

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)
Калининградский филиал ПГУПС



УТВЕРЖДАЮ
Начальник Управления
по работе с филиалами

Е.В. Панюшкина
«10» января 2020 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ НА ТЕМУ
«ПРОЕКТ УЧАСТКА НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ»
МДК 01.02 ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

для специальности

08.02.10 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство

*базовая подготовка,
на базе среднего общего образования*

Форма обучения: очная

Нормативные сроки обучения: 2 года 10 месяцев

Начало подготовки: 2020 год

г. Калининград
2020

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Реализация методических материалов в Калининградском филиале ПГУПС по выполнению выпускной квалификационной работы МДК 01.02 Изыскания и проектирование железных дорог на тему «Проект участка новой железной дороги» для специальности 08.02.10 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство осуществляется согласно Методическому пособию «МДК 01.02 Изыскания и проектирование железных дорог», разработанному Федеральным государственным бюджетным учреждением дополнительного профессионального образования «Учебно–методический центр по образованию на железнодорожном транспорте» (приложение).

Рекомендуемая литература:

Павленко А.В. МДК 01.02 Изыскания и проектирование железных дорог / А.В. Павленко. М.: ФГБУ ДПО «Учебно–методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Управление учебных заведений и правового обеспечения

Федеральное государственное бюджетное учреждение
дополнительного профессионального образования
«Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»



специальность **08.02.10**

МДК 01.02

Изыскания и проектирование
железных дорог

МДК 01.02

Изыскания и проектирование
железных дорог

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

тема

Проект участка новой железной дороги

специальность **08.02.10**
Строительство железных дорог,
путь и путевое хозяйство

• → *базовая подготовка среднего
профессионального образования*

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Управление учебных заведений и правового обеспечения

Федеральное государственное бюджетное учреждение
дополнительного профессионального образования
«Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»

Методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании Учебно-методической комиссии по специальности 08.02.10 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство федерального учебно-методического объединения в системе среднего профессионального образования по укрупненным группам профессий, специальностей 23.00.00 Техника и технологии наземного транспорта.

Председатель УМС *Л.И. Зеленская*
Протокол № 1 от 24–25 ноября 2016 г.

МДК 01.02

Изыскания и проектирование железных дорог

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

тема

Проект участка новой железной дороги

специальность **08.02.10**

Строительство железных дорог,
путь и путевое хозяйство

*базовая подготовка
среднего профессионального образования*

Автор — *А.В. Павленко*, преподаватель филиала ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения» в г. Саратове

Рецензент — *Т.В. Паканова*, преподаватель Томского техникума железнодорожного транспорта — филиала ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Предложения и замечания по методическому пособию просим направлять в филиал ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ» в г. Новосибирске по адресу: 630003, г. Новосибирск, ул. Владимирская, 15д, тел.: (383) 319-60-71, факс: 319-60-72, e-mail: novosib@umczdt.ru

Пояснительная записка

Методическое пособие по выполнению выпускной квалификационной работы по теме «Проект участка новой железной дороги» разработано в соответствии с ФГОС СПО по МДК 01.02 Изыскания и проектирование железных дорог для специальности 08.02.10 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство и раскрывает основные требования к знаниям и умениям, которыми должны обладать обучающиеся в результате обучения.

Методическое пособие по выполнению выпускной квалификационной работы по теме «Проект участка новой железной дороги» помогает обучающимся выполнить необходимые расчеты и чертежи, а также оформить выпускную квалификационную работу в соответствии с нормами ЕСКД.

В методическом пособии приводятся примеры, в которых есть алгоритм расчетов для решения задач по выполнению выпускной квалификационной работы.

Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы

Исходные данные

В этом разделе следует изложить основную задачу выпускной квалификационной работы и привести основные исходные данные: начальный и конечный пункты проектируемой линии; заданные топографические материалы, их масштаб, сечение горизонталей; основные географические, климатические и другие природные данные района проектирования; расчетные размеры перевозок; вид тяги и тип локомотива; расчетную пропускную способность. На основе анализа расчетных размеров перевозок устанавливается категория железной дороги в части норм проектирования.

Описание района проектирования

Краткое описание орографии и гидрографии района проектирования: наличие рек и направление речных долин, уклоны рек, характер и простиранье водоразделов, отметки характерных точек рельефа. Эту характеристику района проектирования следует излагать с позиций возможного использования попутных долин, водоразделов, седел на водоразделах для укладки трассы.

Следует указать наличие в районе проектирования путей сообщения их направление, а также местоположение и характеристику населенных пунктов. При описании района следует ориентироваться относительно сторон света.

Анализ возможных направлений и основных параметров проектируемой линии

На основе выявления опорных и фиксированных точек трассы указываются возможные направления проектируемой линии и намеченные для соответствующих направлений варианты руководящего уклона. Приводится таблица показателей рассмотренных направлений трассы при различных руководящих уклонах, а также график зависимости ориентировочной длины вариантов трассы по рассмотренным направлениям.

В результате анализа приведенных данных намечаются направления и руководящие уклоны двух наиболее конкурентных вариантов для последующего трассирования. Обосновывается целесообразная очередность трассирования вариантов.

Описание трассы вариантов

Трассу каждого варианта описывают отдельно. Описание ведется последовательно по счету километров, выделяя участки вольного и напряженного ходов. На участках вольного хода следует обосновать каждый угол поворота трассы. Характер изложения рекомендуется примерно такой: «От ... км до ... км трасса проложена вольным ходом. На ... км уложена кривая радиусом 1200 м с целью уменьшения высоты насыпи при пересечении лога».

В случае если на участке напряженного хода использован уклон положе руководящего, смягченного в кривой, то следует обосновать такое решение. Каждое отступление в пределах допустимого от рекомендуемых норм проектирования плана и продольного профиля (рекомендуемого радиуса кривой, алгебраической разности уклонов смежных элементов профиля и др.) должно быть обосновано.

Размещение водопропускных сооружений, выбор их типов и отверстий

Следует охарактеризовать размещение водопропускных сооружений по трассе. Необходимо обосновать случаи пропуска соседних водотоков через одно искусственное сооружение и другие решения, отличные от обычных.

Указывается принятый метод расчета стока поверхностных вод (в выпускной квалификационной работе возможно определять сток по номограммам, приведенным в источнике [11]) и обосновывается необходимость расчета стока дождевых паводков и стока весеннего половодья, либо только одного из них как преобладающего.

В проекте допускается выполнить расчет стока на трех-четыре водосборах разных размеров площадей и рельефе, характерном для большинства водосборов вдоль трассы проектируемой линии.

По данным указанного расчета можно построить графическую зависимость расхода стока расчетной и наименьшей вероятности превышения в функции площади водосбора $Q(F)$ и по данному графику в зависимости от рассчитанной площади остальных водосборов определить расход стока на всех водосборах обоих вариантов трассы.

В пояснительной записке приводятся график $Q(F)$ и таблица, в которой указывают площади всех водосборов по обоим вариантам трассы, расход стока на каждом водосборе и характеристики в замыкающем створе (отметка дна лога, высота насыпи в месте размещения сооружения, максимально допустимый напор воды), с учетом которых подбирают тип и отверстие водопропускного сооружения. В этой же таблице целесообразно указать стоимость принятого сооружения. При преобладании расходов дождевых паводков отверстие сооружения определяют с учетом аккумуляции воды перед сооружением. Следует указать, в какой мере достигнута унификация водопропускных сооружений с целью сокращения количества типоразмеров сооружений.

При проектировании мостового перехода через большой водоток приводят расчет отверстия моста и отметок проектной линии на мосту и на подходах к мосту.

Определение объемов работ и строительной стоимости вариантов

Следует привести (в таблице или в виде формулы) слагаемые строительной стоимости, учитываемые при сравнении вариантов проектируемой линии. Указать метод определения объема земляных работ (при подсчете объема массивов по средним рабочим отметкам соответствующую таблицу с данными расчета привести в приложении). Указать метод определения стоимости искусственных сооружений и других слагаемых строительной стоимости.

Расчеты строительной стоимости целесообразно вести параллельно по обоим вариантам (это облегчает контроль за правильностью расче-

тов). Результаты расчета рекомендуется представить в табличной форме и вынести в приложение. В основной части записки следует привести сводную таблицу и изложить выводы из результатов определения строительной стоимости вариантов проектируемой линии.

Определение эксплуатационных расходов по вариантам

Указывается принятый метод определения эксплуатационных расходов. При использовании в расчете эксплуатационных расходов единичных, групповых или укрупненных норм в основной части записки приводят эти нормы, соответствующие расчетные формулы, а данные расчета (преимущественно в табличной форме) выносят в приложения. В заключении раздела приводят сводную таблицу и излагают выводы из результатов определения эксплуатационных расходов по вариантам проектируемой линии.

Технико-экономическое сравнение вариантов проектируемой линии

На основании сопоставления стоимости и срока окупаемости затрат по вариантам сделать вывод о преимуществе одного из вариантов. Если варианты по стоимостным (денежным) показателям оказались равноценными или близкими по этим показателям, то для обоснования выбора варианта следует особо внимательно проанализировать их натуральные показатели (строительные, эксплуатационные, социальные, показатели, характеризующие воздействие дороги на окружающую среду), а также оценить возможности вариантов в освоении перспективных размеров перевозок.

В итоге проведенного анализа делается вывод о том, какому варианту следует отдать предпочтение.

Введение

Проектирование железных дорог является важнейшей народно-хозяйственной задачей, обязывающей принимать решения, обеспечивающие разумную экономию капитальных и эксплуатационных затрат при минимальных сроках строительства. Поэтому обучающиеся должны научиться не только грамотному проектированию, но и выбору оптимальных проектных решений. Все решения, принимаемые в выпускной квалификационной работе, должны быть технически и экономически обоснованы. Обучающийся может предлагать различные решения той или иной задачи, помня, что за правильность и глубину разработки, точность расчетных и графических работ несет ответственность исполнитель. Проект участка новой железной дороги — один из наиболее трудоемких.

Выпускная квалификационная работа выполняется в основном применительно к первой стадии проектирования — разработке технического проекта. В составе выпускной квалификационной работы должны быть решены следующие задачи:

- анализ рельефа местности и ситуаций в районе трассирования по заданному листу карты с учетом указаний на ней начального и конечного пунктов проектирования;
- определение исходных данных, категории норм проектирования из нормативных и руководящих документов для заданных условий проектируемой линии;
- выявление возможных направлений проектируемой железной дороги на основе укладки на карте магистральных ходов;
- трассирование вариантов трасс железнодорожных линий между заданными начальными и конечными пунктами, расчет элементов плана трассы проектированием вариантов продольного профиля, поперечных профилей, а также переездов и путепроводов;
- проектирование, расчет стока и размещение малых водопропускных сооружений по вариантам трасс;
- определение объемов работ (земляных, по искусственным сооружениям, по устройствам, пропорциональным длине линии, и т.д.), расчет строительной стоимости и эксплуатационных расходов;
- сравнение вариантов трассы и выбор оптимального технического решения.

В итоге должна быть составлена пояснительная записка с необходимыми чертежами, графиками и таблицами.

1. Изучение и анализ исходных данных

Исходными данными для выполнения выпускной квалификационной работы являются:

- а) учебная карта (масштаб 1:25000 или 1:50000 с сечением горизонталей через 5 или 10 м);
- б) задание на проектирование, которое выдается обучающемуся отдельно.

Задание содержит основные данные по району проектирования, включая и направление на пункт Б, на которое должны выйти варианты проектируемой дороги. В задании также приводятся некоторые климатические и геологические данные для расчета стока поверхностных вод.

По характеру и размерам перевозок (на расчетные сроки) определяется основное назначение линии и выбирается категория дороги по нормам проектирования [4]. Затем изучаются климатические, инженерно-геологические, гидрографические и топографические условия района проектирования.

