

**РОСЖЕЛДОР**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ростовский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО РГУПС)**

---

А.А. Ревякин, А.Н. Гармоница

**ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

Учебно-методическое пособие  
для курсового проектирования

Ростов-на-Дону  
2017

УДК 625.11(07) + 06

Рецензент – доктор технических наук, профессор В.И. Куштин

**Ревякин, А.А.**

Изыскания и проектирование железных дорог: учебно-методическое пособие для курсового проектирования / А.А. Ревякин, А.Н. Гармоница; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 38 с.

В пособии дается необходимая информация к выполнению курсового проекта на тему «Проект участка новой железнодорожной линии».

Предназначено для студентов специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей», профиль «Управление техническим состоянием железнодорожного пути», «Мосты».

Одобрено к изданию кафедрой «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог».

## 1 ТРАССИРОВАНИЕ УЧАСТКОВ

Начинать работу нужно с детального изучения предложенной карты. Необходимо выявить характер местности, колебание отметок поверхности земли, оцифровать карту с шагом горизонталей 10 м, определить направление течения рек, расположение водоразделов и долин.

Вы должны проследить возможные варианты трассы, учитывая все высотные и контурные препятствия. Трассирование на этом этапе сводится к выявлению опорных пунктов, через которые следует провести трассу исходя из топографических, геологических и природных условий. Проектируемая трасса должна быть экономически целесообразна, то есть проходить по наиболее ровным участкам, по возможности, обходя возвышенности и низменности. Опорными пунктами в курсовом проекте являются станция А и точка на направлении Б.

Перед выполнением подробного трассирования выбранного варианта нужно изучаем нормы и технические условия проектирования новых железных дорог.

После того как установлено принципиальное направление трассы, правильная ее укладка на местности достигается в результате последовательных попыток. Поэтому на данной стадии работы, чтобы избежать многочисленных переделок всей трассы и профиля, следует укладывать трассу участками не более 4...5 км. Параллельно составляется схематический продольный профиль и на нем наносится проектная линия. Укладка трассы на всем протяжении только на карте без параллельного проектирования продольного профиля не обеспечивает контроль правильности укладки и обычно приводит к бросовым трассировкам.

Укладка трассы в плане производится от начального пункта. Таким начальным пунктом является ось заданной станции "А". В пределах станционной площадки положение трассы установлено заданным на карте направлением главного пути.

Станции, разъезды и обгонные пункты 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‰. Во всех случаях, для предотвращения самопроизвольного ухода подвижного состава за пределы полезной длины путей, продольный профиль пути новых станций, разъездов, обгонных пунктов, где предусматривается отцепка локомотивов или вагонов от составов и производство маневровых операций, должен проектироваться вогнутого (ямообразного) очертания с одинаковыми отметками высот по концам полезной длины путей.

В особо трудных топографических условиях разъезды и обгонные пункты всех типов, где не предусматривается отцепка локомотивов и вагонов от составов и разъединение соединенных поездов, а по согласованию с ОАО «РЖД» также промежуточные станции полупродольного и продольного типов в части станционной площадки, где не предусматриваются указанные маневровые операции, допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании располагать на уклонах не круче 10‰. При этом должны обеспечиваться условия удержания поездов установленной и перспективной массы вспомогательными тормозами локомотивов, а также трогания с места этих поездов.

Длина станционных площадок на новых линиях должна устанавливаться в зависимости от полезной длины приемо-отправочных путей на перспективу, а также типа расположения приемо-отправочных путей (продольное, полупродольное, поперечное) и быть не менее указанной в табл.СП 119.13330.2012 Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95 (с Изменением № 1)

Конечный пункт "Б" новой железнодорожной линии является в данной работе лишь направлением, на которое должны быть выведены варианты трассы для смычки заданного участка трассы с соседним.

Категория железной дороги и схема расположения приемо-отправочных путей выбирается на основе исходных данных.

Первый угол поворота может располагаться только за пределами станционной площадки таким образом, чтобы от конца станционной площадки до его вершины было расстояние, достаточное для размещения переходной и тангенса круговых кривых, а также учитывалось возможное удлинение станционных путей.

Можно рекомендовать следующий порядок построения отхода от начальной станции. От оси станции откладывается отрезок  $\frac{L_{cm}}{2} + a$  ( $a$  длиной 200-300 м), и через полученную точку касания прочерчиваю по шаблону приемлемая по местным условиям кривая. Если первый угол поворота не расположен в непосредственной близости к станции, то вышеуказанных расчетов и построений, естественно, делать не следует.

Для того чтобы уточнить положение кривых в плане линий, измеряют транспортиром углы поворота на трассе, определяют длины  $K$  и тангенсы  $T$  с точностью до сотых метров по формулам, а затем отмечают на плане значения тангенса и длины кривой от вершины угла поворота в право и в лево. Затем, при помощи циркуля, проводят сопряжение кривой.

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}, \quad (1.1)$$

$$K = \frac{\pi \cdot R \cdot \varphi}{180^\circ} + l, \quad (1.2)$$

Кривые участки пути новых железных дорог следует проектировать возможно больших радиусов. Радиусы кривых следует назначать в соответствии с табл. СП 119 и заданием, принимать равными, м: 4000, 3000, 2500, 2000, 1800, 1500, 1200, 1000, 800, 700, 600, 500, 400, 350, 300, 250, 200.

Величину наименьшего радиуса кривых при проектировании дополнительных главных путей и усиления (реконструкции) существующих железных дорог следует устанавливать в зависимости от намечаемых скоростей

движения пассажирских и грузовых поездов и величины радиусов кривых существующего пути.

При проектировании плана на участках, где кривые близко расположены одна от другой, необходимо сразу учитывать размещение не только круговых, но и переходных кривых. При этом следует соблюдать условия сопряжения кривых, т.е. обеспечивать минимальные прямые вставки между концами переходных кривых.

По запроектированному плану трассы железнодорожной линии составляем ведомость плана линий.

*Таблица 1.1 – Ведомость плана трассы*

№ элемента	Угол поворота кривой		Радиус кривой R, м	Тангенс кривой T, м	Длина кривой K, м	Длина прямой, м
	вправо	влево				
1	2	3	4	5	6	7

Для уложенного участка трассы составляем схематический продольный профиль.

Горизонтальный масштаб схематического продольного профиля соответствует масштабу карты (1:50000), а вертикальный - 1:1000. Отметки земли берем с карты не только на пересечении трассой горизонталей, но и в характерных промежуточных точках между ними; отметки последних устанавливают по интерполяции с точностью 0,5 м. Обязательно должны быть взяты отметки самых высоких и низких точек рельефа на пресечении логов и мысов.

Для наковки отметок земли на схематическом продольном профиле, составляемом в масштабе карты, можно рекомендовать прием, описанный в учебниках. Он состоит в том, что на полоску бумаги сносят отметки земли с обязательным фиксированием километровых знаков на карте и на профиле.

Это позволит исключить линейные невязки. Расстояния можно переносить с карты на профиль и другим способом, промеряя их измерителем от километровых знаков предварительно разбитого километража.

После того, как на схематическом продольном профиле проставляются отметки земли, наносим проектную линию с учетом технических требований к продольному профилю. Проектная линия должна быть нанесена с соблюдением требований безопасности, плавности и бесперебойного движения поездов, а также с четким выполнением требований СП 119.13330.2012 Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95 (с Изменением № 1)

В зависимости заданной категории пути, определяется руководящий уклон по СП 119.13330.2012 Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95 (с Изменением № 1)

Руководящий уклон – наибольший подъем (спуск) на данной линии неограниченного протяжения, при движении по которому, поезд, ведомый одним локомотивом, достигает расчетной скорости и по сопротивлению от этого подъема определяется масса поезда.

Экономичность профиля характеризуется объемами земляных работ, суммой преодолеваемых высот, протяжением вредных уклонов.

