождевой воды из балласта в основание пути. На самом же деле, когда дождевая вода доходит до геотекстиля, ее лучше отводить на обочину пути в дренажные кюветы. Пропуск воды в земляное полотно может снизить его несущую способность.

Хорошо структурированный геотекстиль позволяет грунтовым водам легко выходить наверх под давлением от проходящих поездов. Вместе с тем он выполнен так, что требуется относительно небольшой гидравлический напор (порядка 50 мм) для того, чтобы геотекстиль начал пропускать воду вниз. Однако во время дождя наличие геотекстиля все же способствует тому, чтобы проникающая через балласт вода отводилась в дренажные кюветы. Противоречие между разделительной и дренирующей функцией геотекстиля возникает из-за того, что размер пор в НСМ должен быть близок к размерам частиц мелкого песка, чтобы обеспечить соответствующую водопроницаемость. Если поры меньше, возникает значительное сопротивление водному потоку.

Работа нетканого материала в качестве дренирующего слоя (выполнение функции дренажа) обеспечивается высокой водопроницаемостью геотекстиля вдоль земляного полотна. При расположении материала в грунте с низким коэффициентом фильтрации поток инфильтрующихся осадков при достижении такого слоя начинает продвигаться в пределах его расположения. При этом часть воды отфильтровывается в нижележащие слои грунта, а часть ее изменяет направление своего движения в сторону наименьшего сопротивления и отводится в сторону от защищаемого грунта.

Перечисленные функции проявляются порознь или же чаще совместно, в зависимости от вида предполагаемых к устранению деформаций земляного полотна и конструктивного расположения геотекстильного материала.

В нормальном статическом состоянии и при наличии адекватного дренажа частицы вязкого глинистого и илесто-глинистого грунта перекрывают мелкие поры, но в то же время сохраняется способность воды отфильтровываться через них. В динамическом состоянии под воздействием проходящих поездов под балластом возникает явление подсоса. В результате этого под действием пульсирующей динамической нагрузки глинистые и илистые частицы грунта стремятся проникнуть вверх, в балластный слой. Укладка геотекстиля на глинистый или илистый грунт под балластом может замедлить проникновение частиц грунта в балласт, но не предотвратить его полностью.

Наиболее эффективным техническим решением по предотвращению загрязнения балласта частицами глинистого и илистого грунта является укладка подбалластного защитного слоя из сортированного мелкого песка, поверх которого укладывается геотекстиль. Мелкий песок отфильтровывает илесто-глинистые грунты, а геотекстиль – песок, предотвращая его смешивание с балластом. Достаточная для эффективной фильтрации толщина защитного песчаного слоя составляет 15 мм, но из практических соображений его укладывают толщиной не менее 50 мм. Такое решение допустимо на влажных грунтах при высоком уровне грунтовых вод и даже в условиях артезианских грунтовых вод, которые могут иметь место, например, в выемках. Применение геотекстиля позволяет уменьшить толщину защитного песчаного слоя и тем самым его стоимость.

Если уровень грунтовых вод под земляным полотном не выше 600 мм, снижение водяного давления посредством укладки водопроницаемого геотекстиля не требуется. Вместо этого целесообразно использовать водонепроницаемую мембрану, так как, помимо отделения грунта от балласта, она защищает земляное полотно от проникновения дождевой воды.

В таких случаях оптимальным является композитный материал, в основе которого лежит гибкая и плотная водонепроницаемая пленка, защищенная сверху и снизу геотекстилем. Ее легко доставлять на место работ и быстро укладывать, что является большим преимуществом по сравнению с сочетанием песчаного слоя и однослойного геотекстиля, особенно в условиях ограниченной продолжительности. Проникающая из балласта вода стекает по пленке на обочину пути, и для ее отвода требуются дренажные кюветы.

Не все загрязняющие балласт частицы проникают снизу из грунта. По мере старения балласта происходит его абразивное истирание, и в нем самом образуются илистые частицы, которые снижают несущую способность балластного слоя, вследствие чего требуется очистка или замена балласта. Одним из отрицательных последствий зарождения таких частиц является ухудшение дренарующих свойств балласта, что способствует удержанию

воды в нем. Для устранения этого явления разработан материал, который представляет собой дренажную сетку, уложенную между двумя слоями геотекстиля. Такая сетка обеспечивает поперечный отвод воды у основания балластного слоя, вследствие чего, несмотря на старение балласта, его дренажные свойства сохраняются. Структура материала обеспечивает высокую сопротивляемость прокалыванию. Его широко применяют в настоящее время в Великобритании при реконструкции магистральной линии Западного побережья.

Для ситуаций, когда грунт земляного полотна слаб или неоднороден, и необходимо обеспечить постоянство несущей способности основания пути, создан композитный материал. В его состав входят геотекстиль и жесткая геосинтетическая решетка. Результаты испытаний показали, что георешетка увеличивает жесткость подрельсового основания и снижает интенсивность осадки пути до уровня, соответствующего земляному полотну из стабильных грунтов. Кроме этого, снижаются и упругие осадки верхнего строения, что способствует обеспечению равновесности железнодорожного пути по его длине.

При строительстве железных дорог между грунтом и балластом следует использовать геотекстиль, который образует фильтрационный и разделительный слой, эффективно предотвращает заливание земляного полотна мелкими частицами. При устройстве дренажной системы геотекстиль используется в качестве фильтра между грунтом и дренажным заполнителем, позволяя воде беспрепятственно проходить в дренажную систему. Геотекстиль образует армированный слой на мягких и слабых грунтах, обеспечивает несущую способность и распределение нагрузки земляного полотна.

Геотекстильное полотно «Дорнит» применяется при строительстве железных дорог в качестве разделительного полотна между грунтовым основанием и железнодорожной насыпью, при этом исключаются потери нижнего слоя щебневой подсыпки, что ускоряет дренажный отвод воды, для усиления балластной призмы и основной площадки земляного полотна железных дорог [25]. При укреплении и армировании откосов и склонов, существенно снижает растягивающее напряжение в теле насыпи, что повышает ее устойчивость. При таком армировании возможно возводить высокие насыпи.

Использование геотекстильного полотна при строительстве железных дорог позволяет:

- укрепить основания земляных сооружений на грунтах с низкой несущей способностью;
- укрепить железнодорожные сооружения на участках оползней;
- укрепить участки строительства и транспортные пути;
- производить глубинный дренаж;
- отделять грунт от несущих слоев;
- армировать подпорные стены и чрезмерно крутые откосы;

– армировать земляное полотно над набивными колоннами, оголовками свай и другими конструкциями.

Использование геотекстиля создает защиту железнодорожного полотна от деформации и разрушения. Уложенный под железнодорожное земляное полотно нетканый материал препятствует проникновению частиц почвы в основание полотна, за счет чего обеспечивается равномерное распределение статических и динамических нагрузок и высокая несущая способность.

Нетканые материалы находят успешное применение для устранения и предупреждения просадок пути, приводящих к интенсивным расстройкам рельсовой колеи, предупреждения оплывов откосов насыпей и выемок, размывов подтопляемых откосов насыпей, неравномерных осадок насыпей на болотах и слабых основаниях, заиливания дренажей различного назначения.

Использование нетканых материалов при строительстве земляного полотна на сложных и проблемных участках позволяет сэкономить значительные трудовые и материальные ресурсы, а также предотвратить возможные длительные перерывы в движении поездов после сдачи линии в постоянную эксплуатацию для ремонта и восстановления возможных дефектов.