Климатические условия определяются по специальной литературе для заданного района проектирования [9]. При этом необходимо обратить внимание на абсолютные минимальную и максимальную температуру наружного воздуха, атмосферные осадки, толщину снежного покрова и дату его разрушения, глубину промерзания грунтов, направление и скорость ветра.

При изучении инженерно-геологических условий района проектирования необходимо обратить внимание на наличие и простирающиеся заболоченных участков, вечномерзлых и просадочных (лессовых) грунтов, оползневых косогоров, карстов, осыпей, оврагов и т.п.

При анализе рельефа местности рекомендуется выявить отметки возвышенностей, урезов воды, селей, колебание отметок рельефа и максимальную крутизну склонов между железнодорожной станцией примыкания А и направлением на пункт Б. Здесь необходимо обратить внимание на попутные долины и водоразделы, на наличие контурных препятствий (озер, излучин рек, обрывистых берегов, заповедников, населенных пунктов и т.п.).

При изучении гидрографических условий устанавливаются направление течения рек и их притоков, направление стока воды с рассматриваемого участка, наиболее целесообразные места мостовых переходов. При этом выделяются (если имеются на данной карте) главный водо-

раздел, разделяющий основные речные системы, и водоразделы 1-го и 2-го порядка, отделяющие бассейны реки от ее притоков или последние друг от друга. Для лучшего ориентирования и наглядности на карте рекомендуется основные водоразделы отметить линией коричневого цвета, а реки, ручьи, озера, болота — синим цветом. В результате исследования учебной карты дается общая оценка сложности рельефа (равнинный, холмистый, горный).

2. Выбор вариантов направления линии и значений руководящих уклонов

2.1 Назначение возможных вариантов направления линии между заданными пунктами

При выборе направления прежде всего выясняется возможность укладки трассы по прямой между заданными конечными пунктами (ж.д. ст. А — направление на пункт Б). Заданные пункты соединяются геодезической линией. По ее характерным (затяжным) участкам определяются средние уклоны местности. Если эти уклоны значительно превышают величину руководящего уклона, которым трассируется вариант (например, больше его предельной величины), то целесообразность укладки трассы по прямой становится очевидной. В связи с этим намечаются другие варианты трассы, для которых геодезическая линия остается ориентиром при нанесении их на карту. На карте отмечаются фиксированные точки. Они назначаются в местах обхода контурных препятствий или изменения уклона местности, пересечения высотных препятствий (пониженные места на водоразделах или горных перевалах) или в удобных местах пересечения средних и больших рек. Группируя эти (ближайшие) точки, опорные пункты и соединяя их прямыми линиями, получают воздушно-ломанные направления трассы (магистральные ходы).

При нанесении на карту спрямленных воздушно-ломанных направлений необходимо обращать внимание на возможное использование попутных долин или широких водоразделов, способствующих выполнять трассирование вольным ходом при незначительных уклонах и объемах земляных работ. При прокладке долинного хода учитывается направление течения реки, уклон долины, изрезанность и крутизна ее склонов, извилистость русла, наличие заболоченных участков пойм, оползневых косогооров и т.п.

Ко всем рассматриваемым вариантам предъявляется основное требование — они должны иметь общие точки в начале и в конце трассы.

Направление проектируемой железной дороги в местах пересечения больших водостоков зависит от выбора места мостового перехода. Здесь необходимо лишь отметить, что мостовой переход следует располагать на участке с возможно более узким руслом реки и поймами без озер, староречий и заболоченных мест. Он должен по возможности располагаться на прямом участке реки.

Продольная ось мостового перехода должна быть перпендикулярна (в отдельных случаях допускается отклонение до $6-10^\circ$) направлению течения воды при высоком горизонте. Ось перехода, в пределах всей ширины разлива высоких вод, должна быть по возможности прямой, так

как повороты трассы на пойме приводят к удлинению самого перехода и увеличивают объем дополнительных укрепительных работ.

Остальные речки и ручьи пересекаются исходя из кратчайшей длины варианта трассы. Пересечение водоразделов усложняет трассу (большая крутизна подъемов, множество кривых и др.) и требует перехода через них в наиболее низких местах (седлах).

При переходе через перевалы предварительно необходимо намечать возможные способы их пересечения — с устройством выемки или тоннеля. При укладке трассы вдоль склона без ясно выраженных фиксированных точек варианты могут отличаться друг от друга тем, что располагаются выше или ниже по склону. В этом случае они могут отличаться по длине, крутизне склонов, числу и размерам водопропускных сооружений, глубине пересекаемых логов и другим параметрам.

Для сравнения намечается 2–3 варианта направления трассы.

2.2 Выбор наиболее конкурентных направлений линии и значений их руководящих уклонов

Из намеченных вариантов трассы необходимо выявить наиболее целесообразные для дальнейшего рассмотрения с уточнением значений крутизны руководящих уклонов.

Для анализа профиля трассы и определения крутизны руководящих уклонов по намеченным спрямленным воздушно-ломаным направлениям строятся схематические продольные профили на одном листе миллиметровой бумаги шириной 297 мм и длиной, зависящей от длины вариантов трассы. Горизонтальный масштаб принимается равным масштабу карты, а вертикальный — 1:1000 или 1:500. Рекомендуется для разных вариантов принимать различные точки отсчета отметок (линии условного горизонта). На сетке профиля показываются отметки земли и километры. На наиболее трудных участках хода (большой перепад высот) подсчитываются средние естественные уклоны местности $i_{\text{сп(ест)}}$. Величина руководящего уклона по топографическим условиям выбирается по характерным (наиболее крутым и затяжным — более 2,5–3,0 км) средним уклонам местности. При этом учитывается возможность уменьшения величины $i_{\text{сп}}$ по сравнению с $i_{\text{сп(ест)}}$ за счет устройства перевальной выемки и долинной насыпи. Перевальную выемку можно назначать ориентировочно глубиной до 6–10 м. В местах пересечения средних рек предварительно следует предусматривать насыпь высотой 6–10 м, а при пересечении больших рек — 10–15 м. Следует иметь в виду, что наибольшая возможная величина $i_{\text{р}}$ не должна превышать нормативной (максимальной) величины, установленной в источнике [4, п. 4.3].

Для каждого варианта трассы необходимо установить процент использования руководящего уклона (по длине варианта). Если участки напряженного хода составляют сравнительно небольшую часть и выбранная по этим участкам величина $i_{\text{р}}$ не используется на значительном протяжении линии (более 75–80 %), целесообразно уменьшить величину $i_{\text{р}}$ за счет земляных работ на участке с руководящим уклоном.

Для уточнения некоторого удлинения линии на этих участках или увеличения объемов направления трассы и выбора величины руководящего уклона (при минимальном развитии линии) на участках напряженного хода на карте производят прокладку линии нулевых работ. Ее нанесение целесообразно вести от фиксированных точек. Для этого определяется шаг трассирования $l_{\text{ш}}$ (горизонтальное заложение между соседними горизонталями) по формуле (1):

$$l_{\text{ш}} = \frac{\Delta h}{i_{\text{р}} - i_{\text{э(к)}}} \cdot \frac{1}{m} 10^5 \text{ см}, \quad (1)$$

где Δh — высота сечения рельефа, м;

$i_{\text{р}}$ — руководящий уклон, ‰;

$i_{\text{э(к)}}$ — эквивалентный уклон, численно равный дополнительному сопротивлению движению поезда в кривой (ориентировочно принимается $i_{\text{э(к)}} = 0,3\text{--}1,0 \text{ ‰}$);

$1/m$ — масштаб карты (1:25000 или 1:50000).

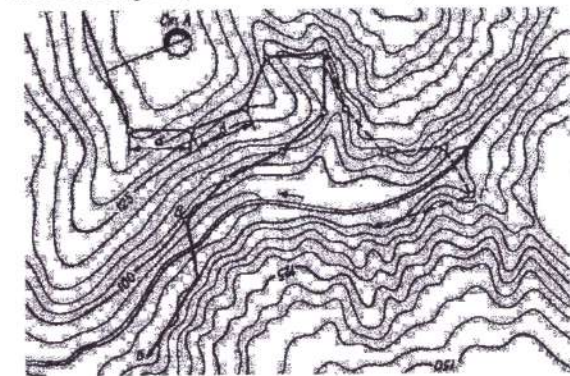


Рисунок 1. Варианты линии нулевых работ

Откладывая измерителем в масштабе карты расстояние $l_{\text{ш}}$ между соседними горизонталями, получают линию нулевых работ. При нанесении этой линии на карту нельзя пропускать хотя бы одну горизонталь, так как это

приведет к увеличению объема земляных работ на последующем участке напряженного хода. Лишь при пересечении логов и водоразделов возможен пропуск 1–2 горизонталей для лучшего вписывания трассы в рельеф местности и выдержки в логах необходимой высоты насыпи для размещения в ней водопропускного сооружения (ориентировочно не менее 2,5–4 м).

От крутизны руководящего уклона в значительной степени зависит не только длина линии, но и объемы работ, строительная стоимость и эксплуатационные расходы. Поэтому выбору величины руководящего уклона при проектировании новой линии придается большое значение.

Для выбора лучших конкурентных вариантов трассы необходимо проанализировать их сопоставление по следующим основным показателям: а) длина варианта, км; б) коэффициент развития линии; в) возможная величина руководящего уклона, ‰; г) степень использования руководящего уклона, ‰; д) сумма преодолеваемых высот, м; е) сумма углов поворота, град; ж) количество и ориентировочная длина средних и больших мостов, тоннелей, м; з) протяжение геологически неблагоприятных мест, км.

При наличии явно выраженной неравномерности размеров перевозок по направлениям сумма преодолеваемых высот подсчитывается «туда» и «обратно». Полученные данные по вариантам трассы заносятся в таблицу 1.

Таблица 1

Основные показатели вариантов трассы

Наименование показателя	Единица измерения	Варианты	
		I	II
Длина трассы по варианту	км		
Протяженность кривых участков	км		
Протяженность прямых участков	км		
Сумма преодолеваемых высот:	км		
туда	км		
обратно	км		
Длина напряженного хода	км		
Длина вольного хода	км		
Величина руководящего уклона	‰		
Число больших мостов	ед.		
Число/длина тоннелей	ед./м		
Протяженность геологически неблагоприятных мест	км		

На основе анализа показателей выбирается не менее двух наиболее конкурентных вариантов для последующего детального трассирования и технико-экономического сравнения.

3. Трассирование вариантов

Трассирование вариантов является весьма сложной задачей, поэтому необходимо тщательно изучить приемы камерального трассирования на участках вольных и напряженных ходов, особенности трассирования в различных природных условиях, а также нормы и правила проектирования плана и профиля железных дорог на перегонах и отдельных пунктах.

Трассирование первоочередного варианта начинается с уточнения прокладки линии на участках напряженных ходов, а затем и вольных. При укладке линии нулевых работ (по уточненной величине i_p) на затяжном участке напряженного хода следует учитывать (ориентировочно) расположение на нем отдельных пунктов. При последующем трассировании положение отдельного пункта изменяется, но, как правило, не отражается на длине и общем направлении линии (рисунок 2).

Длина участка трассы l , необходимая для расположения отдельного пункта, должна быть не менее (2):

$$l \geq l_{ст} + T'_c + T''_c + a, \quad (2)$$

где $l_{ст}$ — длина станционной площадки ($l_{ст} = l_n + c$; l_n рассчитывается по источнику [11, ч. 1]);

T'_c, T''_c — суммированные тангенсы кривых в плане, устраиваемых при подходе и выходе из отдельного пункта;

a — запас, учитывающий удлинение станционной площадки по сравнению с табличным значением при устройстве вертикальных кривых (по ее концам) и возможное ее удлинение на перспективу (последнее учитывается при $l_{по} = 850$ и 1050 м).