Минимум земляных работ должен сочетаться с незаносимостью линии снегом, для чего в зависимости от категории железной дороги насыпь должна возвышаться над уровнем расчетной толщины снега или в любом случае быть не менее расчетной высоты. В этой работе рекомендуется продольный профиль проектировать насыпями высотой порядка 1м. В условиях перевалистого профиля неизбежно чередование насыпей и выемок. При этом следует учитывать, что при равных рабочих отметках объемы выемок больше объемов насыпей.

При совпадении руководящего уклона с кривыми уклон  $i_p$  уменьшаем на величину дополнительного сопротивления от кривой  $i_{экр.}$ , при этом учитывая расположение кривых и элементов трассы.

$$i_{\text{экв}} = \frac{700}{R}, \quad (1.3)$$

$$i_{\text{экв}} = 12,2 \cdot \frac{700}{l_n}, \quad (1.4)$$

$$i_{\text{экв}} = \frac{700 \cdot K}{R \cdot l_n}, \quad (1.5)$$

$$i_{\text{экв}} = 12,2 \cdot \frac{\Sigma\varphi}{l_n}, \quad (1.6)$$

где  $R$ - радиус круговой кривой.

$\varphi$  – угол поворота круговой кривой

$l_n$  -расчетная длина поезда, м

$\Sigma\varphi$  – сумма углов поворота кривых в пределах длины поезда

Для предварительного подбора элементов профиля можно рекомендовать графический прием. На миллиметровой бумаге вблизи проектируемого участка профиля получается уклон в тысячных. Он рассматривается как гипотенуза треугольника, где горизонтальный катет – длина одного километра в масштабе профиля, а вертикальные – превышение в метрах. Количество метров превышения соответствует количеству тысячных уклона. С помощью прозрачного треугольника и рекомендаций в отношении рабочих отметок, сопряжений элементов и длин.

В целом, продольный профиль стараются проектировать «обертывающей» линией (стараются, чтобы проектная линия повторяла профиль земной поверхности), используя насыпи высотой до 3-х метров, минимально применяя выемки, которые значительно усложняют последующую эксплуатацию железной дороги.



Кроме того, нанося проектную линию, следует заранее определить места расположения труб и мостов и предусмотреть в этих местах насыпи высотой не менее 5,0 м.

В местах размещения путепроводов (пересечений с другими путями сообщения в разных уровнях) необходимо обеспечить насыпь (или выемку – в зависимости от условий пересечения), как правило, не менее 9 м (если внизу проходит железная дорога) и не менее 7 м (если внизу проходит автомобильная дорога). Переезды (пересечения в одном уровне) рекомендуется проектировать на невысокой (1 ÷ 2 м) насыпи под прямым углом.

При проектировании профиля на напряженных участках наклон линии руководящего уклона уменьшается на величину эквивалентного уклона.

Алгебраическая разность сопрягаемых уклонов профиля и длины элементов, определяются согласно табл. СП 119.13330.2012 Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95 (с Изменением № 1) и не должны превышать данные величины.

Смежные элементы продольного профиля следует сопрягать в вертикальной плоскости кривыми радиусом  $R_v$ , км, согласно СП 119.13330.2012 Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95 (с Изменением № 1) и алгебраической разности запроектированных смежных уклонов.

Вертикальные кривые следует размещать вне переходных кривых, а также вне пролетных строений мостов и путепроводов с безбалластной проезжей частью. При этом наименьшее расстояние  $T$ , м, от переломов продольного профиля до начала или конца переходных кривых и концов пролетных строений следует определять по формуле:

$$T = R_v \cdot \Delta i / 2, \quad (1.7)$$

где  $\Delta i$  — алгебраическая разности уклонов на переломе профиля, ‰.

$R_v$  - вертикальный радиус кривой, м.

После того, как установлено положение проектной линии, по проектным уклонам и расстояниям подсчитываем проектные отметки по формуле:

$$H_n = H_{n-1} + i \cdot d, (1.8)$$

где  $H_{n-1}$  - предыдущая проектная отметка, м;

$i$  - уклон элемента трассы, ‰.

$d$  - длина участка, м.

Затем с точностью до 0,01 м определяем рабочие отметки, как разность проектных отметок и отметок земли, т. е.

$$h_p = H_{np} - H_z, (1.9)$$

где  $H_{np}$  - проектная отметка, м

$H_z$  - отметка земли, м.

Рабочие отметки выписываем на продольном профиле. Глубину выемок надписываем ниже, а высоту насыпей - выше проектной линии.

## 2 РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ХОДА ПОЕЗДА

Расчетное время хода одной пары грузовых поездов между осями раздельных пунктов с остановочным скрещением  $t_p$ , мин / пару поездов, определяется по формуле:

$$t_p = (1440 / N_p) - (\tau_1 + \tau_2 + t_{pz}), (2.1)$$

где 1440 - количество минут в сутках, мин / сут;

$N_p$  - расчетная пропускная способность,

$\tau_1 + \tau_2$  - станционные интервалы на неодновременность прибытия и скрещивание поездов с остановками на раздельных пунктах, мин / пару поездов (4 мин.);

$t_{pz}$  - время на разгон и замедление (3 мин.)

Полученное время хода поезда сравнивают с поэлементным временем хода поезда. На месте, где поэлементное время хода будет равно расчетному, будет проектироваться разъезд.

Время хода поезда по элементам рассчитывается по всем элементам проектируемого профиля с накоплением суммарного времени хода. Значение покилометрового времени хода, соответствующее заданному локомотиву и руководящему уклону, приведено в графиках приложения №.

Таблица 4.1-Подсчет времени хода поезда по направлениям

№ эле- мен- та	Уклоны,‰					Дли- на эле- мен- та <i>l</i> ,км	Время хода,мин				Суммар- ное время хода нараста- ющимито го м,мин $\sum(t'+t'')$	
	действитель- ные $i_d$		эквива- лент- ный $i_{экв}$	приведенный $i_{пр} = i_d + i_{экв}$			туда		обратно			
	туда	обрат- но		туда	обрат- но		на 1 км	на эле- мент	на 1 км	на эле- мент		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

Столбец 1 – нумерация элементов, по которым рассчитывают время хода, начинается с №1 и заканчивается там, где размещается ось отдельного пункта, затем опять начинается с №1.

Столбец №2 и №3– записываются действительные уклоны «туда» и «обратно» с проектируемого профиля

Столбец №4 – эквивалентный уклон, рассчитанный по формулам, применяется в случае попадания элемента на кривую.

Столбец №5 и №6 -приведенные уклоны туда и обратно рассчитываются по формуле:

$$i_{пр} = i_d + i_{экв}, (2.2)$$

Столбец № 7 – длина элемента, в км., выписывается с проектируемого профиля.

Столбец №8 и №10 - принимаются по приложению 1 в зависимости от типа локомотива, величины руководящего (ограничивающего) уклона и значений приведенного уклона (при необходимости – выполняют линейную интерполяцию).

Столбец № 9и № 11определяются путем умножения значений граф №8и №10на длину элемента профиля, выраженную в км– графа №7.

Столбец № 12– накопленное к концу данного элемента суммарное (в обе стороны) время хода, мин.

### **3 РАЗМЕЩЕНИЕ НА ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ, ВЫБОР ИХ ТИПОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ**

Земляное полотно дороги является преградой на пути стекания поверхностных вод, существенно меняя режим их работы. Для предохранения дороги от затопления и размывания вода, притекающая к ней, должна быть либо отведена в сторону, либо пропущена через земляное полотно с помощью водопропускного сооружения (трубы или моста).

Часть земной поверхности, с которой атмосферные осадки стекают к пониженному месту на трассе железной дороги, где размещено водопропускное сооружение, называют водосбором, или бассейном сооружения. Водосборы расположены с нагорной (верховой) стороны от трассы. Верхняя граница водосбора - это главный или продольный водораздел, нижняя граница - трасса, участки которой в пределах каждого водосбора являются замыкающими створами. Боковые границы водосбора – поперечные водоразделы, каждый из которых определяет границу смежных (соседних) водосборов.

