

**МПС РОССИИ**  
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ**  
**ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

---

**25/24/2**

**Одобрено кафедрой**  
**«Железнодорожный**  
**путь, машины**  
**и оборудование»**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ**  
**ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

**Задание и методические указания к выполнению**  
**курсового проекта**  
**для студентов V курса**

**специальности**  
**290900. СТРОИТЕЛЬСТВО ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ,**  
**ПУТЬ И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО (С)**



**Москва — 2003**

**ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**  
***Реконструкция участка существующей***  
***железной дороги***

Рецензент – канд. техн. наук, проф. А.Н. Сухопяткин

В этой дисциплине изучаются вопросы реконструкции железной дороги. Для закрепления знаний и получения практических навыков по наиболее существенным разделам студенты выполняют курсовой проект, в котором решаются основные задачи реконструкции участка однопутной железной дороги и проектирования вторых путей.

Работе над проектом должно предшествовать достаточно глубокое изучение студентом соответствующих разделов курса «Изыскания и проектирование железных дорог». Кроме того, необходимо детально ознакомиться с содержанием норм и технических условий проектирования железных дорог в части, касающейся выбора норм проектирования земляного полотна, плана и профиля реконструируемых однопутных железных дорог и вторых путей.

Основной учебник при изучении курса «Изыскания и проектирование железных дорог» указан в перечне рекомендуемой литературы под порядковым номером [2].

Целесообразная последовательность изучения основных вопросов дисциплины, увязанная с разработкой курсового проекта, приводится ниже.

1. Характеристика технических параметров проектирования реконструкции железных дорог [2, прил. 7, 8; 6].

2. Проектирование продольного профиля при реконструкции железных дорог [2, п. 13.3].

3. Реконструкция плана железных дорог. Метод угловых диаграмм [2, пп. 13.5–13.6; 4, п. 4].

4. Комплексное проектирование плана, продольного и поперечного профилей [2, п. 13.11].

5. Расчеты пропускной и провозной способности для анализа овладения перевозками [2, п. 1.5; 4, п. 6].

6. Выбор схем овладения перевозками [4, п. 6; 2, пп. 12.2, 12.3].

© Российский государственный открытый технический университет путей сообщения Министерства путей сообщения Российской Федерации, 2003

7. Пути увеличения мощности существующих железных дорог [2, гл. 11, 12].

8. Проектирование вторых путей. Основные положения [2, гл. 13; 5].

9. Проектирование продольных и поперечных профилей вторых путей [2, пп. 13.3–13.5].

10. Проектирование плана вторых путей. Расчеты смещения оси пути [2, гл. 13].

## 1. СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА

1.1. Техничко-эксплуатационный анализ реконструируемого участка на основе заданного продольного профиля.

1.2. Реконструкция продольного профиля заданного существующего участка с подсчетом досыпок и срезок.

1.3. Выбор величины руководящего уклона.

1.4. Выправка существующей кривой.

На основе полевых замеров кривой выполняют построение угловой диаграммы существующей заданной кривой, подбор радиуса заменяющей её проектируемой круговой кривой, определение длины переходной кривой и подсчет прихтовки. Местоположение (пикетаж) круговой кривой принимается студентом по своему усмотрению в пределах заданного участка продольного профиля.

1.5. Проектирование поперечных профилей земляного полотна при реконструкции однопутной железнодорожной линии.

1.6. Составление и анализ графиков овладения перевозками и выбор на их основе схемы первоочередных и последующих мероприятий по усилению существующей железной дороги.

1.7. Проектирование второго пути. Решение одной-двух конкретных задач по изменению элементов плана, вытекающих из расчетной схемы плана реконструируемой линии. Составление расчетных схем решаемых задач, определение основных расчетных величин и построение угловых

диаграмм. Места элементов плана для решения задач назначаются студентом самостоятельно. В качестве расчетных рекомендуется брать элементы плана в местах изменений междупутий, желательны в кривых. Проектирование поперечных профилей земляного полотна второго пути.

1.8. Составление графика сводных данных.

## 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Проект выполняется по исходным данным варианта, номер которого соответствует последней и предпоследней цифрам шифра студента (табл. 4.1 и 4.2), а также первой букве его фамилии (приложение).

## 3. СОСТАВ ПРОЕКТА

3.1. Расчетно-пояснительная записка, написанная чернилами или распечатанная на принтере на одной стороне листа с соблюдением полей слева 3 см, справа 1–1,5 см, сверху и снизу – по 2 см.

3.2. Графическая часть.

3.2.1. Утрированный продольный профиль реконструируемого участка – на миллиметровой бумаге. Масштаб вертикальный 1:100, горизонтальный 1:10000.

3.2.2. График сводных данных (совмещается с утрированным продольным профилем).

3.2.3. Угловая диаграмма для выправки существующей кривой – на миллиметровой бумаге формата 297×210 мм.

3.2.4. График овладения перевозками – на миллиметровой бумаге формата 297×210 мм.

3.2.5. Расчетные схемы и угловые диаграммы для решения задач по переустройству плана существующего пути при проектировании второго главного пути – на миллиметровой бумаге формата 297×210 мм.

3.2.6. Четыре поперечных профиля земляного полотна, оформленные по ГОСТ 21.510—83 [1], каждый на миллиметровой бумаге формата 297×210 мм, масштаб 1:100.

Все чертежи выполняют карандашом, с соблюдением требований ЕСКДС, именуют рисунками, нумеруют последовательно в пределах раздела, сопровождают содержательной подписью.

#### 4. ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 21.510–83 Пути железнодорожные. Рабочие чертежи. — М.: Изд-во стандартов, 1983.
- Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. транспорта/И.В. Турбин, А. В. Гавриленков, И. И Кантор и др./Под ред. И.В. Турбина. — М.: Транспорт, 1989.
- Проектирование вторых путей. Справ. и методич. руководство. ЦНИИС Минтрансстроя. М.: Транспорт, 1970.
- СНиП 32-01-95. Строительные нормы и правила. Железные дороги колеи 1520.
- Справочник дорожного мастера и бригадира пути. — М.: Транспорт, 1987.

Таблица 4.1

#### Исходные данные

Наименование	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
По последней цифре шифра										
Продольный профиль участка (5 км)	Принимается по первой букве фамилии студента и последней цифре учебного шифра, заменяющей первую цифру отметок по варианту									
Расчетная провозная способность нетто в грузовом направлении Г, млн. т/год:										
на начало расчетного периода	11	12	13	14	15	16	17	15	19	20
на 2-й год эксплуатации	21	15	23	20	25	20	27	28	29	30
на 5-й год эксплуатации	31	22	33	25	35	30	37	38	39	40
на 10-й год эксплуатации	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
на 15-й год эксплуатации	61	62	63	64	65	66	67	68	69	60
Число пар пассажирских поездов в сутки:										
на начало расчетного периода	2	3	4	5	4	3	2	3	4	5
на 2-й год эксплуатации	2	3	4	5	4	3	1	3	4	5
на 5-й год эксплуатации	3	4	5	9	5	4	3	4	5	5
на 10-й год эксплуатации	3	4	5	4	6	5	4	5	6	5
на 15-й год эксплуатации	4	5	6	6	6	6	5	6	6	7
Число пар сборных поездов в сутки:										
на начало расчетного периода	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1
на 2-й год эксплуатации	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1
на 5-й год эксплуатации	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2
на 10-й год эксплуатации	1	2	3	3	2	3	3	3	2	3
на 15-й год эксплуатации	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
Протяжение участка, подлежащего реконструкции, км	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110

Наименование	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
По последней цифре шифра										
Локомотив, эксплуатируемый на участке	2ТЭ10	ТЭ3	2ТЭ10	2ТЭ10	2ТЭ10	2ТЭ10	ТЭ10	ВЛ8	ВЛ23	ВЛВ80
Отношение массы состава нетто к массе состава брутто	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70
По предпоследней цифре шифра										
Период параллельного графика применительно к ограничивающему перетону, мин.	51	48	53	44	45	46	47	48	49	50
Средняя скорость в кривой, км/ч	41	42	43	44	45	46	47	48	49	60
Средняя длина перегона на реконструируемом участке, км	21	22	18	19	20	17	16	15	16	17
Сторонность П пути	Л	П	П	Л	Л	П	П	Л	П	Л
Ширина основной площадки земляного полотна существующей линии, м	5,5	6,0	5,8	5,5	6,0	5,8	6,0	6,6	5,8	6,0
Тип рельсов на реконструируемом участке	Р50	Р65	Р50	Р65	Р50	Р65	Р50	Р65	Р50	Р65
Индексирующие коэффициенты	Задаются преподавателем									

Таблица 4.2

Исходные данные для расчета кривой

ПК +	Номер варианта (последняя цифра учебного шифра студента) и сторонность кривой									
	1, п	2, л	3, п	4, л	5, п	6, л	7, п	8, л	9, п	0, л
Угол, измеренный в точке стояния, ° ', и стрелы изгиба по «двадцаткам», м										
	0°36'	0°11'	1°53'	0°28'	0°10'	1°33'	0°41'	0°20'	0°40'	0°20'
20	0,23	0,05	0,54	0,18	0,02	0,53	0,18	0,21	0,27	0,11
40	0,43	0,07	0,88	0,30	0,17	0,99	0,40	0,47	0,51	0,23
60	0,51	0,12	0,93	0,51	0,13	1,19	0,52	0,55	0,55	0,36
80	0,41	0,15	0,63	0,40	0,03	0,69	0,26	0,31	0,31	0,10
	4°04'	3°09'	4°27'	4°14'	5°03'	7°34'	6°47'	10°10'	10°04'	5°10'
20	0,92	0,75	0,58	0,79	0,70	1,15	1,34	1,75	1,85	1,41
40	1,43	1,05	0,87	1,22	1,05	1,75	2,03	2,09	2,46	2,11
60	1,44	1,12	0,86	1,25	1,06	1,76	2,06	2,12	2,35	2,35
80	1,00	0,76	0,58	0,80	0,72	1,18	1,39	1,90	1,85	1,45
	8°10'	4°40'	4°30'	5°41'	5°34'	8°27'	9°32'	10°00'	14°20'	10°20'
20	1,15	0,72	0,60	0,74	0,79	1,23	1,30	1,92	1,91	1,47
40	1,81	0,95	1,00	1,10	1,18	1,80	1,92	2,40	2,52	2,15
60	1,82	0,91	0,99	1,11	1,15	1,89	1,89	2,35	2,53	2,21
80	1,22	0,60	0,67	0,76	0,76	1,29	1,37	1,90	1,85	1,50
	4°50'	2°40'	4°37'	4°38'	4°03'	8°37'	9°02'	10°50'	14°30'	6°30'
20	0,10	0,11	0,64	0,59	0,19	1,12	1,21	1,85	1,90	0,37
40	0,14	0,12	0,95	0,80	0,30	1,64	1,77	2,40	2,50	0,54
60	0,11	0,06	0,95	0,82	0,22	1,57	1,36	2,38	2,53	0,61
80	0,06	0,03	0,63	0,47	0,12	0,97	0,91	1,80	1,91	0,33
	0°20'	0°10'	4°10'	1°26'	0°20'	2°59'	2°03'	5°20'	12°10'	0°50'
20			0,60					0,30	0,61	0°20'
40			0,95					0°15'	1,29	
60			0,35						0,90	
80			0°40'						0,34	
									1°30'	

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### 5.1. Техничко-эксплуатационный анализ переустройства участка железнодорожной линии

Указать протяженность участка, подлежащего реконструкции, отдельные пункты (станции или разъезды), большие мосты, подпорные стенки или другие крупные сооружения.

Анализ целесообразно выполнить в «Ведомости отклонений элементов трассы реконструируемого участка от действующего СНиП», где указывается местоположение каждого подлежащего реконструкции элемента (пикет, плюс), характер отклонения, намечаемые мероприятиями проектные решения. По искусственным сооружениям указать число сооружений, их тип; временные сооружения (деревянные) подлежат обязательной замене. Указать, какие постоянные искусственные сооружения подлежат реконструкции и по каким причинам. Этот анализ также можно дать в виде «Ведомости».

При оценке верхнего строения следует отметить его тип, род балласта, диапазон изменения толщины балластного слоя, его состояние и возможность дальнейшего использования.

При оценке земляного полотна указать ширину основной площадки, крутизну откоса, наличие больших мест и их характер, состав грунта земляного полотна.

При анализе профиля перегона следует отметить места (т.е. указать пикет, плюс), где профиль не соответствует техническим условиям проектирования реконструкции по длинам элементов, сопряжению уклонов, сочетанию переломов в плане с переломами в профиле.

При анализе плана на перегоне надлежит указать длину прямых вставок, место и характер несоответствия радиусов круговых кривых техническим условиям и состояние круговых и переходных кривых.

По отдельным пунктам оценке подлежат длины площадок отдельных пунктов, уклоны на отдельных пунктах и их сопряжения, размещение отдельных пунктов в плане. Если отдельный пункт находится на кривых, то следует отметить их расположение по отношению к площадке отдельного пункта, величины радиусов и т.п.

По всем местам несоответствия реконструируемого участка техническим условиям проектирования предложить необходимые мероприятия.

### 5.2. Проектирование реконструкции продольного профиля

При проектировании реконструкции продольного профиля существующего пути проектная линия продольного профиля наносится в уровне головки рельса. Это удобно делать относительно линии расчетной головки рельса (*РГР*), которая параллельна линии низа существующего балластного слоя (*НБС*) и расположена выше её на величину проектируемого верхнего строения пути

$$РГР = НБС + h_{всн}^{np}. \quad (5.1)$$

При этом

$$h_{всн}^{np} = h_{под}^{np} + h_{шп}^{np} + h_{уш}^{np} + h_{рпм}^{np}, \quad (5.1)$$

где  $h_{под}^{np}$  – толщина проектируемого слоя песка (песчаной подушки);  $h_{шп}^{np}$  – толщина проектируемого слоя щебня;  $h_{уш}^{np}$  – высота проектируемой шпалы;  $h_{рпм}^{np}$  – высота проектируемого рельса с подкладкой и прокладкой.

Согласно [4], на линиях I категории следует принимать рельсы Р65 или Р75, шпалы деревянные I типа или железобетонные, балласт двухслойный: песчаная подушка толщиной 20 см, щебень толщиной 30 см под шпалой при деревянных шпалах или 35 см – при железобетонных. Конструктивные размеры элементов верхнего строения пути можно принимать по [5].

Отметку *НБС* вычисляют по формуле

$$НБС = СГР + h_{всн}^c, \quad (5.3)$$

где *СГР* – отметка существующей головки рельса;  $h_{всн}^c$  – высота существующей конструкции верхнего строения пути,

$$h_{всн}^c = h_{под}^c + h_{ц}^c + h_{ун}^c + h_{рпн}^c. \quad (5.4)$$

При этом  $h_{ц}^c$  может быть равна нулю (существующий балласт – песчаный однослойный).

Линия *НБС* является опорной, относительно нее вычисляют высоту насыпей и глубину выемок по существующему пути.

Зная отметки *РГР* и *СГР*, можно наносить проектную головку рельса (*ПГР*). Во избежание нежелательных на существующем пути срезок основной площадки земляного полотна необходимо, чтобы  $ПГР > РГР$ . При этом чем ближе *ПГР* к *РГР* сверху, тем меньше подсыпки, величину которых определяют по формуле

$$h_{нос}^c = ПГР - СГР. \quad (5.5)$$

При проектировании реконструкции продольного профиля существующего пути искажения в профиле следует выправлять подъемкой на балласт или срезкой части существующего балластного слоя при достаточной его толщине. Подрезку земляного полотна можно допустить в случаях использования соответствующих тяжелых путевых машин, предназначенных для этих целей.

Если существующий балласт имеет достаточную высоту и хорошее состояние (небольшая степень загрязнения), его можно использовать в конструкции проектируемого верхнего строения пути. Если же существующий балласт сильно загрязненный, его необходимо вырезать. А если балласт доброкачественный, но высота его недостаточная, её увеличивают досыпкой.

Учитывая, что толщина песчаной подушки  $h_{под}^{np}$  согласно СНиП должна быть не менее 0,20 м, отметку расчетной головки рельса вычисляют по-разному в зависимости от высоты  $h_{под}^{np}$  ;

при  $h_{под}^{np} > 0,20$  м

$$РГР = СГР + h_{ц}^{np} - h_{ц}^c + h_{ун}^{np} - h_{ун}^c + h_{рпн}^{np} - h_{рпн}^c, \quad (5.6)$$

а при  $h_{под}^{np} < 0,20$  м *РГР* вычисляют по формуле (5.1).

Например, на ПК 137 + 16,2 *НБС* = 107,20 м,

*СГР* = 107,72 м,  $h_{под}^c = 0,13$  м,  $h_{рпн}^c = 0,22$  м. Тогда

$h_{под}^c = 107,72 - 0,13 - 0,22 - 107,20 = 0,17$  м. В этих условиях

( $h_{под}^c < 0,20$  м) при  $h_{ц}^{np} = 0,30$  м,  $h_{под}^{np} = 0,20$  м,  $h_{ун}^{np} = 0,18$  м,

$h_{рпн}^{np} = 0,22$  м; недостаток высоты песчаной подушки

$0,20 - 0,17 = 0,03$  и  $РГР = 107,20 + 0,17 + 0,18 + 0,30 + 0,22 +$

$+ 0,03 = 108,10$  м. При этом подъемка составит не менее

$h_{дос} = РГР - СГР = 108,10 - 107,72 = 0,38$  м, если проектная головка рельса совпадает с расчетной ( $ПГР = РГР$ ).