К таким трудно устранимым дефектам, прежде всего, относятся просадки пути с выдавливанием разжиженного грунта на поверхность балластной призмы, оплывы откосов при их поверхностном переувлажнении, вымывание грунта из-под плит покрытия берегоукрепительных сооружений и подтопляемых насыпей.

Проектирование применения противодеформационных конструкций из нетканых геотекстильных материалов выполняют на основе исходных данных, полученных при инженерно-геологическом обследовании участка строительства. Нетканый материал незаменим в тех конструкциях, где при использовании дренирующего грунта требуется выполнять работы с высокой и часто труднодостижимой точностью. Это, прежде всего, устройство обратных фильтров в дренажных и других сооружениях.

Нетканый геотекстильный материал не предотвращает консолидацию грунта, но его применение при возведении насыпей на слабых основаниях в сложных инженерно-геологических условиях позволяет получить: равномерную осадку грунтового основания; сохранение проектных очертаний насыпи и предупреждение расползания и выпора основания; сокращение объемов отсыпки грунта за счет уменьшения осадок насыпи и основания в процессе эксплуатации и сохранение границы раздела между грунтами без их взаимопроникновения.

Для железнодорожных насыпей, возводимых на слабом основании, характерны значительные деформации. Насыпи оседают в грунт и расползаются в стороны. Эти деформации в процессе эксплуатации продолжаются обычно в течение длительного времени и практически не затухают.

Нетканый материал используют на болотах I типа при толщине торфяной залежи до 1,5 м и на основании, представленном илистыми и заторфованными грунтами. Кроме этого его применяют на основании из переувлажненных глинистых грунтов под насыпями.

При подготовке основания под укладку нетканого материала вырубают кустарник, спиливаются и корчуют деревья. Покрытие размещают на всю ширину насыпи понизу. Количество слоев нетканого материала под насыпью выбирается из условия, чтобы их суммарная прочность при растяжении была не менее 1,5 т/м при высоте насыпи до 2 м и не менее 2 т/м при высоте насыпи от 2 до 4 м. Полосы нетканого материала укладывают на основание в направлении поперек оси пути, соединяя их в соответствии с техническими условиями. Отсыпку земляного полотна насыпи до создания слоя грунта 0,5 м над нетканым материалом производят только способом «с головы» из-за опасности его повреждения.

### 2.1.8 Проектирование защитных слоев земляного полотна

При проектировании защитных слоев для земляного полотна [24, 25] из глинистых грунтов необходимо иметь расчетные значения по грунту:

- влажности глинистых грунтов на границе текучести  $W_L$ ;
- консистенции грунтов в условиях естественного залегания, характеризуемой показателем текучести  $I_L$ ;
- глубины промерзания глинистых грунтов в зоне строительства  $h_{пр}$ .

При укладке геотекстиля с защитным слоем толщину последнего  $h_3$  следует назначать в зависимости от вида грунта (по показателю влажности на границе текучести  $W_L$ ) и глубины промерзания грунтов в районе строительства  $h_{пр}$  (таблица 2.9) и от состояния грунта (показателя текучести  $I_L$ ) (таблица 2.10). При этом для грунтов с  $W_L > 0,23$  принимается большее из значений, приведенных в таблицах.

Таблица 2.9 – Толщина защитного слоя в зависимости от влажности грунта и глубины промерзания

Значение влажности грунта на границе текучести $W_L$	Толщина защитного слоя по оси пути, см, при глубине промерзания $h_{пр}$ , м		
	до 1,5	1,5–2	2–2,5
0,23–0,35	30	30	30
0,36–0,40	30	30	40
0,41–0,45	40	50	50
0,46–0,50	60	70	70
0,50–0,55	80	90	100

Толщину защитного слоя для грунтов с особыми свойствами (монтмориллонитовых, оталькованных, меловых, избыточно засоленных, гумусированных, выветрелых кристаллических сланцев) назначают индивидуально. При глубине промерзания  $h_{пр} > 2,5$  м и в выемках в грунтах в мерзлом состоянии, имеющих III и IV категории просадочности, толщину защитного слоя назначают с учетом мерзлотных свойств грунтов индивидуально.

Таблица 2.10 – Толщина защитного слоя в зависимости от показателя текучести грунта

Грунты земляного полотна	Толщина защитного слоя по оси пути при показателе текучести $I_L$ $\left( \begin{array}{c} \text{выемка, нулевое место} \\ \text{насыпь} \end{array} \right)$ , см		
	$I_L < 0,25$	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$I_L > 0,5$
Супеси (кроме, содержащих песчаные частицы размером от 2 до 0,05 мм в количестве более 50 % по массе)	$\frac{0}{0}$	$\frac{40}{30}$	>50
			Не допускается
Глинистые с $W_L > 0,23$	$\frac{30}{30}$	$\frac{40}{30}$	$\geq 50$
			Не допускается

В насыпи и выемки, сооружаемые с применением геотекстиля без защитного слоя, геотекстиль укладывается на поверхность основной площадки по схеме (рисунок 2.16). Защитным слоем в этом случае является балластная подушка.

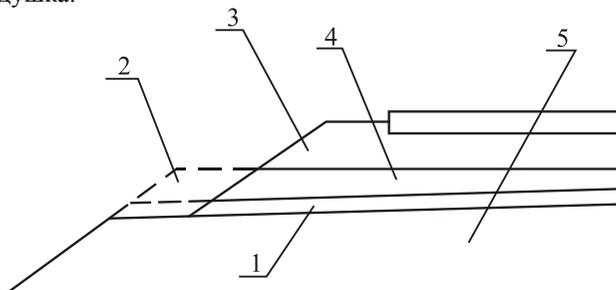


Рисунок 2.16 – Земляное полотно с геотекстилем на основной площадке:

- 1 – геотекстиль; 2 – защита геотекстиля на обочине; 3 – балласт щебеночный; 4 – балласт гравийно-песчаный; 5 – глинистый грунт

Насыпи с защитным слоем сооружаются в верхней части по схеме (рисунок 2.17, а), а выемки по другой схеме (рисунок 2.17, б). Для устройства защитного слоя следует применять крупнообломочные (с максимальным

размером фракций 300 мм), крупнообломочные с песчаным заполнителем или песчаные грунты (за исключением пылеватых).

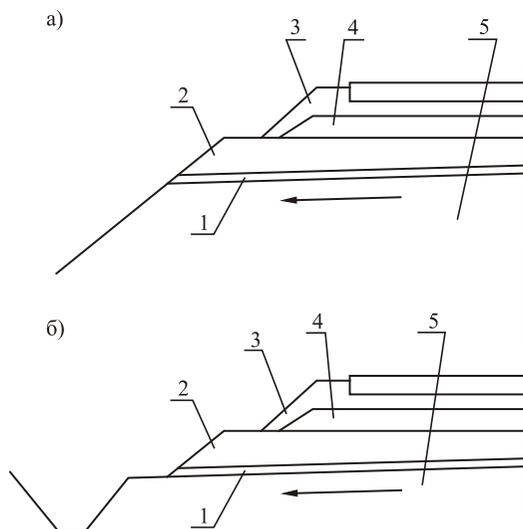


Рисунок 2.17 – Земляное полотно с геотекстилем и защитным слоем: *а* – насыпь из суглинков и глин; *б* – выемки в суглинках и глинах; 1 – геотекстиль; 2 – защитный слой; 3 – балласт щебеночный; 4 – балласт гравийно-песчаный; 5 – глинистый грунт

Геотекстиль укладывают под защитный слой на поверхность глинистого грунта, спланированную в обе стороны от оси земляного полотна с уклоном 0,04. Как правило, применяется продольная схема размещения полотен как более технологичная. Допускается соединение полотен внахлест с перекрытием 15–20 см. При показателе текучести грунта земляного полотна  $I_L > 0,25$ , а также для земляного полотна из грунтов с  $W_L > 0,4$  следует применять только поперечную схему размещения полотен.