Задачу размещения водопропускных сооружений (установление места их расположения) и определения границ водосборов решаем одновременно. На продольном профиле трассы выделяем пониженные точки.

Между соседними пониженными точками выделяем водораздельные точки. От каждой водораздельной точки на трассе по нормальям к горизонталям (по гребням возвышенностей) проводим линии местных или поперечных водоразделов до пересечения с главным продольным водоразделом.

Площадь бассейнов определяем графическим путем с помощью палетки. После нахождения границ бассейнов и выявления главных логов необходимо определить площади бассейнов и соответствующие им уклоны главных логов.

В курсовом проекте рекомендуется при определении площадей бассейнов применять палетку в виде сетки квадратов со стороной 1 см. Для удобной работы с квадратной палеткой и исключения ошибки при определении площади бассейнов необходимо вычертить палетку на листе кальки размером А4 210x297 мм шариковой ручкой. Работу выполняют в следующей последовательности:

1) Накладывают палетку на карту и переносят карандашом контур первого бассейна;

2) Рассчитывают площадь бассейна  $F$ , км<sup>2</sup> по формуле:

$$F = a^2 \cdot n, \quad (3.1)$$

где  $a$  – сторона квадрата в масштабе карты, км;

$n$  – число квадратов, попавших в пределы измеряемой площади;

Неполные доли квадратов оцениваются на глаз и суммируются; для масштаба карты, принятого в курсовом проекте М 1:50000 и стороны квадрата палетки равной 1 см формула может быть приведена к виду:

3) определяют уклон главного лога  $I$ , ‰ по формуле:

$$I = (H_u - H_z) / L, \quad (3.2)$$

где  $H_u, H_z$  - отметки лога соответственно в истоке и замыкающем створе, м.

Значение отметок  $H_u, H_z$  определяются по карте, при необходимости выполняется интерполяция;

$L$  - длина главного лога, км; определяется по карте линейкой с учетом извилистости лога и масштаба карты;

4) полученные параметры первого бассейна  $F$ , км<sup>2</sup> и  $I$ , ‰ записывают в ведомость ИССО

В курсовом проекте подсчитываем расход воды от ливневого расхода стока  $Q$ . Расход стока - это количество воды, притекающей к замыкающему створу водостока в единицу времени  $Q$ , м/с, значение расхода стока принято регламентировать через вероятность его превышения. Расход может быть превышен в среднем в один раз в  $n$  лет, т.е. вероятность превышения этого расхода  $p=1/n$ . Расчеты труб и мостов при проектировании железных дорог производят по двум расходам воды:

- расчетному, имеющему вероятность превышения на пике паводка в пределах 1 ‰, т. е. раз в 100 лет;
- наибольшему, имеющему вероятность превышения 0,33 ‰ - раз в 300 лет.

Для определения расхода стока водопропускного сооружений рассчитываем следующие данные: площадь бассейна  $F$ (км<sup>2</sup>), уклон  $I$ . По этим данным ( $F$  и  $I$ ), а также по номеру дождевого района, определяемому по карте схеме, и одной из пяти групп климатических районов, устанавливаемых по номеру дождевого района, пользуясь графиком, определяем расход стока для  $p=1\%$  для водосборов с песчаными почвами.

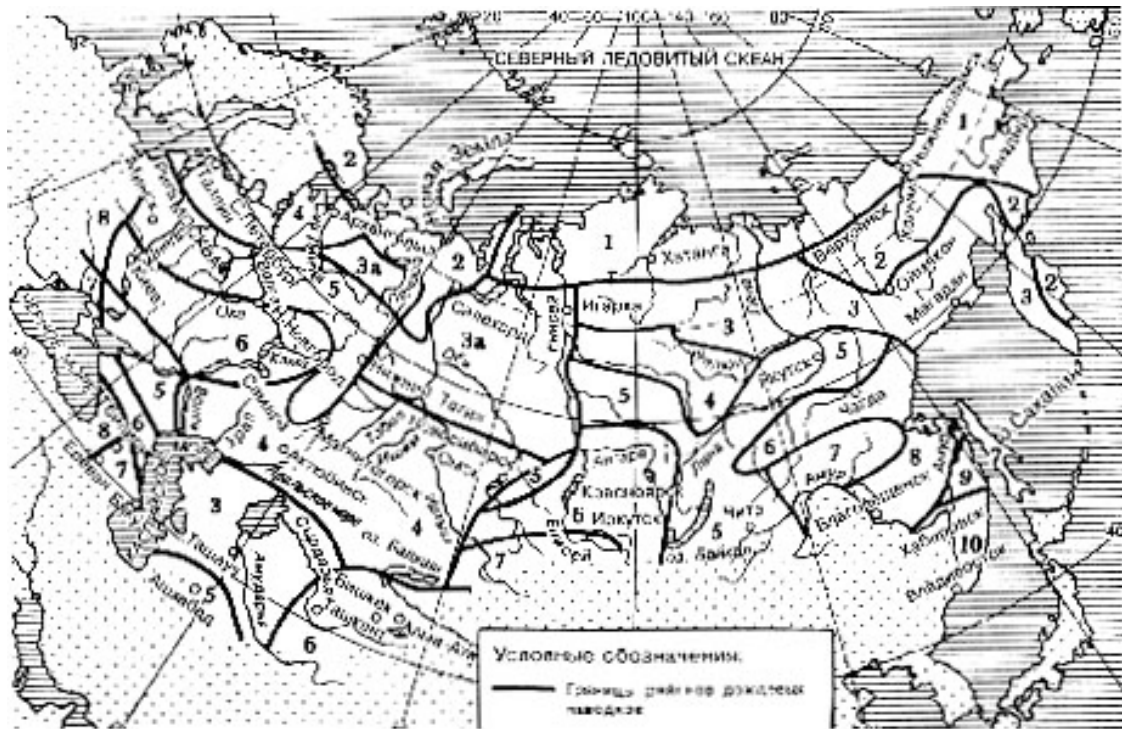


Рис.1. Карта районов дождевых паводков

По карте-схеме районов дождевых паводков, представленной на рис., следует определить номер ливневого района, в примере это ливневый район .

По табл. следует установить группу климатических районов, к которой относится найденный ливневый район.

Таблица 3.1 - Группы климатических районов в зависимости от номера ливневого района

Номера ливневых районов	1,2,3	3а,4	5,6	7,8,9	10
Группа климатических районов	V	IV	III	II	I

Номограмма, составленная для определения номинального расхода стока дождевых паводков вероятности превышения 1% для водосборов с песчаными и супесчаными почвами -  $Q_{ном}$ , м<sup>3</sup>/с. Номограмма состоит из двух взаимозависимых графиков и вертикальной оси, по которой определяется  $Q_{ном}$ , м<sup>3</sup>/с.

Левый график: ось абсцисс – значения уклона главного лога  $I$ , ‰; ось ординат – безразмерная ось  $X$ ; ломаные линии внутри графика, подписанные от I до V – группы климатических районов.

Правый график: ось абсцисс – значения площади бассейна  $F$ , км<sup>2</sup>; ось ординат – безразмерная ось  $Y$ ; семейство параллельных линий, подписанных от 1 до 10 – номера районов дождевых паводков (ливневых районов).