Реконструкцию существующего продольного профиля желательнее проектировать так, чтобы намечаемые подъемки уровня головки рельса позволяли размещать проектную балластную призму в пределах ширины существующей основной площадки земляного полотна без присыпок. Для этого необходимо, чтобы *РГР* не превышала некоторой наибольшей отметки  $РГР_{max}$ :

$$РГР_{max} = НБС + \frac{1}{m} \left( \frac{a_c - a_{\hat{он}}}{2} - b_{min} \right) + h_{рпн}^{np}, \quad (5.7)$$

где  $m$  – знаменатель показателя крутизны откоса балластной призмы;  $a_c$  – ширина основной площадки земляного полотна;  $a_{\hat{он}}$  – ширина проектной балластной призмы;  $b_{min}$  – наименьшая ширина обочины.

Величина  $a_c$  принимается по заданию, остальные величины – по СНиП в зависимости от категории норм проектирования реконструируемой железной дороги.

Максимальные отметки расчетной головки рельса  $RGR_{max}$  должны быть вычислены для всех точек профиля. Проектную линию ПГР следует укладывать максимально близко к РГР, не допуская срезок. В отдельных точках профиля они могут быть не более 5 см без нарушения основной площадки земляного полотна (за счет изменения толщины балластного слоя).

Отметка существующей головки рельса СГР, по возможности, должна быть сохранена на отдельных пунктах, больших мостах с металлическими пролетными строениями, переездах.

Профиль проектируют элементами возможно большей длины при наименьшей алгебраической разности  $\Delta i$  уклонов смежных элементов. Наибольшая алгебраическая разность уклонов  $\Delta i_n$  на переломах профиля принимается в зависимости от полезной длины прямо-отправочных путей. Величина  $\Delta i_n$  соответствует наименьшей длине элемента  $l_n$  (табл. 5.1). При  $\Delta i < \Delta i_n$  длина элемента может быть уменьшена, но должна быть не менее 25 м. Уменьшенная длина определяется по формуле [2]

$$l = l_n (\Delta i_1 - \Delta i_2) / (2\Delta i_n), \quad (5.8)$$

где  $\Delta i_1$  и  $\Delta i_2$  – алгебраические разности уклонов, ‰, по концам элемента профиля, причем  $\Delta i_1, \Delta i_2 < \Delta i_n$ .

Если использование норм  $\Delta i_n$  для данной категории приводит к необходимости переустройства существующего земляного полотна или искусственных сооружений, допускается применять нормы, указанные в табл. 5.1 применительно к категории линии на одну единицу ниже.

Допускаемые нормы, указанные в табл. 5.1, не следует применять: а) в углублениях профиля, ограниченных хотя бы одним тормозным спуском; б) на уступах профиля,

Таблица 5.1

**Нормы проектирования железных дорог**

Показатель	Категория норм проектирования				
	Особогрузонапряженные	I	II	III	IV
Скоростные	–	12	15	20	30
Наибольший $i_p$ , ‰	–	–	–	–	–
Радиусы кривых в плане, м:	–	–	–	–	–
рекомендуемые	4000–3000	4000–2000	4000–2000	4000–1200	2000–1000
допускаемые в трудных и особо трудных условиях	2500–800	1500–600	1500–400	800–350	600–200
Радиусы вертикальных кривых, м	20000	10000	15000	10000	5000
Полезная длина приёмно-отправочных путей, м:	–	–	–	–	–
$\Delta i$	6/10	–	8/13	13/13	13/20
$L_{зд}$	250/250	–	200/200	200/200	200/200
$\Delta i$	4/9	3/10	5/10	7/10	8/10
$L_{зд}$	300/300	250/200	250/200	200/200	200/200
$\Delta i$	–	3/5	4/6	7/8	8/10
$L_{зд}$	–	250/250	250/250	250/250	250/200
$\Delta i$	–	3/4	3/4	4/6	–
$L_{зд}$	–	400/300	300/300	250/250	–

Примечание: Числитель – рекомендуемые нормы, знаменатель – допускаемые.



расположенных на тормозных спусках; в) на возвышениях профиля, расположенных на расстоянии менее удвоенной полезной длины приемо-отправочных путей от подошвы тормозного спуска.



Рис. 5.1. Элементы вертикальной кривой:

$T_v$  – тангенс;  $k_1, k_2$  – текущая координата;  $B$  – биссектриса;  
 $k$  – длина кривой

Сопряжение смежных элементов продольного профиля вертикальной плоскости выполняется круговыми кривыми (рис. 5.1). Радиусы вертикальных кривых принимают по табл. 5.1.

Если на линиях I и II категорий алгебраическая разность  $\Delta i < 2,3 \text{ ‰}$  (на линиях III категории и особогруженонапряженных  $\Delta i < 2,8 \text{ ‰}$ ), то вертикальная кривая не устраивается [4].

Наименьшее расстояние  $T$ , м, от переломов продольного профиля до НПК или КПК, а также концов пролетных строений следует определять по формуле

$$T = R \times \text{tg}(\Delta i) / 2000, \quad (5.9)$$

где  $\Delta i$  – алгебраическая разность уклонов сопрягаемых элементов, ‰.

Изменения ПГР в отдельных точках в пределах вертикальной круговой кривой вычисляются по формуле

$$\Delta h = k^2 / (2R_v), \quad (5.10)$$

где  $k$  – расстояние от начала (конца) вертикальной кривой до рассматриваемой точки (текущая координата), м;  $R_v$  – радиус вертикальной кривой.

**Пример.** Линия II категории. Перелом с  $\Delta i = 10 \text{ ‰}$ .

$T = R \times \Delta i / 2000 = 15000 \times 10 / 2000 = 75 \text{ м}$ . Для точки на удалении  $k_1 = 55 \text{ м}$  от начала вертикальной кривой  $\Delta h = 55^2 / (2 \times 15000) = 0,10 \text{ м}$ . Для точки на удалении  $k_2 = T_v = 75 \text{ м}$   $\Delta h = B = 75^2 / (2 \times 15000) = 0,19 \text{ м}$ .

Проектирование реконструкции продольного профиля выполняется на утрированном продольном профиле, составленном в масштабах: горизонтальный 1:10000, вертикальный 1:100. Образец оформления утрированного продольного профиля показан в учебнике [2].

Условные обозначения искусственных сооружений на утрированный профиль наносятся только в осях. Выше проектной линии показываются проектируемые искусственные сооружения, ниже проектной линии – существующие.

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РУКОВОДЯЩЕГО УКЛОНА

Руководящий уклон определяется на основе утрированного продольного профиля реконструируемого участка и принимается равным наибольшему преобладающему уклону участка. Отдельные короткие элементы профиля, имеющие более крутые уклоны (местные превышения руководящего уклона) при этом могут не учитываться, если движущийся поезд может их преодолеть за счет накопленной инерции. Такие участки обычно встречаются в понижениях профиля (в «ямах»).

## 7. РАСЧЕТ ВЫПРАВКИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ КРИВОЙ

Задача выправки плана эксплуатируемой железной дороги по существу сводится к подбору радиусов существующих кривых и расчету рихтовок для постановки их в правильное геометрическое положение, которое впоследствии послужит основой для проектирования реконструкции плана

и решения вопросов проектирования дополнительных главных путей (2-го, 3-го и т.д.).

Расчет выправки существующих кривых при проектировании реконструкции железных дорог можно выполнять методом углограмм. Сущность этого метода изложена в [2, 3].

#### *Общие указания по подбору радиуса существующей кривой*

При подборе радиуса существующей кривой следует стремиться к достижению двусторонних рихтовок наименьшей величины, не требующей уширения основной площадки земляного полотна. Если же добиться таких рихтовок не удаётся, радиус подбирают так, чтобы рихтовки были односторонними по направлению и минимальными по величине. Тем самым при необходимости можно будет ограничиться односторонними присыпками земляного полотна. Только в отдельных смежных точках можно допустить рихтовки противоположного направления. Однако их величина должна быть такой, чтобы не требовалась присыпка земляного полотна, крайне затрудняющая выполнение строительных работ.

Подбор радиуса выполняется методом попыток с подсчетом рихтовок по контрольным точкам. Величина рихтовок в этих точках наибольшая или наименьшая, рихтовки во всех остальных точках на кривой будут по величине в пределах между этими экстремальными значениями.

Местоположение контрольных точек определяется по угловой диаграмме (углограмме). Они расположены в местах пересечения угловых линий существующей и проектируемой кривой (рис. 7.1). Контрольные точки для удобства расчетов следует «отнести» к ближайшим «двадцаткам» угловой диаграммы существующей кривой, которая также построена по «двадцаткам».

Последовательность подбора радиуса реконструируемой кривой такова:

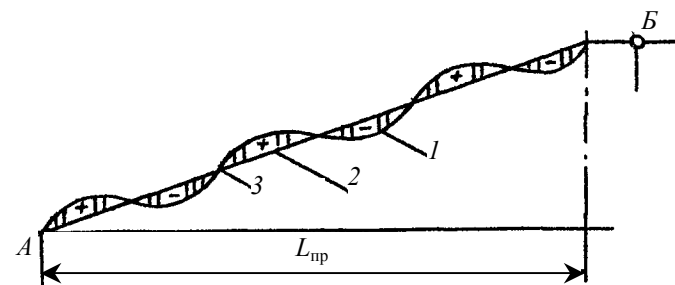


Рис. 7.1. Схематическая угловая диаграмма:

1 – существующая кривая; 2 – проектируемая кривая;  
3 – контрольная точка

1) подсчитывают необходимые данные для построения угловой диаграммы существующей кривой (площади под угловой диаграммой во всех «двадцатках») и наносят её на миллиметровую бумагу;

2) вычисляют координаты  $X_{ск}$  и  $Y_{ск}$  точки СК середины кривой и наносят её на тот же лист миллиметровой бумаги (в той же системе координат), где показана угловая диаграмма существующей кривой;

3) через нанесенную точку СК проводят угловую линию проектируемой кривой так, чтобы она располагалась максимально близко к угловой линии существующей кривой;

4) намечают контрольные точки (в местах пересечения угловых линий существующей и проектируемой кривых) и вычисляют для каждой из них площадь под угловой линией проектируемой кривой;

б) вычисляют рихтовки во всех контрольных точках (с учетом сдвижки от переходной кривой) и анализируют их приемлемость;

б) проверяют возможность уменьшения рихтовок за счёт устройства переходных кривых другой длины;

7) для радиуса и длины переходной кривой, обеспечивающих наименьшие рихтовки, вычисляют рихтовки на всех «двадцатках».

**Подсчет данных для построения угловой диаграммы существующей кривой**

Подсчет выполняют по форме (табл. 7.1), которая делится на 2 части. Первая предназначена для расчетов, необ-

Таблица 7.1

**Ведомость подсчёта рихтовок существующей кривой (пример: перегон..., угол поворота «право» 21°12',**

**$\alpha_{рад} = 0,37000$**

Пикетаж существующего пути, ПК +		$\frac{\alpha_{рад}}{20\alpha_{рад}}$	$\frac{\beta_{рад}}{n \cdot 20\beta_{рад}}$	$f$	Подсчёт площади углограммы существующей кривой		
1	2	3	4	5	$\Delta f$	$20\varphi = 20\beta_{рад} \cdot \Delta f$	$\omega_c = \Sigma(20 \times \beta_{рад} - \Delta f)$
430	00	$\frac{1^{\circ}40'}{0,582}$	$\frac{0,582}{2,910}$	0	0	0	0
	20			0,40	0,40	0,182	0,182
	40			0,98	0,58	0,002	0,184
	60			1,30	0,32	0,262	0,446
	80			1,00	-0,30	0,882	1,328
431	00	$\frac{7^{\circ}50'}{2,734}$	$\frac{3,316}{16,580}$	0	-1,00	1,582	2,910
	20			1,09	1,09	2,226	5,136
	40			1,75	0,66	2,656	7,792
	60			1,70	-0,05	3,366	11,158
	80			1,10	-0,60	3,916	15,074
432	00	$\frac{8^{\circ}30'}{2,967}$	$\frac{6,283}{31,415}$	0	-1,10	4,416	19,490
	20			1,30	1,30	4,983	24,473
	40			1,89	0,59	5,693	30,166
	60			1,90	0,01	6,273	34,430
	80			1,10	-0,80	7,083	43,572
433	00	$\frac{3^{\circ}02'}{1,059}$	$\frac{7,342}{36,710}$	0	-1,10	7,383	50,905
	20			0,04	0,04	7,302	58,207
	40			0,03	-0,01	7,352	65,559
	60			0,02	-0,01	7,352	72,911
	80			0,01	-0,01	7,352	80,263
434	00	$\frac{0^{\circ}10'}{0,058}$	$\frac{7,400}{37,000}$	0	-0,01	7,352	82,615

Продолжение табл. 7.1

Пикетаж существующего пути, ПК +		Пикетаж главных точек проектной кривой	Подсчёт площади угловой диаграммы проектной кривой						
1	2	9	K	K <sup>2</sup>	$q=0,5R_{пр}^{-1}$	$qK^2$	$\alpha_{рад}$	A	$\omega_n$
430	00	НПК 430+09,25	0	0					0
	20		0	0					0
	40	НKK 430+39,25	0,75	0,56					0
	60		20,75	43,56					0,321
	80	КПК 430+69,25	40,75	1661					1,239
431	00		60,75	3691					2,754
	20		80,75	6521					4,866
	40		100,75	10151					7,575
	60		120,75	14581					10,881
	80		140,75	19811					14,784
432	00		160,75	25841					19,284
	20		180,75	32671					24,381
	40		200,75	40301					30,075
	60	НПК 432+57,15	220,75	48731					36,366
	80	ККК 432+87,15	240,75	57961					43,254
433	00	НПК 433+17,15	12,85	-					4,754
	20		32,85	-					12,154
	40		52,85	-					19,554
	60		72,85	-					26,954
	80		92,85	-					31,354
434	00		112,85	-					41,754

Окончание табл. 7.1

Пикетаж существующего пути, ПК +		Пикетаж главных точек проектной кривой	$\omega_n$	Рихтовки без учёта переходной кривой, м		Подсчёт сдвижек от переходной кривой, м		Окончательные рихтовки, м		
1	2	9	16	17	18	S	Рихтовки	лево	право	
1	2	9	16	17	18	19	20	21	22	23
430	00	НПК 430+09,25	0	0	0	0	0	0	0	0
	20		0	0,182		10,75		0	0,18	
	40	НKK 430+39,25	0	0,184		30,75		0,12	0,06	
	60		0,321	0,125		50,75		0,22		0,09
	80	КПК 430+69,25	1,239	0,089				0,22		0,13
431	00		2,754	0,150				0,22		0,06
	20		4,866	0,270				0,22	0,05	
	40		7,575	0,217				0,22	0	
	60		10,881	0,277				0,22	0,06	
	80		14,784	0,290				0,22	0,07	
432	00		19,284	0,206				0,22		0,01
	20		24,381	0,092				0,22		0,13
	40		30,075	0,091				0,22		0,13
	60	НПК 432+57,15	36,366	0,073		57,15		0,22		0,15
	80	ККК 432+87,15	43,254	0,263		37,15		0,21	0,06	
433	00	НПК 433+17,15	50,616	0,289		17,15		0,02	0,27	
	20		58,016	0,191					0,19	
	40		65,416	0,143					0,14	
	60		72,816	0,095					0,10	
	80		80,216	0,047					0,50	
434	00		87,616	0	0,001				0	

ходимых для построения угловой диаграммы существующей кривой, вторая – для определения площадей под угловой диаграммой, соответствующей рассматриваемому радиусу круговой кривой, во всех «двадцатках». На основе этих данных вычисляют рихтовки без учёта и с учётом переходной кривой.

Используемый в расчётах угол поворота кривой в радианах выписывают с точностью до пятого-шестого десятичного знака. Расчёты первой части таблицы проверяются. После выполнения всех проверок переходят к построению угловой диаграммы существующей кривой.

### Построение угловых диаграмм существующей и проектируемой кривых

Угловые диаграммы строят в прямоугольной системе координат (рис. 7.2). По горизонтальной оси откладывают длины кривой, по вертикальной оси – углы поворота хордочек-«двадцаток» относительно первоначальной касательной. Масштабы могут быть приняты произвольные, но обычно удобны горизонтальный 1:1000, вертикальный 1:200 (1 см соответствует 0,02 радиана).