При возведении насыпей на слабых основаниях, сооружаемых с сохранением слабого грунта под насыпью, геотекстиль используется как конструктивно-технологическая прослойка для перераспределения нагрузки, выравнивания осадки и предупреждения локального продавливания грунта в основании.

На болотах глубиной менее четырех метров и производстве работ методом частичного выторфовывания геотекстиль применяется при технико-экономическом обосновании.

Геотекстиль (предпочтительно тканый или термоупрочненный материал) укладывают непосредственно на поверхность болота или на выравнивающий слой грунта в перпендикулярном по отношению к оси пути направлении, и концы полотнищ закрепляют в теле насыпи (рисунок 2.18).

Геотекстиль в конструкции земляного полотна улучшает условия отвода воды из балластной призмы существующего первого и сооружаемого второго пути, упрочняет земляное полотно второго пути и снижает его деформируемость, упрочняет основание и снижает осадку присыпаемой насыпи на слабом основании.

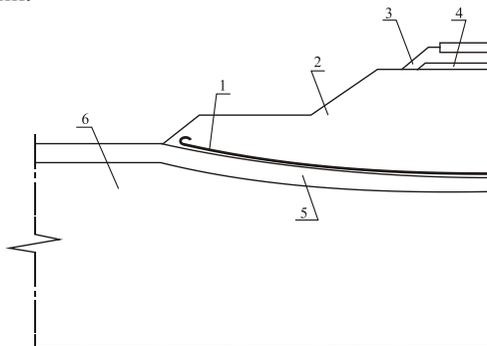


Рисунок 2.18 – Насыпь на слабом основании: 1 – геотекстиль; 2 – земляное полотно; 3 – балласт щебеночный; 4 – балласт гравийно-песчаный; 5 – торф; 6 – слабый грунт

Схема размещения геотекстиля в конструкции насыпи для случая возможного удаления балластного шлейфа с откоса существующего земляного полотна приведена на рисунке 2.19, а, а схема конструкции выемки на рисунке 2.19, б. Поверхности придается уклон  $i = 0,04$ .

Толщину защитного слоя над нетканым материалом определяют из условия обеспечения требуемой прочности подстилающих глинистых грунтов и непревышения допустимой величины пучения (см. таблицы 2.9 – 2.10). Толщина защитного слоя должна быть не меньше толщины слоя балластных материалов на действующем пути.

Для отсыпки защитного слоя вторых путей допускается применять дренирующие грунты (крупнообломочные с максимальным размером фракций 300 мм, крупнообломочные с песчаным заполнителем и песчаные, кроме пылеватых). При этом требуется дополнительная проверка достаточности толщины защитного слоя  $h_3$ , м, по формуле

$$h_3 \geq h + h_k + 0,1, \quad (2.12)$$

где  $h$  – мощность зоны фильтрации свободной воды при максимальной суточной интенсивности дождя, м. При отсутствии других данных следует принимать  $h=0,2$  м;

$h_k$  – высота капиллярного поднятия в песках дренирующего слоя, м.

Укладка геотекстиля в основании насыпей на болотах при сооружении вторых путей должна осуществляться по индивидуальным проектам.

Геотекстиль возможно эффективно применять для укрепления подтопляемых откосов насыпей. В защитных покрытиях геотекстиль предотвращает вынос частиц грунта через существующие неплотности конструкции под воздействием течения, волнения и фильтрационного потока.

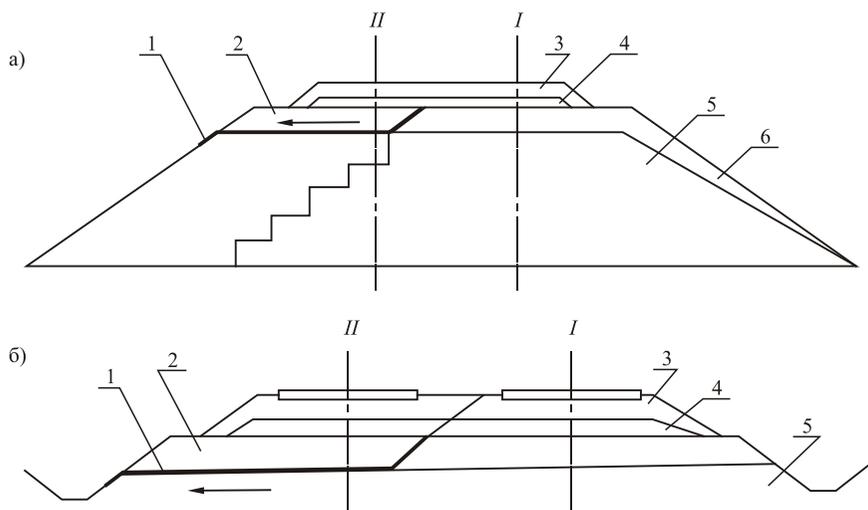


Рисунок 2.19 – Земляное полотно под второй путь: *a* – насыпи из глинистых грунтов; *б* – выемки в глинистых грунтах; 1 – геотекстиль; 2 – защита геотекстиля на обочине; 3 – балласт щебеночный; 4 – балласт гравийно-песчаный; 5 – глинистый грунт; 6 – балластный шлейф

В конструкции геотекстиль должен быть защищен от прямого облучения солнцем, истирания взвешенными наносами и влекаемыми телами, разрушения корневищами кустарника, а также деятельности человека и животных.

Полотна геотекстиля взамен обратного фильтра или подготовки из песчано-гравийных и щебеночных материалов применяют в покрытиях, выполняемых по типовым решениям ведущих институтов транспортного проектирования СНГ («Мосгипротранс», «Ленгипротрансмост» и др.) [24].

При укреплении откосов каменной наброской возможным решением является использование в конструкции геотекстиля. Каменную наброску (рисунок 2.20) располагают на сплошном полотне геотекстиля.

При расчетном диаметре  $d_{50} \leq 30$  см требования к фракционированию наброски по ее толщине не предъявляют. При большем расчетном диаметре на геотекстиль необходимо предварительно отсыпать подушку из песка, каменной мелочи толщиной не менее 20 см. Под наброской из несортированной горной массы с коэффициентом неоднородности  $d_{80} / d_{10} \geq 6$  противосуффозионная защита из геотекстиля не требуется.

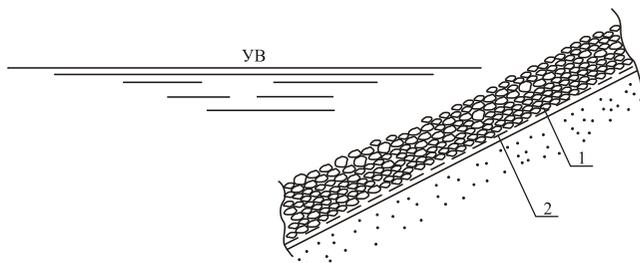


Рисунок 2.20 – Укрепление откоса пойменной насыпи каменной наброской:  
1 – каменная наброска; 2 – геотекстиль (нетканый синтетический материал - НСМ);  
УВ – уровень воды

Сборные плиты с открытыми швами (рисунок 2.21) укладывают на комбинированный фильтр. Он представляет собой слой толщиной 10–15 см рядового щебня или гальки расчетного диаметра  $d_{50} \geq 1,5b$ , отсыпанный по полотну геотекстиля. При этом размер  $b$  является шириной шва между плитами "в свету". В случае плотной без зазоров стыковки со связями плит, боковые грани которых перпендикулярны основаниям, допускается укладывать плиты непосредственно на геотекстиль. Для защиты откосов регулиционных сооружений плиты  $10 \times 15 \times 40$  см и  $49 \times 49 \times 8$  см располагают на геотекстиле без щебеночной подготовки. Плиты  $49 \times 49 \times 8$  см омоноличивают только в углах, не устраивая цементной стяжки под плитами.