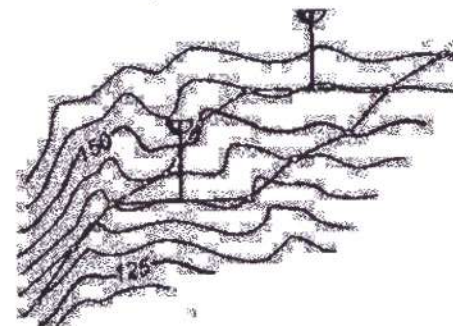


Рисунок 2. Размещение отдельного пункта на участке напряженного хода

Сокращение длины трассы в ряде случаев может быть достигнуто путем чередования участков напряженного и вольного ходов. Если на отдельных участках хода расстояние между горизонталями оказывается больше шага трассирования и эти участки вольного хода расположены по направлению кратчайшего расстояния (геодезической линии), то нет смысла отклоняться от него с целью отложения шага трассирования или кратчайшего расстояния между горизонталями (рисунок 3).

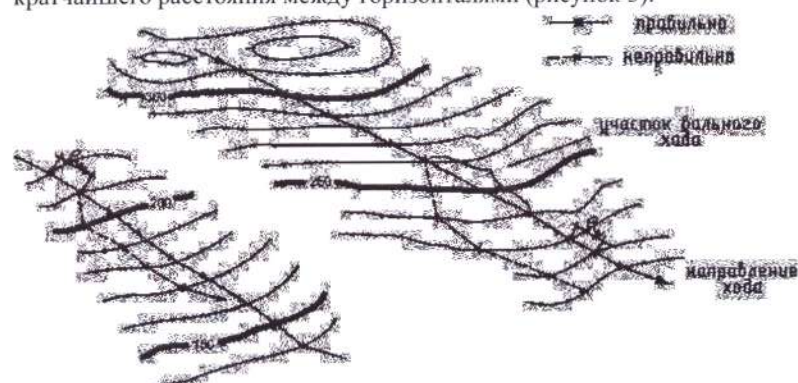


Рисунок 3. Трассирование вариантов на чередующихся участках напряженных и вольных ходов

Если на участке напряженного хода поочередно располагаются интервалы между горизонталями больше или меньше шага трассирования, то можно сразу выполнять некоторое спрямление отдельных участков трассы. При этом надо следить, чтобы количество отложенных расстояний (шагов трассирования) соответствовало количеству интервалов между горизонталями и не было подряд несколько интервалов короче или длиннее этого расстояния.

В отдельных случаях (на сильно изрезанных косогорах) бывает целесообразным назначать укладку напряженного хода не сразу от фиксированной точки (например, на седловине), а на некотором удалении от нее. Это обычно устанавливается методом нескольких попыток прокладки линии нулевых работ на спуске с выбором наиболее благоприятного вписывания в рельеф местности на косогоре.

На участках вольного хода сначала делается попытка укладки трассы по кратчайшему расстоянию между напряженными ходами или фиксированными точками.

На открытой холмистой или гористой местности, подверженной сильным метелям, следует учитывать условия снегозаносимости, зависящие от положения трассы по высоте косогора и направления метелепоземковых ветров.

Болота глубиной более 2–3 м по возможности необходимо обходить или пересекать в наиболее узкой и неглубокой их части. Мелкие болота (глубиной до 2 м) с горизонтальным минеральным дном можно пересекать трассой в любом месте, не удлиняя ее.

После уточнения линии на участках напряженного и вольного ходов приступают к детальному проектированию плана и продольного профиля вариантов трассы.

3.1 Проектирование плана линии

Проектирование плана ведется одновременно с составлением ведомости плана линии с построением схематического профиля, нанесением на него проектной линии, водопропускных сооружений. Одновременно с этим составляется ведомость времени хода пары поездов по перегону, которая используется для размещения отдельных пунктов. Проектирование плана начинают от оси железнодорожной станции примыкания эксплуатируемой железной дороги и ведут небольшими участками длиной, равной обычно расстоянию между кривыми. Эти участки считаются законченными только после того, как будет запроектирован продольный профиль, размещены на нем в этих пределах водопропускные и другие сооружения, проверено выполнение норм проектирования.

Укладка плана линии обычно производится в следующем порядке:

1. Проводится прямое направление существующей станционной площадки.
2. Проводится последующее прямое направление, пересечение которого с первым дает точку — вершину угла поворота (ву).
3. С помощью заранее изготовленного прозрачного шаблона (палетки) в масштабе карты для стандартных радиусов R круговых кривых подбирается и наносится кривая, сопрягающая эти прямые.
4. Используя замер расстояния от заранее нанесенной метки километра на предыдущем направлении до вершины угла, определяется пикетажное значение последней (ПК_{ву}).
5. Рассчитываются значения тангенса T и длины круговой кривой K после замера транспортиром угла поворота α (точность $\pm 0,5^\circ$):

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2; \quad (3)$$

$$K = R \cdot \alpha_{\text{рад}} = R \cdot \alpha / 57,3. \quad (4)$$

6. Подсчитывается пикетажное значение начала круговой кривой:

$$\text{ПК}_{\text{нкк}} = \text{ПК}_{\text{вы}} - T. \quad (5)$$

7. Определяется пикетажное значение конца круговой кривой:

$$\text{ПК}_{\text{ккк}} = \text{ПК}_{\text{нкк}} + K. \quad (6)$$

8. Отложив значение тангенса T от вершины угла поворота в обратном направлении, а затем в прямом, находят на плане метки начала и конца круговой кривой.

9. В соответствии с пикетажными значениями НКК и ККК наносятся ближайшие метки километров.

Все расчеты параметров плана линии ведутся с точностью до 0,01 м и заносятся в ведомость плана линии (таблица 2).

Таблица 2

Ведомость плана линии

№ эл.	Угол поворота α		Радиус R , м	ПК _{вы}	Тангенс T , м	ПК _{нкк}	Кривая K , м	ПК _{ккк}	$L_{\text{пр}}$, м
	право	лево							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Проектирование плана линии производится в соответствии с требованиями строительных норм и правил [4], которые принимаются на основе заданной полезной длины прямоотправочных железнодорожных путей $l_{\text{по}}$ (расчет которой можно произвести по источнику [11, п. 1.3]) и ранее установленной категории проектируемой железной дороги.

Эти требования касаются выполнения минимальных длин прямых вставок, минимально-допустимых величин радиусов, расположения кривых участков на подходах к станционным площадкам и большим мостовым переходам, плана раздельных пунктов.

3.2 Проектирование схематического продольного профиля

Одновременно с проектированием плана линии составляется схематический продольный профиль. На профиле все проектное изображается красным цветом, существующее — черным.

Для успешного выполнения всего комплекса трассирования новой линии необходимо придерживаться следующей последовательности работ.

1. Кроме плана (карты) и ведомости плана линии, следует предварительно заготовить: сетку схематического профиля с нанесенными километрами, ведомость подсчета времени хода поездов по перегонам, ведомость подбора и размещения искусственных сооружений, полоску миллиметровой бумаги с нанесенными в масштабе карты километрами.

2. Запроектировав кривой участок с прилегающей к нему прямой и нанеся его на схематический профиль, с помощью полоски бумаги нанесут отметки поверхности земли по трассе. Это производится следующим образом: прикладывают полоску к линии так, чтобы совместились соответствующие километры и на плане, и на полоске; на полоске отмечают все точки пересечения трассой горизонталей, пишут их отметки, а также изменения заложения горизонталей, оси логов и русел ручьев и малых рек, линии урезов больших рек). Эти отметки, как правило, определяются интерполяцией (рисунок 4). В случае криволинейного участка трассы полоска поворачивается (обкатывается) в соответствии с изменением кривой так, чтобы нанесенные на плане и на профиле (на полоске) километры точно совмещались. Нанесенные таким образом отметки на небольшом участке трассы сносятся на схематический профиль путем наложения на него этой полоски.

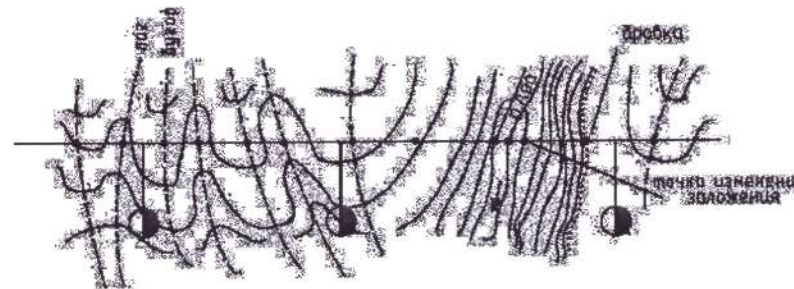


Рисунок 4. Характерные точки рельефа по трассе, дополнительно наносимые на профиль

3. На основе полученных отметок поверхности земли (черных отметок) строится профиль, вертикальный масштаб которого 1:1000 или 1:500, и закрепляется тушью тонкими линиями.

4. С помощью прозрачной линейки наносится предварительно проектный элемент профиля таким образом, чтобы были выполнены следующие

требования: а) минимум земляных работ; б) достаточная высота насыпи для размещения водопропускных сооружений; в) допустимое расположение перелома профиля относительно начала или конца кривой, начала или конца ж.д. станций, начала или конца большого моста; г) допустимость длины элементов профиля; д) необходимость смягчения руководящего уклона (если уклон этого элемента равен i_p) на кривых участках.

5. Определяется уклон проведенного элемента профиля графическим путем, т.е. путем параллельного смещения линии на сетку миллиметровки (выше проектной линии), чтобы эта линия проходила через точку пересечения вертикальной линии миллиметровки, и отсчета в конце километра количества миллиметров, численно равных уклону, в ‰ (рисунок 5).

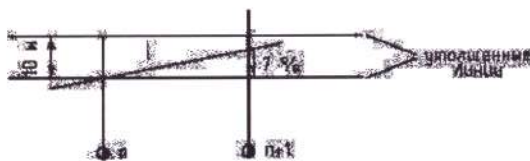


Рисунок 5. К графическому определению уклона элемента профиля

После определения величины уклона i и длины элемента l , вычисляется отметка конца элемента по формуле:

$$H_k = H_n \pm i \cdot l, \quad (7)$$

где H_n — отметка начала элемента (отметка конца предыдущего элемента).

Уточняется положение элемента путем новой наковки на профиле отметки конца элемента.

Вычисляются промежуточные проектные отметки H_p , соответствующие каждой отметке земли, по формуле:

$$H_i = H_n \pm i \cdot l_i, \quad (8)$$

где H_n — отметка начала элемента профиля;

l_i — расстояние от начала элемента до рассматриваемой точки.

9. Рассчитываются рабочие отметки — разница между проектной отметкой и отметкой земли.

В случае когда запроктированный элемент профиля не удовлетворяет хотя бы одному из перечисленных требований, ставится вопрос о повторении проектирования плана этого участка и элемента профиля.

Ниже показаны некоторые основные требования:

1. Продольный профиль в выемках по условию нормального водоотвода проектируется уклонами не менее 2 ‰, нулевые уклоны не допускаются.

2. Для предотвращения снежных заносов выемок и насыпей соответственно глубина и высота h_n последних проектируется не менее 2 м:

$$h_n \geq h_{сн} + d, \quad (9)$$

где $h_{сн}$ — расчетная толщина снежного покрова, м;

d — величина возвышения насыпи над расчетной толщиной снежного покрова согласно [4, п. 5.17] «Земляное полотно железных дорог в метелевых районах должно быть преимущественно в виде насыпей, высота которых над уровнем расчетной толщины снежного покрова должна быть не менее 0,7 м на однопутных и 1,0 м на двухпутных участках».

3. Железнодорожные станции и разъезды следует располагать на горизонтальной площадке. В отдельных случаях при соответствующем обосновании допускается располагать отдельные пункты на уклонах не круче 1,5 ‰, в трудных условиях — не круче 2,5 ‰.