Порядок построения следующий:

- 1) на миллиметровой бумаге размечают пикетаж точек кривой через 20 м и наносят точки съёмки существующей кривой (от начала замеров в точке А до конца замеров в точке В);
- 2) в точке В (конец замеров) по вертикали откладывают величину полного угла поворота существующей кривой (в радианах);
- 3) посередине каждой хордочки-«двадцатки» откладывают по вертикали величину угла поворота  $\varphi$  каждой хордочки-«двадцатки» относительно первоначальной касательной. Эта величина принимается по данным графы 7, уменьшенным в 20 раз; последовательно соединив эти точки между собой, получают угловую диаграмму существующей кривой. Желательно «закрепить» ее чернилами или шариковой пастой;

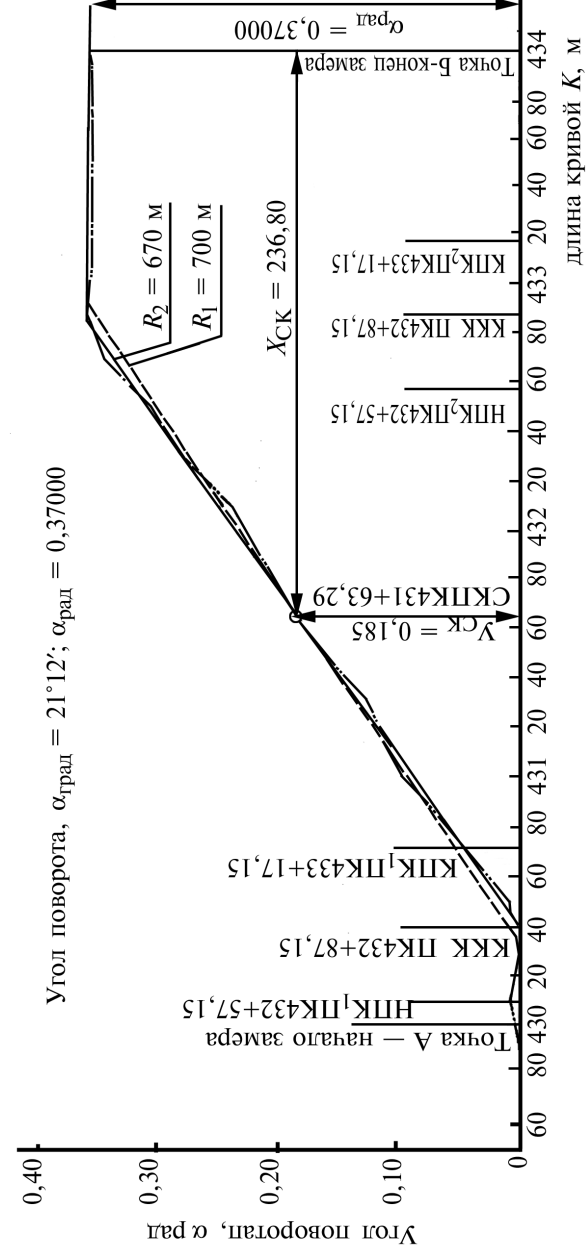


Рис. 7.2. Угловая диаграмма кривой ПК 430 – ПК 434

4) из условия, что в точке конца замеров (точка *Б*) площадь  $\omega_{\text{п}}$  под угловой диаграммой реконструируемой кривой должна быть равна аналогичной площади  $\omega_{\text{с}}$  под угловой диаграммой существующей кривой, вычисляют координаты  $X_{\text{ск}}$ ,  $Y_{\text{ск}}$  середины кривой по формулам:

$$X_{\text{ск}} = \omega_{\text{с}} / \alpha_{\text{рад}}, Y_{\text{ск}} = \alpha_{\text{рад}} / 2; \quad (7.1)$$

5) откладывая величину  $X_{\text{ск}}$  от точки *Б* влево, а величину  $Y_{\text{ск}}$  от горизонтальной оси вверх, получают точку *СК* и определяют её пикетажное значение по формуле

$$СК \text{ ПК} \dots = Б \text{ ПК} \dots - X_{\text{ск}};$$

6) для подбора радиуса проектируемой кривой через точку *СК* (чтобы обеспечить вписывание реконструируемой кривой в угол поворота существующей кривой) проводят угловую линию реконструируемой кривой так, чтобы она располагалась максимально близко к угловой линии существующей кривой (см. рис. 7.2);

7) по масштабу определяют длину  $K_{\text{пр}}$  реконструируемой кривой как расстояние по горизонтали между точками пересечения угловой линии реконструируемой кривой с вертикальными линиями, проведенными через точки *НKK* и *KKK*. Длину кривой определяют с точностью до 1 м (1 мм на горизонтальной оси графика);

8) на основе длины кривой  $K_{\text{пр}}$  и её угла поворота  $\alpha_{\text{рад}}$  вычисляют её радиус  $R'_{\text{пр}}$ . В первом приближении радиус реконструируемой кривой вычисляется по формуле

$$R'_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} / \alpha_{\text{рад}}. \quad (7.3)$$

Вычисленный радиус  $R'_{\text{пр}}$  следует округлить в зависимости от величины  $\alpha$  угла поворота, исходя из следующих рекомендаций: при  $\alpha$  до  $10^\circ$  округление с точностью  $\pm 25$  м, при  $\alpha$  от  $10^\circ$  до  $20^\circ$  —  $\pm 10$  м, при  $\alpha$  от  $20^\circ$  до  $30^\circ$  — 5 м, при  $\alpha$  от  $30^\circ$  до  $50^\circ$  — 1...2 м;

9) по округленному  $R_{\text{пр}}$  уточняют длину реконструируемой кривой в метрах по формуле

$$K_{\text{пр}} = R_{\text{пр}} \alpha_{\text{рад}}; \quad (7.4)$$

10) вычисляют пикетажное значение начала *НKK* и конца *KKK* реконструируемой кривой по формулам

$$\begin{aligned} НKK \text{ ПК} \dots &= СК \text{ ПК} \dots - K/2, КKK \text{ ПК} \dots = \\ &= НKK \text{ ПК} \dots + K; \end{aligned} \quad (7.5)$$

11) для рассматриваемого радиуса  $R_{\text{пр}}$  определяют и анализируют сдвиги в контрольных точках. Площадь под угловой диаграммой в контрольной точке на расстоянии  $K$  от начала круговой кривой *НKK* вычисляется по формуле

$$\omega_{\text{п}} = K^2 q, \quad (7.6)$$

где  $q = 1/(2R_{\text{пр}})$ .

Если  $\omega_{\text{с}} < \omega_{\text{п}}$ , то рихтовка (разность  $\omega_{\text{п}} - \omega_{\text{с}}$ ) одноименная с углом поворота (для угла «лево» – левая, для угла «право» – правая) и заносится в соответствующий столбец расчетной таблицы;

12) затем определяется сдвигка от переходной кривой, зависящая от её длины и от положения контрольной точки относительно начала *НПК* и конца *НПК* переходной кривой. Длина переходной кривой  $l$  в метрах, возвышение наружного рельса  $h$  в миллиметрах определяются расчетом:

$$l = 1,2h; h = 12,5kV_{\text{ср}}^2, \quad (7.7)$$

где  $k$  – коэффициент увеличения возвышения наружного рельса, учитывающий смещение центра тяжести экипажа в наружную сторону по отношению к оси кривой, принимаемый равным 1,0 при скоростях движения до 140 км/ч включительно и 1,2 – при скоростях более 140 км/ч;  $V_{\text{ср}}$  – средневзвешенная квадратическая скорость, км/ч, намечаемая на 10-й год эксплуатации в месте расположения кривой;  $R_{\text{пр}}$  – радиус реконструируемой кривой, м.

Сдвигка от переходной кривой для точек, лежащих в пределах переходной кривой, вычисляется по формулам:

а) участок от начала переходной кривой до начала круговой кривой

$$\delta = \frac{S^3}{6R_{np}l}, \quad (7.8)$$

где  $S$  – расстояние от начала переходной кривой до рассматриваемой точки;

б) участок от начала круговой кривой до конца переходной кривой

$$\delta = p - \frac{(l-S)^3}{6R_{np}l}, \quad (7.9)$$

где  $p$  – сдвигка в пределах круговой кривой за счёт устройства переходной кривой;

$$p = l^2/(24R_{np}) = 0,0417l^2/R_{np}. \quad (7.10)$$

При суммировании сдвигки в круговой кривой со сдвигкой от переходной кривой следует помнить, что последняя всегда «одноименна» с углом поворота круговой кривой, т.е. направлена внутрь круговой кривой;

13) если сдвигки с учетом переходной кривой оказались неприемлемо большими, следует изменить радиус реконструируемой кривой и повторить расчеты.

Для ориентировки в выборе направления изменения радиуса (увеличить или уменьшить) следует проанализировать доминирующее направление сдвижек: при преобладании сдвижек наружу радиус целесообразно уменьшить, а при преобладании сдвижек внутрь кривой – увеличить (рис. 7.3);

14) для выбранного радиуса реконструируемой кривой вычисляют сдвигки с учетом переходных кривых для всех «двадцаток».

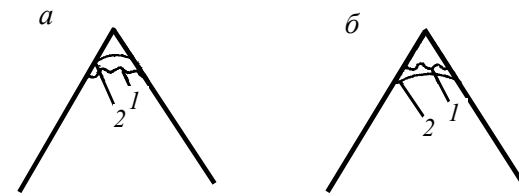


Рис. 7.3. Схемы кривых:

$a$  – сдвигки наружу;  $b$  – сдвигки внутрь;  $1$  – существующая;  $2$  – проектируемая;

При переустройстве кривой существующего пути следует принимать постоянную величину радиуса круговой кривой на всем её протяжении. В трудных условиях, когда выполнение этого требования вызывает необходимость переустройства существующего земляного полотна или искусственных сооружений, допускается сохранять различные радиусы на отдельных участках кривой. Но длина каждого такого участка с однообразным уклоном должна быть не менее 300 м и в исключительных случаях – не менее 200 м [6]. На особогрузонапряженных линиях и на линиях I–II категорий применение составных кривых не допускается, а на линиях остальных категорий должно быть технико-экономически обосновано.

**Пример.** Подбор радиуса существующей кривой и подсчет рихтовок.

*Вычисления для построения угловой диаграммы*

Исходные данные (результаты съемки существующей кривой теодолитом по методу «двадцаток») приведены в табл. 7.1 (графы 1...3 и 5). Общий угол поворота  $\alpha = 1^\circ 40' + 7^\circ 50' + 8^\circ 30' + 3^\circ 02' + 0^\circ 10' = 21^\circ 12'$ . Для перевода в радианы выразим угловые минуты в долях градусов:

$$21^\circ 12' = 21^\circ + 12/60 = 21^\circ + 0,2^\circ = 21,2^\circ.$$

Угол поворота в радианах

$$21,2^\circ = 0,017453 \times 21,2 = 0,37000.$$

В графу 3 табл. 7.1 занесем двадцатикратные радианные меры углов хорд, которые измерялись на каждой стоянке теодолита при съёмке кривой, т.е. вычислим  $20\alpha_{\text{рад}}$  и запишем под углами в градусной мере. Для 1-й стоянки  $\alpha^{\circ} = 1^{\circ}40'$ ,  $\alpha_{\text{рад}} = (1^{\circ}+40/60)\times 0,017453 = 1,6666\times 0,017453 = 0,0291$  рад.,  $20\alpha_{\text{рад}} = 20\times 0,0291 = 0,582$  рад. и т.д. ( $7^{\circ}50' = 0,137$  рад.,  $20\alpha_{\text{рад}} = 20,734$  рад. ...).

В графу 4 против каждой стоянки теодолита вписываем дробь  $20\beta_{\text{рад}}/(n\times 20\beta_{\text{рад}})$ . Для первой стоянки угол  $\alpha$  всегда равен углу  $\beta$ . Поэтому числитель первой дроби графы 4 равен знаменателю первой дроби графы 3, а знаменатель графы 4 равен произведению числителя этой же графы на число «двадцаток» этого луча. В данном случае (см. графу 5)  $n = 5$ , т.е.

$$\frac{20\beta_{\text{рад}}}{n20\beta_{\text{рад}}} = \frac{0,582}{5 \cdot 0,582} = \frac{0,582}{2,910}$$

Числитель 2-й дроби графы 4 равен сумме числителя 1-й дроби этой графы и знаменателя 2-й дроби графы 3. Знаменатель же 2-й дроби этой графы равен произведению числителя этой дроби на число «двадцаток» луча, т.е.

$$\frac{0,582 + 2,734}{5(0,582 + 2,734)} = \frac{3,316}{16,580}$$

и так далее по всем стоянкам теодолита.

Проверка вычислений 4-й графы: 20-кратный полный угол  $20\alpha_{\text{рад}}$  сравнивается с числителем дроби последней стоянки инструмента в графе 4. В данном случае  $20\alpha_{\text{рад}} = 20\times 0,37000 = 7,400$  рад.

Числитель последней дроби в графе 4 также равен 7,400 рад., т.е. невязка равна нулю, что свидетельствует о правильности вычислений графы 4.

В графе 5 величины стрел изгиба выписаны по результатам полевых замеров (в курсовом проекте эти величины приведены в задании – табл. 4.2).

В графе 6 записаны разности каждой последующей и

предыдущей стрел. На ПК 430+00 стрела  $f = 0$ , на ПК 429+80 стрела, очевидно, тоже равна нулю (от точки ПК 430+00 в сторону уменьшения пикетажа – прямая). Поэтому на ПК 430+00 разность стрел  $\Delta f = 0$ . Аналогично на ПК 430+20  $\Delta f = f_{\text{ПК 430+20}} - f_{\text{ПК 430+00}} = 0,40 - 0,00 = 0,40$ ; на ПК 430+40  $f_{\text{ПК 430+40}} - f_{\text{ПК 430+20}} = 0,98 - 0,40 = 0,58$  и т.д. по всем точкам в пределах кривой.

Проверка правильности подсчетов этой графы: в пределах каждого луча сумма стрел должна быть равна нулю ( $\Sigma\Delta f = 0$ ). Для 1-го луча  $\Sigma\Delta f = 0,40 + 0,58 + 0,32 - 0,30 - 1,00 = 0$  и т.д.

Следовательно, расчеты выполнены правильно.

В графу 7 записывают величины

$20\varphi = 20\beta_{\text{рад}} - \Delta f$ . На ПК 430 + 00 для первого луча  $20\beta_{\text{рад}}$  пикета 429 + 00 равна нулю и  $\Delta f = 0$ . Следовательно, и  $20\beta_{\text{рад}} - \Delta f = 0$ .

На ПК 430+20 величина  $20\beta_{\text{рад}} - \Delta f = 0,582 - 0,40 = 0,182$ .

На ПК 430+40 величина  $20\beta_{\text{рад}} - \Delta f = 0,582 - 0,58 = 0,002$  и т.д.

Графа 8 заполняется последовательным суммированием величин из графы 7. Для ПК 430+00 величина в графе 8 на ПК 429 + 80 равна нулю и в графе 7 для ПК 430 + 00 также равна нулю. Поэтому на ПК 430 + 00  $\omega_c = 0$ . На ПК 430 + 20  $\omega_c = 0 + 0,182 = 0,182$ , на ПК 430 + 40  $\omega_c = 0,182 + 0,002 = 0,184$  и т.д. до конца замеров.

Проверка правильности подсчетов площади под угловой диаграммой существующей кривой: последовательная сумма знаменателей графы 4 (без знаменателя последней дроби) должна быть равна последнему числу графы 8, т.е. 87,615:

$$2,910 + 16,580 + 31,415 + 36,710 = 87,616.$$

Таким образом, подсчёты выполнены верно.

#### Построение угловой диаграммы

Она строится по данным графы 7, уменьшенным в 20 раз, т.е.  $20\varphi/20 = \varphi$ . При этом величину  $\varphi$  для ПК 430 + 00 откла-

дываем на ПК 429 + 90, для ПК 430 + 200 — на ПК 430 + 10 и т.д. В точке конца замеров откладывается величина  $\varphi = \alpha_{\text{рад}}$  (угол поворота всей кривой).

Построенная углограмма позволяет выполнить анализ существующей кривой: определить, простая это кривая или составная, степень её геометрической правильности, наличие и состояние переходных кривых. В данном случае кривая простая, имеет один радиус и расстроена в процессе эксплуатации. Переходные кривые имелись, но в процессе эксплуатации сильно сбиты.

Определяем координаты середины кривой (точка СК):

$$X_{\text{ск}} = \frac{\omega_{\text{с}}}{\alpha_{\text{рад}}} = \frac{87,615}{0,37000} = 236,80 \text{ м};$$

$$Y_{\text{ск}} = \frac{\alpha_{\text{рад}}}{2} = \frac{0,37000}{2} = 0,18500 \text{ рад.}$$

Пикетажное значение точки СК на угловой диаграмме  $СК \text{ ПК} = Б \text{ ПК } 434 + 00 = (2 + 36,8) = \text{ПК } 431 + 63,20$ .

#### Подбор радиуса кривой

Через точку СК проводим прямую линию (угловую диаграмму) проектируемой кривой максимально близко (первая попытка) к угловой диаграмме существующей кривой (см. рис. 7.2). Определяем длину кривой проектируемого радиуса. В данном случае  $K = 257$  м. Вычисляем радиус этой кривой  $R_1 = 257/0,37000 = 694,6$  м. Для угла поворота  $21^\circ 12'$ , т.е. лежащего в диапазоне от  $20^\circ$  до  $30^\circ$ , рекомендуемое округление в пределах  $\pm 5$  м, т.е. можно принять округленно  $R_1 = 700$  м.

Уточненная длина кривой

$$K_1 = R_1 \alpha_{\text{рад}} = 700 \times 0,37000 = 289 \text{ м.}$$

Для вычисления пикетажных значений точек НКК и ККК определяем  $K/2 = 259,0/2 = 129,5$  м. Тогда НКК<sub>1</sub> ПК =  $СК \text{ ПК } 431 + 63,20 - (129,50) = \text{ПК } 430 + 33,70$ , ККК ПК =  $НК_1 \text{ ПК } 430 + 33,70 + (259,00) = \text{ПК } 432 + 92,70$ .

Намечаем контрольные точки (места пересечения угловых диаграмм существующей и проектируемой кривой) и заносим их в ведомость подбора (графы 1, 2, 3 табл. 7.2). Туда же выписываем из табл. 7.1 (графа 8) площадь существующей углограммы для каждой контрольной точки. В графу 5 ведомости подбора заносим расстояния от начала круговой кривой НКК<sub>1</sub> до каждой контрольной точки. Вычисляем графы 6, 7, 8, 9, 10 и, наконец, разности площадей  $\omega_{\text{п}} - \omega_{\text{с}}$ , представляющие собой сдвиги в контрольных точках, которые заносим в графы 11 и 12 в зависимости от направления сдвига.

Теперь можно проанализировать взаимное положение существующей и проектируемой кривой (по величине и направлениям сдвижек).

В рассматриваемом случае сдвиги без учета переходной кривой получились двусторонние. Наибольшая вправо 0,32 м и наибольшая влево 0,29 м. От переходной кривой для правого угла поворота сдвиги также будут направлены вправо, т.е. сдвиги вправо возрастут. Отсюда следует вывод, что переходная кривая ухудшит правосторонние сдвиги.