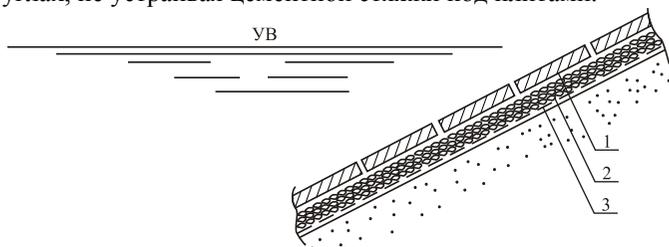


Рисунок 2.21 – Укрепление откоса пойменной насыпи неомоноличенными плитами:  
1 – бетонные и железобетонные плиты; 2 – рядовой щебень; 3 – геотекстиль (НСМ)

Омоноличиваемые по контуру сборные плиты (рисунок 2.22) выполняют с измененной конфигурацией торцов с целью устройства фильтрующей шпонки ЦНИИС, позволяющей исключить из защитной конструкции железобетонные подкладки и щебеночную подготовку. Плиты располагают на сплошном полотне геотекстиля.

Для дренирования грунта откоса в швах омоноличивания или в плитах устраиваются отверстия диаметром 25–40 мм из расчета одного отверстия на  $2 \text{ м}^2$  поверхности откоса. С нижней поверхности покрытия отверстия перекрывают двумя слоями из лоскута геотекстиля размером  $10 \times 10$  см, адгезируемого к шпонке или плите во время бетонных работ.

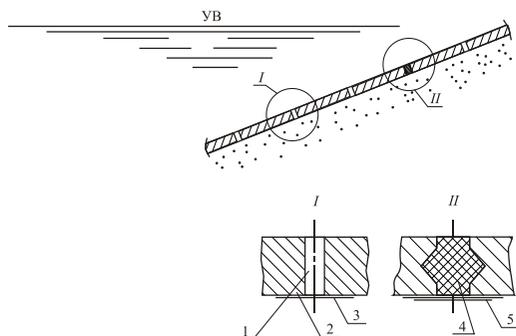


Рисунок 2.22 – Укрепление откоса плитами, омоноличенными шпонкой ЦНИИС:  
 1 – отверстие для выпуска воды; 2 – железобетонная плита; 3 – для слоя геотекстиля (НСМ);  
 4 – бетон омоноличивания; 5 – два слоя геотекстиля, приклеенного к бетону

Гибкие железобетонные плиты толщиной 5–15 см располагают непосредственно на геотекстиле. На подтопленных откосах в картах швы между плитами омоноличивают бетоном; на постоянно затопленных при эксплуатации откосах швы между плитами не омоноличивают.

Если откосы сложены пылеватými песками, супесями, суглинками и глинами, при всех указанных типах покрытий под геотекстиль необходимо уложить слой песка толщиной не менее 10 см с коэффициентом фильтрации  $K_f \geq 0,5$  м/сут. и содержанием частиц размером менее 0,1 мм в количестве не более 10 %. Перед укладкой геотекстиля выполняется планировка откоса, а грунт на откосе уплотняется до установленной проектом плотности. Поверхность откоса, разрушенная ветром, с промоинами от потоков воды или поврежденная другими воздействиями, восстанавливается отсыпкой щебня, песчано-гравийного грунта или крупного песка с последующим уплотнением. При наличии в основании откоса упора (зуба) полотна геотекстиля, идущее с откоса, должно заводиться в траншею под упор, а между упором и геотекстилем выполняют щебеночную призму. Полотна геотекстиля на откосе располагают перпендикулярно или параллельно бровке откоса.

Между собой полотна геотекстиля стыкуются "внахлест". Стыки в направлении, перпендикулярном бровке откоса, должны быть грунто-непроницаемы, для чего кромки полотен между собой непрерывно сваривают факелом паяльной лампы или склеивают разогретым битумом. Нахлест полотен в этом случае делают не менее 10 см. Стыки, идущие параллельно бровке откоса (укладку полотен ведут от бровки к основанию), могут выполняться прерывистым швом длиной 20 см с шагом 1,5 м; нахлест при этом должен быть не менее 20 см. При раскатке рулона геотекстиля и при укладке на него щебня, камня, плит необходимо принимать меры, исключющие его смещение (контурная пригрузка, фиксация шпильками и т.п.).

Укладку геотекстиля на откос следует производить захватками с опережением относительно наброски или монтажа плит не более одних суток.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Организация строительства и реконструкция железных дорог / под ред. проф. И. В. Прокудина. – М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. транспорте», 2008. – 736 с.

2 Организация и планирование железнодорожного строительства : учеб. для студ. ж.-д. вузов / под ред. проф. Г. Н. Жинкина и проф. И. В. Прокудина. – М. : Желдориздат, 2000. – 700 с.

3 **Соколов, А. Н.** Строительство вторых путей: учеб. для студентов ж.-д. вузов / А. Н. Соколов. – М. : Транспорт, 1975. – 246 с.

4 **Соколов, Ф. Г.** Контроль качества железнодорожного строительства : справ. / Ф. Г. Соколов, А. Е. Вичеревин. – М. : Транспорт, 1982. – 400 с.

5 **Акуратов, А. Ф.** Определение длительности цикла рабочих поездов при строительстве вторых путей / А. Ф. Акуратов, В. М. Сай, В. Г. Пешков // Транспортное строительство. – 1986. – № 3 – С. 6–7.

6 **Нехорошев, Ю. П.** Организация и планирование строительного производства : учеб. пособие. Ч. I. / Ю. П. Нехорошев. – Гомель : БелГУТ, 1999. – 88 с.

7 **Нехорошев, Ю. П.** Разработка вариантов основных схем организации строительства вторых путей: метод. пособие / Ю. П. Нехорошев. – Гомель : БелИИЖТ, 1991. – 32 с.

8 **Томберг, К. И.** Технологические схемы возведения железнодорожного земляного полотна : учеб.-метод. пособие / К. И. Томберг. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 244 с.

9 **Томберг, К. И.** Вычисление объемов земляных работ : пособие по курсовому и дипломному проектированию / К. И. Томберг, Д. Н. Шевченко. – Гомель : БелГУТ, 2003. – 60 с.

10 **Томберг, К. И.** Проектирование производства работ по сооружению железнодорожного земляного полотна : метод. указания к курсовому и дипломному проектированию / К. И. Томберг. – Гомель : БелИИЖТ, 1985. – 32 с.

11 **Этин, Ю. М.** Организация и планирование строительства новой железнодорожной линии : учеб.-метод. пособие: в 3 ч. Ч. II. Организация работ основного периода : строительство искусственных сооружений и возведение земляного полотна / Ю. М. Этин. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 139 с.

12 **СНиП 1.04.03–85\***. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений. Ч. II. – Взамен СН 440–79 ; введ. 1991–01–01. – М. : Стройиздат, 1991. – 236 с.