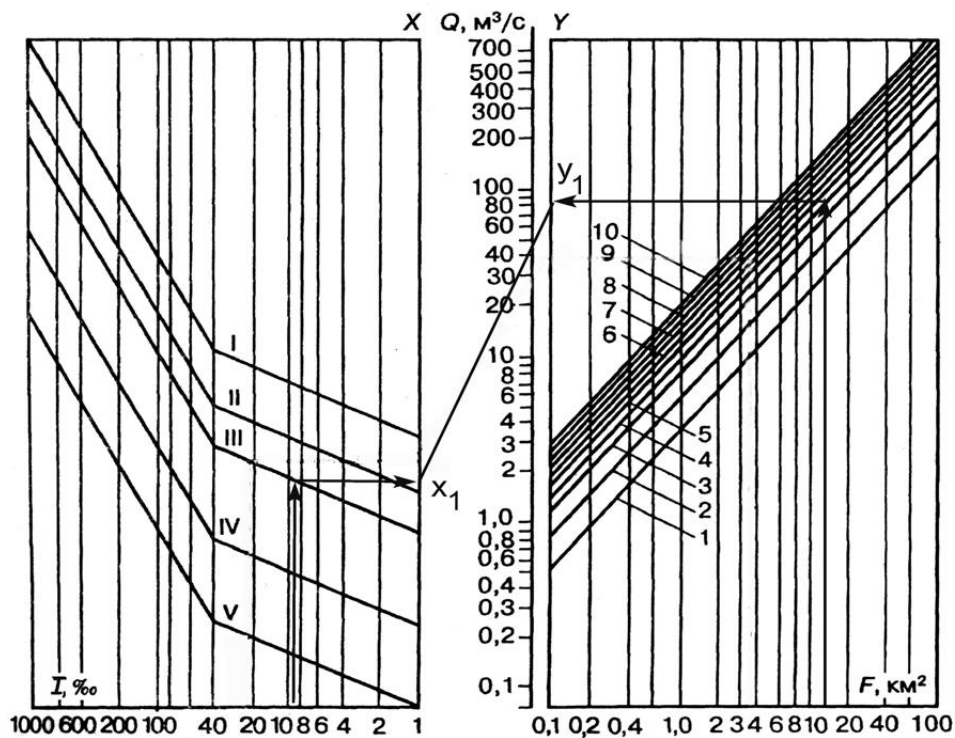


Рис.2. Номограмма для определения дождевых расходов

Для определения максимального и расчетного расхода вводится коэффициент  $K_n$  в зависимости от величины вероятности:

Таблица 3.2 – Поправочные коэффициенты

Вероятность превышения паводка	Грунты водосбора		
	Глинистые и суглинистые	Песчаные и супесчаные	Рыхлые
0,33	1,46	1,39	1,32
1,00	1,05	1,00	0,96



$$Q_{расч} = k_l \cdot Q_{ном}, (3.2)$$

где  $k_l$  – поправочный коэффициент к значениям расхода, полученным по номограмме; в зависимости от требуемой величины вероятности превышения  $P$ , ‰ и грунтов водосбора.

Таблица 3.3 – Дождевые районы и почвы

Район страны	Номер дождевого района	Грунты, в основном встречающиеся в данном районе
Северо-Запад	1	Суглинки
Северо-Восток	2	Суглинки
Урал	3а	Супеси
Забайкалье	5	Пески
Сев. Кавказ	5	Глины
Кавказ	5,6	Суглинки
Центр. Район	7	Суглинки
Дальний Восток	8,9,10	Глины

Расчет отверстия малого моста выполняется по формуле:

$$b = \frac{Q_p \cdot g}{\mu \cdot V^3}, (3.3)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$  ( $g=9,81$ ),

$\mu$  - коэффициент сжатия потока, ( $\mu=0,9$ ),

$V$ - допустимая скорость течения потока,  $m/c$  ( $V=3...3,5 m/c$ ).

Таблица 3.4 – Технические характеристики круглых железобетонных труб

Диаметр трубы, м	Тип оголовка	Расход, $m^3/c$		Режимы протекания	Наименьшая высота от	примечание
		расчетный	максимальный			

				воды	обреза фундамента до подошвы рельса, м	
1,00	Нормальный	1,50	2,25	Безнапорный	2,20	Расчетный и максимальный расходы для двух- и трехочковых труб увеличиваются в 2 и 3 раза соответственно
1,25	Нормальный	2,65	4,00	Безнапорный	2,49	
1,50	Нормальный	4,20	6,30	Безнапорный	2,78	
2,00	Раструбный	8,65	11,80	Безнапорный	2,32	
1,00	Обтекаемый	2,10	3,15	Напорный	2,20	
1,25	Обтекаемый	3,70	5,55	Напорный	2,49	
1,50	Обтекаемый	5,80	8,70	Напорный	2,78	

*Таблица 3.5 – Технические характеристики бетонных труб с плоскими железобетонными перекрытиями*

отверстие трубы, м	При нормальном звене оголовка		Примечание
	Расчетный расход, м <sup>3</sup> /с	Наименьшая высота насыпи	
2,0	18,0	3,90	Расчетный расход для двухочковых труб соответственно увеличивается в 2 раза
2,5	22,5	3,90	
3,0	27,0	4,00	
4,0	36,5	4,10	
5,0	45,5	4,25	
6,0	54,5	4,36	

*Таблица 3.6 – Характеристики типовых железобетонных мостов*

Отверстие моста, м	Пропускаемый расчетный расход в м <sup>3</sup> /спри высоте насыпи, м							
	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7-8,00
4	3,56	8,36	12,95	18,00	23,00	28,00	23,00	-
6	-	-	14,70	22,95	33,40	33,40	33,40	-
8	-	-	-	20,30	43,30	44,60	44,60	44,60
10	-	-	-	25,30	50,70	58,10	58,10	58,10
12	-	-	-	-	57,30	69,80	69,80	69,80
15	-	-	-	-	59,00	87,10	87,10	87,10

Все результаты подсчетов и выбора типов искусственных сооружений сводятся в таблицу:

Таблица 3.7 – Ведомость водопропускных сооружений.

Место расположения, ПК	Отметка источника, м	Отметка земли, м	Длина, км	Уклон, ‰	Площадь бассейна, км	Расчетный расход, м <sup>3</sup> /с	Номинальный расход, м <sup>3</sup> /с	Максимальный расход, м <sup>3</sup> /с	Высоты, м	Тип ИССО	Отверстие, м	Допускаемая высота насыпи, м	Стоимость, т.руб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

#### 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

В качестве критерия для оценки вариантов использую суммарные затраты (капитальные вложения и эксплуатационные расходы). Для этого определяют приведенные расходы  $\mathcal{E}_{пр}$  без учета капитальных вложений в подвижной состав определяются в тыс. руб. по формуле:

$$\mathcal{E}_{пр} = E_n \cdot K + \mathcal{E}, \quad (4.1)$$

где  $E_n$  - нормативный коэффициент сравнительной эффективности, принимаемый равным 0,10;

$K$  - размер капитальных затрат, тыс. руб.;

$\mathcal{E}$  - размеры эксплуатационных расходов, тыс. руб.

##### 4.1 Определение капитальных вложений.

Капитальные вложения вычисляются по формуле:

$$K = K_{зр} + K_{ис} + a \cdot L + \sum b \cdot p + K_{пр}, \quad (4.2)$$

где  $K_{зр}$  - стоимость земляных работ по варианту, тыс. руб.;

$K_{ис}$  - стоимость искусственных сооружений, тыс. руб.;

$a$  - покилометровая стоимость устройств, пропорциональная длине линии, тыс. руб.;

$L$  - строительная длина варианта, км;

$b$  - стоимость одного разъезда, тыс. руб.;

$K_{np}$  - стоимость прочих устройств и сооружений, входящих в рассматриваемый вариант и отсутствующих в других вариантах, тыс. руб.;

$p$  - число разъездов.

Стоимость земляных работ  $K_{з.р}$  определяется по формуле:

$$K_{з.р} = S \cdot (1,1 \cdot Q_{з.р(z.n)} + Q_{с.м}), \quad (4.3)$$

где  $S$  - средневзвешенная стоимость  $1\text{ м}^3$  земляных работ профильного объема. Может быть принята в пределах 140 - 230 руб/м.

1,1 – коэффициент, учитывающий дополнительные земляные работы.