Определим длину переходной кривой. Для  $R = 700$  м допустимая скорость  $V_{\text{доп}} = 4,6\sqrt{700} = 122$  км/ч. Примем среднюю для грузовых поездов скорость 50 км/ч (по исходным данным). Тогда возвышение наружного рельса  $h = 1,0 \times 12,5 \times 50^2 / 700 = 64$  мм. Длина переходной кривой  $l = 1,2 \times 54 = 64$  м. Округляем до ближайшей стандартной длины 60 м. Сдвигка в пределах круговой кривой от такой переходной кривой составит  $p = 60^2 / (24 \times 700) = 0,214$  м, т.е. максимальная сдвигка. вправо будет  $0,32 + 0,21 = 0,63$  м. Такая сдвигка не уместится в пределах основной площадки земляного полотна. Потребуется присыпка.

Для уменьшения сдвижек вправо попытаемся уменьшить радиус проектируемой кривой. С этой целью через точку СК проведем другую угловую линию с большим углом наклона к горизонтальной оси (вторая попытка) угловой диаграммы (см. рис. 7.2).



Длина второй круговой кривой  $K_2 = 248$  м. Радиус  $R_2 = K_2/\alpha_{\text{рад}} = 248/0,37000 = 670,27$  м. Округляем до  $R_2 = 670$  м. Уточненная длина кривой  $K_2 = 670 \times 0,37000 = 247,9$  м.

Определяем пикетажные значения  $НKK_2$  и  $KKK_2$ :

$$НKK_2 \text{ ПК} = СК \text{ ПК } 431+63,29-(123,95) = \text{ПК } 430+39,25;$$

$$KKK_2 \text{ ПК} = НKK_2 \text{ ПК } 430+39,25+(247,90) = \text{ПК } 432+87,15.$$

Выявляем контрольные точки (которые могут не совпадать с такими же точками первой попытки) и аналогично первой попытке заполняем ведомость (графы 1, 2, 3 и 4 табл. 7.2). Вычисляем расстояния от  $НKK_2$  до новых контрольных точек и заполняем графы 5...10 табл. 7.2. И вновь вычисляем сдвиги. Теперь они получились односторонние (левосторонние). Без учета переходной кривой наибольшая сдвигка влево 0,29 м. Переходная кривая даст сдвигку вправо. Окончательные сдвиги получатся правосторонние, меньше 0,5 м, т.е. в пределах допускаемых.

Вычислим пикетажное значение точек начала и конца переходных кривых (левой и правой):

$$НПК_1 \text{ ПК} = 430+39,25-60/2 = \text{ПК } 430+09,25;$$

$$КПК_1 \text{ ПК} = 430+09,25+60 = \text{ПК } 430+69,25;$$

$$НПК_2 \text{ ПК} = 432+87,15-60/2 = \text{ПК } 432+57,15;$$

$$КПК_2 \text{ ПК} = 432+57,15+60 = \text{ПК } 433+17,15.$$

Вычислим окончательные сдвиги с учетом переходной кривой.

В результате этой попытки имеем наибольшие сдвиги влево 0,27 м и вправо 0,15 м.

Основные данные для принятого радиуса кривой сводим в табл. 7.3.

Для принятого радиуса подсчитывают площади углограммы запроектированной кривой на каждом пикете и плюсе. Результаты расчетов записывают в графы 9... 16 табл. 7.1.

Таблица 7.2

Ведомость подбора радиуса кривой по контрольным точкам

Проектируемый радиус, м	Пикетаж контрольных точек		$\omega_c$	Подсчёт площади угловой диаграммы проектируемой кривой				$\Delta = \omega_l - \omega_c$		S	Сдвиги $\delta$ от переходной кривой		Окончательные сдвиги		
	ПК	+		K	$K^2$	$q-l/(2R)$	$\omega_2$	$A = K\alpha_{\text{рад}}^2$	$\omega_{\text{пр}}$		лево	право	лево	право	лево
700	430	20	0,182	0	0	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	431	60	0,446	26,30	691,69			0,494	0,182	0,048			0,02	0,16	0,26
	432	80	0,792	106,30	11299,69			8,071		0,279			0,21		0,49
	433	80	15,074	146,30	21403,69			15,288		0,214			0,21		0,43
	433	00	24,473	186,30	34707,69			24,791		0,318			0,21		0,53
	430	40	50,905				2,701	50,616	0,289				0,19	0,10	
	430	40	0,184	0,70	0,56			0	0,184		30,75		0,12	0,06	
	431	80	1,328	40,75	1660,56			1,239	0,089				0,22		0,13
	432	60	15,074	140,75	19810,56			14,784	0,290				0,22	0,07	
	432	60	35,439	220,75	48730,56			36,366	0,073				0,22		0,15
670	433	00	50,905				4,754	50,610	0,289		17,15		0,02	0,27	

Площадь углограммы в пределах проектной круговой кривой вычисляется по формуле (7.6).

В рассматриваемом случае  $q = 1/(2 \times 670) = 0,746273 \times 10^{-3}$ .

Таблица 7.3

**Параметры круговой и переходной кривых**

Круговая кривая				Переходная кривая	
$\alpha_{\text{рад}}$	$R, \text{ м}$	$K, \text{ м}$	$X_{\text{ск}}$	$l, \text{ м}$	$p, \text{ м}$
0,37000	670	247,9	236,8	60	0,224

Площадь  $\omega_3$  углограммы для проектного радиуса за пределами проектной круговой кривой (правее конца кривой) вычисляется как сумма

$$\omega_3 = A + x' \alpha_{\text{рад}} \quad (7.11)$$

где  $A$  – площадь углограммы в пределах всей проектной кривой;  $x' \alpha_{\text{рад}}$  – площадь углограммы в пределах от конца круговой кривой до точки  $B$  конца замеров (для каждой точки, отстоящей от конца круговой кривой на расстоянии  $x'$ );  $\alpha_{\text{рад}}$  – полный угол поворота круговой кривой, рад.

Схема, поясняющая расчет, показана на рис. 7.4. Подсчет величин  $A + x' \alpha_{\text{рад}}$  сводится в табл. 7.1. Помимо сдвижек

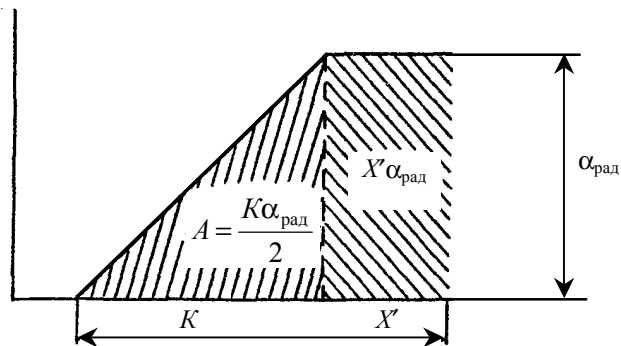


Рис. 7.4. Схема к определению площади угловой диаграммы

от круговой кривой, должны быть вычислены сдвиги  $\delta$  от переходных кривых. Эти сдвиги вычисляются на всех пикетах и плюсах. В пределах первой (левой) переходной кривой:

- точка начала переходной кривой на ПК 430+00, расстояние от начала переходной кривой  $S_1=0$ , сдвигка  $\delta = 0$ ;

- точка на ПК 430+20,  $S_2=10,75$  м (эта точка лежит в интервале между *НПК* и *НKK*),

$$\delta_2 = \frac{l^3}{6RI} = \frac{10,75^3}{6 \cdot 670 \cdot 60} = 0,005 \text{ м};$$

- точка на ПК 430+40,  $S_3 = 30,75$  м (эта точка лежит в интервале между *НKK* и *НПК*); сдвигка  $\delta$  вычисляется по формуле

$$\begin{aligned} \delta_3 &= p - \frac{(l - S_3)^3}{6RI} = \frac{l^2}{24R} - \frac{(l - S_3)^3}{6RI} = \\ &= \frac{60^2}{24 \cdot 670} - \frac{(60 - 30,75)^3}{6 \cdot 670 \cdot 60} = 0,12 \text{ м}; \end{aligned}$$

- точка на ПК 430+60,  $S_4=50,75$  м (эта точка лежит в том же диапазоне):

$$\delta_4 = 0,224 - (60 - 50,75)^3 / (6 \times 670 \times 60) = 0,221 \text{ м}.$$

Сдвигку от переходной кривой в пределах круговой кривой

$$p = \frac{l^2}{24R} = \frac{60^2}{24 \cdot 670} = 0,224 \text{ м}.$$

Для второй (правой) переходной кривой:

- точка на ПК 433 = 00,  $S_1 = 17,75$  м (эта точка находится в интервале между *НПК* и *НKK*):

$$\delta_1 = \frac{S_1^3}{6RI} = \frac{17,75^3}{6 \cdot 670 \cdot 60} = 0,023 \text{ м};$$

• точка на ПК 432+30,  $S_2 = 37,15$  м (точка находится в интервале между КПК и ККК):

$$\delta_2 = p - \frac{(l - S_2)^3}{6RI} = \frac{l^2}{24R} - \frac{(l - S_3)^3}{6RI} =$$

$$= 0,224 - \frac{(60 - 37,15)^3}{6 \cdot 670 \cdot 60} = 0,174 \text{ м};$$

• точка на ПК 432 + 60,  $S_3 = 57,15$  м (точка в интервале между КПК и ККК):

$$\delta_3 = p - \frac{(l - S_3)^3}{6RI} = 0,224 - \frac{(60 - 51,15)^3}{6 \cdot 670 \cdot 60} = 0,224 \text{ м}.$$

Теперь вычисляют результирующие сдвиги (для каждого пикета и полюса суммируют сдвигку от переходной кривой и разность площадей  $\omega_n - \omega_c$  с учетом того, что разность  $\omega_n - \omega_c$  одноименна с углом поворота при  $\omega_n > \omega_c$  (разность положительная) и разноименна при  $\omega_n < \omega_c$  (разность отрицательная).

На рис. 7.2 приведен пример оформления угловой диаграммы. Угловая линия существующей кривой показывается тонкой линией (тире — две точки — тире — две точки). Угловая линия для принятого радиуса показывается сплошной линией, рассмотренные варианты радиуса — пунктиром, штрих-пунктиром и т.п. Для каждой угловой линии должен быть указан радиус.

## 8. ПОПЕРЕЧНЫЕ ПРОФИЛИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОДНОПУТНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

Можно условно принять, что кривая, для которой выполнен подбор радиуса и определены необходимые при этом сдвиги пути в плане, является существующей на рассматриваемом участке утрированного продольного профиля. На этой кривой с учетом отметок СГР и ПГР рекомендуется

запроектировать два характерных поперечных профиля земляного полотна: один на пикете, ближайшем к началу круговой кривой, а другой – к середине круговой кривой.

Поперечные профили вычерчиваются в масштабе 1:100.

Вместе с поперечным профилем земляного полотна проектируется поперечный профиль балластного слоя.

Ниже чертежа поперечного профиля наносится сетка по ГОСТ [1] со строками для существующих и проектных расстояний и отметок. Ширину земляного полотна и уширение в кривых принимают по таблицам 8.1–8.2 [5].

Таблица 8.1

### Ширина основной площадки земляного полотна

Категория железно-дорожной линии	Число главных путей	Ширина основной площадки на прямых участках пути, м, при использовании грунтов	
		глинистых, скальных легковыветривающихся песков недренирующих мелких и пылеватых	скальных, крупнообломочных с песчаным заполнителем и песков (кроме мелких и пылеватых)
Скоростные и особогрузона-пряженные, I	2	11,6–12,1	10,6–11,1
I и II	1	7,6	6,6
III	1	7,3	6,4
IV	1	7,1	6,2

Примечание: Большая величина принимается при ширине междупутья 4,5 м.

Таблица 8.2

### Уширение земляного полотна в кривых

Радиусы кривых, м	Уширение, м
3000 и более	0,2
2500 – 1600	0,3
1500 – 700	0,4
600 и менее	0,5

## 9. СОСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ГРАФИКОВ ОВЛАДЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ

График овладения перевозками представляет собой совмещенные кривые изменяющихся во времени возможной и потребной провозной способности железной дороги.

Потребная провозная способность принимается по исходным данным задания (табл. 4.1). Там же приведено расчетное число пассажирских и сборных поездов.

Возможная провозная способность вычисляется по формуле

$$\Gamma_{\text{в}} = \varepsilon \times n_{\text{гр.в}} = (365 K Q_{\text{б}} \times 10^{-6} / \gamma) n_{\text{гр.в}}, \quad (9.1)$$

где  $n_{\text{гр.в}}$  – возможная пропускная способность по грузовому движению, пар поездов в сутки;  $\varepsilon$  – провозная способность одного поезда, млн т/год;  $Q_{\text{б}}$  – расчетная масса состава грузового поезда брутто, т; определяется (с точностью до 50–100 т) в зависимости от величины руководящего уклона и типа локомотива по графику (рис. 9.1);  $K$  – коэффициент, показывающий отношение массы состава нетто к массе состава брутто (принимается по табл. 4.1 задания);  $\gamma$  – коэффициент внутригодовой неравномерности перевозок; можно принять  $\gamma = 1,1$ .

Возможная пропускная способность по грузовому движению, пар поездов в сутки, определяется по формуле

$$n_{\text{гр.в}} = \frac{n_{\text{max}}}{1,2} - (\varepsilon_{\text{п}} n_{\text{п}} + \varepsilon_{\text{с}} n_{\text{с}}) + n_{\text{с}}, \quad (9.2)$$

где  $n_{\text{max}}$  – возможная максимальная пропускная способность, пар поездов в сутки; 1,2 – коэффициент, учитывающий резерв пропускной способности;  $n_{\text{п}}$ ,  $n_{\text{с}}$  – число пар пассажирских и сборных поездов в сутки, пропускаемых по участку (принимается по заданию);  $\varepsilon_{\text{п}}$ ,  $\varepsilon_{\text{с}}$  – коэффициенты съема грузовых поездов соответственно пассажирскими и сборными поездами; в расчетах рекомендуется принять  $\varepsilon_{\text{п}} = 1,1$ ;  $\varepsilon_{\text{с}} = 1,5$ . Подсчеты  $n_{\text{гр.в}}$  следует вести с точностью до 0,1 пары поездов.

Возможная максимальная пропускная способность, пар поездов/сутки, определяется по следующим формулам:

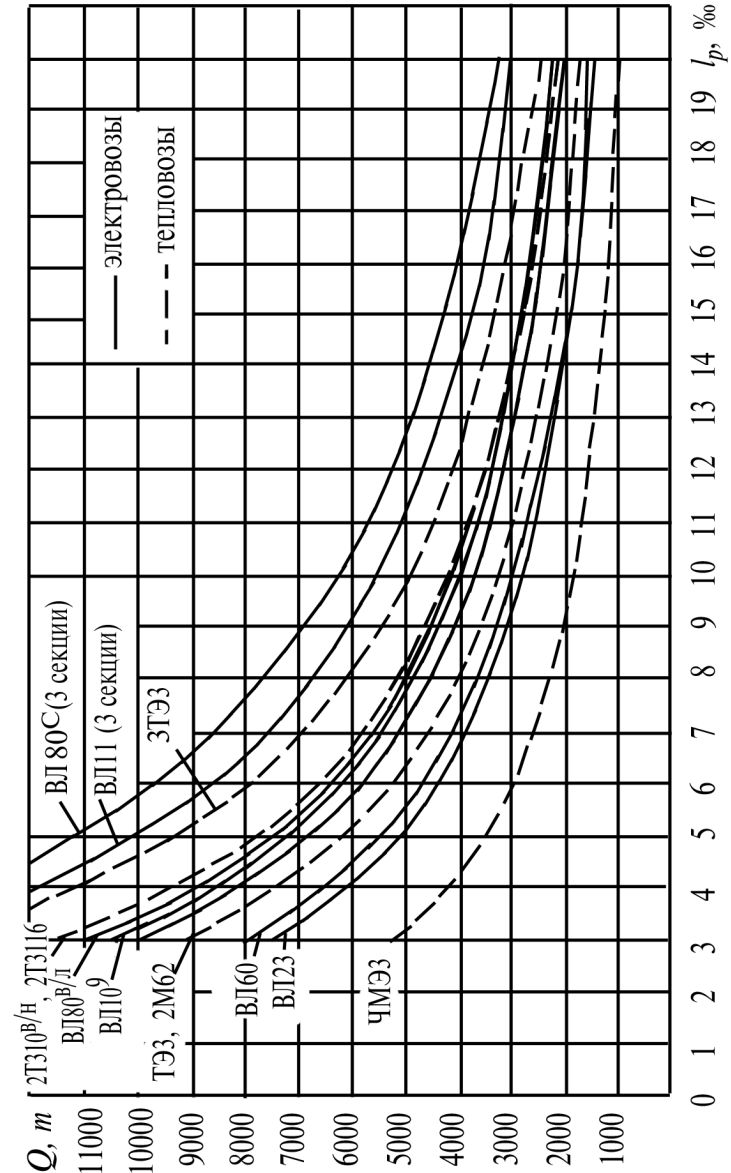


Рис. 9.1. Зависимость массы состава брутто от величины руководящего уклона и типа локомотива

а) линия однопутная, полуавтоблокировка (ПАБ), параллельный обыкновенный график движения, остановочное скрещение на раздельных пунктах:

$$n_{\max} = \frac{1440}{T} = \frac{(1440-120)\alpha_{\text{н}}}{t' + t'' + \tau_{\text{нп}} + \tau_{\text{ск}} + t_{\text{р}} + t_3}; \quad (9.3)$$

б) линия однопутная, автоблокировка (АБ), частично-пакетный график при двух поездах в пакете и двух непакетных поездах, остановочное скрещение пакетов на раздельных пунктах:

$$n_{\max} = \frac{1440}{T_{\text{чп}}} = \frac{1440 \cdot 2}{(2-\alpha) \cdot T + 2I\alpha}; \quad (9.4)$$

в) линия однопутная, АБ, сооружение дополнительных путей на раздельных пунктах, пакетный график движения, остановочное скрещение на раздельных пунктах:

$$n_{\max} = \frac{1440}{T_{\text{чп}}} = \frac{1440 \cdot K}{T + 2I(K-1)}; \quad (9.5)$$

г) линия однопутная, АБ, удлинение приемо-отправочных путей раздельных пунктов до длины двухпутной вставки, безостановочное скрещение одиночных поездов на раздельных пунктах:

$$n_{\max} = \frac{1440}{T_{\text{бо}}} = \frac{1440}{T - \tau_{\text{нп}} - \tau_{\text{ск}} - t_{\text{р}} - t_3} = \frac{1440}{t' + t''}; \quad (9.6)$$

д) линия однопутная с двухпутными вставками, расположенными примерно на середине перегонов, АБ, безостановочное скрещение одиночных поездов на раздельных пунктах:

$$n_{\max} = \frac{1440}{0,5T_{\text{бо}}} = \frac{1440}{0,5(t' + t'')}; \quad (9.7)$$

е) двухпутная линия, ПАБ или АБ, ЭЦ или ДЦ, пакетный график движения:

$$n_{\max} = \frac{(1440-120)\alpha_{\text{н}}}{I}. \quad (9.8)$$

В формулах (9.1–9.8) обозначения следующие:  $T$  – период параллельного обыкновенного графика движения поездов применительно к ограничивающему перегону, мин (принимается по табл. 4.1 задания);  $I$  – интервал времени между поездами в пакете, мин. (принимается в зависимости от технического оснащения устройствами СЦБ и связи); в расчетах принимают  $I = 10$  мин при тепловозной тяге; 7–8 мин при электрической;  $\alpha$  – коэффициент пакетности, показывающий, какая часть поездов пропускается пакетами; в проекте можно принять  $\alpha = 0,67$ ;  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент надежности выполнения эксплуатационной работы (для однопутных линий 0,92, для двухпутных 0,88);  $\tau_{\text{нп}}$  – интервал неодновременного прибытия поездов, мин (табл. 9.1);  $\tau_{\text{ск}}$  – интервал скрещения поездов, мин. (табл. 9.1);  $t_{\text{р}}, t_3$  – время соответственно на разгон и замедление, мин. (табл. 9.2);  $K$  – число поездов в пакете (можно принять  $K = 2-3$ );  $t', t''$  – время хода поезда по перегону соответственно «туда» и «обратно», мин.;  $\tau_{\text{ст}}$  – станционный интервал попутного следования, мин.; в проекте можно принять: 4 мин при ПАБ; 3 мин при АБ.