13 **СНиП 3.01.01–85\***. Организация строительного производства. – Взамен СНиП III–1–76, СН 47–74, СН 370–78 ; введ. 1986–01–01. – М. : Стройиздат, 1990. – 56 с.

14 **СНиП III–4–80\***. Правила производства и приемки работ. Техника безопасности в строительстве. – Взамен СНиП III–4–80 ; введ. 1980–06–09. – М. : Стройиздат, 1989. – 352 с.

15 **СНБ 1.02.01–96.** Инженерные изыскания для строительства. – Взамен СНиП 1.03.02–87 ; введ. 1996–01–17. – Минск : МАиС, 1996. – 110 с.

16 **СНБ 1.03.02–96.** Состав, порядок разработки и согласования проектной документации в строительстве. – Взамен СНиП 1.02.01–85 ; введ. 1996–10–04. – Минск : МАиС, 1996. – 24 с.

17 **СНБ 2.04.05–2000.** Строительная климатология. – Взамен СНиП 2.01.01–82 ; утв. 2000–12–08. – Минск : МАиС, 2001. – 37 с.

18 **СНБ 3.03.01–98**. Железные дороги колеи 1520 мм. – Взамен СНиП II–39–76, СНиП III–38–75, СН 468–74 ; введ. 1998–08–01. – Минск : МАиС, 1998. – 27 с.

19 **СТН Ц 01–95**. Строительно-технологические нормы Министерства путей сообщения Российской Федерации. Железные дороги колеи 1520 мм. – Введ. 1996–01–01. – М. : МПС РФ, 1995. – 87 с.

20 **ГОСТ 5180–84**. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Введ. 1984–10–24. – М. : Госстрой СССР, 1984. – 24 с.

21 **ГОСТ 19912–2001**. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. – Взамен ГОСТ 19912–81, ГОСТ 20069–81 ; введ. 2004–01–01. – М. : Госстрой России, 2001 ; Минск : МАиС, 2004. – 17 с.

22 **ГОСТ 20276–99**. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости. – Взамен ГОСТ 20276–85, ГОСТ 21719–80, ГОСТ 20069–81 ; введ. 2004–07–01. – М. : Госстрой России, 2001 ; Минск : МАиС, 2001. – 53 с.

23 **ВСН 186–75**. Технические указания по технологии сооружения железнодорожного земляного полотна. – М. : Оргтрансстрой, 1975. – 366 с.

24 **ВСН 205–87**. Проектирование земляного полотна железных дорог из глинистых грунтов с применением геотекстиля. – М. : Минтрансстрой, МПС, Госстрой СССР, 1988. – 12 с.

25 **ЦП – 4591**. Технические указания по применению нетканых материалов для усиления земляного полотна. – М. : МПС, 1988. – 75 с.

26 **СН 449–72**. Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог. – Взамен СН 61–59 ; введ. 1973–07–01. – М. : Стройиздат, 1973. – 113 с.

27 Технический кодекс установившейся практики. Железные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования. ТКП 45–3.03–163–2009(02250). – Введ. 2010–05–01. [Введен впервые]. – Минск : МАиС, 2010. – 95 с.

28 **РСН 8.03.101–2007**. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 1. Кн. 1. Земляные работы. – Минск : МАиС, 2007. – 467 с.

29 **РСН 8.03.101–2007**. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 1. Кн. 2. Земляные работы. – Минск : МАиС, 2007. – 423 с.

30 Расчетные нормативы для составления проектов организации строительства. Ч. III. – М. : Стройиздат, 1973. – 112 с.

31 Руководство по составлению проектов организации строительства железных дорог. – М. : ЦНИИС, 1988. – 188 с.

32 Правила технической эксплуатации Белорусской железной дороги. – Введ. 2002–12–04. – Минск : Бел. ж. д., 2002. – 160 с.

33 Инструкция по сигнализации на Белорусской железной дороге. – Введ. 2002–12–04. – Минск : Бел. ж. д., 2002. – 128 с.

34 Инструкция по движению поездов и маневровой работе на Белорусской железной дороге. – Введ. 2002–12–04. – Минск : Бел. ж. д., 2002. – 272 с.

35 Инструкция по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ на Белорусской железной дороге. РД РБ 09150 56. 004–2000. – Взамен ЦИ–4402 ; введ. 2000–01–01. – Минск : Бел. ж. д., 2001. – 192 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
(справочное)

**Грунты, используемые для отсыпки земляного полотна  
(крупнообломочные и песчаные)**

Вид грунта	Содержание частиц от общей массы сухого грунта	Плотность грунта, т/м <sup>3</sup>	Коэффициент разрыхления грунта $K_p$
<i>Крупнообломочные</i>			
Грунт глыбовый (при преобладании окатанных камней – валунный)	Масса камней крупнее 200 мм составляет более 50 %	2,0–2,4	1,2–1,3
Грунт щебенистый (при преобладании окатанных частиц – галечниковый)	Масса частиц крупнее 10 мм составляет более 50 %	1,9–2,2	1,25–1,35
Грунт дресвяный (при преобладании окатанных частиц – гравийный)	Масса частиц крупнее 2 мм составляет более 50 %	1,7	1,1
<i>Песчаные</i>			
Песок гравелистый	Масса частиц крупнее 2 мм составляет более 25 %	1,7	1,1
Песок крупный	Масса частиц крупнее 0,5 мм составляет более 50 %	1,5–1,6	1,06–1,15
Песок средней крупности	Масса частиц крупнее 0,25 мм составляет более 50 %	1,47–1,55	1,06–1,15
Песок мелкий	Масса частиц крупнее 0,1 мм составляет более 75 %	1,4–1,5	1,06–1,2
Песок пылеватый	Масса частиц крупнее 0,1 мм составляет менее 75 %	1,45	1,06
<i>Примечания</i>			
1 Скальные грунты и породы считаются размягчаемыми, если отношение их временных сопротивлений сжатию в насыщенном водой и в воздушно-сухом состоянии меньше 0,75, а при отношении, равном или более 0,75, считаются неразмягчаемыми.			
2 Песчаные грунты считают маловлажными, если их степень влажности $G \leq 0,5$ ; влажными, если $0,5 < G \leq 0,8$ ; насыщенными водой, если $G > 0,8$ .			
3 Запрещено отсыпать в насыпь жирные глины, торф, ил, мелкие пески с илом, меловые, гипсовые и засоленные грунты, в которых содержится более 5–8 % растворимых солей или более 10 % органических веществ черноземов.			