Профильный объем земляных работ по путям станций и разъездов (кроме главного пути) определяется по формуле:

$$Q_{с.м.n} = 5,3(n - 1)h_{ср}L_{с.м}/2, \quad (4.4)$$

где  $n$  – количество приемоотправочных путей;

$L_{с.м}$  – длина станции;

$h_{ср}$  – средняя рабочая отметка данного массива.

Объем земляных работ  $Q_{з.n}$  определяем по массивам (выемка, насыпь), по средним рабочим отметкам выемки или насыпи, используя данные о покилометровых объемах работ по приложению №.

Средние рабочие отметки массивов (насыпь, выемка) можно считать по формуле приближенно:

$$h_{ср} = \frac{\sum h}{n}, \quad (4.5)$$

где  $h$  – рабочая отметка;

$n$  – количество рабочих отметок в массиве.

Профильный объем земляных работ по главному пути вычисляется по формуле:

$$Q_{z.n.} = \Sigma Q_n + \Sigma Q_v, \quad (4.6)$$

где  $\Sigma Q_n$ ,  $\Sigma Q_v$  – сумма соответственно объемов насыпи и выемки.

$$\Sigma Q_n = q_n \cdot l, \quad (4.7)$$

$$\Sigma Q_v = q_v \cdot l, \quad (4.8)$$

где  $q_n, q_v$  – покилометровый объем соответственно насыпи и выемки;

$l$  – длина насыпи или выемки.

Стоимость строительства малых искусственных сооружений в зависимости от их типа, отверстия и высоты насыпи может быть принимается по данным прил.

Стоимость устройств, пропорциональных длине линии  $a$ , складывается из стоимости верхнего строения пути  $a_1$ , устройства СЦБ и связи  $a_2$ , путевых зданий, устройства снеговой защиты и др. При электрической тяге к этому добавляется стоимость контактной сети  $a_3$ :

$$a = a_1 + a_2 + a_3. \quad (4.9)$$

стоимость одного погонного метра однопутного моста:

железобетонного 320...682 тыс. руб. при высоте насыпи больше 8 м.,  
металлического 520...660 тыс. руб.

Стоимость одного погонного метра однопутного тоннеля – 1840...2660 тыс. руб..

Стоимость одного километра верхнего строения пути может быть принята:

При рельсах Р75 – 16080 тыс. руб.;

При рельсах Р65 – 14680 тыс. руб.;

При рельсах Р50 – 12420 тыс. руб.

Стоимость всех прочих устройств, пропорциональные длине линии, приведена в таблице

Стоимость одного километра контактной сети равна 15000...16000 тыс. руб.

Стоимость строительства разъездов может быть принята по данным таблицы.

*Таблица 4.1 - Стоимость устройств СЦБ и связи:*

Вид тяги и род устройств блокировки	Стоимость прочих устройств, тыс. руб /км, пропорциональная длине линии
Тепловозная тяга:	
а) полуавтоматическая блокировка	8520
б) автоблокировка	
электрическая тяга:	9220
а) полуавтоматическая блокировка	15520
б) автоблокировка	16920

*Таблица 4.2 - Стоимость разъездов*

Полезная длина приемо-отправочных путей, м	Стоимость строительства одного разъезда в тыс. руб. при соответствующем типе рельсов и виде тяги			
	P50		P65	
	тепловозная	электрическая	тепловозная	электрическая
850	37800	45600	39800	47600
1050	39600	475600	41800	49600

#### **4.2 Определение эксплуатационных расходов**

Работа железной дороги связана со значительными текущими эксплуатационными расходами по передвижению поездов, ремонту

подвижного состава и всех сооружений дороги, а также содержанию необходимого штата дороги.

При определении эксплуатационных расходов различают расходы, пропорциональные объему работы (размерам движения)  $\mathcal{E}_{об}$ , и расходы по содержанию постоянных устройств  $\mathcal{E}_{ну}$ .

Суммарные эксплуатационные расходы:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{об} + \mathcal{E}_{ну}. \quad (4.10)$$

Расходы электрической энергии  $E$  и дизельного топлива  $B$  следует определять по приложению. Расходы  $E$  и  $B$  электрической подсчитывают отдельно по направлениям и приведенным уклонам, результаты записывают в таблицу по форме табл.

Соотношение между затратами механической работы (ткм) и потреблением электрической энергии (кВт·ч) или топлива (кг) локомотивами определяется:

$$R_m = 0,323 \cdot E_{\text{ткм}}, \quad (4.11)$$

$$R_m = 1,177 \cdot B_{\text{ткм}}.$$

Таблица 4.3 - Ведомость расходов электроэнергии

№ элемента	Уклоны, %			Длина элемента $l, \text{км}$	Расход электроэнергии					Суммарный расход электроэнергии нараста-	
	действительные $i_d$		эквивалентный $i_{\text{экв}}$		приведенный $i_{\text{пр}} = i_d + i_{\text{экв}}$		туда		обратно		
	туда	обратно			туда	обратно	на 1 км	на элемент	на 1 км		на элемент

Принимая число поездов *и* одинаковым в направлении туда и обратно,

$\mathcal{E}_{об}$ , руб./г, определим по формуле:

$$\mathcal{E}_{\partial\mathcal{B}} = (R \cdot p + \frac{q}{\beta} \cdot t_x) \cdot 365 \cdot n_{np} \quad (4.12)$$

где  $R_m$  – механическая работа локомотива на 1 пару поездов, ткм;

$t_x$  – время хода поезда туда и обратно по участку, ч;

$p$  и  $q$  – принимаются по таблице.

$\beta$  – коэффициент участковой скорости;

$n_{np}$  – приведенное число пар грузовых поездов в сутки.

Таблица 4.4 - Зависимость от типа локомотива

Тип локомоти ва	Значение $p$ (руб/ткм) зависимости от типа верхнего строения			$q$ ,руб/ч
	Рельсы Р65 при щебеночном балласте	Рельсы Р65 при щебеночном балласте	Рельсы Р65 при щебеночном балласте	
ВЛ23	0,0579	0,0597	0,0609	4,70
ВЛ8	0,0577	0,0595	0,0607	4,88
ВЛ60	0,0577	0,0595	0,0607	4,70
ВЛ80	0,0577	0,0595	0,0607	4,70
ТЭ3	0,0799	0,0858	0,0873	4,65
ТЭ10	0,0806	0,0866	0,0880	5,13

Коэффициент участковой скорости  $\beta$  при оборудовании линии автоблокировкой определяем по формуле:



$$\beta = 1 - 0,009(n_{zp} + 2 \cdot n_{nacc}), \quad (4.13)$$

где  $n_{zp}$  – число грузовых поездов в сутки в грузовом направлении на расчетный год;

$n_{nacc}$  – число пассажирских поездов в сутки в том же направлении на расчетный год.

Общее приведенное число пар грузовых поездов

определяется по формуле:

$$n_{np} = n_{zp} + \eta \cdot n_{nacc}. \quad (4.14)$$

Число грузовых поездов (в грузовом направлении по грузообороту на заданный год эксплуатации) определяется по формуле:

$$n_{zp} = \frac{\Gamma \cdot \gamma}{365 \cdot Q_n}, \quad (4.15)$$

где  $\Gamma$  – грузовой грузопоток (на расчетный 10-й год эксплуатации);

$\gamma$  – коэффициент внутригодовой неравномерности перевозок, принимается равным 1,1;

$Q_n$  – полезная масса поезда нетто. Полезная масса находится по формуле:

$$Q_n = Q_b \cdot \alpha, \quad (4.16)$$

где  $\alpha$  – соотношение массы поезда нетто и брутто,  $\alpha = 0,65 \dots 0,7$ ;

$Q_b$  – масса состава (брутто).

Коэффициент  $\eta$  определяется в зависимости от соотношения масс брутто пассажирского и грузового поездов по таблице.