В пояснительной записке к курсовому проекту надо привести расчетные формулы с пояснениями и для примера —

Таблица 9.1

**Станционные интервалы неодновременного прибытия  $\tau_{\text{нп}}$  и скрещения  $\tau_{\text{ск}}$  поездов, мин**

Характер профиля станции-ной площадки и подходов	Средства сигнализации и связи при движении поездов							
	Полуавтоматическая блокировка				Автоматическая блокировка			
	Управление стрелками							
	ручное		ЭЦ		ЭЦ		ДЦ	
$\tau_{\text{нп}}$	$\tau_{\text{ск}}$	$\tau_{\text{нп}}$	$\tau_{\text{ск}}$	$\tau_{\text{нп}}$	$\tau_{\text{ск}}$	$\tau_{\text{нп}}$	$\tau_{\text{ск}}$	
Площадка	5	3	3	2	3	1	3	1
Яма	5	3	4	2	3	1	3	1
Горб	5*/4	3	4/3	2/2	4/3	1	3/2	1
Уступ**	5/4	3	4/3	2	4/3	1	3/2	1
Уступ***	5	3	4	2	3	1	3	1

\* числитель – тепловозная тяга, знаменатель – электрическая тяга;

\*\* при безостановочном скрещении для поезда, идущего на подъем;

\*\*\* при безостановочном скрещении для поезда, идущего на спуск

Время на разгон  $t_p$  и замедление  $t_3$ , мин.

Характер профиля	$i_p=4\%$		$i_p=6\%$		$i_p=9\%$		$i_p=12\%$	
	$t_3$	$t_p$	$t_3$	$t_p$	$t_3$	$t_p$	$t_3$	$t_p$
<i>Тепловозная тяга</i>								
Площадка	1	7	1	6	1,5	5	1,5	4,5
Яма	1	15,5	1,5	1,5	1,5	8,5	2	8,5
Горб	0,5	2	0,5	2	0,5	1,5	0,5	1,5
Уступ на подъём с площадкой	0,5	2,5	0,5	2,5	0,5	2,5	0,5	2
То же на спуск	1,5	5	1,5	4	1,5	2,5	2	2
Уступ с уклоном 1,5 % на подъём	1,5	2,5	0,5	4	0,5	2	0,5	2
То же на спуск	1,5	4,5	1,5	4	1,5	2,5	2	2
<i>Электрическая тяга (числитель – на постоянном токе, знаменатель – на переменном)</i>								
Площадка	1/1,5	4/4,5	1,5/1,5	4,5/4,5	1,5/1,5	4/4	1,5/1,5	3/3
Яма	1,5/1,5	7,5*/8,5	1,5/1,5	7*/6	1,5/2	5/3,5	2/2	4/2,5
Горб	1/1	3/3,5	1/1	2,5/2	1/1,5	1,5/2	1/1	1,5/1,5
Уступ на подъём с площадкой	1/1	4,5*/7	1/2	4*/3	1/1	2,5/2	1/1	2,5/1,5
То же на спуск	1,5/1,5	4,5*/4,5	1,5/1,5	3,5*/3	1,5/2	2,5/2,5	2/2	2/1,5
Уступ с уклоном 1,5 % на подъём	1/1	4/7	1,5/1	4,5*/2,5	1/1	2,5*/2	1/1	2,5/1,5
То же на спуск	1,5/1,5	4/4	1,5/1,5	4*/3	1,5/1,5	2,5/2	2/2	2/1,5

\* С учётом удлинения раздельного пункта для разгона.

подсчёт  $n_{\max}$  и  $n_{\text{гр.в}}$  для одного расчетного срока (на 2-й год эксплуатации) при тепловозной и электрической тяге. Результаты остальных подсчетов приводятся в табличной форме (табл. 9.3).

Таблица 9.3

### Пропускная способность железной дороги при различном техническом оснащении

Вид тяги и тип локомотива	Тип графика	Период обычного графика, мин.	$n_{\max}$ , пар поездов в сутки	$n_{\text{гр.в}}$ , пар поездов в сутки по годам эксплуатации			
				2	5	10	15
1	2	3	4	5	6	7	8
Электрическая, локомотив ...	Обыкновенный, параллельный						
	то же частично-пакетный, ...						
Тепловозная, локомотив ...	Обыкновенный, параллельный						
	то же частично-пакетный, ...						

Далее следует расчёт возможной провозной способности по формуле (9.1). В пояснительной записке к проекту приводится подробный расчёт только для одного расчетного срока, а результаты остальных расчётов сводятся в таблицу по форме табл. 9.4.

Таблица 9.4

### Провозная способность железной дороги при различном техническом оснащении

Вид тяги и тип локомотива	Тип графика	Масса поезда брутто, т	$\rho$ , млн. т в год	$\Gamma_{\text{в}}$ , млн. т в год по годам эксплуатации			
				2	5	10	15
1	2	3	4	5	6	7	8
Электрическая, локомотив ...	Обыкновенный, параллельный						
	то же частично-пакетный, ...						
Тепловозная, локомотив ...	Обыкновенный, параллельный						
	то же частично-пакетный, ...						

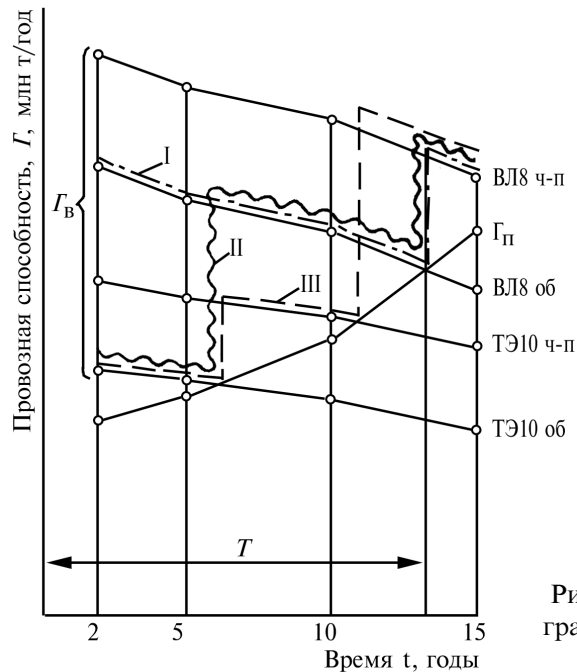


Рис. 9.2. Варианты графиков овладения перевозками

По данным расчетов (графы 6...9 табл. 9.4) строятся графики изменения во времени возможной провозной способности (рис. 9.2). На этот же график наносят потребную провозную способность. Их совместный анализ позволяет выявить моменты исчерпания возможной провозной способности при каждом техническом состоянии железной дороги и наметить различные варианты схемы наращивания мощности. В рассматриваемом примере намечены следующие варианты:

**вариант I** – предусматривается работа дороги при электрической тяге с первых лет эксплуатации (локомотив ВЛ8);

**вариант II** – дорога сдается в эксплуатацию при тепловозной тяге (локомотив ТЭ10); после 10-го года эксплуатации, т.е. после того как возможности тепловозной тяги при обычном графике движения поездов будут исчерпаны, намечается переход на электрическую тягу (локомотив ВЛ8);

**вариант III** – дорога сдается в эксплуатацию при тепловозной тяге (обыкновенный график); на 6-м году предусматривается переход на частично-пакетный график, а на 11-м году – электрификация (при частично-пакетном графике).

Намеченные схемы овладения перевозками характеризуются многоэтапными капитальными вложениями. В таких случаях сравнение вариантов выполняют по величине приведенных затрат:

$$Z = \sum_1^T K_t \alpha_t + \sum_1^T \mathcal{E}_t \alpha_t, \quad (9.9)$$

где  $K_t$  – капитальные вложения, приведенные в  $t$ -м году эксплуатации на переход из одного технического состояния в другое, включая первоначальные капитальные вложения (если они равны по вариантам, их можно не учитывать) и возвратные суммы в том же году, учитываемые со знаком «минус», млн руб.;  $\mathcal{E}_t$  – то же, эксплуатационные расходы, млн руб./год;  $\alpha_t$  – коэффициент, учитывающий неравноценность разновременных затрат в год  $t$  по сравнению с начальным, определяемый по формуле

$$\alpha_t = (1+E)^{-t}, \quad (9.10)$$

где  $E$  – норматив приведения разновременных затрат, принимаемый по заданию (табл. 1);  $T$  – период суммирования затрат, годы, т.е. срок, за пределами которого варианты равноценны.

Величина  $Z$  является основой для выбора лучшего из намеченных вариантов, характеризуемого наименьшей суммой приведенных затрат за расчетный период.

Капитальные вложения, входящие в  $Z$ , могут быть определены по укрупненным показателям.

При введении частично-пакетного графика движения поездов в составе капитальных вложений должны быть предусмотрены затраты на сооружение дополнительных приемо-отправочных путей на части отдельных пунктов. Число  $n_{\text{рпн}}$  таких отдельных пунктов зависит от коэффициента пакетности  $\alpha$ . В случае  $\alpha = 0,67$  дополнительные приемо-отправочные пути укладываются через один отдельный пункт.

Тогда стоимость строительства дополнительных приемо-отправочных путей составит

$$A_{\text{дп}} = n_{\text{рпп}} [(l_{\text{по}} + 0,2) k_{\text{дп}} + k_{\text{стр}}], \quad (9.11)$$

где  $l_{\text{по}}$  – полезная длина приемо-отправочных путей, км; может быть определена в зависимости от массы поезда брутто и средней погонной нагрузки на 1 м пути. В курсовом проекте можно принять среднюю погонную нагрузку  $q_{\text{ср}} = 4 \dots 4,5$  т/м. Тогда  $l_{\text{по}} = Q_{\text{бр}}/q_{\text{ср}} + 100$  м (принимается ближайшее большее стандартное значение);  $k_{\text{дп}}$  – стоимость пристройки 1 км дополнительного приемо-отправочного пути (в легких условиях 170–200 тыс. руб., в трудных – 250 ... 300 тыс. руб.);  $k_{\text{стр}}$  – стоимость сооружения одного стрелочного перевода и его централизации (можно условно принять 20 тыс. руб.).

Число  $n_{\text{рпп}}$  реконструируемых отдельных пунктов можно вычислить в зависимости от общего числа отдельных пунктов  $N$ , определяемого по формуле

$$N = L/l + 1, \quad (9.12)$$

где  $L$  – общая длина реконструируемого участка, км (принимается по заданию);  $l$  – средняя длина перегона на реконструируемом участке, км (принимается по заданию).

Тогда  $n_{\text{рпп}} = N/2$  (округляется в сторону увеличения до целого).

Средняя стоимость электрификации 1 км однопутной линии условно принимается при переменном токе 140 тыс. руб., при постоянном – 160 тыс. руб.

Если электрифицируется пристраиваемый второй путь, то средняя покилометровая стоимость электрификации — 100 тыс. руб. А в случае электрификации двухпутной магистрали средняя стоимость работ по электрификации условно составляет 230 тыс. руб./км при переменном токе и 240 тыс. руб./км при постоянном токе.

Средняя стоимость пристройки 1 км второго пути – 400 тыс. руб./км в легких условиях, 600 тыс. руб./км в тяжелых условиях.

Эксплуатационные расходы слагаются из расходов  $\mathcal{E}_{\text{дв}}$ , пропорциональных размерам движения, и расходов  $\mathcal{E}_{\text{пу}}$  по содержанию постоянных устройств, т.е.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{дв}} + \mathcal{E}_{\text{пу}}, \quad (9.13)$$

При подсчете  $\mathcal{E}$  для сравнения вариантов в курсовом проекте условно учитываются расходы только по грузовому движению.

С учетом этого эксплуатационные расходы определяются по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{дв}} = 365 n_{\text{гр}} C_{\text{пр}} \times 10^{-3}, \quad (9.14)$$

где  $C_{\text{пр}}$  – расходы, руб./поезд, по пробегу поездом маршрута длиной  $L$ , км;

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{пк}}^0 L + A(H + 0,012 \sum \alpha) + B(H_c - 0,012 \sum \alpha_c) - B l_c, \quad (9.15)$$

где  $C_{\text{пк}}^0$  – норма расхода на пробег поездом 1 км на площадке, руб./км;  $A$  – то же, на преодоление 1 м высоты, руб./м;  $H$  – алгебраическая разность отметок конечной и начальной точек маршрута, м;  $\sum \alpha$  – сумма градусов углов поворота всех кривых на маршруте;  $B$  – норма дополнительных расходов на движение поездов (с подтормаживанием) на каждый метр высоты тормозного спуска, руб./м;  $H_c$  – сумма высот всех спусков на маршруте данного направления, имеющих крутизну более предельно безвредного уклона;  $\sum \alpha_c$  – сумма углов поворота кривых в пределах этих спусков, °;  $B$  – поправка к величине расходов на тормозных спусках, учитывающая часть кинетической энергии поезда, расходуемую на преодоление основного удельного сопротивления подвижного состава;  $l_c$  – протяжение тормозных спусков, км.

Числовые значения показателей, входящих в формулу (9.15), принимаются условно в зависимости от учебного шифра студента (табл. 9.5).

Расходы по содержанию постоянных устройств определяются по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{пу}} = C_{\text{лин}} L, \quad (9.16)$$



где  $C_{\text{лин}}$  – удельные затраты по содержанию постоянных устройств, пропорциональные длине линии и определяемые по укрупненным данным (табл. 9.7).

Нормативные данные для расчета по формулам (9.6) и (9.16) приведены в табл. 9.6.

Таблица 9.5

**Исходные данные для расчета эксплуатационных затрат по пробегу одним поездом участка**

Показатель в формуле (9.15)	Правило определения числового значения показателя
$H$ , м	Две последние цифры учебного шифра
$\Sigma\alpha$ , °	Три последние цифры учебного шифра
$H_c$ , м	Сумма двух последних цифр учебного шифра
$\Sigma\alpha_c$ , °	Сумма трех последних цифр учебного шифра
$l_c$ , км	Число букв в фамилии студента

Значение  $\mathcal{E}$  надо подсчитывать для каждого года перехода от одного технического состояния к другому и для конечного срока суммирования затрат. Расходы для остальных лет в пределах принятого периода суммирования затрат определяются линейной интерполяцией.

В пояснительной записке приводятся подробные подсчеты лишь для одного расчетного срока по обоим видам тяги, а результаты вычислений для других сроков даются в табличной форме (см. пример ниже).

В состав годовых эксплуатационных расходов удобно включать расходы на пополнение локомотивного парка. Они определяются на основе расчетов потребного числа локомотивов и преysкурантных цен (табл. 9.8). Потребное число локомотивов зависит от размеров движения и производительности локомотива. Размеры движения, пар поездов в сутки, определяются по формуле

$$n_{cp} = \frac{\Gamma_n \gamma 10^3}{365 Q_n} \quad (9.17)$$

где  $\Gamma_n$  – потребная провозная способность проектируемой железной дороги, млн т/год;  $\gamma$  – коэффициент неравномерности перевозок,  $\gamma = 1,1$ .