4. Смягчение руководящего уклона i_p (рисунок 6) производится при совпадении его с кривой. Смягченный уклон $i_{см}$ определяется по формуле:

$$i_{см} = i_p - i_{э(к)}, \quad (10)$$

где $i_{э(к)}$ — уклон, эквивалентный дополнительному сопротивлению движению поезда в кривых, длиной K :

$$i_{э(к)} = 700/R \text{ при } K \geq l_n; \quad (11)$$

$$i_{э(к)} = 12,2a/l_n \text{ при } K < l_n, \quad (12)$$

где l_n — длина поезда, м.



Рисунок 6. Смягчение руководящего уклона в кривых ($i_p = 12 ‰$)

5. При алгебраической разности смежных уклонов ($\Delta i > 3 ‰$) перелом профиля должен отстоять от начала или конца кривой на расстоянии:

$$L_{\min} = l_{\text{пер}} / 2 + R_v / 2000 \cdot \Delta i, \quad (13)$$

где $l_{\text{пер}}$ — длина переходной кривой;
 R_v — радиус вертикальной кривой.



Рисунок 7. Участки плана, где можно и нельзя располагать точки перелома профиля

4. Расчет водопропускных сооружений

4.1 Размещение водопропускных сооружений по трассе

Каждый водоток, как правило, должен быть пропущен через отдельное сооружение. При камеральном трассировании места размещения водопропускных сооружений устанавливаются при сопоставлении продольного профиля с подробным планом трассы. На продольном профиле места размещения водопропускных сооружений определяются понижения местности, где имеются водотоки (точки 1–5 на рисунке 8). Пропуск вод близко расположенных один от другого водотоков через одно сооружение (например, водотоков 4 и 5 на рисунке 8) должен быть обоснован соответствующими расчетами, учитывающими затраты на сооружение и содержание водоотводной канавы. При наличии вечномерзлых грунтов, селевого стока, лессовидных грунтов и возможности образования наледей такие решения не допускаются. В районах вечной мерзлоты на участках с просадочными грунтами водопропускные сооружения проектируют во всех естественных понижениях продольного профиля, а на слабосточных участках их следует предусматривать не реже чем через 500 м.



Рисунок 8. Положение водопропускных сооружений на продольном профиле трассы

Территория, с которой атмосферные осадки стекают к водопропускному сооружению, называется водосбором или бассейном сооружения. Водосбор расположен с верхней стороны от трассы и ограничен по периметру линиями водоразделов и полотном железной дороги (рисунок 9).

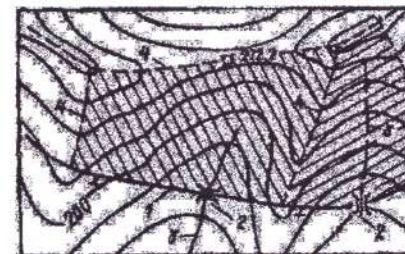


Рисунок 9. Водосборы на карте в горизонталях:

1 — трасса дороги; 2 — водопропускные сооружения; 3 — лога; 4 — водоразделы

Линия, соединяющая наиболее пониженные точки водосбора, называется логом или руслом. Боковые поверхности, ограниченные водоразделом и руслом, называются склонами водосбора.

Для выбора типа и отверстия водопропускного сооружения необходимо прежде всего рассчитать сток с водосбора.

4.2 Расчеты стока с малых водосборов

Сток поверхностных вод. В зависимости от происхождения различают следующие виды стока: дождевой паводок (ливневый сток) и весеннее половодье (сток от снеготаяния). Количество воды, притекающей с водосбора к водопропускному сооружению в единицу времени, называется расходом стока Q , м³/с. Расход стока с конкретного водосбора изменяется в широких пределах. Наблюдения показали: чем больше расход, тем реже такой сток повторяется. На основе статистической обработки многолетних наблюдений метеорологических станций для различных районов страны значения интенсивности ливней и снеготаяния могут быть превышены в среднем один раз в n лет (например, раз в 50, 100, 300 лет). В таких случаях считают, что вероятность превышения соответствующих расходов стока $p = 1:n$ (1:50, 1:100, 1:300 или, соответственно, 2, 1, 0,33 %).

Сток дождевых паводков. Формирование стока дождевых паводков — это сложный процесс, возникающий в результате выпадения атмосферных осадков на поверхность водосбора. Часть осадков просачивается, заполняет впадины на поверхности склонов, расходуется на смачивание растительности, испаряется, и только оставшиеся после всех потерь осадки образуют слой воды, стекающей по склонам к руслу и по нему — к водопропускному сооружению.

Расход такого стока зависит от климатических характеристик района, которые определяют интенсивность ливней, температурный и ветровой режимы, влияющие на испарение, а также от характеристики почв данного водосбора, которые определяют интенсивность просачивания. На расход стока дождевых паводков влияют также геометрические характеристики водосбора — площадь водосбора и уклон главного лога.

Пример определения расхода стока дождевых паводков

Задача. Определить расход стока дождевых паводков вероятности превышения $p = 0,33$ % для водосбора площадью $F = 4,5$ км² в районе южнее Якутска. Грунты — суглинки, уклон главного лога $J = 23$ ‰.

Решение. По карте-схеме [11, приложение 11] район строительства относится к 5-му ливневому району, которому соответствует III группа климатических районов. В правой части номограммы на шкале F [11, п. 3.2] находим точку, соответствующую площади водосбора 4,5 км², и через нее проводим вертикальную прямую до пересечения с линией, которая относится к 5-му ливневому району. Через полученную точку проводим горизонтальную прямую до пересечения со шкалой / (точка a). В левой части номограммы на шкале J находим точку, соответствующую уклону лога 23 ‰, и через нее проводим вертикаль до пересечения с линией, у которой указана группа климатических районов — III.

Через полученную точку проводим горизонтальную линию до пересечения со шкалой X (точка b). Соединяем точки a и b прямой и в месте ее пересечения со шкалой Q находим $Q_H = 26$ м³/с. Вероятность превышения этого расхода 1 %, и он соответствует песчаным и супесчаным почвам.

Для суглинистых грунтов при $p = 0,33$ % поправочный коэффициент $k = 1,46$. Искомый расход $Q = Q_H \cdot k = 26 \cdot 1,46 = 38,0$ м³/с.

Для расчета стока от весеннего половодья служит другая номограмма [11, приложение 10].

Исходными данными здесь являются заболоченность, озерность, площадь водосбора F , элементарный модуль стока от снеготаяния, принимаемый по [11, приложение 9].

Полученная величина стока определена с вероятностью превышения 1 ‰. При вероятности превышения 0,33 % учитывают корректирующий множитель 1,37, а при 2 ‰ — множитель 0,87.

Определив отдельно расход воды от весеннего половодья и от дождевого паводка, выбирают доминирующий (наибольший по величине) сток, который служит для дальнейших расчетов.

Предотвращение затопления земляного полотна. Для предохранения насыпи на подходах к водопропускному сооружению от затопления бровка земляного полотна должна возвышаться над уровнем подпорной воды при пропуске наибольшего расхода не менее чем на 0,5 м, т.е. проектная отметка насыпи $H_{\text{бр}}$ в пределах разлива воды должна удовлетворять условию:

$$H_{\text{бр}} > H + H' + 0,5, \quad (14)$$

где H' — напор при пропуске наибольшего расхода.

4.3 Выбор типа водопропускных сооружений

На выбор типа и размера водопропускного сооружения влияют следующие факторы: расход притока воды с водосбора, высота насыпи в месте размещения водопропускного сооружения, инженерно-геологические условия, возможность применения промышленных методов возведения сооружений, целесообразность уменьшения числа типов и размеров сооружений на проектируемой дороге.

В зависимости от высоты насыпи $h_{\text{н}}$ можно принять следующие типы водопропускных сооружений:

$L_{\text{н}} < 1,25$ м — между шпалами устанавливают лотки с очень небольшой водопропускной способностью;

$1,25 < h < 2$ м — круглые железобетонные трубы диаметром 1; 1,25 и 1,5 м и металлические гофрированные трубы диаметром 1,5 м;

$2 < A < 3$ м — круглые трубы диаметром до 2 м и прямоугольные железобетонные трубы отверстием до 2,5 м, а также бетонные трубы отверстием до 2 м и высотой 2 м;

$L > 3$ м — прямоугольные железобетонные и бетонные трубы высотой 2 м всех отверстий.

Для размещения бетонных труб высотой 3 м насыпь должна быть не ниже 4–4,35 м.

При высоте насыпи 2 м и более можно также сооружать сборные железобетонные мосты эстакадного типа.

Если высота насыпи недостаточна для размещения водопропускного сооружения, то можно принять следующее решение: сместить трассу в плане в низовую сторону по косогору для того, чтобы пересечь лог на более низких отметках и тем самым увеличить высоту насыпи; такие решения наиболее вероятны на участках напряженного хода.

Пример расчета типа сооружения

Задание. Требуется выбрать тип и отверстие водопропускного сооружения при следующих исходных данных: расчетный расход воды с водосбора Q , % = 11, $1 \text{ м}^3/\text{с}$; наибольший расход Q , 33 % = $15,4 \text{ м}^3/\text{с}$. Отметки: лога $H_{\text{д}} = 202,50$ м, проектной линии по оси водотока $H_{\text{пр}} = 205,10$ м. Высота насыпи по оси водотока равна $205,10 - 202,50 = 2,60$ м. Железнодорожный путь уложен на деревянных шпалах при толщине балласта под шпалой 0,45 м. Расстояние по высоте от подошвы рельса до уровня бровки земляного полотна $d = 0,80$ м.

Решение. По графику (см. приложение 1) подбираем круглую железобетонную трубу. Одноочковая труба непригодна, так как при отверстии 2 м она пропускает расчетный расход не более $7,8 \text{ м}^3/\text{с}$. Поэтому выбираем двухочковую трубу отверстием 2×2 м, которая пропускает расчетный расход $11,1 \text{ м}^3/\text{с}$ при напоре $H = 1,65$ м, а наибольший расход $15,4 \text{ м}^3/\text{с}$ при напоре $H = 2,05$ м. Высота насыпи 2,60 м позволяет по конструктивным условиям разместить трубу диаметром 2 м.

Проверяем незатопляемость земляного полотна по условию:

$$H_{\text{бр}} > H + H' + 0,5 : 205,10 > 202,50 + 2,05 + 0,50.$$

Условие выполняется, следовательно, круглая двухочковая железобетонная труба отверстием 2×2 м может быть размещена на данном водотоке.

Стоимость сооружений можно определить по графикам приложения 2.

Результаты расчета стока и подбора водопропускных сооружений сводят в таблицу 3.

Таблица 3

Ведомость искусственных сооружений по варианту...

Местоположение, ПК+	Площадь, км ²	Уклон лога, ‰	Макс. расход, м ³ /с	Расчетный расход, м ³ /с	Высота насыпи, м	Тип сооружения	Отверстие, м	Возм. расход, м ³ /с	Допустимая высота насыпи, м	Стоимость, тыс. руб.

5. Экономический расчет вариантов трасс

Запроектированные варианты должны быть подвергнуты технико-экономическому сравнению по основным показателям. При этом следует отдавать предпочтение вариантам, в которых обеспечиваются наиболее рациональная организация и комплексная механизация производства работ, меньшие сроки и стоимость их выполнения, использование местных материалов и типовых проектов.

Чтобы выбрать наиболее целесообразный вариант, необходимо сопоставить строительную стоимость и эксплуатационные расходы. Учитывая быструю динамику изменения строительной стоимости и эксплуатационных расходов, непрерывное изменение цен на промышленную продукцию, энергию, заработной платы и др., что практически исключает возможность сколько-нибудь оперативно уследить за такими изменениями, технико-экономическое сравнение вариантов можно выполнять по прейскурантам, сметным нормативам и т.п., использовавшимся в прошлом. При этом следует строго следить за единой стоимостной базой и для строительной стоимости, и для эксплуатационных затрат. Не допускается определять строительную стоимость и эксплуатационные затраты по нормативам, в основе которых лежит разная ценовая база.