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
(справочное)

**Грунты, используемые для отсыпки земляного полотна  
(глинистые)**

Вид грунта	Разновидности грунтов	Содержание песчаных частиц размером от 2 до 0,05 мм, % от массы	Число пластичности $W_p$	Плотность грунта, т/м <sup>3</sup>	Коэффициент разрыхления грунта $K_p$
Супесь	Легкая крупная	>50	$1 \leq W_p \leq 7$	1,4–1,5	1,25–1,35
	Легкая пылеватая	>50		1,45–1,55	1,25–1,35
	Тяжелая пылеватая	20–50		1,55–1,65	1,25–1,35
Суглинок	Легкий	>40	$7 < W_p \leq 12$	1,5–1,6	1,2–1,3
	Легкий пылеватый	<40		1,6–1,7	1,2–1,3
	Тяжелый	>40	$12 < W_p \leq 17$	1,7–1,75	1,3–1,4
	Тяжелый пылеватый	<40		1,7–1,75	1,3–1,4
Глина	Песчанистая	>40	$17 < W_p \leq 27$	1,7–1,8	1,2–1,3
	Пылеватая	Меньше, чем пылеватых размером 0,05–0,005 мм	$W_p > 27$	1,8–2,0	1,3–1,4

*Примечания*

- Для супесей легких крупных учитывается содержание частиц размером 2–0,25 мм.
- Глинистые грунты различают по их состоянию в зависимости от величины коэффициента консистенции  $B$ : твердые при  $B < 0$ ; полутвердые при  $0 \leq B \leq 0,25$ ; тугопластичные при  $0,25 < B \leq 0,5$ ; мягкопластичные при  $0,5 < B \leq 0,75$ ; текучепластичные при  $0,75 < B \leq 1$ ; текучие при  $B > 1$ .
- Глинистые грунты следует считать переувлажненными, если их влажность превышает значения, при которых грунт в насыпи может быть уплотнен до требуемых величин, а в пределах выемок они имеют коэффициент консистенции  $B > 0,25$ .
- Запрещено отсыпать в насыпь жирные глины, торф, ил, мелкие пески с илом, меловые, гипсовые и засоленные грунты, в которых содержится более 5–8 % растворимых солей или более 10 % органических веществ черноземов.

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
(справочное)

**Оснащение типовых механизированных колонн  
ведущими землеройными и землеройно-транспортными машинами**

Наименование и характеристика машин	Максимальное число машин данного типа в мехколоннах					
	Россия					Республика Беларусь
	Урал	Сибирь	Север	Средняя полоса	Юг	
Экскаваторы с вместимо- стью ковша, м <sup>3</sup> :						
0,4	1	1	1	1	1	1
0,65	7	5	5	6	6	6
1,0	3	2	2	2	2	2
1,25	3	2	1	1	1	1
1,6	3	2	1	1	—	1
2,5	1	—	—	—	—	—
Итого, шт./м <sup>3</sup>	18/19,0	12/11,35	10/8,50	11/9,15	7/7,55	11/9,15
Скреперы с вместимо- стью ковша, м <sup>3</sup> :						
до 6,0	—	—	—	5	4	5
до 9,0	2	2	2	6	5	6
до 15,0	2	2	2	2	2	2
Итого, шт./м <sup>3</sup>	4/48,0	4/48,0	4/48,0	13/114,0	11/99,0	13/114,0
Бульдозеры мощностью, кВт:						
100	10	8	6	10	8	10
100–140	4	4	4	3	4	3
140–250	4	3	2	3	3	3
более 250	2	2	2	1	—	1
Итого буль- дозеров мощ- ностью более 100 кВт	10	9	8	7	7	7

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
(справочное)

**Ориентировочные значения режимов уплотнения грунтов в насыпи**

Тип грунтоуплотняющих машин	Рабочая скорость, км/ч	Коэффициент уплотнения грунта	Оптимальная толщина слоя в плотном теле, см		Необходимое число проходов грунтоуплотняющей машины по одному следу	
Каток на пневмоколесах ДСК-1, Д-263А (25–30 т)	–	0,9	45–50	50–60	4–6	4–6
		0,95	30–35	35–40	6–8	4–6
		0,98	20–25	25–30	8–10	6–8
Каток на пневмоколесах Д-326 (40 т)	–	0,95	35–40	45–50	6–8	4–6
		0,98	25–30	35–45	8–10	6–8
Виброкаток Д-480 (3 т)	–	0,95	–	0,5–0,6	–	3–4
		0,98	–	0,3–0,4	–	3–4
Дизель-трамбовочные машины УМТС-2 и ЦНИИС-РРМЗ	0,15	0,90	До 1 м	До 1 м	1	1
		0,95	4550	5560	1	1
Трамбующая машина Д-471А	0,15	0,90	До 1 м	До 1 м	1	1
		0,95	4550	5560	1	1

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**  
**(справочное)**

**АКТ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ СКРЫТЫХ РАБОТ**

.....  
(наименование работ)  
выполненных в .....  
(наименование и месторасположение объекта)

« .... » ..... 20 г.  
(дата приемки)

Комиссия в составе:  
представителя строительно-монтажной организации .....  
.....  
(фамилия, инициалы, должность)  
представителя технического надзора заказчика .....  
.....  
(фамилия, инициалы, должность)  
представителя проектной организации (в случаях осуществления авторского надзора  
проектной организацией) .....  
.....  
(фамилия, инициалы, должность)  
произвела осмотр работ, выполненных .....  
(наименование строительно-монтажной организации)

- и составила настоящий акт о нижеследующем:
- 1 К освидетельствованию представлены следующие работы .....  
(наименование скрытых работ)
  - 2 Работы выполнены по проектно-сметной документации .....  
(наименование проектной организации, № чертежей и дата их составления)
  - 3 При выполнении работ применены .....  
(наименование материалов, конструкций, изделий со ссылкой на сертификаты или другие документы, под-  
тверждающие качество)
  - 4 При выполнении работ отсутствуют (или допущены) отклонения от  
проектно-сметной документации .....  
(при наличии отклонений указывается, кем согласованы, № чертежей и дата согласования)
  - 5 Дата начала работ .....
  - 6 Окончание работ .....

**РЕШЕНИЕ КОМИССИИ:**

Работы выполнены в соответствии с проектно-сметной документацией, стандар-  
тами, строительными нормами и правилами и отвечают требованиям их приемки.  
На основании изложенного разрешается производство последующих работ по  
устройству (монтажу) .....  
(наименование работ и конструкций)

**Представитель строительно-монтажной организации** .....  
(подпись)  
**Представитель технического надзора заказчика** .....  
(подпись)  
**Представитель проектной организации** .....  
(подпись)

**ПРИЛОЖЕНИЕ E**  
(справочное)

**Нормы допустимого отклонения очертаний земляного полотна**

Вид отклонения	Допустимые отклонения	Способ проверки
Отклонение высотных отметок бровки (оси) земляного полотна, см	±5	Нивелировка
Отклонение от проектного продольного уклона дна канавы, траншеи, дренажа и т. д.	0,0005	То же
Уменьшение минимально допустимых уклонов дна канав, кюветов, дренажей	Не допускается	“
Отклонение бровки земляного полотна от проектного положения оси, см	+10	Промеры через 50 м
Отклонение верха сливной призмы по ширине, см	+10	То же
Увеличение крутизны откосов земляных сооружений	Не допускается	Промеры не менее, чем в двух поперечниках на каждом пикете
Отклонение от проектного положения бровки (подошвы) откоса насыпи (выемки), см	+15	То же
Отклонение в плоскости откосов на длине не более 3 м, см: – при укреплении посевом трав и сборной обрешеткой – при укреплении бетонными плитами	+10 +5	“ “
Отклонение по ширине берм, см	+15	Промеры через 50 м
Отклонение в поперечных размерах дренажных траншей, см	+5	То же
Отклонение в поперечных размерах канав, см	+5	“
Уменьшение поперечных размеров кюветов и водоотводных канав	Не допускается	“
Отклонение от проектной толщины растительного слоя на откосах, насыпях, выемках, кавальерах, а также на площадках рекультивируемых земель, %	20	Проверка каждые 10 м <sup>2</sup> не менее, чем в 5 местах

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж**  
(справочное)

Субподрядчик  
Генеральный подрядчик  
Заказчик

**АКТ**

**освидетельствования готовности земляного полотна перед укладкой  
пути и передачи его генподрядчику на ответственное хранение**

Линия железной дороги .....  
Перегон .....  
Участок пути от ПК ..... до ПК .....  
Наименование и номер пути станции с указанием пикетажа .....  
Мы, нижеподписавшиеся, представитель заказчика .....  
.....  
представитель генерального подрядчика .....  
и представитель субподрядчика .....  
..... числа ..... месяца ..... года

произвели осмотр земляного полотна и установили следующее:

- 1 Земляное полотно построено по техническому проекту (№ рабочих чертежей) .....
- 2 Очертание и состояние верха земляного полотна .....
- 3 Состояние откосов земляного полотна, их укрепление .....
- 4 Наличие и состояние кюветов, нагорных канав и других водоотводных сооружений .....
- 5 Наличие и состояние кавальеров, резервов, банкетов .....
- 6 Способ производства работ при сооружении земляного полотна .....