Таблица 9.6

**Укрупненные нормы для определения стоимости пробега поездов по способу показателей трассы, руб.**

Локомотив	Масса брутто, т	$C_{нк}^0$	A	Б	С
1	2	3	4	5	6
2ТЭ3	2200	1,35	0,218	0,279	0,69
	3000	1,72	0,278	0,358	0,89
	4000	2,16	0,350	0,455	1,13
	5000	2,58	0,414	0,543	1,35
	6000	2,99	0,479	0,632	1,56
	7000	3,30	0,519	0,697	1,66
2ТЭ10В	7500	3,62	0,561	0,751	1,88
	2800	1,60	0,269	0,344	0,79
	3000	1,75	0,285	0,365	0,90
	4000	2,25	0,363	0,466	1,19
	5000	2,75	0,435	0,563	1,49
	6000	3,20	0,498	0,651	1,75
	7000	3,60	0,560	0,738	1,94
	8000	3,96	0,615	0,818	2,10
ВЛ23	9000	4,30	0,660	0,880	2,24
	1900	1,03	0,133	0,183	0,50
	2000	1,07	0,138	0,190	0,52
	3000	1,48	0,196	0,272	0,72
	4000	1,87	0,248	0,348	0,92
	5000	2,26	0,298	0,422	1,10
ВЛ8	6000	2,63	0,345	0,493	1,25
	2600	1,36	0,179	0,246	0,67
	3000	1,53	0,200	0,276	0,75
	4000	1,93	0,257	0,357	0,95
	5000	2,32	0,311	0,434	1,49
	6000	2,71	0,362	0,509	1,33
ВЛ60*	7000	3,09	0,411	0,584	1,51
	8000	3,47	0,455	0,650	1,68
	205С	1,05	0,134	0,186	0,47
	3000	1,50	0,186	0,260	0,72
	4000	1,94	0,237	0,334	0,95
	5000	2,32	0,266	0,406	1,13
ВЛ60*	6000	2,67	0,333	0,477	1,28
	6700	2,68	0,362	0,522	1,34

Примечание. Для промежуточной массы поезда величины нормативов вычисляются интерполированием.

Таблица 9.7

**Укрупненные показатели по содержанию и эксплуатации линейных устройств на 1 км длины главных путей, тыс. руб./год, на однопутной железной дороге**

Вид тяги	Средства СЦБ и связи					
	ПАБ		АБ		ДЦ	
	Число пар реальных поездов в сутки					
	до 24	более 24	до 24	более 24	до 24	более 24
Тепловозная	6,1	6,1	7,4	7,5	7,6	7,7
Электрическая на постоянном токе	11,6	11,6	12,9	13,0	13,1	13,2
То же на переменном токе	9,9	10,0	11,3	11,4	11,5	11,6

Таблица 9.8

**Стоимость подвижного состава**

Локомотив	Тыс. руб.	Локомотив	Тыс. руб.
2ТЭЗ	246,0	ВЛ8	170,8
2ТЭ116	569,0	ВЛ10	241,0
2ТЭ10В	369,0	ВЛ11	433,0
2ТЭ121	638,0	ВЛ60	178,0
ВЛ23	138,0	ВЛ80 <sup>с</sup>	330,0

Рабочий парк локомотивов грузового движения

$$L_{\text{раб}} = T_{\text{л}} n_{\text{гр}} / 24, \quad (9.18)$$

где  $T_{\text{л}}$  – время полного оборота локомотива при обслуживании одной пары поездов на рассматриваемой железной дороге протяженностью  $L$ , км;

$$T_{\text{л}} = 2L/v_{\text{уч}} + t_{\text{л}}, \quad (9.19)$$

$v_{\text{уч}}$  – участковая скорость, км/ч (условно 40 км/ч при электрической тяге и 30 км/ч при тепловозной);  $t_{\text{л}}$  – среднее время простоя локомотива (по прибытию и отправлению, ч), принимаемое:

- при электрической тяге

$$t_{\text{л}} = 2,89 + 0,0033L + 77/n_{\text{гр}}, \quad (9.20)$$

- при тепловозной тяге

$$t_{\text{л}} = 4,08 + 0,0055L + 77/n_{\text{гр}}. \quad (9.21)$$

Инвентарный парк поездных локомотивов грузового движения

$$L_{\text{л}} = L_{\text{раб}} \alpha_{\text{л}}, \quad (9.22)$$

где  $\alpha_{\text{л}}$  – коэффициент перехода, учитывающий локомотивы, находящиеся во всех видах ремонта;

$$\alpha_{\text{л}}^{\text{э}} = 1,10 \text{ и } \alpha_{\text{л}}^{\text{тв}} = 1,20.$$

*Пример* расчёта суммарных приведенных строительно-эксплуатационных затрат.

Затраты определим для одной схемы этапного наращивания провозной способности (вариант III на рис. 9.2).

Исходные данные: длина реконструируемой железной дороги 103 км, руководящий уклон 9 ‰, масса состава брутто при электрической тяге (ВЛ8) – 4100 т, при тепловозной тяге (2ТЭ10) – 3650 т, отношение массы состава нетто к массе состава брутто 0,71. Расчетный срок суммирования затрат 13 лет. Полезная длина приемо-отправочных путей 1050 м. Условия строительства легкие.

Затраты в связи с переходом на частично-пакетный график движения поездов: устройство дополнительных приемо-отправочных путей на отдельных пунктах ( $n_{\text{рпм}} = (103/17 + 1)/2 = 3,5 \approx 4$ ) потребует капитальных вложений

$A_{\text{дп}} = 4[(1,05+0,2) \times 0,19 + 2 \times 0,027] = 1,11$  млн руб., а с учетом индексировющего множителя (условно)

$$A_{\text{дп}} = 1,30 \times 1,11 = 1,443 \text{ млн руб.}$$

Электрификация однопутной линии на постоянном токе (с учетом индексировющего множителя)

$$A_{\text{эл}} = 0,16 \times 103 \times 1,11 = 18,293 \text{ млн руб.}$$

Затем рассчитаем эксплуатационные расходы по передвижению поездов.

Число грузовых поездов на 2-й год эксплуатации (при заданной грузонапряженности 25 млн ткм/км в год при тепловозной тяге)

$$n_{\text{гр}} = 22,3 \times 10^3 \times 1,1 / (365 \times 2,512) = 25,9 \approx 26 \text{ поездов.}$$

Расходы  $C_{\text{пр}}$  по пробегу одним поездом участка длиной 103 км в одном направлении «туда» студент Петров (учебный шифр С-325) вычисляет по следующим исходным данным:  $H = 25$  м,  $\sum \alpha_{\text{T}} = 325^\circ$ ;  $H_c = 7$  м,  $\alpha = 10^\circ \sum \alpha_c = 6$  км. Тогда

$$C_{\text{пр}}^m = 2,30 \times 103 + 0,370 \times (25 + 0,012 \times 325) + 0,475 \times (7 - 0,012 \times 10) - 1,22 \times 6 = 243,55 \text{ руб.}$$

В направлении «обратно» ( $H = -25$  м,  $H_c = -7$  м),

$$C_{\text{пр}}^{об} = 2,30 \times 103 + 0,370 \times (-25 + 0,012 \times 325) + 0,476 \times (-7 - 0,012 \times 10) - 1,22 \times 6 = 218,38 \text{ руб.}$$

Для расчетов при другом локомотиве нужно изменить только  $C_{\text{тк}}^0$ ,  $A$ ,  $B$  и  $V$ , а для другого участка при том же локомотиве – показатели перегона.

Расходы по передвижению пары поездов по участку протяжением 103 км составят:  $C_{\text{пр}} = 243,55 + 218,38 = 461,93$  руб., а общие затраты по передвижению поездов на 2-й год эксплуатации  $\mathcal{E}_{\text{дв}} = 461,93 \times 26 \times 365 = 4383716$  руб.  $\approx 4,384$  млн руб.

Расходы по содержанию постоянных устройств  $\mathcal{E}_{\text{дв}} = 7,5 \times 103 = 0,772$  млн руб./год.

Сюда же должны быть включены расходы на пополнение локомотивного парка, представляющие собой разность между стоимостью инвентарного парка на начало расчетного периода и на 2-й год эксплуатации.

На начало расчетного периода при провозной способности 20 млн т/год

$$n_{\text{гр}} = 20 \times 10^3 \times 1,1 / (365 \times 2,592) = 23,2 \approx 23 \text{ поездов.}$$

Среднее время простоя тепловозов (по прибытию и отправлению, ч)  $t_n^m = 4,08 + 0,0055 \times 103 + 77/23 = 8,0$  ч.

Время полного оборота тепловозов на обслуживание одной пары поездов на рассматриваемом участке

$$T_n = 2 \times 103/30 + 8,0 = 14,87 \text{ ч.}$$

Рабочий парк тепловозов для грузового движения  $L_{\text{раб}} = 14,87 - 23/24 = 14,25$  тепловоза. Инвентарный парк  $L_{\text{инв}} = 1,20 \times 14,25 = 17,1$  тепловоза.

Аналогично на 2-й год эксплуатации при  $n_{\text{гр}} = 26$  поездов,

$$t_n^m = 4,08 + 0,0055 \times 103 + 77/26 = 7,61 \text{ ч,}$$

$$T_n = 103/30 + 7,61 = 14,48 \text{ ч,}$$

$$L_{\text{раб}} = 14,48 \times 26/24 = 15,69 \text{ тепловоза,}$$

$$L_{\text{инв}} = 1,20 \times 15,69 = 16,82 \text{ тепловоза.}$$

Необходимое пополнение парка тепловозов составляет  $18,8 - 17,1 = 1,7 \approx 2$  тепловоза 2ТЭ10, на что потребуется  $369 \times 2 = 738$  тыс. руб., т.е. ежегодные затраты на пополнение парка за время между началом расчетного периода и 2-м годом эксплуатации (2 года) составят  $738/2 = 369$  тыс. руб./год.

Итак, суммарные эксплуатационные затраты на 2-й год эксплуатации  $\mathcal{E} = 4,384 + 0,772 = 5,156$  млн руб.

Эксплуатационные расходы с учетом затрат на пополнение локомотивного парка для 2-го года

$$\mathcal{E} = 5,156 + 0,369 = 5,525 \text{ млн руб./год.}$$

До 11-го года включительно линия эксплуатируется на тепловозной тяге. Определим эксплуатационные расходы на 11-м году. Потребная провозная способность по заданию на этот срок составляет 40 млн т/год.

Для этого при тепловозной тяге требуется ежедневно пропускать  $n_{\text{гр}} = 40 \times 10^3 \times 1,1 / (365 \times 2,592) = 46,5 \approx 46$  поездов.

Суммарные затраты по передвижению поездов

$$\mathcal{E}_{\text{дв}} = 461,93 \times 46 \times 365 = 7,756 \text{ млн руб./год.}$$

Расходы по содержанию постоянных устройств

$$\mathcal{E}_{\text{пу}} = 7,5 \times 103 = 0,772 \text{ млн руб./год.}$$

Для расчета затрат на пополнение локомотивного парка вычислим для 11-го года:

$$t_{\text{л}}^m = 4,08 + 0,0055 \times 103 + 77/46 = 6,32 \text{ ч;}$$

$$T_{\text{л}} = 2 \times 103/30 + 6,32 = 13,19 \text{ ч;}$$

$$L_{\text{раб}} = 13,19 \times 46/24 = 25,3 \text{ тепловоза;}$$

$$L_{\text{инв}} = 1,2 \times 25,3 = 30,4 \approx 31 \text{ тепловоз.}$$

Пополнение локомотивного парка на  $31 - 19 = 12$  единиц. Ежегодные затраты на пополнение составят  $369 \times 12/9 = 492$  тыс. руб./год, т.е. эксплуатационные расходы 11-го года  $\mathcal{E} = 7,756 + 0,772 + 0,492 = 9,020$  млн руб./год (табл. 9.9 и 9.10).

На 11-м году предусматривается электрификация реконструируемого участка. При провозной способности 12-года 42 млн т/год размеры грузового движения составят

$$n_{\text{гр}} = 43,5 \times 10^3 \times 1,1 / (365 \times 2,911) \approx 45 \text{ поездов.}$$

Расходы по пробегу одним поездом с локомотивом ВЛ8 всего маршрута в направлении «туда» составят:

$$C_{\text{пр}}^m = 1,97 \times 103 + 0,261(25 + 0,012 \times 325) + 0,365(7 - 0,012 \times 10) - 0,97 \times 6 = 207,14 \text{ руб.};$$

в направлении «обратно»:

$$C_{\text{пр}}^{\text{об}} = 1,97 \times 103 + 0,261(-25 + 0,012 \times 325) + 0,365(-7 - 0,012 \times 10) - 0,97 \times 6 = 188,96 \text{ руб.};$$

в обоих направлениях:

$$C_{\text{пр}} = 207,14 + 188,98 = 396,12 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы по пробегу поездов за год

$$\mathcal{E}_{\text{дв}} = 396,12 \times 45 \times 365 = 6,506 \text{ млн руб.}$$

Расходы по содержанию постоянных устройств

$$\mathcal{E}_{\text{пу}} = 13,2 \times 103 = 1,36 \text{ млн руб.}$$

Затраты на приобретение парка электровозов (аналогично расчетам по тепловозному парку):

$$t_{\text{л}}^{\text{эл}} = 2,89 + 0,0033 \times 103 + 77/45 = 4,94 \text{ ч;}$$

$$T_{\text{л}} = 2 \times 103/40 + 4,94 = 10,09 \text{ ч;}$$

$$L_{\text{раб}}^{\text{эл}} = 10,09 \times 45/24 = 18,9 \text{ электровоза;}$$

$$L_{\text{инв}}^{\text{эл}} = 1,10 \times 18,9 = 20,8 \approx 21 \text{ электровоз.}$$

Их стоимость:  $170,8 \times 21 = 3,586$  млн руб.

Итого суммарные эксплуатационные расходы 12-го года  $\mathcal{E} = 6,50 + 1,36 + 3,586 = 11,452$  млн руб.

При этом возвратные суммы (без учета амортизации) по тепловозному парку составят:  $A^{\text{в}} = 0,369 \times 31 = 11,439$  млн руб.

Для 13-го года эксплуатации при электрической тяге (конец расчетного периода)

$$n_{\text{гр}} = 45 \times 10^3 \times 1,1 / (365 \times 2,911) = 46,6 \approx 47 \text{ поездов.}$$

Суммарные расходы по пробегу за год

$$\mathcal{E}_{\text{дв}} = 396,12 \times 47 = 6,795 \text{ млн руб.}$$

Суммарные эксплуатационные расходы

$$\mathcal{E} = 6,795 + 1,36 = 8,155 \text{ млн руб.}$$

Затраты на приобретение парка электровозов определяются при следующих данных:

$$t_{\text{л}}^{\text{эл}} = 2,89 + 0,0033 \times 103,77/47 = 4,87 \text{ ч;}$$

$$T_{\text{л}} = 2 \times 103/40 + 4,87 = 10,02 \text{ ч;}$$

$$L_{\text{раб}}^{\text{эл}} = 10,02 \times 47/24 = 19,6 \text{ электровоза;}$$

$$L_{\text{инв}}^{\text{эл}} = 1,10 \times 19,6 = 21,56 \approx 22 \text{ электровоза.}$$

Их стоимость:  $170,8 \times 22 = 3,758$  млн руб.

Итого эксплуатационные расходы 13-го года

$\mathcal{E} = 8,155 + 0,170 = 8,326$  млн руб.

Теперь можно вычислить суммарные приведенные затраты по формуле, записанной в виде:

$$Z = A_{\text{дп}} \alpha_6 + \sum_1^{13} \mathcal{E}_t \alpha_t + A_{\text{эл}}^I \alpha_{12} - A^6 \alpha_{12}.$$

Предварительно целесообразно заполнить вспомогательные таблицы (табл. 6.9 и 6.10).

Теперь нужно вычислить (при  $E = 0,08$ ):

$$\begin{aligned} Z = & 1,11 \times 0,630 + 11,429 \times 0,926 + 5,525 \times 0,857 + 6,023 \times 0,794 + \\ & + 6,368 \times 0,735 + 6,772 \times 0,681 + 7,147 \times 0,630 + \\ & + 7,522 \times 0,584 + 7,896 \times 0,540 + 8,271 \times 0,500 + 8,646 \times 0,403 + \\ & + 9,020 \times 0,429 + 11,452 \times 0,397 + 8,326 \times 0,368 + 18,293 \times 0,397 - \\ & - 11,439 \times 0,397 = 65,074 \text{ млн руб.} \end{aligned}$$

Аналогично необходимо вычислить  $Z$  для всех вариантных схем овладения перевозками и выбрать из них схему, характеризующую наименьшими приведенными затратами с учетом индексующих коэффициентов (см. табл. 4.1).

Таблица 9.9

### Суммарные эксплуатационные расходы

$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{дв}} + \mathcal{E}_{\text{пу}}$ , тыс. руб. в год

Вид тяги	Годы эксплуатации												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Электрическая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7866	8155
Тепловозная	5516	<u>5156</u>	5531	5906	6280	6655	7030	7404	7779	8154	<u>8528</u>	—	—

Примечания: 1. Подчеркнуты расходы на расчетные сроки.

2. Расходы на первый год эксплуатации приняты равными расходам второго года.

Таблица 9.10

### Эксплуатационные расходы с учетом ежегодных затрат на пополнение локомотивного парка, тыс.руб. в год

Вид тяги	Годы эксплуатации												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Электрическая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11452	8326
Тепловозная	11429	5545	6023	6398	6772	7147	7522	7896	8271	8646	9020	—	—

## 10. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВТОРОГО ПУТИ

### 10.1. Расчет междупутий и проектирование поперечных профилей земляного полотна

При разработке проекта вторых путей выполняют взаимоувязанное проектирование продольного профиля, поперечных профилей и плана реконструируемой железнодорожной линии.

За исходный элемент из этих трех следует принять продольный профиль, поскольку положение проектной головки рельса ПГР уже показано на утрированном профиле. Далее следует наметить поперечные профили и по ним определить необходимые контрольные междупутья, соответствующие принимаемым типам поперечных профилей. План линии проектируется по принятым поперечным профилям с учетом нужных конструктивных междупутий в местах строительства искусственных сооружений второго пути.

Требования к выбору типов поперечных профилей приведены в СНиП, СТН и в учебнике [2].