5.1 Расчет капитальных затрат

Строительная стоимость участка железнодорожной линии, руб., вычисляется по формуле:

$$K = K_{\text{зр}} + K_{\text{ис}} + a \cdot L + K_{\text{пр}}, \quad (15)$$

где $K_{\text{зр}}$ — стоимость земляных работ по варианту, руб.;

$K_{\text{ис}}$ — стоимость водопропускных сооружений, руб.;

a — километровая стоимость устройств, пропорциональная длине линии, руб./км;

L — строительная длина варианта, км;

$K_{\text{пр}}$ — стоимость прочих устройств и сооружений, входящих в рассматриваемый вариант и отсутствующих в других вариантах, руб.

Стоимость земляных работ определяется по выражению:

$$K_{\text{зр}} = S \cdot (1,1 \cdot Q_{\text{гн}} + Q_{\text{стп}}), \quad (16)$$

где S — средневзвешенная стоимость производства 1 м³ профильного объема земляных работ, принимаемая в зависимости от категории трудности строительства, зависит от профильных объемов земляных работ

(V) на 1 км главного железнодорожного пути и категории норм проектирования, принимаемая по таблице 4;

$Q_{\text{гн}}$ — профильный объем земляных работ по главному железнодорожному пути, м³;

$Q_{\text{стп}}$ — профильный объем земляных работ по станционным железнодорожным путям, м³.

Таблица 4

Стоимость 1 м профильного объема земляных работ

Категория норм проектирования			Категория строительства трудности Т	Стоимость разработки 1 м профильного объема 8 руб./м по ФЭР-2001
I	II	III		
Профильный объем земляных работ V , тыс. м/км				
До 23	До 16	До 15	I	70,6
23–28	16–27	15–25	II	73,4
38–54	27–40	25–38	III	95,5
54–73	40–55	38–52	IV	98,3

Объемы земляных работ для сравнения вариантов определяют по средним рабочим отметкам, используя таблицу 5.

Таблица 5

Покилометровый объем работ по главному железнодорожному пути, м

Средняя рабочая отметка, м	Насыпь		Выемка	
	Ширина основной площадки, м			
	7,3	7,6	7,3	7,6
1	2	3	4	5
0,25	2615	2694	3545	3620
0,50	4725	4875	6605	6755
0,75	7015	7244	9845	10 074
1,00	9500	9800	13 280	13 580
1,25	12 165	12 169	12 540	21 005
1,50	15 035	16 385	20 705	21 155
1,75	18 065	18 594	24 699	25 224
2,00	21 300	21 900	28 880	29 480
2,25	24 715	25 394	33 245	33 924
2,50	28 325	29 075	37 805	38 555
2,75	31 915	34 394	42 345	43 174
3,00	36 100	37 000	47 480	48 380
3,25	39 269	40 244	52 599	53 574

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5
3,50	44 625	45 675	57 905	58 955
3,75	50 444	52 694	64 724	66 974
4,00	53 900	55 100	69 080	70 280
4,25	58 815	60 094	74 945	76 224
4,50	65 275	65 275	81 005	82 355
4,75	69 215	70 644	87 245	88 674
5,00	74 700	76 200	93 680	101 727
5,25	80 372	81 947	100 302	101 877
5,50	86 225	87 875	107 105	108 755
5,75	92 269	93 994	114 095	115 824
6,00	98 500	100 300	121 280	123 080
6,50	111 587	113 537	136 205	138 155
7,00	125 550	127 650	151 880	153 980
7,50	140 387	142 637	168 305	170 555
8,00	156 100	158 500	185 480	192 680
8,50	172 687	175 237	203 405	205 955
9,00	192 850	192 850	222 080	224 780
9,50	208 487	211 337	241 505	244 355
10,00	227 700	230 700	261 680	264 680
10,50	227 787	230 937	282 586	285 736
11,00	268 750	272 050	304 280	307 580
11,50	290 587	294 037	326 705	330 155
12,00	313 300	316 900	349 880	353 480

Весь подсчет объемов земляных работ по главному железнодорожному пути целесообразно вести в табличной форме. Образец таблицы ведомости объемов земляных работ по главному железнодорожному пути по вариантам приведен в таблице 6.

Таблица 6

Ведомость объемов земляных работ по главному железнодорожному пути по вариантам

Средняя рабочая отметка, м		Протяжение элемента, км	Объем работ, м ³			
насыпь	выемка		насыпь		выемка	
			на 1 км	на элемент	на 1 км	на элемент
1	2	3	4	5	6	7

Величина $Q_{ст}$ представляет собой сумму итогов столбцов 5 и 7 (таблица 6). Профильный объем земляных работ по станционным железнодорожным путям (кроме главного) вычисляется по формуле:

$$Q_{ст} = 5,3 \cdot n_{ст} \cdot h_i \cdot L_i \quad (17)$$

где $n_{ст}$ — число станционных железнодорожных путей, кроме главного;

h_i — средняя рабочая отметка i -го массива, м;

L_i — длина i -го массива, км.

В формуле для расчета $Q_{ст}$ коэффициент 1,1 учитывает дополнительные земляные работы (укрепительные, по устройству водоотводов и т.п.).

Стоимость строительства малых водопропускных сооружений в зависимости от их типа, отверстия и высоты насыпи принимается по данным таблицы 8.

Стоимость устройств, пропорциональная длине линии, в основном складывается из стоимости верхнего строения железнодорожного пути, устройств СЦБ и связи, путевых зданий, принадлежностей железнодорожного пути и устройств снеговой защиты.

При электрической тяге дополнительно учитывается стоимость контактной сети и тяговых подстанций.

Стоимость 1 км верхнего строения железнодорожного пути, тыс. руб., может быть принята при звеньевом железнодорожном пути по таблице 7.

При этом тип рельсов принимается в зависимости от категории норм проектирования линии: I — Р75 и Р65, II — Р65, III — Р75–Р65 (старогодные) и Р65 (новые).

Таблица 7

Стоимость 1 км верхнего строения железнодорожного пути, тыс. руб.

Тип рельсов	Число шпал, шт./км	Железнодорожные пути	
		главные	станционные
Р50	1840	3660	4410
	2000	4300	—
Р65	1840	4410	5100
	2000	4570	—

Стоимость всех прочих устройств, пропорциональная длине линии, по ФЭР 81-02-28-2001 приведена в таблице 8.

Таблица 8

Стоимость прочих устройств, тыс. руб./км

Вид тяги и род устройств блокировки	Стоимость, тыс. руб.
Тепловозная тяга:	
автоматическая блокировка	2080
диспетчерская централизация	2210
Электрическая тяга:	
автоматическая блокировка	2250
диспетчерская централизация	2840

Стоимость строительства разъездов и железнодорожных переездов с автомобильными дорогами принимается по данным таблиц 9 и 10.

Таблица 9

Стоимость строительства разъезда, тыс. руб.

Полезная длина пр.-отпр. ж.д. путей, м	Тип рельсов			
	P65		P50	
	Вид тяги			
	тепловоз	электровоз	тепловоз	электровоз
850	3340	2070/2110	1710	1860 /2000
1050	1840	2290/2320	1830	2155/2190
1700	2979	3708/3756	2963	3489/3446

Числитель — переменный ток, знаменатель — постоянный ток.

Таблица 10

Стоимость строительства железнодорожного переезда, тыс. руб.

Полезная ширина ж.д. переезда, м	Тип ж.д. переезда			
	деревянный		железобетонный	
	Количество пересекаемых ж.д. путей			
	один	два	один	два
7,5	24,543	48,768	32,027	48,805
10	34,861	77,193	39,044	60,770

Покилометровая стоимость устройств энергетического хозяйства может быть принята по таблице 11.

Таблица 11

Стоимость устройств энергетического хозяйства, тыс. руб.

Тип железной дороги		
электрифицированная		неэлектрифицированная
Переменный ток	Постоянный ток	Тепловозная тяга
525,2	566,8	146,64

5.2 Расчет эксплуатационных затрат

Эксплуатационные расходы при разработке выпускной квалификационной работы определяются по укрупненным измерителям и слагаются из расходов по передвижению поездов и расходов по содержанию постоянных устройств.

Эксплуатационные расходы по передвижению поездов вычисляются по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{дв}} = 365 \cdot \mathcal{E}_{\text{дв}} \cdot n_{\text{пр}}, \quad (18)$$

где $\mathcal{E}_{\text{дв}}$ — стоимость пробега одного поезда по участку в оба направления, зависящая от локомотива, массы состава и длины участка, руб./поезд, приведена в приложении 3.

Стоимость пробега 1 км грузовым поездом приведена в зависимости от уклона линии и руководящего уклона, что позволяет определить стоимость пробега поезда по участку с учетом массы поезда, типа локомотива и величины руководящего уклона на основе запроектированного продольного профиля.

Соответствующие расчеты целесообразно свести в таблицу 12.

Таблица 12

Ведомость расчета стоимости пробега грузового поезда по участку в оба направления

№ элементов	Уклон элемента i , %			Длина элемента l , км	Стоимость пробега, руб.				Нарастающим итогом в оба направления
	$i_{\text{д}}$	$i_{\text{экв}}$	$i_{\text{пр}}$		туда		обратно		
					на 1 км	на элемент	на 1 км	на элемент	

Общий итог этой таблицы дает стоимость пробега 1 поезда в оба направления.

Определяем приведенное количество грузовых поездов, проходящих на 10-й год эксплуатации:

$$n_{\text{пр}} = n_{\text{гр}} + u \cdot n_{\text{пасс}}, \quad (19)$$

где $n_{\text{гр}}$ — число грузовых поездов в сутки в грузовом направлении на расчетный год (определяется по заданию на 10-й год эксплуатации);

u — коэффициент, характеризующий отношение массы пассажирского поезда к грузовому;

$n_{\text{пасс}}$ — число пассажирских поездов в сутки в том же направлении на тот же год.

Коэффициент u определяется в зависимости от соотношения массы брутто пассажирского и грузового поездов и принимается по таблице 13.

Масса пассажирского поезда принимается стандартной:

$$P + Q = 1000 \text{ т.}$$

Таблица 13

Величина коэффициента u

$\frac{(P+Q)_{\text{пасс}}}{(P+Q)_{\text{гр}}}$	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
u	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80	0,88

Коэффициент неравномерности движения принимается равным 1,10. Количество грузовых поездов на 15-й год эксплуатации может определяться исходя из проектируемой грузонапряженности:

$$n_{\text{гр}} = \Gamma \cdot 10^6 / (365 \cdot Q). \quad (20)$$

Расходы по содержанию постоянных устройств, руб./год, определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{п}} = aL + bN_{\text{р}}, \quad (21)$$

где L — длина проектируемого участка железной дороги, км;

$N_{\text{р}}$ — число раздельных пунктов;

коэффициенты a и b принимаются по таблице 14.

Коэффициенты для расчета расходов по содержанию постоянных устройств, тыс. руб.

Род тяги	a'	b''
Электрическая при переменном токе	44,5 45,3	314,8 92,2
Электрическая при постоянном токе	50,8 51,6	315,6 93,0
Тепловозная тяга	29,2 29,9	308,9 85,9

* Числитель — автоблокировка, знаменатель — диспетчерская централизация.

** Числитель — управление стрелками вручную, знаменатель — диспетчерская централизация.

5.3 Сравнение вариантов

При трассировании двух вариантов производится их сравнение по совокупности технических и экономических показателей.

К техническим показателям относятся показатели трассы, плана и профиля линии (общая и одного километра), эксплуатационные расходы или приведенные строительно-эксплуатационные расходы. Все показатели сводятся в нижеприведенную ведомость (таблица 15).

Для выбора варианта определяется сравнительная экономическая эффективность капитальных вложений.

Основными показателями для расчетов сравнительной эффективности являются общие капитальные вложения и общие текущие издержки — годовые эксплуатационные расходы.