**Субподрядчик** ..... (подпись)  
**Генеральный подрядчик** ..... (подпись)  
**Заказчик** ..... (подпись)

**ПРИЛОЖЕНИЕ И**  
(справочное)

**Рабочая программа**  
**по дисциплине «Строительство железных дорог»**

**Введение**

Цель и задачи дисциплины. Основные разделы дисциплины, значение дисциплины в формировании инженера путей сообщения-строителя. Структура дисциплины и её связь со смежными дисциплинами, направленность. Общие принципы организации железнодорожного строительства. Особенности организации строительства вторых путей. Отечественный и зарубежный опыт железнодорожного строительства. Строительство высокоскоростных магистралей.

**1 Строительство вторых путей**

1.1 Основные принципиальные схемы организации строительства вторых путей, их технико-экономическое сравнение и выбор более эффективного; составление календарного плана и принятие основных решений по проекту организации строительства.

1.2 Особенности строительства малых искусственных сооружений под второй путь.

1.3 Особенности возведения земляного полотна под второй путь.

1.4 Особенности производства работ по укладке и балластировке второго пути.

1.5 Организация работ по переустройству железнодорожных станций различными методами. Поэтапный и скоростной методы, особенности их применения.

**2 Организация работ по строительству контактной сети железных дорог**

2.1 Организация работ по электрификации железной дороги. Варианты энергоснабжения подвижного состава, их достоинства и недостатки. Организация и производство работ по установке опор контактной сети. Виды опор, поперечин, фундаментов. Установка опор контактной сети методом «с поля», «с пути» и «комбинированным», области применения. Используемые машины и механизмы, особенности работы и их назначение.

**3 Практические занятия**

3.1 Разработка исходного варианта организации строительства участка вторых путей.

3.2 Разработка конкурирующих вариантов организации строительства участка вторых путей.

3.3 Техничко-экономическое сравнение вариантов и выбор более эффективного.

3.4 Составление календарного плана строительства вторых путей.

3.5 Поперечные профили земляного полотна под второй путь и особенности производства земляных работ.

3.6 Сооружение земляного полотна под второй путь на болотах и особенности производства работ.

*ПРИЛОЖЕНИЕ К*  
*(рекомендуемое)*

**Список литературы**  
**по дисциплине «Строительство железных дорог»**

*Основная*

1 Организация строительства и реконструкция железных дорог / под ред. проф. И. В. Прокудина. – М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. транспорте», 2008. – 736 с.

2 Организация и планирование железнодорожного строительства : учеб. для студ. ж.-д. вузов / под ред. проф. Г. Н. Жинкина и проф. И. В. Прокудина. – М. : Желдориздат, 2000. – 700 с.

3 **Соколов, А. Н.** Строительство вторых путей: учеб. для студентов ж.-д. вузов / А. Н. Соколов. – М. : Транспорт, 1975. – 246 с.

4 **Соколов, Ф. Г.** Контроль качества железнодорожного строительства : справ. / Ф. Г. Соколов, А. Е. Вичеревин. – М. : Транспорт, 1982. – 400 с.

*Методическая*

1 **Нехорошев, Ю. П.** Организация и планирование строительного производства : учеб. пособие. Ч. I. / Ю. П. Нехорошев. – Гомель : БелГУТ, 1999. – 88 с.

2 **Томберг, К. И.** Технологические схемы возведения железнодорожного земляного полотна : учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию / К. И. Томберг. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 244 с.

3 **Томберг, К. И.** Технологические схемы возведения железнодорожного земляного полотна : учеб.-метод. пособие / К. И. Томберг. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 244 с.

4 **Этин, Ю. М.** Организация и планирование строительства новой железнодорожной линии: учеб.-метод. пособие : в 3 ч. Ч. I. Основные установки по организации строительства и организация работ подготовительного периода / Ю. М. Этин. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 103 с.

5 **Этин, Ю. М.** Организация и планирование строительства новой железнодорожной линии: учеб.-метод. пособие : в 3 ч. Ч. II. Организация работ основного периода : строительство искусственных сооружений и возведение земляного полотна / Ю. М. Этин. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 139 с.

6 **Этин, Ю. М.** Организация и планирование строительства новой железнодорожной линии: учеб.-метод. пособие : в 3 ч. Часть III. Организация работ основного периода: укладка и балластировка пути. Этапы ввода дороги в эксплуатацию / Ю. М. Этин. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 103 с.

*Нормативная*

1 **СНиП 1.04.03–85\***. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений. Ч. II. – Взамен СН 440–79 ; введ. 1991–01–01. – М. : Стройиздат, 1991. – 236 с.

2 **СНиП 3.01.01–85\***. Организация строительного производства. – Взамен СНиП III–1–76, СН 47–74, СН 370–78 ; введ. 1986–01–01. – М. : Стройиздат, 1990. – 56 с.

3 **СНиП 3.06.04–91**. Мосты и трубы. – Взамен СНиП III–43–75 ; введ. 1992–07–01. – М. : АПП ЦИТП, 1992. – 168 с.

4 **СНиП III–4–80\***. Правила производства и приемки работ. Техника безопасности в строительстве. – Взамен СНиП III–4–80 ; введ. 1980–06–09. – М. : Стройиздат, 1989. – 352 с.

5 **СТН Ц 01–95**. Строительно-технологические нормы Министерства путей сообщения Российской Федерации. Железные дороги колеи 1520 мм. Введ. 1996–01–01. – М. : МПС РФ, 1995. – 87 с.

6 **ГОСТ 5180–84**. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Введ. 1984–10–24. – М. : Госстрой СССР, 1984. – 24 с.

7 **СН 449–72**. Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог. – Взамен СН 61–59 ; введ. 1973–07–01. – М. : Стройиздат, 1973. – 113 с.

8 Технический кодекс установившейся практики. Железные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования. ТКП 45–3.03–163–2009(02250). – Введ. 2010–05–01. [Введен впервые]. – Минск : МАиС, 2010. – 95 с.

9 **ВСН 186–75**. Технические указания по технологии сооружения железнодорожного земляного полотна. – М. : Оргтрансстрой, 1975. – 366 с.

10 **ВСН 205–87**. Проектирование земляного полотна железных дорог из глинистых грунтов с применением геотекстиля. – М. : Минтрансстрой, МПС, Госстрой СССР, 1988. – 12 с.

11 **СНБ 2.04.05–2000**. Строительная климатология. – Взамен СНиП 2.01.01 – 82 ; утвержден 2000–12–08. – Минск : МАиС, 2001. – 37 с.

12 **СНБ 3.03.01–98**. Железные дороги колеи 1520 мм. – Взамен СНиП II–39–76, СНиП III–38–75, СН 468–74 ; введ. 1998–08–01. – Минск : МАиС, 1998. – 27 с.