Величины междупутий вычисляются по формулам:

а) нормальные междупутья, м,

$$M_n = 4,10 + \Delta_{гy}, \quad (10.1)$$

где  $\Delta_{гy}$  – габаритное уширение в кривых, принимаемое по [4];

б) контрольное междупутье, м, при сохранении одного из откосов и смещении оси существующего пути в сторону, обратную пристраиваемому II пути,

$$M_k = 4,10 + \Delta_{гy} + 1,5 \Delta h'' + (a_{пр} + a_c)/2, \quad (10.2)$$

где  $\Delta h''$  – подъемка в уровне бровок земляного полотна, м;  $a_{пр}$ ,  $a_c$  – расстояние соответственно от оси проектируемого и существующего пути до бровки земляного полотна, м;

в) контрольное междупутье, м, при временном смещении оси второго пути

$$M_k = 2,75 + 1,5 \Delta h'' + a_{вр}/2, \quad (10.3)$$

где  $a_{вр}/2$  – расстояние от временной оси второго пути до временной бровки земляного полотна, м;

г) конструктивное междупутье, м, предусматриваемое при строительстве второго искусственного сооружения рядом с существующим при укладке II пути

$$M_{контр} = a_c/2 + 1,5(H_n - 2) + b/2, \quad (10.4)$$

где  $H_n$  – высота насыпи у искусственного сооружения (моста), м;  $b$  – ширина котлована под основание проектируемого искусственного сооружения (под устой), м.

Междупутья должны быть подсчитаны по всем пикетам реконструируемой линии.

Изменение междупутья предусматривается плавно. Его можно устраивать на прямой, в начале (или конце) кривой, на кривой или ее части. Способ изменения междупутья в конкретных условиях студент выбирает самостоятельно и указывает как задание на реконструкцию плана в соответствующей графе графика сводных данных.

Типы поперечных профилей земляного полотна II пути студент назначает самостоятельно в соответствии с рекомендациями [2, разд. 13.4]. Два поперечных профиля земляного полотна вместе с балластной призмой вычерчиваются в масштабе 1:100. Под поперечным профилем помещается сетка по ГОСТ [1], в которой указываются фактические и проектные отметки и расстояния.

Для углубленной проработки вопросов проектирования земляного полотна II пути в проекте можно выполнить индивидуальное проектирование, с определением устойчивости присыпаемой части, обеспечением отвода воды за счет применения дренирующего грунта, ликвидацией балластных корыт.

### 10.2. Изменение элементов существующего плана

Для изменения положения пути в плане и уширения междупутья смещают ось пути в первом случае на необходимую величину  $y$ , а во втором – на величину  $\Delta$  (уширение междупутья).

В курсовом проекте решают 1–2 задачи изменения положения пути в плане в соответствии с рекомендациями учебника [2, п. 13.8] или настоящих указаний. Ниже рассмотрен пример расчета смещения оси пути на прямой в плане методом угловых диаграмм.

*Пример.* Смещение оси пути на прямой.

Заданы: смещение по оси пути  $y$ , радиусы  $R_1$  и  $R_2$ , длина прямой вставки  $b$  (рис. 10.1).

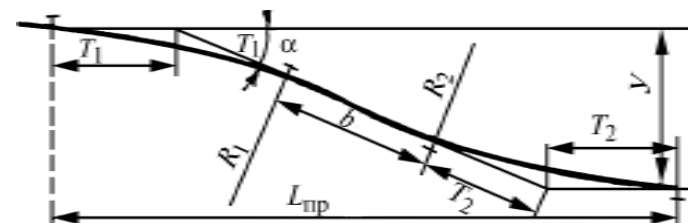


Рис. 10.1. Расчетная схема к определению смещения оси пути на прямой

Требуется определить угол  $\alpha$ , длину схода  $L_{пр}$ , удлинение  $\Delta L$  и рихтовки в характерных точках. Угол отклонения пути для обеспечения заданного смещения определяется через  $\operatorname{tg} \alpha/2$  из формулы

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{-b + \sqrt{b^2 + [2(R_1 + R_2) - y]}}{2(R_1 + R_2) - y}. \quad (10.5)$$

В курсовом проекте целесообразно принимать  $R_1 = R_2 = 4000$  м, прямая вставка  $b$  должна быть достаточна для размещения в её пределах двух половин переходных кривых ( $S_1/2$  и  $S_2/2$ ) и нормативной длины вставки между обратными кривыми, принимаемой для линий I и II категорий 150 м [2].

Формулу (10.5) без ущерба для точности расчетов ввиду малости  $y$  по сравнению с  $2(R_1 + R_2)$  можно упростить:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4Ry}}{2R} = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 16000y}}{16000}. \quad (10.6)$$

По  $\operatorname{tg} \alpha/2$  определяется угол  $\alpha$  и округляется в меньшую сторону с точностью до целой минуты, чтобы не увеличить тангенсы кривых и вследствие этого не получить  $b$  менее принятого исходного значения.

По округленному углу  $\alpha$  (и радиусу  $R = 4000$  м) вычисляют тангенсы  $T_1 = T_2 = T$  и кривые  $K_1 = K_2 = K$  и уточняют длину прямой вставки

$$b = y / \sin \alpha - 2T. \quad (10.7)$$

При округлении угла в меньшую сторону длина прямой вставки окажется несколько больше расчетной.

Длина схода  $L_{пр}$  определяется по формуле

$$L_{пр} = 2K + b, \quad (10.8)$$

а проекция схода на существующий путь

$$L_c = 2T + (2T + b) \cos \alpha. \quad (10.9)$$

Величины удлинения трассы, возникающие вследствие наличия двух обратных кривых смещения, и величина неправильного пикета определяются следующим образом.

Пикетаж по проектируемому сходу	Пикетаж по существующему пути
$HKK_1$ ПК ...=...	$HKK_1$ ПК ...=...
+	+
$K_1$ =...	$L_{сущ}$ =...
$KKK_1$ ПК ...+...	$KKK_2$ ПК ...+...
+	
$b$ =...	$KKK_2$ ПК ...+...
$HKK_2$ ПК ...=...	-
+	$KKK_{2(сущ)}$ ПК ...+...
$K_2$ =...	$\Delta\alpha$ =...
$KKK_2$ ПК ...+...	Неправильный пикет равен $100 + \Delta\alpha$

По вычисленным пикетажным значениям основных точек плана строится схема плана, а под ней – угловая диаграмма схода, по которой определяется смещение оси пути на всех пикетах и плюсах через 20 м (рис. 10.2).

Построив площадь угловой диаграммы, следует произвести её проверку (см. обозначения на рис. 10.2):

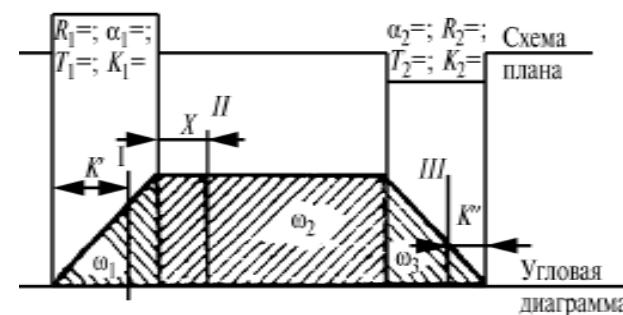


Рис. 10.2. Угловая диаграмма смещения оси пути на прямой

$$\omega_1 = \frac{K_1^2}{2R_1}, \quad \omega_2 = b\alpha_{\text{рад}}, \quad \omega_3 = \frac{K_2^2}{2R_2}.$$

Проверка площади угловой диаграммы:

$$y = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = \omega. \quad (10.10)$$

Если  $\omega = y$ , то определяется смещение оси в характерных точках.

В учебных целях приращение смещения оси определяется для трех характерных точек плана: в сечении *I-I* – в пределах первой круговой кривой, в сечении *II-II* – в пределах прямой вставки и в сечении *III-III* – в пределах второй круговой вставки (рис. 10.2) по формулам:

$$y_I = \frac{(K')^2}{2R_1}, \quad y_{II} = \frac{K_1^2}{2R_1} + x\alpha_{\text{рад}}, \quad y_{III} = y - \frac{(K'')^2}{2R_2}. \quad (10.11)$$

Если  $\omega \neq y$  и невязка больше 1 см, то выполняется разгонка невязки введением фиктивного угла

$$\alpha_{\phi} = y/(K_1 + b). \quad (10.12)$$

После этого смещения оси,  $m$ , подсчитывают, вводя вместо  $\alpha_{\text{рад}}$  полученную величину  $\alpha_{\phi}$ :

$$y_I = K' \alpha_{\phi} / 2; \quad y_{II} = K_1 \alpha_{\phi} / 2 + x \alpha_{\phi}; \quad y_{III} = y - K'' \alpha_{\phi} / 2. \quad (10.13)$$

## 11. ГРАФИК СВОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВТОРОГО ПУТИ

График сводных данных (*СД*) служит для обобщения характеристик профиля, плана и поперечных профилей и представляет собой сетку (ряд строк), которая располагается непосредственно ниже утрированного продольного профиля соответственно имеющемуся пикетажу на реконструируемой линии (на том же листе миллиметровой бумаги). В вертикальном направлении последовательность и высота строк графика *СД*, рассматривая снизу, такова:

1) задание на расчет плана второго пути, где указываются участки и способы изменения междупутья (высота графы 2 см);

2) график досыпок и подрезок, откладываемых от расположенной посередине горизонтальной оси вверх и вниз соответственно в масштабе 1:100 (высота графы 4 см);

3) типы поперечных профилей (высота графы 1 см);

4) контрольные междупутья (высота графы 1 см);

5) график контрольных, конструктивных и окончательных междупутий. Слева в этой графе помещают шкалу длин, градуированную в масштабе 1:100 для диапазона междупутий от 4 до 8 м (высота графы 4 см).

График окончательных междупутий представляет собой объемлющую графиков контрольных и конструктивных междупутий с внешней стороны. Окончательные междупутья должны быть не меньше контрольных и конструктивных;

6) окончательные междупутья (высота графы 1 см).



## ПРИЛОЖЕНИЕ

Исходные данные для проектирования утрированного продольного профиля (Вариант принимается по первой букве фамилии студента. Левая цифра отметок заменяется последней цифрой учебного шифра студента)

Вариант А			140,08	141,80	142,30
133,06	136,55	137,14	141,02	142,00	142,46
132,04	136,54	136,99	141,13	142,06	142,56
131,02	136,40	136,87	141,32	142,16	142,61
135,00	136,65	137,10	141,92	142,27	142,75
135,58	136,98	137,42	141,31	142,37	142,96
135,76	137,34	137,81	141,71	142,47	143,09
136,02	137,75	138,40	143,10	142,57	143,09
137,04	138,46	138,96	143,50	146,67	143,27
137,31	138,55	139,00	144,61	142,77	143,09
138,04	138,60	139,15	143,74	142,17	142,65
140,09	138,55	139,02	146,87	141,58	142,10
140,25	138,30	138,81	148,00	140,95	141,45
139,80	138,12	138,58	149,13	140,27	140,80
138,86	138,52	138,99	149,01	139,80	140,31
138,08	138,70	139,24	148,90	139,15	139,65
137,51	139,15	139,67	Вариант Б		
135,32	139,62	140,11	257,60	257,78	258,49
138,06	140,26	140,72	256,13	257,20	257,81
138,33	140,52	141,04	256,70	256,48	257,11
138,73	140,72	141,31	255,94	255,90	256,53
139,04	140,78	141,98	255,78	255,60	255,20
139,72	141,03	141,53	255,12	255,30	255,94
139,58	141,26	141,78	255,30	255,20	255,81
139,76	141,45	142,00	255,00	255,12	255,78
139,86	141,64	142,12	254,30	255,20	255,82

*Продолжение приложения*

254,10	255,14	255,80	259,00	259,17	259,82
253,80	255,14	255,80	258,35	258,50	259,19
252,60	255,24	255,83	Вариант В		
253,95	255,25	255,90	138,57	134,85	135,31
254,63	255,30	255,95	135,32	134,42	134,86
255,10	255,27	255,95	130,06	133,90	134,35
255,18	255,30	255,94	127,20	133,45	133,88
255,45	255,38	255,98	130,15	132,94	133,39
253,32	255,43	256,03	133,03	132,50	132,96
255,30	256,40	256,89	134,02	131,95	132,45
256,25	257,27	257,80	136,54	131,42	131,90
257,15	258,18	258,69	135,02	131,02	131,49
258,46	259,22	259,72	134,09	130,88	131,38
259,24	260,41	260,86	132,08	131,05	131,59
260,64	261,69	262,09	129,06	130,90	131,42
261,25	262,77	263,27	128,36	131,25	131,69
262,74	263,95	264,44	129,12	131,46	131,92
264,33	265,22	265,67	128,48	131,58	132,13
265,27	266,38	266,83	130,01	131,88	132,46
266,69	267,49	267,99	129,08	132,51	132,92
267,96	268,58	269,18	131,07	132,85	133,34
268,15	269,94	270,43	131,56	133,18	133,73
270,34	271,23	271,69	131,12	133,71	134,22
271,96	271,62	272,11	132,03	134,29	134,77
273,63	272,00	272,52	134,09	134,81	135,36
274,94	272,40	272,89	130,08	135,48	135,97
275,26	272,64	273,12	130,04	136,03	136,55
261,08	261,15	261,72	135,06	136,57	137,12
260,30	260,40	261,08	140,32	137,17	137,66
259,15	259,85	260,41	143,54	137,69	138,23

Продолжение приложения

145,29	138,36	138,84
144,91	138,18	138,70
143,88	138,32	138,82
142,12	138,58	139,04
138,03	138,80	139,28
136,01	139,45	138,96
135,09	138,10	138,59
134,59	137,78	138,31
136,06	137,75	138,31
136,01	137,48	138,00
135,02	137,12	137,58
134,56	136,70	137,16
135,09	136,75	137,20
137,08	136,80	137,35
Вариант Г		
255,60	255,90	256,45
255,70	255,92	256,47
255,30	255,97	256,42
255,00	255,75	256,30
256,00	255,80	256,34
256,20	255,92	256,52
255,90	256,09	256,64
255,20	255,99	256,54
254,10	255,09	256,64
253,10	256,13	256,68
254,70	256,53	257,18
256,50	257,40	257,93
256,30	258,13	258,73
258,00	258,94	259,46
258,50	259,53	260,13

258,30	260,25	260,83
259,80	260,81	261,41
260,70	261,29	261,79
262,30	261,33	261,96
261,60	261,20	261,71
260,30	260,64	261,22
259,40	260,00	260,59
258,35	259,30	259,89
258,05	258,67	259,22
257,30	258,03	258,62
256,00	257,40	257,97
255,13	257,02	257,55
254,12	256,85	257,34
252,33	256,50	257,19
253,76	256,86	257,35
256,34	257,15	257,69
257,48	257,72	258,22
258,00	258,35	258,89
258,45	259,00	259,57
259,30	259,82	260,29
260,45	260,38	260,98
260,70	260,96	261,51
261,03	261,39	261,99
261,15	261,78	262,28
264,00	261,70	262,29
263,60	261,40	262,10
Вариант Д		
121,12	122,43	122,93
121,58	122,51	123,01
121,86	122,58	123,08

Продолжение приложения

121,85	122,75	123,90
121,52	122,75	123,20
121,78	123,00	123,45
121,95	123,00	123,50
121,84	122,75	123,29
121,85	122,72	123,20
121,76	123,10	123,61
122,07	123,60	123,06
120,36	123,70	124,20
119,20	123,54	124,01
121,42	123,55	124,00
122,16	123,70	124,20
123,13	124,10	124,68
124,72	124,70	125,20
126,12	124,90	125,42
127,60	124,95	125,42
128,26	125,10	125,60
128,50	125,45	126,01
127,62	125,95	126,40
125,26	126,55	126,96
124,60	127,00	127,50
125,14	127,45	128,06
126,43	128,10	128,65
128,12	128,75	129,22
128,16	129,42	129,80
128,44	129,95	130,39
129,18	130,51	130,99
129,47	130,95	131,40
130,12	131,30	131,85
130,24	131,80	132,32

129,44	132,15	132,71
129,22	132,51	133,01
130,03	132,51	133,01
131,14	132,95	133,44
132,06	133,45	133,89
132,47	133,95	134,37
135,14	134,52	134,92
134,13	134,93	135,39
140,06	135,15	135,63
Вариант Е		
339,18	340,25	340,88
338,10	340,19	340,71
338,27	340,99	341,64
339,90	342,65	343,18
343,61	343,99	344,52
347,28	345,68	346,29
348,11	347,21	347,81
349,10	349,19	349,72
352,18	352,19	352,67
353,67	353,99	354,51
355,09	355,69	356,34
357,14	357,88	358,48
358,19	359,26	359,80
360,04	361,95	362,64
362,49	364,56	365,27
364,67	367,41	367,90
366,84	369,96	370,42
368,52	370,25	370,97
370,09	372,56	373,06
372,17	374,85	375,44

Продолжение приложения

373,27	375,47	376,01
374,82	377,04	377,62
375,11	378,21	378,85
376,29	379,84	380,49
377,44	380,79	381,37
378,49	382,90	383,50
380,01	384,90	385,41
382,46	386,11	386,59
383,77	386,98,	387,62
385,04	387,77	388,30
387,52	388,70	389,41
388,69	389,55	390,19
390,11	391,42	391,90
391,49	392,66	393,18
393,64	393,69	394,31
395,10	394,90	395,48
400,07	396,55	397,21
401,55	397,22	397,80
402,69	398,47	398,92
402,57	399,25	399,77
403,29	399,00	399,62
Вариант Ж		
276,92	272,53	273,04
275,52	272,69	273,16
274,81	272,55	273,01
273,64	271,40	271,86
271,37	270,31	270,74
268,73	269,21	269,70
267,15	268,13	268,61
266,12	266,97	267,49