Для определения экономической эффективности выясняется срок окупаемости T дополнительных капитальных вложений ($K_1 - K_2$) за счет экономии на эксплуатационных расходах ($\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1$) в случае, если $K_1 > K_2$, а $\mathcal{E}_1 < \mathcal{E}_2$:

$$T = (K_1 - K_2) / (\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1) \text{ лет}, \quad (22)$$

где K_1, K_2 — капитальные вложения (строительная стоимость) по вариантам;

$\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$ — ежегодные эксплуатационные расходы по вариантам.

Полученное значение срока окупаемости округляется до целого числа лет. Если $T \leq 10$ лет, то принимается вариант с большей строительной стоимостью и меньшими эксплуатационными расходами.

Таблица 15

Сравнение вариантов трасс

	Наименование показателей	Варианты	
		I	
<i>Показатели трассы</i>			
1.	Длина варианта, км	26,7	20,452
2.	Длина воздушной линии, км	13,625	13,625
3.	Абсолютное удлинение, км	13,075	6,827
4.	Коэффициент развития линии	1,96	1,50
5.	Количество пересекаемых постоянных водотоков, шт.	0	1
6.	Количество пересекаемых периодических водотоков, шт.	15	13
<i>Показатели плана линии</i>			
1.	Протяжение прямых участков, м	18 408,38	9846,2
2.	Протяжение кривых участков, м	8266,23	10 606,53
3.	Сумма углов поворота, град	594,20	646,90
4.	Сумма углов поворота на 1 км, град	22,25	31,63
5.	Минимальный радиус кривой, м	600	600
6.	Средний радиус кривой, м	914,29	1330,00
<i>Показатели профиля линии</i>			
1.	Протяжение площадок, м	4357	5602
2.	Протяжение уклонов, м	22 343	14 850
3.	Протяжение участков с руководящим уклоном, м	5800	5750
<i>Объемно-строительные и экономические показатели</i>			
1.	Объем земляных работ, м ³	3 723 954	2 376 143
2.	Объем земляных работ на 1 км, м ³	139 474	116 181
3.	Стоимость строительства, руб.	19 764 158	13 165 896
4.	Стоимость строительства на 1 км, руб.	740 231	643 746
5.	Эксплуатационные расходы на 10-й год эксплуатации, руб./год	1 739 286	1 287 666
6.	Эксплуатационные расходы на 10-й год эксплуатации на 1 км, руб./ткм	0,04	0,03

Список рекомендуемой литературы

Основные источники

1. Горикова Н.Г. Изыскания и проектирование железных дорог промышленного транспорта: учеб. пособие / Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгор. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.

Дополнительные источники

2. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: утв. Приказом Минтранса РФ от 21 дек. 2010 г. № 286 с изм. и доп. от 4 июня 2012 г., 30 марта 2015 г.

3. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 08.02.2011 г. № 43 «Об утверждении требований по обеспечению транспортной безопасности, учитывающих уровни безопасности для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств железнодорожного транспорта».

4. СП 119.13330.2012 Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95.

5. Кантор И.И. Изыскания и проектирование железных дорог. М.: Академкнига, 2012.

6. Крейнис З.Л. Путь и путевое хозяйство железных дорог. Термины и определения. Словарь-справочник. М., 2008.

7. Методические указания по составлению продольных профилей станционных путей и перегонов. М.: ОАО «РЖД», 2008.

8. Руководство по гидравлическим расчетам малых искусственных сооружений / под ред. Г.Я. Волченкова. М.: Транспорт, 1977.

9. Строительная климатология и геофизика. СНиП II-1-82. М.: Стройиздат, 1982.

10. Турбин И.В. Изыскания и проектирование железных дорог: учебник для вузов железнодорожного транспорта / И.В. Турбин, А.В. Гавриленков, И.И. Кантор. М.: Транспорт, 2003.

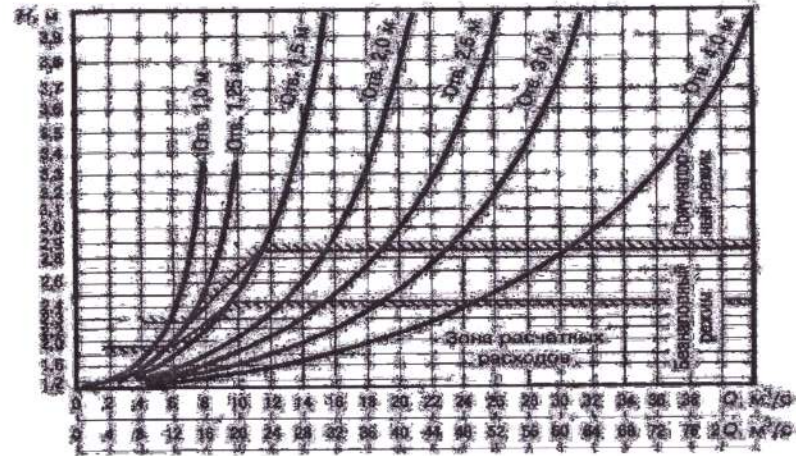
11. Фалалеева С.А., Паканова Т.В. Изыскания, проектирование и строительство нового участка пути: метод. пособие по выполнению дипломного проекта. М.: ФГОУ «УМЦ ЖДТ», 2010.

12. Экономические изыскания и основы проектирования железных дорог / под ред. Б.А. Волкова. М.: Маршрут, 2005.

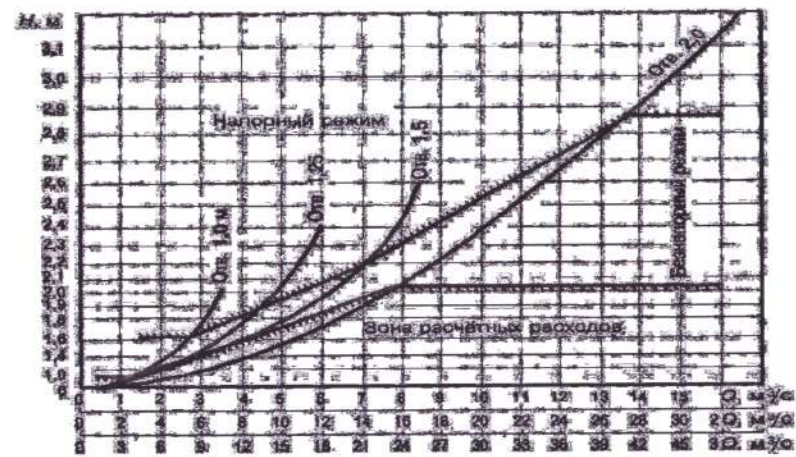
Приложения

Приложение 1

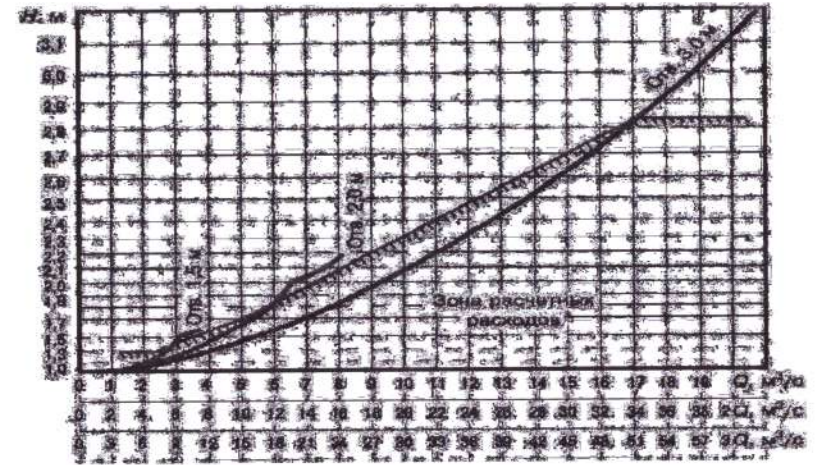
Водопрopusная способность круглых железобетонных труб диаметром 1,0–4,0 м



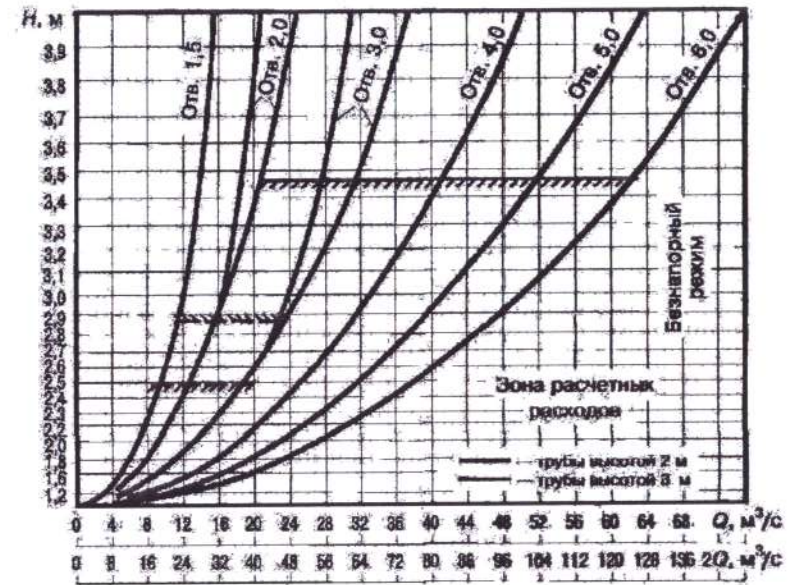
Водопрopusная способность круглых железобетонных труб диаметром 1,0–2,0 м



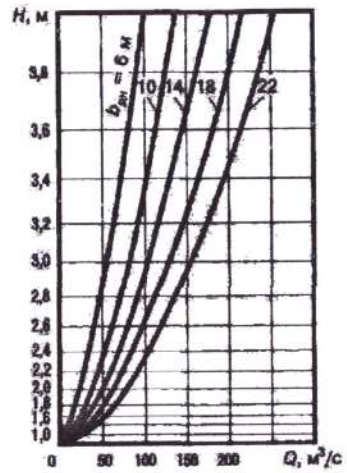
Водопрopusная способность круглых железобетонных труб диаметром 1,0–3,0 м



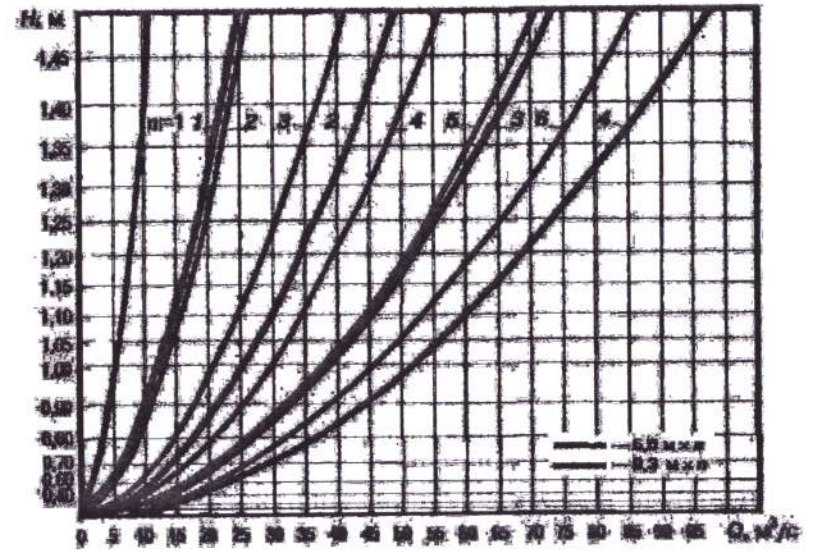
Водопрopusная способность прямоугольных железобетонных труб диаметром 1,5–6,0 м