13 **РСН 8.03.101–2007**. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 1. Кн. 1. Земляные работы. – Минск : МАиС, 2007. – 467 с.

14 **РСН 8.03.101–2007**. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 1. Кн. 2. Земляные работы. – Минск : МАиС, 2007. – 423 с.

15 **РСН 8.03.128–2007**. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 28. Кн. 1. Железные дороги. – Минск : МАиС, 2007. – 402 с.

16 **РСН 8.03.128–2007**. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 28. Кн. 2. Железные дороги. – Минск : МАиС, 2007. – 350 с.

17 **РСН 8.03.130–2007**. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 30. Мосты и трубы. – Минск : МАиС, 2007. – 402 с.

18 Расчетные нормативы для составления проектов организации строительства. Ч. III. – М. : Стройиздат, 1973. – 112 с.

19 Руководство по составлению проектов организации строительства железных дорог. – М. : ЦНИИС, 1988. – 188 с.

20 Правила технической эксплуатации Белорусской железной дороги. – Введ. 2002–12–04. – Минск : Бел. ж. д., 2002. – 160 с.

21 Инструкция по сигнализации на Белорусской железной дороге. – Введ. 2002–12–04. – Минск : Бел. ж. д., 2002. – 128 с.

22 Инструкция по движению поездов и маневровой работе на Белорусской железной дороге. – Введ. 2002–12–04. – Минск : Бел. ж. д., 2002. – 272 с.

23 Инструкция по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ на Белорусской железной дороге. РД РБ 09150 56. 004–2000. – Взамен ЦИ–4402 ; введ. 2000–01–01. – Минск : Бел. ж. д., 2001. – 192 с.

*ПРИЛОЖЕНИЕ Л*  
*(рекомендуемое)*

**Список вопросов для самоконтроля  
по дисциплине «Строительство железных дорог»**

1 Общие принципы организации строительства и причины строительства вторых путей.

2 Основные принципиальные схемы, применяемые при строительстве вторых путей.

3 Выбор и назначение вариантов организации строительства вторых путей.

4 Обоснование темпов работ при разработке вариантов организации строительства вторых путей.

5 Нормативные сроки строительства вторых путей и методика их расчета.

6 Порядок разработки вариантов организационных схем строительства вторых путей.

7 Техничко-экономическое сравнение вариантов организационных схем строительства. Общая методика расчета.

8 Критерии оценки вариантов организации строительства. Выбор оптимального варианта на основе технико-экономического сравнения организационных схем.

9 Сравнение вариантов организации строительства с использованием в конкурирующем варианте дополнительного комплекта машин (СМП-II) для балластировки на щебеночный слой.

10 Сравнение вариантов организации строительства с использованием в конкурирующем варианте дополнительных думпкарных вертушек для вывоза дренирующего грунта.

11 Сравнение вариантов организации строительства с использованием в конкурирующем варианте дополнительных хоппер-дозаторных вертушек для вывоза балласта.

12 Сравнение вариантов организации строительства с использованием в конкурирующем варианте дополнительной механизированной колонны для сооружения земляного полотна.

13 Сравнение вариантов организации строительства с применением в конкурирующем варианте одновременно целого комплекса организационно-технических мероприятий.

14 Календарный план строительства участка вторых путей, назначение, исходные данные, содержание, порядок разработки.

15 Организация работ по сооружению земляного полотна под второй путь.

16 Подготовительный период строительства вторых путей. Сроки, состав и последовательность организации работ.

17 Особенности возведения насыпей под второй путь. Работа землеройных комплексов.

18 Особенности разработки выемок под второй путь. Работа землеройных комплексов.

19 Особенности сооружения насыпей под второй путь в зимних условиях.

20 Особенности разработки выемок под второй путь в зимних условиях.

21 Основные типы и особенности строительства водопропускных сооружений под второй путь.

22 Типы малых мостов под второй путь, организация и состав работ при их строительстве.

23 Организация и состав работ при строительстве водопропускных труб под второй путь.

24 Организация и технология работ при сооружении верхнего строения под второй путь.

25 Организация работ по сборке путевой решетки на звеносборочной базе.

26 Организация работ по сборке стрелочных переводов на звеносборочной базе.

27 Организация работ по доставке к месту укладки рельсошпальной решетки.

28 Организация работ по укладке рельсошпальной решетки в путь при строительстве вторых путей, особенности работы машин и механизмов.

29 Организация работ по доставке к месту укладки стрелочных переводов при строительстве вторых путей.

30 Организация работ по укладке стрелочных переводов в путь при строительстве вторых путей, работа машин и механизмов.

31 Варианты организации работ по балластировке при строительстве вторых путей, возможность применения.

32 Организация работ по балластировке вторых путей по обычной технологии после укладки рельсошпальной решетки и выполняемой на первый слой до укладки рельсошпальной решетки, достоинства и недостатки.

33 Особенности выполнения и технология производства работ по балластировке стрелочных переводов при строительстве вторых путей, работа машин и механизмов.

34 Комплекс машин и механизмов для выполнения балластировочных работ на строительстве вторых путей, подбор и расстановка машин и механизмов.

35 Организация работ по реконструкции путевого хозяйства железнодорожных станций. Планирование, используемые методы организации и производства работ, их достоинства и недостатки.

36 Поэтапный метод реконструкции путевого хозяйства станций. Организация работ, последовательность их выполнения, достоинства и недостатки метода.

37 Скоростной метод реконструкции путевого хозяйства станций. Организация работ, последовательность их выполнения, достоинства и недостатки.

38 Особенности организации и производства работ по строительству вторых путей в зимних условиях.

39 Проектирование комплекса работ по строительству вторых путей поточным методом. Организация работы потоков и их взаимная увязка.

40 Организация работ по электрификации железной дороги. Особенности организации и производства работ, вводимые в эксплуатацию объекты.

41 Варианты энергоснабжения подвижного состава, их достоинства и недостатки. Основные причины проведения электрификации.

42 Состав подготовительных, основных и заключительных работ в общем комплексе работ по электрификации. Их назначение, состав и особенности выполнения.

43 Организация и производство работ по установке опор контактной сети. Организация работы машин и механизмов.

44 Виды опор, фундаментов и поперечин, используемых при электрификации дорог. Особенности их монтажа, выбор метода выполнения работ по их установке.

45 Организация и производство работ по установке опор контактной сети методом «с поля», используемые машины и механизмы.

46 Организация и производство работ по установке опор контактной сети методом «с пути», используемые машины и механизмы.

47 Организация и производство работ по установке опор контактной сети «комбинированным» методом, используемые машины и механизмы.

48 Высокоскоростные магистрали. Особенности организации высокоскоростного движения поездов.

49 Организация строительства высокоскоростных железнодорожных магистралей по французской технологии.

50 Организация строительства высокоскоростных железнодорожных магистралей по немецкой технологии.

Учебное издание

*ЭТИН Юрий Михайлович*

*ЭТИН Павел Юрьевич*

## **ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВТОРЫХ ПУТЕЙ**

### **Часть I**

#### **Проектирование основных принципиальных схем и организация строительства вторых путей. Сооружение земляного полотна под второй путь**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Т. М. Ризевская*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 17.08.2011 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 5,81. Уч.-изд. л. 5,78. Тираж 300 экз.

Зак. №

Изд. № 67.

Издатель и полиграфическое исполнение  
Белорусский государственный университет транспорта:

ЛИ № 02330 / 0552508 от 09.07.2009 г.

ЛП № 02330 / 0494150 от 03.04.2009 г.

246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.