Масса пассажирского поезда принимается стандартной:

$$Q_{b.nacc} = 1000 \text{ т.}$$

Массу грузового поезда брутто принимается стандартной  $Q_{б.гр.}$  в курсовой работе определить по графику приложения

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

$$\mathcal{E}_{ПУ} = a \cdot L + b \cdot n_p, \quad (4.17)$$

где  $L$  – длина проектируемого участка линии, км;

$n_p$  – число отдельных пунктов.

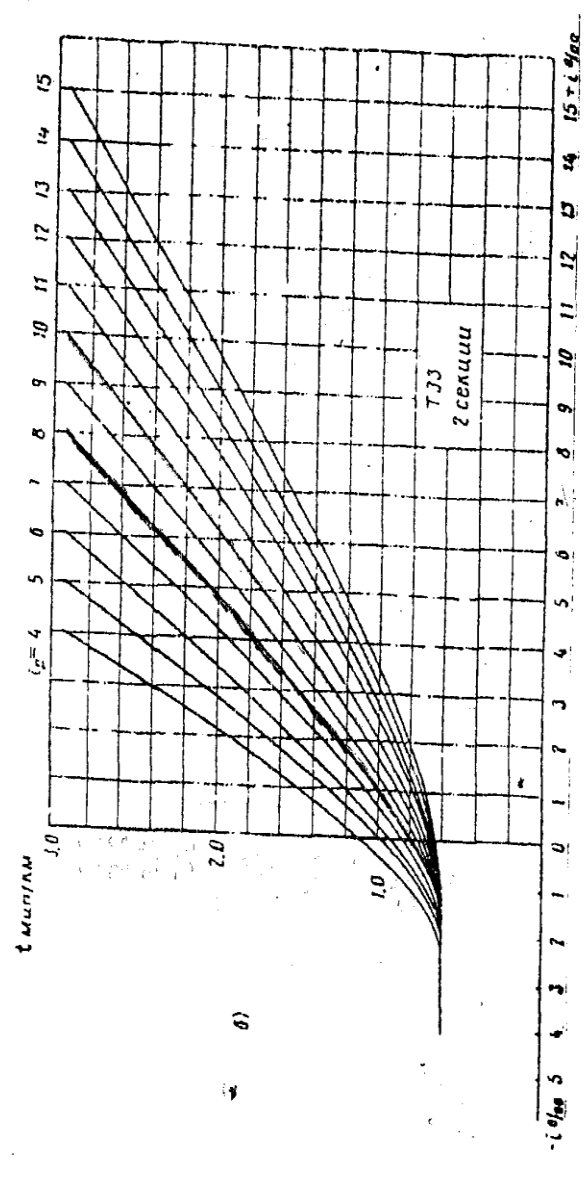
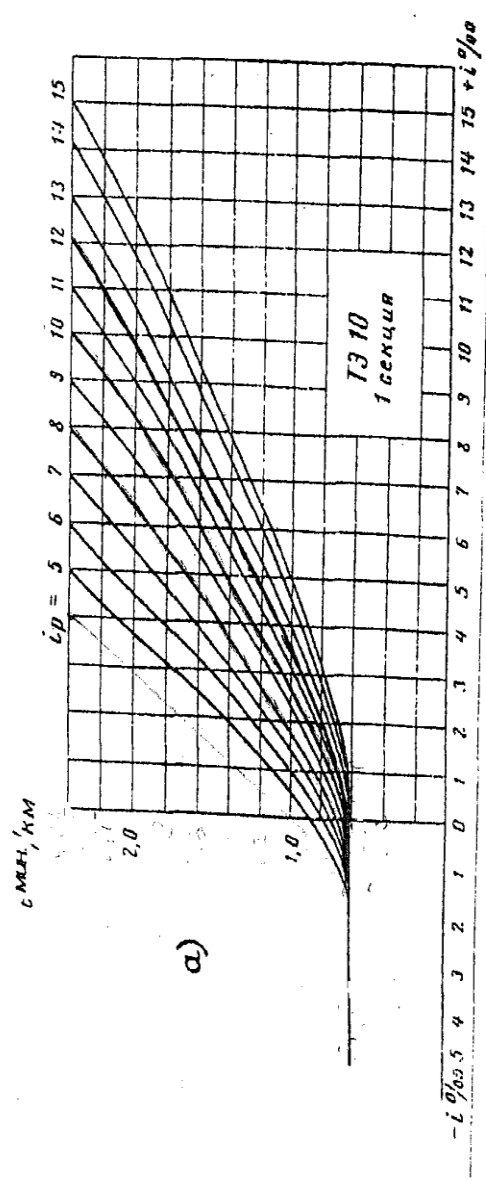
Значения  $a$  и  $b$  принимаются по таблице

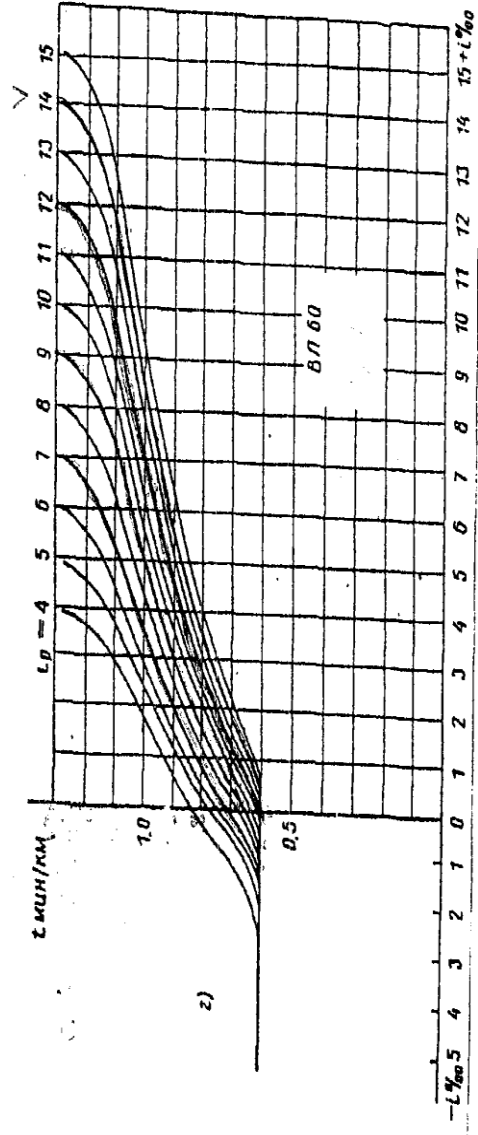
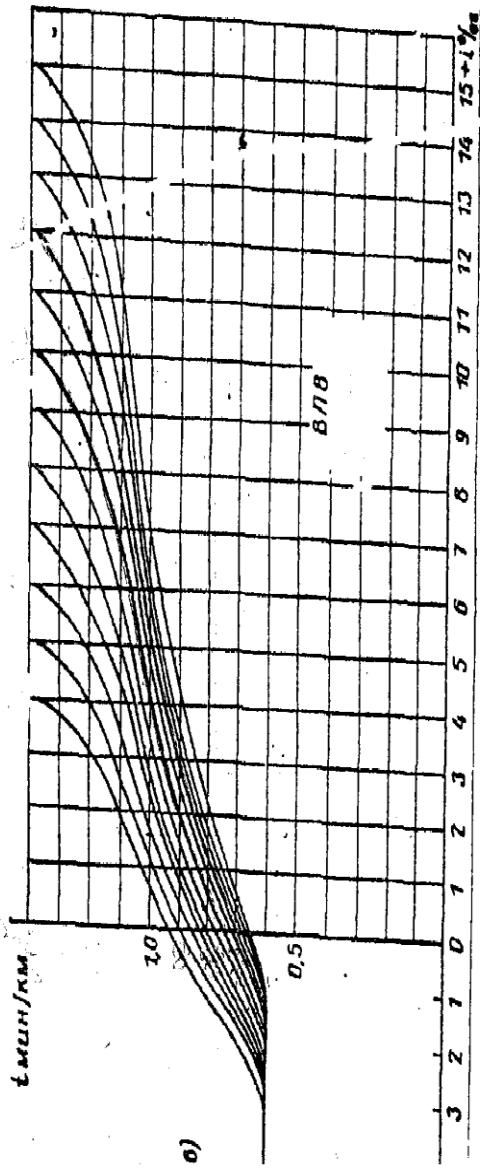
Эксплуатационные расходы на содержание постоянных устройств в зависимости от вида тяги.