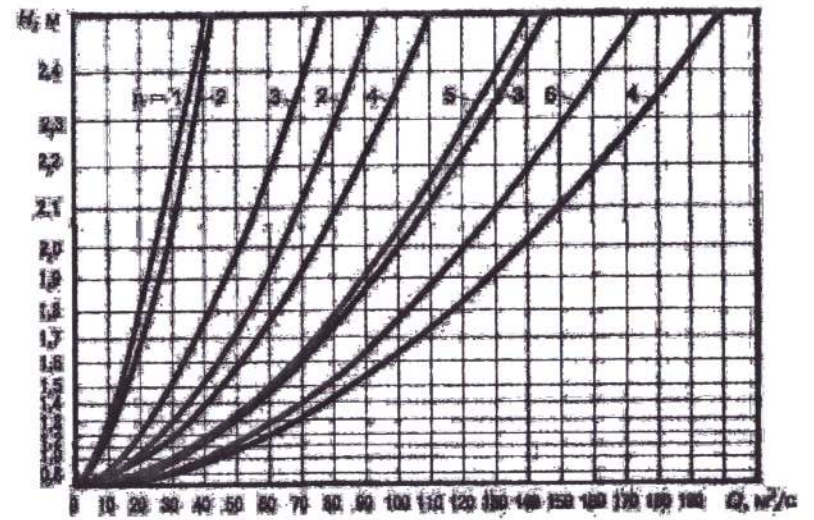
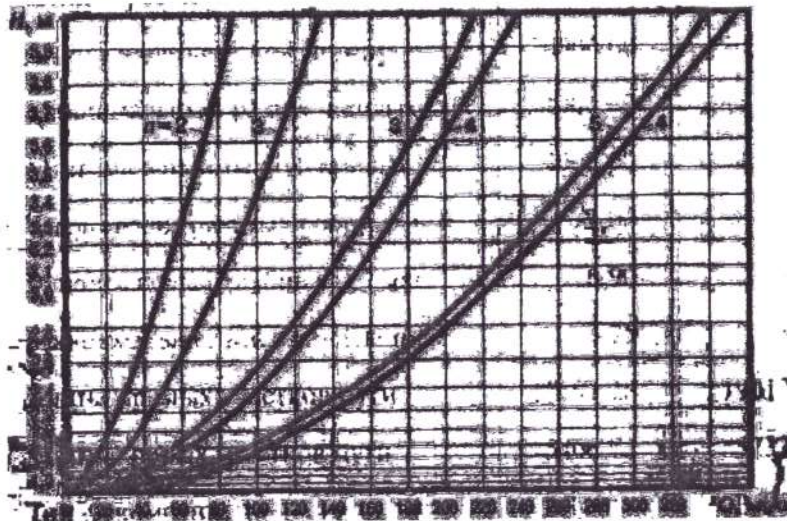
Водопронусная способность эстакадных мостов с обычными устоями



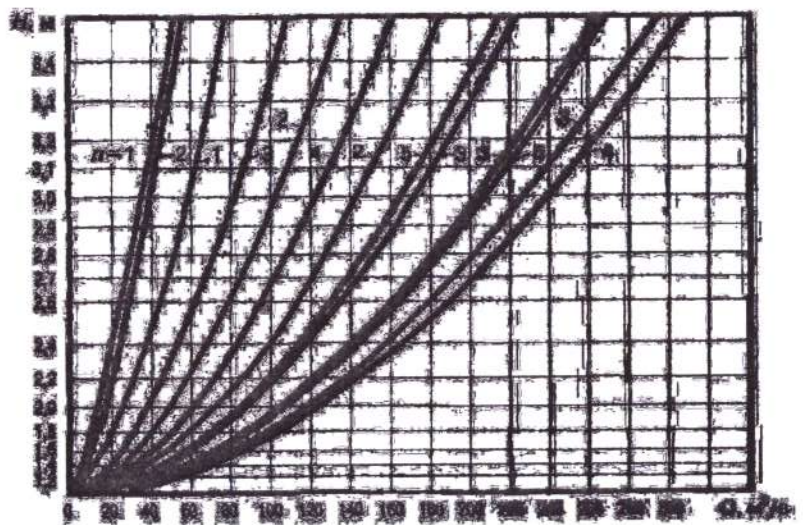
Водопронусная способность эстакадных мостов при насыпи высотой 2 и 3 м



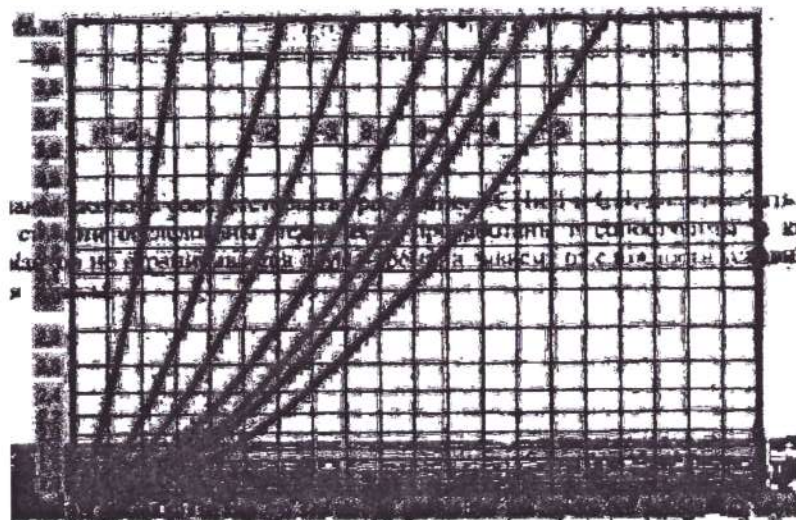
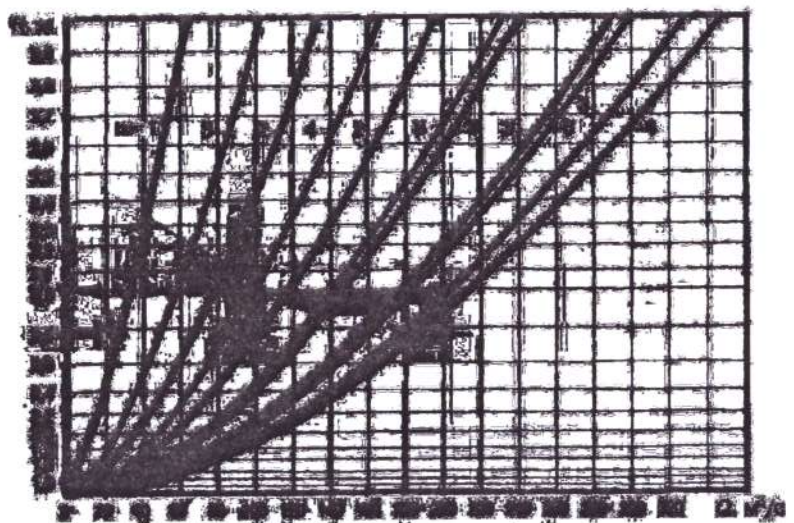
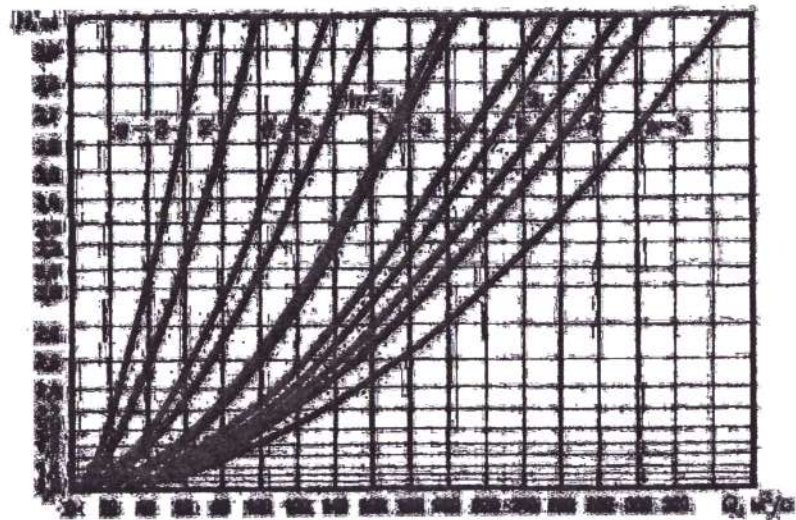
Водопронусная способность эстакадных мостов при насыпи высотой 8 м



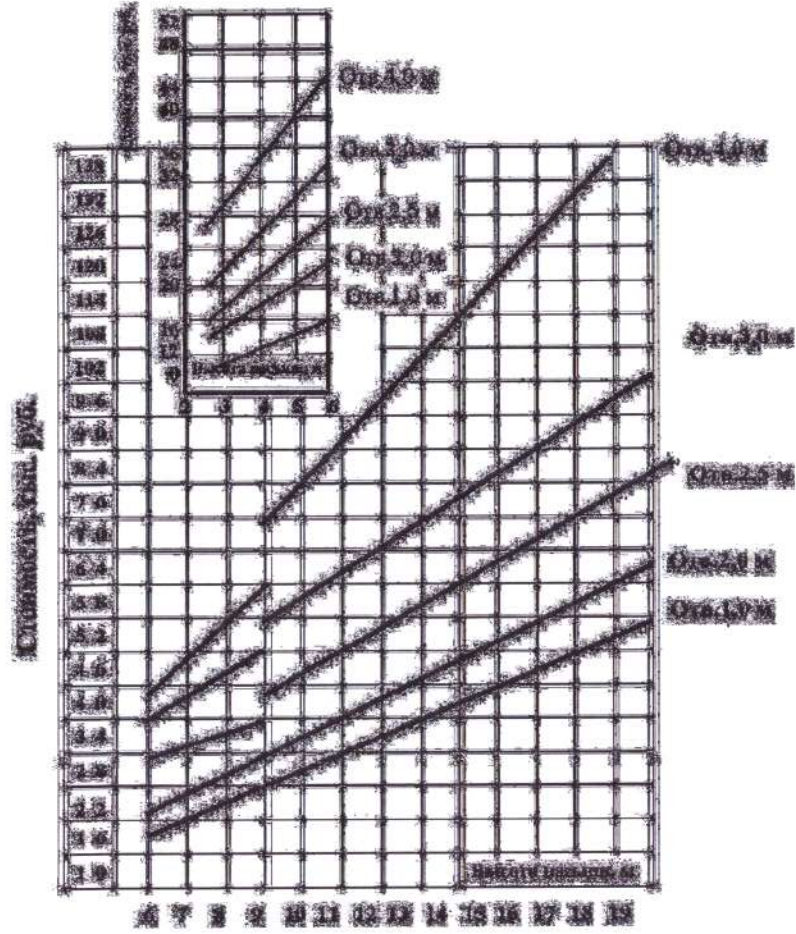
Водопронусная способность эстакадных мостов при насыпи высотой 4 и 5 м



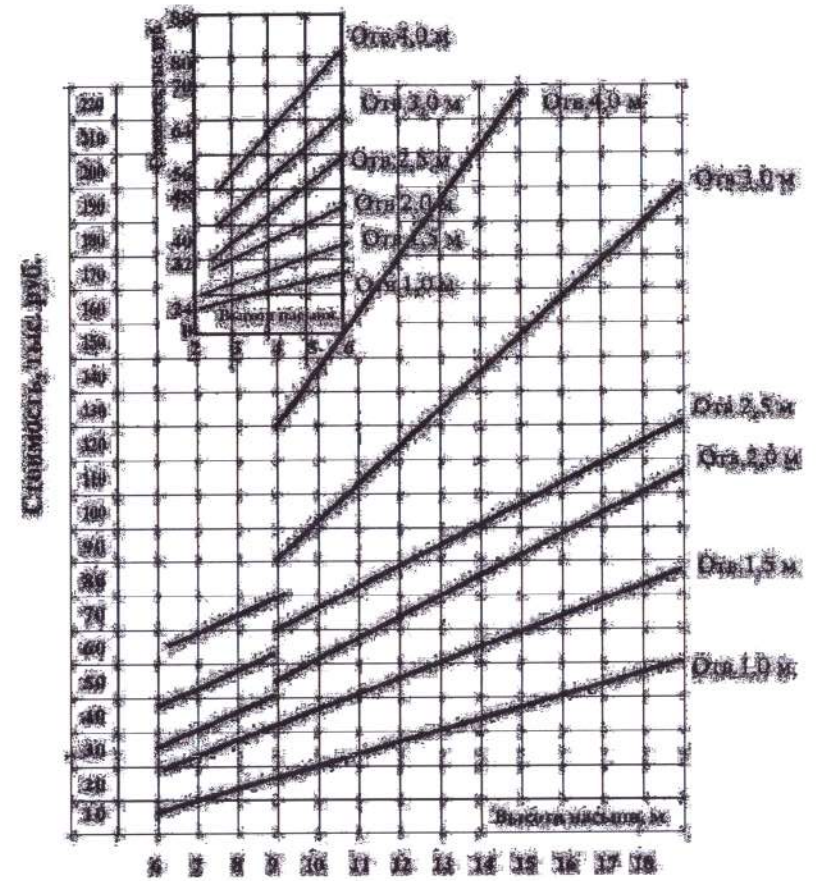
Водопронусная способность эстакадных мостов при насыпи высотой 6 и 7 м