Род тяги	$a$ ,руб/год	$b$ ,руб/год
Электрическая тяга при переменном токе	1066000	2180000
Электрическая тяга при постоянном токе	1142000	2180000
Тепловозная тяга	734000	2060000

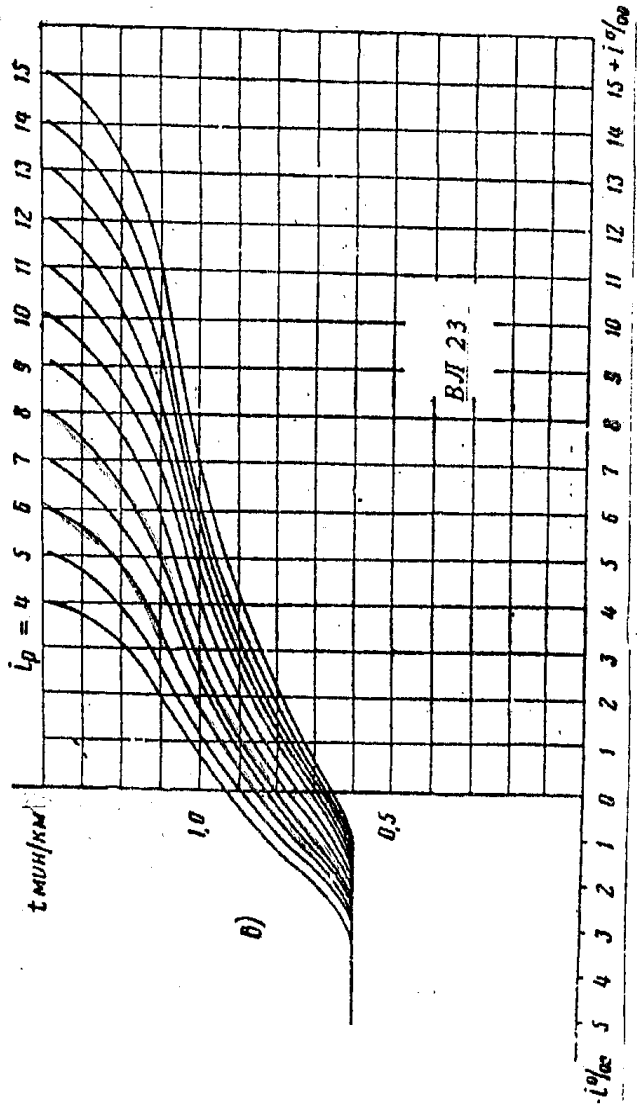
## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Единая транспортная система :учебник для вузов / В.Г. Галабурда, В.А. Персианов, А.А. Тимошин [и др.]; под ред. В.Г. Галабурды. – М. : Транспорт, 1996.
- 2 Экономические изыскания и основы проектирования железных дорог :учебник для вузов /Б.А. Волков, И.В. Турбин, А.С. Никифоров [и др.]; под ред. Б.А. Волкова. – М. : Транспорт, 1990.
- 3 Изыскания и проектирование железных дорог : учебник для вузов ж.-д. трансп./ И.В. Турбин, А.В. Гавриленко, И.И. Кантор [и др.]; под ред. И.В. Турбина. – М. : Транспорт, 1989.
- 4 СП 119.13330.2012 Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95 (с Изменением N 1)
- 5 Ганьшин В.Н., Хренов Л.С. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых./В.Н. Ганьшин, Л.С. Хренов. – М.: Недра, 1985.
- 6 Природопользование при проектировании железных дорог.:Учебное пособие / Е.А Макушкина – М.: МИИТ, 2008.
- 7 Проектирование участка новой железной дороги.: Учебное пособие к расчетно-графической работе/ В.И. Сай – Рост.гос. университет путей сообщения. Ростов н/Д, 2000.
- 8 Проектирование участка железнодорожной линии.: Методические указания/ В.А. Бучкин, И.И. Кантор, В.А. Копыленко – М.: МИИТ,2005





1



Покилометровый объем земляных работ по главному пути при ширине  
основной площадки земляного полотна 7,00 м.

Средняя рабочая отметка, м	Объем насыпи, м <sup>3</sup>	Объем выемки, м <sup>3</sup>
0,25	2544	3470
0,50	4575	6455
0,75	6794	9624
1,00	9200	12980
1,25	11794	16524
1,50	14585	20255
1,75	17544	24174
2,00	20800	28280
2,25	24044	32574
2,50	27575	37055
2,75	31094	41524
3,00	35200	46580
3,25	38294	51624
3,50	43575	56855
3,75	48194	62474
4,00	52700	67880
4,25	57544	73674
4,50	62575	79655
4,75	67794	85824
5,00	73200	92180
5,25	78797	98727
5,50	81575	105455
5,75	90514	112374
6,00	96700	119480
6,50	109637	134255
7,00	123450	149780
7,50	138137	166055
8,00	153700	183080
8,50	170137	200855
9,00	187450	219380
9,50	205637	238655
10,00	224700	258680
10,50	244637	279455
11,00	265450	300980
11,50	287137	323255
12,00	309700	346280

Покилометровое время хода поезда, мин/км.

Локомотив 2ТЭ10

Приведенный уклон,	Руководящий уклон																	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20																		2,56
19																	2,56	2,40
18																2,56	2,39	2,25
17															2,56	2,38	2,24	2,11
16														2,56	2,37	2,22	2,08	1,96
15													2,56	2,36	2,21	2,06	1,94	1,84
14												2,56	2,35	2,19	2,03	1,91	1,81	1,73
13											2,56	2,34	2,16	2,00	1,88	1,78	1,69	1,60
12										2,56	2,32	2,14	1,97	1,84	1,75	1,65	1,57	1,50
11									2,56	2,31	2,11	1,94	1,81	1,71	1,60	1,53	1,46	1,41
10								2,56	2,29	2,07	1,90	1,77	1,66	1,56	1,48	1,42	1,35	1,28
9							2,56	2,26	2,03	1,86	1,73	1,61	1,51	1,44	1,37	1,29	1,22	1,16
8						2,56	2,24	1,99	1,81	1,67	1,55	1,46	1,39	1,29	1,22	1,16	1,10	1,05
7					2,56	2,21	1,94	1,76	1,61	1,49	1,41	1,31	1,22	1,15	1,09	1,03	0,98	0,94
6				2,56	2,17	1,88	1,69	1,54	1,43	1,32	1,22	1,14	1,07	1,01	0,96	0,91	0,86	0,82
5			2,56	2,11	1,81	1,61	1,46	1,34	1,22	1,13	1,05	0,99	0,93	0,87	0,82	0,78	0,75	0,71
4		2,56	2,04	1,73	1,52	1,38	1,22	1,12	1,03	0,95	0,88	0,82	0,78	0,73	0,70	0,68	0,67	0,62
3	2,56	1,94	1,61	1,41	1,23	1,10	0,99	0,90	0,82	0,77	0,71	0,69	0,67	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60
2	1,82	1,47	1,23	1,06	0,94	0,83	0,75	0,70	0,67	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
1	1,24	1,00	0,84	0,72	0,67	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
0	0,68	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
-1	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