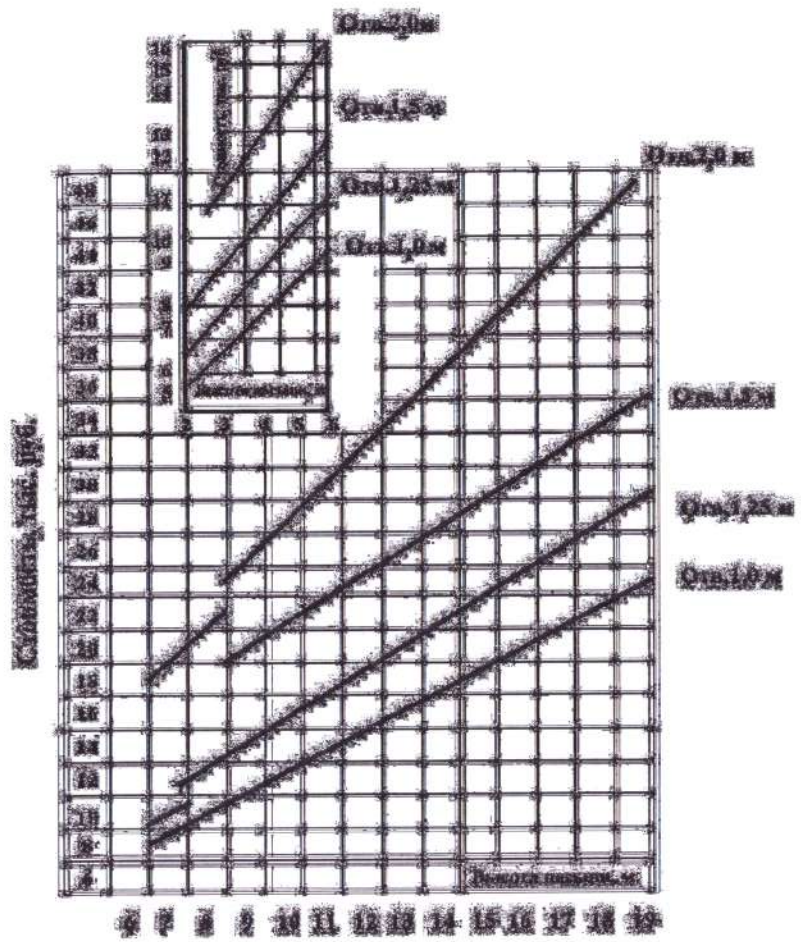
Сравнительная стоимость прямоугольных железобетонных одночковых труб



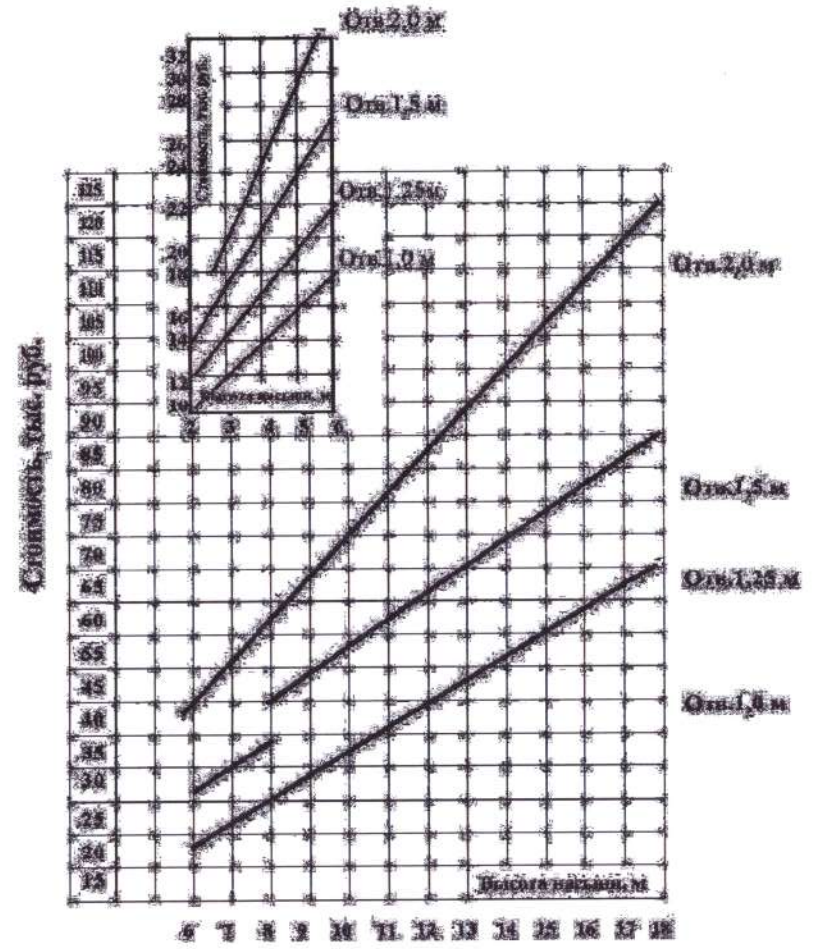
Сравнительная стоимость прямоугольных железобетонных двухчковых труб



Сравнительная стоимость круглых железобетонных одночковых труб



Сравнительная стоимость круглых железобетонных двухчковых труб



Стоимость пробега 1 км поездом в зависимости от уклона, руб.

Ук-лон, %	Масса состава, т											
	3000	4000	5000	6000	7000	8000	3000	4000	5000	6000	7000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
14	5.98											
13	5.59											
12	5.24		2ТЭ10						2ТЭ3 2 секции			
11	4.90						4.92					
10	4.58	6.01					4.58					
9	4.27	5.53					4.26					
8	3.97	5.09	6.32				3.94	5.11				
7	3.67	4.67	5.74	6.90			3.62	4.67				
6	3.38	4.29	5.21	6.20			3.32	4.25	5.22			
5	3.10	3.91	4.72	5.55	6.44	7.38	3.02	3.85	4.70	5.56		
4	2.84	3.54	4.26	4.97	5.71	6.46	2.73	3.46	4.19	4.94	5.70	
3	2.61	3.21	3.82	4.44	5.06	5.68	2.46	3.08	3.71	4.35	4.99	
2	2.40	2.91	3.42	3.94	4.46	4.98	2.23	2.74	3.26	3.79	4.33	
1	2.23	2.66	3.09	3.52	3.94	4.37	2.02	2.46	2.88	3.30	3.73	
0	1.73	2.48	2.84	3.56	3.20	3.91	1.81	2.21	2.58	2.94	3.28	
-1	1.45	1.81	2.18	2.54	3.30	3.61	1.40	1.98	2.31	2.64	2.95	
-2	1.18	1.45	1.73	2.01	2.28	2.56	1.14	1.41	1.69	1.97	2.24	
-3	1.11	1.39	1.67	1.95	2.23	2.51	1.09	1.37	1.65	1.93	2.21	
-4	1.19	1.50	1.80	2.10	2.41	2.71	1.17	1.47	1.78	2.08	2.38	
-5	1.27	1.60	1.93	2.25	2.58	2.91	1.25	1.58	1.91	2.23		
-6	1.35	1.70	2.06	2.41			1.33	1.68	2.03			
-7	1.43	1.81	2.18	2.56			1.41	1.79				
-8	1.51	1.91	2.31				1.49	1.89				
-9	1.59	2.02					1.57					
-10	1.67	2.12					1.65					
-11	1.75						1.73					
-12	1.83											
-13	1.91											
14	3.01						4.36					
13	2.86						4.15					
12	2.72		ВЛ 60					3.94	ВЛ 80			
11	2.58						3.73					
10	2.45	3.38					3.53	4.55				
9	2.31	3.19					3.32	4.27				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	2.18	2.99					3.11	4.00	4.86		
7	2.04	2.80	3.59				2.91	3.73	4.54		
6	1.90	2.60	3.33				2.72	3.46	4.21	4.96	
5	1.76	2.42	3.07	3.74			2.53	3.21	3.88	4.56	5.24
4	1.62	2.23	2.84	3.43			2.36	2.96	3.56	4.18	4.78
3	1.49	2.04	2.60	3.13			2.19	2.72	3.26	3.81	4.35
2	1.38	1.85	2.35	2.84			2.23	2.74	3.26	3.79	4.33
1	1.23	1.69	2.12	2.55			2.02	2.46	2.88	3.30	3.73
0	1.08	1.47	1.88	2.30			1.81	2.21	2.58	2.94	3.28
-1	0.93	1.25	1.60	1.94			1.40	1.98	2.31	2.64	2.95
-2	0.78	1.04	1.31	1.58			1.14	1.41	1.69	1.97	2.24
-3	0.76	1.02	1.30	1.58			1.09	1.37	1.65	1.93	2.21
-4	0.81	1.10	1.40	1.70			1.17	1.47	1.78	2.08	2.38
-5	0.86	1.17	1.49	1.82			1.25	1.58	1.91	2.23	
-6	0.91	1.24	1.59				1.33	1.68	2.03		
-7	0.96	1.32	1.69				1.41	1.79			
-8	1.02	1.39					1.49	1.89			
-9	1.07	1.47					1.57				
-10	1.12	1.54					1.65				
-11	1.17						1.71				
-12	1.23						1.79				
-13	1.28						1.86				
-14	1.33						1.94				
-15	1.38										

Содержание

Пояснительная записка.....	3
Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы.....	3
Введение	7
1. Изучение и анализ исходных данных	8
2. Выбор вариантов направления линии и значений руководящих уклонов.....	10
2.1 Назначение возможных вариантов направления линии между заданными пунктами.....	10
2.2 Выбор наиболее конкурентных направлений линии и значений их руководящих уклонов.....	11
3. Трассирование вариантов.....	14
3.1 Проектирование плана линии.....	16
3.2 Проектирование схематического продольного профиля	17
4. Расчет водопропускных сооружений	22
4.1 Размещение водопропускных сооружений по трассе	22
4.2 Расчеты стока с малых водосборов.....	23
4.3 Выбор типа водопропускных сооружений.....	25
5. Экономический расчет вариантов трасс	27
5.1 Расчет капитальных затрат	27
5.2 Расчет эксплуатационных затрат.....	32
5.3 Сравнение вариантов.....	34
Список рекомендуемой литературы.....	36
Приложения	37

Ответственный за выпуск методист
ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ» *С.В. Куликова*
Ответственная за выпуск *Л.А. Останина*
Редактор *Т.В. Соболева*
Компьютерная верстка *В.С. Байгужинова*

Подписано в печать 06.06.2017
Формат 60×90/16. Печ.л. 3,25.
ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»
105082, Москва, ул. Бакунинская, 71
Тел.: (495) 739-00-30, e-mail: info@umczt.ru
<http://www.umczt.ru>