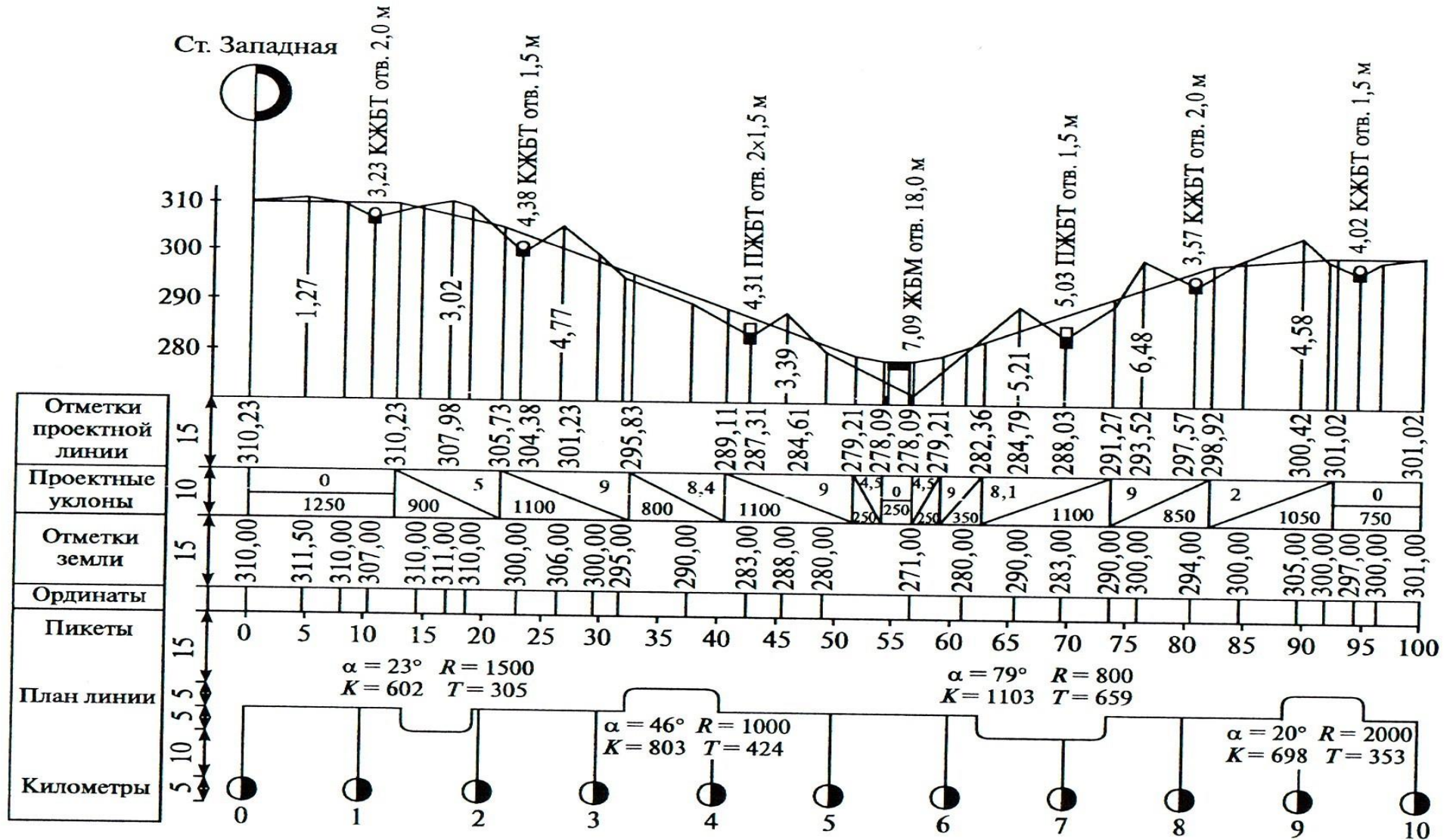


Покилометровое время хода поезда, мин/км.  
Локомотив ВЛ 8, ВЛ 10.

Приведенный уклон,	Руководящий уклон																	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20																		1,28
19																	1,28	1,04
18																1,28	1,04	1,02
17															1,28	1,03	1,01	0,99
16														1,28	1,03	1,01	0,99	0,97
15													1,28	1,03	1,01	0,99	0,97	0,95
14												1,28	1,03	1,01	0,98	0,96	0,95	0,93
13											1,28	1,03	1,00	0,98	0,96	0,94	0,93	0,91
12										1,28	1,03	1,00	0,97	0,95	0,94	0,92	0,90	0,88
11									1,28	1,02	1,00	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86
10								1,28	1,02	0,99	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
9							1,28	1,02	0,98	0,96	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79
8						1,28	1,01	0,98	0,95	0,92	0,90	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	0,77	0,76
7					1,28	1,01	0,97	0,94	0,91	0,88	0,86	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,74	0,72
6				1,28	1,00	0,96	0,93	0,89	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,70	0,68
5			1,28	1,00	0,95	0,91	0,88	0,84	0,81	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70	0,69	0,67	0,66	0,65
4		1,28	0,99	0,94	0,89	0,85	0,81	0,78	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61
3	1,28	0,97	0,92	0,87	0,82	0,78	0,75	0,72	0,69	0,67	0,65	0,64	0,62	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60
2	0,96	0,88	0,82	0,77	0,73	0,70	0,67	0,65	0,63	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
1	0,83	0,76	0,71	0,67	0,64	0,62	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
0	0,67	0,62	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
-1	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Покилометровое время хода поезда, мин/км.  
Локомотив ВЛ 60,ВЛ 80.

Приведенный уклон,	Руководящий уклон																	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20																		1,38
19																	1,38	1,10
18																1,38	1,08	1,04
17															1,38	1,07	1,04	1,01
16														1,38	1,06	1,03	1,01	1,99
15													1,38	1,06	1,03	1,01	0,98	0,96
14												1,38	1,06	1,03	1,00	0,97	0,95	0,93
13											1,38	1,06	1,02	1,00	0,97	0,94	0,92	0,90
12										1,38	1,05	1,02	0,99	0,96	0,94	0,91	0,90	0,88
11									1,38	1,05	1,01	0,98	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,86
10								1,38	1,05	1,01	0,97	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,84	0,82
9							1,38	1,04	1,00	0,96	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,82	0,80	0,79
8						1,38	1,04	0,99	0,95	0,92	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	0,77	0,76
7					1,38	1,03	0,98	0,94	0,91	0,88	0,86	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,74	0,72
6				1,38	1,03	0,97	0,93	0,89	0,86	0,84	0,81	0,78	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,68
5			1,38	1,02	0,96	0,91	0,87	0,84	0,81	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	0,67	0,65	0,64
4		1,38	1,01	0,94	0,89	0,85	0,81	0,78	0,76	0,73	0,70	0,68	0,67	0,65	0,63	0,62	0,60	0,59
3	1,38	0,99	0,91	0,86	0,81	0,78	0,75	0,71	0,69	0,66	0,64	0,62	0,61	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55
2	0,96	0,88	0,82	0,77	0,73	0,69	0,66	0,63	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
1	0,83	0,76	0,70	0,66	0,62	0,59	0,57	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
0	0,65	0,60	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
-1	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55



## СОДЕРЖАНИЕ

1 ТРАССИРОВАНИЕ УЧАСТКОВ.....	3
2 РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ХОДА ПОЕЗДА.....	10
3 РАЗМЕЩЕНИЕ НА ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ, ВЫБОР ИХ ТИПОВ И ОПРЕЖДЕЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ.....	12
4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ.....	19
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	28
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	29
Приложение 1 .....	30
Приложение 2 .....	31
Приложение 3 .....	32
Приложение 4 .....	33
Приложение 5 .....	34
Приложение 6 .....	35

*Учебное издание*

**Ревякин Алексей Анатольевич**  
**Гармони́на Анастасия Николаевна**

## **ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

Печатается в авторской редакции  
Технический редактор Н.С. Федорова

Подписано в печать 29.12.17. Формат 60×84/16.  
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,32.  
Тираж            экз. Изд. № 901524. Заказ            .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

---

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового  
Полка Народного Ополчения, д. 2.