264,78	265,78	266,31
262,37	264,41	265,00
261,28	263,21	263,72
259,74	261,96	262,46
258,36	260,67	261,26
257,67	260,74	261,24
255,74	260,75	261,27
260,12	260,72	261,23
260,35	260,81	261,30
262,07	260,86	261,34
264,36	260,72	261,22
263,74	260,89	261,37
262,11	260,51	261,45
259,92	260,72	261,38
259,00	260,29	260,92
259,03	259,72	260,42
258,13	259,18	259,79
257,86	258,55	259,18
257,18	257,92	258,54
257,30	257,24	257,95
259,85	256,70	257,34
260,13	256,10	256,76
259,12	255,32	255,93
257,34	254,48	255,15
255,12	253,72	254,35
252,86	252,80	253,49
251,03	251,03	252,67
250,17	251,27	251,88
249,76	316,42	251,11
249,25	249,64	250,31

Продолжение приложения

247,13	248,92	249,59
247,48	248,25	248,95
247,67	247,75	248,44
Вариант З		
255,60	255,90	256,45
255,70	255,92	256,47
255,30	255,97	256,42
257,30	255,96	256,48
258,45	256,04	256,52
257,76	256,00	256,49
256,12	255,90	256,44
254,93	255,24	255,76
253,68	254,59	255,11
251,34	253,92	254,44
250,28	253,21	253,74
251,96	252,48	253,01
251,73	251,85	252,36
250,44	251,17	251,68
249,76	250,52	251,02
249,12	249,89	250,37
248,24	249,22	249,70
248,00	248,49	249,01
247,08	247,86	248,38
246,15	247,25	247,74
245,31	247,12	247,61
244,18	247,29	247,76
245,51	247,24	247,76
246,84	247,18	247,69
248,15	247,33	247,82
249,68	247,85	248,38

253,44	248,47	249,01
254,82	249,14	249,68
254,16	249,79	250,32
252,39	250,51	251,03
250,67	251,19	251,72
251,14	251,96	252,45
250,86	252,62	253,13
250,19	253,31	253,82
248,76	253,96	254,47
250,91	254,60	255,14
252,68	255,27	255,80
255,17	256,00	256,48
256,73	256,65	257,13
Вариант И		
349,09	351,83	352,13
348,61	350,82	351,53
347,29	349,79	350,26
346,88	349,37	349,88
346,05	348,09	348,59
345,71	347,22	347,84
345,08	346,88	347,32
344,15	345,74	346,28
343,66	344,95	345,56
342,91	343,93	344,52
341,52	342,80	343,45
340,65	341,53	342,08
339,60	340,68	341,33
338,28	339,26	339,89
337,56	338,14	338,69
336,17	336,99	337,58

Продолжение приложения

335,15	336,34	336,97
332,61	334,68	335,11
330,12	333,02	333,70
329,45	331,95	332,63
328,17	330,46	330,98
327,84	329,51	330,06
327,16	328,00	328,59
326,57	327,15	327,81
324,80	326,32	326,95
323,71	325,23	325,86
322,92	324,46	324,99
322,07	324,08	324,61
321,54	323,55	324,11
320,85	322,05	322,71
320,16	321,66	322,16
318,67	320,69	321,08
317,80	319,65	320,24
316,54	318,03	318,68
315,10	317,01	317,70
314,27	315,76	316,35
313,21	314,29	314,86
311,88	313,44	313,99
310,17	312,50	313,16
308,86	310,64	311,29
310,12	310,00	310,61
Вариант К		
295,00	296,10	296,58
295,40	296,10	296,56
295,00	295,80	296,35
294,60	295,50	295,99

294,60	295,11	295,69
293,50	294,90	295,44
293,20	294,60	295,17
293,15	294,41	294,94
293,09	294,26	294,80
293,64	294,13	294,69
293,80	294,03	294,53
292,50	293,69	294,37
293,70	293,45	294,09
292,50	292,90	293,46
291,90	292,21	292,76
291,20	291,53	292,01
290,20	290,78	291,27
289,30	289,84	290,41
288,80	289,07	289,61
286,30	288,15	288,69
284,10	287,08	287,70
281,80	285,90	286,61
279,80	285,03	285,76
277,30	284,51	295,26
275,10	284,58	285,32
270,50	284,80	285,49
276,70	285,22	285,77
280,20	285,74	286,30
284,60	286,63	287,15
287,70	287,52	288,04
289,70	288,39	288,88
291,10	289,25	289,70
292,30	290,02	290,49
293,70	290,78	291,26

293,80	291,60	292,06
295,40	292,29	292,80
295,60	293,07	293,60
295,00	293,80	294,38
296,60	294,59	295,16
296,30	296,33	295,85
296,70	296,00	296,55
Вариант Л		
331,62	333,15	333,67
333,51	333,86	334,52
335,04	335,26	335,88
336,51	336,92	337,55
334,98	336,52	337,04
334,11	336,39	336,91
333,80	337,75	338,29
335,01	338,29	338,94
338,62	340,55	341,18
340,04	341,37	341,90
342,75	342,80	343,54
344,97	343,88	344,23
347,12	345,17	345,70
348,77	346,98	347,49
349,10	348,02	348,52
349,85	349,71	350,14
351,82	351,71	352,30
352,50	352,40	352,91
353,71	353,85	354,37
355,10	355,14	355,68
356,71	357,32	357,90
357,11	359,62	360,28

Продолжение приложения

357,89	359,30	359,92
358,01	359,68	360,22
358,10	359,24	359,85
358,17	359,38	359,98
358,30	360,10	360,64
358,74	360,67	361,29
359,04	360,55	361,18
359,11	361,19	361,71
361,72	363,25	363,82
363,79	364,24	364,90
365,09	365,11	365,63
365,67	305,42	365,98
366,14	367,01	367,69
366,75	368,24	369,00
367,08	369,02	369,64
367,72	370,51	370,92
368,13	371,59	372,04
368,94	372,87	373,44
369,66	373,62	374,08
Вариант М		
387,11	388,37	388,91
388,19	389,06	389,57
388,25	389,73	390,22
388,35	389,55	390,15
388,45	389,47	389,90
387,18	388,00	388,56
386,85	387,92	388,48
386,02	387,14	387,81
384,01	386,19	386,73
383,37	385,02	385,63

Продолжение приложения

384,64	384,79	385,42
381,92	384,43	384,99
380,65	383,29	383,70
379,28	383,16	383,68
378,82	382,38	382,92
379,66	312,52	383,00
380,02	381,14	381,75
381,547	381,22	381,80
381,18	380,69	381,25
380,19	379,04	379,68
379,70	379,00	379,70
379,74	379,56	380,19
378,68	379,79	380,46
378,00	379,12	379,77
377,55	378,60	379,24
377,01	378,05	378,65
376,14	377,63	378,19
375,89	377,18	377,71
375,64	376,62	377,11
374,87	376,01	376,69
374,02	375,43	375,98
373,24	374,75	375,33
372,11	373,63	374,38
371,62	373,01	373,67
370,04	372,69	373,48
368,84	371,33	371,99
367,50	370,06	370,59
366,19	368,49	369,04
365,01	367,42	368,00
364,65	366,01	366,70

Вариант Н		
217,34	217,53	218,23
216,75	217,24	217,90
220,22	217,00	217,65
218,17	216,03	216,57
214,16	214,95	215,46
213,23	213,60	214,19
211,91	212,33	212,94
210,34	211,07	211,66
209,00	209,81	210,43
210,32	208,50	209,27
207,12	207,48	208,09
205,38	206,34	206,90
204,00	205,12	205,67
203,13	203,91	204,47
202,18	202,67	203,30
200,95	201,51	202,41
199,47	200,35	200,92
198,24	199,07	199,64
199,82	197,85	198,46
199,14	196,77	197,42
195,12	195,60	196,23
193,76	194,48	195,00
192,15	193,10	193,72
190,96	191,89	192,54
187,50	190,76	191,36
188,46	189,62	190,22
190,13	188,63	189,10
190,38	187,41	187,99
191,56	186,15	186,78

Продолжение приложения

189,13	185,01	185,59
182,54	183,79	184,37
180,28	182,43	183,00
176,42	181,03	181,67
175,68	180,74	181,34
174,40	180,40	180,95
171,13	180,70	181,29
180,00	180,85	182,38
180,14	185,95	183,50
182,63	184,41	184,94
184,96	185,67	186,24
186,71	186,81	187,38
Вариант О		
262,00	263,74	263,25
261,27	261,99	262,49
260,44	261,23	261,75
260,00	260,54	261,05
259,03	259,80	260,33
258,14	259,12	259,64
257,69	258,51	259,02
251,42	257,88	258,41
256,58	257,38	257,90
256,16	256,89	257,40
257,95	256,51	257,02
257,12	256,22	256,70
256,15	256,30	256,85
253,50	256,41	256,92
255,34	256,30	256,90
255,46	256,44	256,96
255,64	256,38	256,96

256,00	256,41	256,92
255,90	256,30	256,90
255,68	256,15	256,78
255,50	256,00	256,59
255,18	255,85	256,45
255,58	255,88	256,43
256,95	255,87	256,47
258,18	255,82	256,40
257,00	255,00	256,52
256,15	255,98	256,50
254,87	256,00	256,53
255,13	256,07	256,57
256,74	256,91	257,43
260,18	258,83	258,34
262,52	258,71	259,22
243,15	256,51	260,11
264,38	260,19	261,01
264,67	261,41	261,93
263,52	262,37	262,86
262,70	263,23	263,80
262,52	264,13	264,71
262,13	265,02	265,60
262,00	265,98	266,48
261,55	266,87	267,38
Вариант П		
306,82	306,89	307,52
305,04	307,06	307,68
304,78	306,66	307,19
303,27	305,44	305,96
303,49	305,8,03	305,71

Продолжение приложения

304,62	304,87	305,62
305,89	304,61	305,25
307,18	305,61	306,20
307,45	305,95	306,61
306,11	305,41	305,96
305,42	304,93	305,62
303,85	304,27	305,00
302,58	305,28	305,94
303,61	305,55	306,18
304,17	305,71	306,34
305,23	3069,25	306,95
305,92	306,80	307,56
306,31	307,22	308,02
307,08	307,90	308,61
307,77	308,62	309,32
308,13	309,514	310,22
309,21	310,44	311,15
309,50	311,27	311,95
310,01	311,49	312,37
311,87	311,50	313,26
312,34	313,32	314,01
313,52	314,40	315,05
314,61	315,27	316,00
315,77	315,70	316,56
318,19	316,43	317,15
320,34	318,21	318,80
321,25	319,17	319,92
322,41	320,49	321,43
323,62	322,20	322,88
323,90	324,07	324,60

324,51	325,08	325,72
325,16	325,42	326,06
325,92	326,30	326,92
326,59	327,42	328,03
Вариант Р		
254,90	255,51	256,05
255,12	254,93	255,42
255,80	254,32	254,86
256,91	253,74	254,25
255,73	253,18	253,72
254,13	252,60	253,16
252,11	252,14	252,65
251,16	251,65	252,18
250,37	251,16	251,70
250,06	250,69	251,24
249,37	250,24	250,77
249,63	250,29	250,82
249,81	250,31	250,85
249,94	250,30	250,83
250,02	250,24	250,77
250,18	250,33	250,88
249,76	250,31	250,80
249,38	250,40	250,89
249,03	250,50	251,03
248,92	250,50	251,16
248,90	251,00	251,50
248,35	251,30	251,81
248,91	251,55	252,08
249,28	251,06	252,56

Продолжение приложения

249,73	252,48	253,02
249,91	253,03	253,55
250,64	253,55	254,13
257,18	254,20	254,74
254,31	254,80	255,34
256,18	255,53	255,98
257,43	256,20	256,71
259,81	257,00	257,52
263,42	257,82	258,35
264,35	258,63	259,15
264,68	259,40	259,94
263,27	260,20	260,76
262,71	261,08	261,62
261,58	261,95	262,48
261,05	262,70	263,24
260,37	263,43	264,00
261,78	254,30	264,81
Вариант С		
265,63	267,81	268,31
267,85	268,47	268,98
268,56	269,17	269,63
268,87	269,80	270,31
269,15	270,44	270,96
270,12	271,09	271,60
272,08	271,78	272,26
273,95	271,27	272,78
275,16	272,77	273,28
276,31	273,28	273,77
275,28	273,78	274,29

273,85	274,28	274,78
273,09	275,36	275,83
275,08	275,82	276,35
275,15	275,86	276,37
275,21	275,89	276,41
275,08	275,87	276,38
275,13	275,92	276,43
275,28	275,97	276,50
275,64	276,06	276,54
275,11	275,91	276,42
275,36	275,86	276,39
275,12	275,97	276,47
274,87	275,95	276,47
273,12	276,79	277,30
276,25	277,51	278,11
277,81	278,42	279,00
279,00	279,42	279,91
279,44	280,27	280,79
281,19	281,19	281,71
283,47	282,09	282,60
285,23	282,98	283,47
288,00	283,84	284,35
289,14	284,71	285,20
287,33	285,55	286,06
284,09	285,36	285,82
283,46	285,16	285,67
281,77	285,17	285,70
283,21	285,26	285,78
285,15	285,12	285,64

Продолжение приложения

Вариант Т		
247,12	247,95	248,43
247,00	247,04	247,53
245,74	246,08	246,62
244,96	245,28	245,75
243,29	244,40	244,89
243,00	243,55	244,05
242,36	242,70	243,18
240,78	241,85	242,33
240,05	241,07	241,55
239,51	240,32	240,79
239,00	239,54	240,02
237,87	238,76	239,26
237,43	238,49	238,99
237,15	238,29	238,77
237,06	238,03	238,54
237,00	237,80	238,29
236,77	237,67	238,22
237,02	237,76	238,25
235,14	237,78	238,27
231,56	237,76	238,27
235,71	237,73	238,21
236,17	237,76	238,25
235,54	237,74	238,31
236,72	237,70	238,23
240,24	238,50	238,99
243,63	239,25	239,78
246,74	240,19	240,70
251,31	241,02	241,54

249,87	241,85	242,39
246,54	242,73	243,25
244,74	243,65	244,13
244,00	244,44	244,98
244,15	245,37	245,85
243,79	246,21	246,70
242,36	247,07	247,56
242,18	247,75	248,24
241,76	248,41	249,90
245,34	248,60	249,13
247,93	248,90	249,38
249,34	248,94	249,48
251,36	248,78	249,31
Вариант У		
93,08	91,60	92,10
92,76	91,60	92,15
92,34	91,65	92,15
92,06	91,65	92,17
90,12	91,70	92,20
92,08	91,70	92,19
92,06	91,60	92,04
93,88	91,50	92,03
96,56	91,45	92,07
95,54	91,44	92,06
92,77	91,70	92,21
88,72	91,78	92,28
70,32	91,90	92,21
65,43	91,70	92,20

Продолжение приложения

70,12	91,30	91,87
71,64	90,70	91,30
74,87	89,92	90,70
77,92	89,40	90,08
80,12	88,75	89,44
100,14	88,11	88,73
104,72	87,45	88,15
99,86	87,00	87,61
89,78	86,45	86,95
84,42	856,66	86,27
83,47	85,00	85,65
80,79	84,48	85,08
79,24	83,91	84,40
79,87	83,16	83,94
81,91	82,89	83,60
85,32	82,72	83,44
89,97	83,15	83,53
90,54	83,24	83,80
90,98	83,67	84,21
90,43	84,43	84,91
89,79	84,96	85,44
88,54	85,52	85,99
86,36	86,29	86,66
84,72	86,81	87,30
84,12	87,56	87,92
88,06	88,17	88,50
88,52	88,61	89,12
Вариант Ф		
270,15	271,29	271,81

271,93	272,55	273,03
272,86	273,74	274,24
274,13	275,00	275,50
275,18	276,43	276,81
276,71	277,60	278,15
278,32	249,03	279,47
280,00	280,40	280,87
281,34	281,73	282,25
282,72	263,13	283,64
283,33	284,57	285,05
285,19	285,81	286,32
286,78	287,06	287,55
288,13	288,23	288,76
289,03	289,49	289,98
290,11	290,68	291,19
291,08	291,90	292,42
292,26	293,11	293,62
296,03	294,42	294,93
298,67	295,77	296,27
300,74	297,18	297,68
302,63	297,31	297,81
304,63	297,43	297,92
302,37	297,32	297,80
301,64	297,25	297,75
297,96	296,01	296,54
296,13	294,85	295,34
293,22	293,59	294,08
291,56	292,35	292,85
290,07	291,08	291,58
288,18	289,76	290,27

Продолжение приложения

286,13	288,35	288,87
282,75	286,87	287,46
281,42	285,63	286,13
281,00	284,25	284,76
281,19	283,00	283,45
280,54	281,62	282,13
280,73	280,36	280,85
281,15	279,09	279,58
281,97	277,88	278,37
276,65	276,65	277,15
Вариант X		
190,45	188,14	188,69
191,32	189,29	189,87
190,16	190,55	191,10
194,35	191,74	192,30
194,71	192,77	193,44
195,96	194,07	194,61
195,04	195,09	195,70
195,18	196,35	196,93
197,13	197,69	198,29
196,12	198,09	199,71
195,78	200,61	201,14
198,71	201,93	202,49
201,96	203,19	203,77
205,00	204,41	204,94
211,77	205,57	206,12
212,48	206,70	207,27
210,51	207,85	208,37
209,18	208,97	209,52

208,73	210,09	210,66
210,34	211,15	211,79
211,52	212,47	213,02
210,46	213,66	214,26
212,87	214,95	215,52
215,63	216,12	216,70
216,44	217,15	217,75
217,53	218,28	218,83
218,97	219,20	219,86
221,48	220,33	220,98
224,76	221,72	222,02
224,58	222,38	223,02
223,17	223,20	223,82
223,95	223,87	224,58
224,00	224,61	225,18
226,00	225,09	225,71
227,31	225,40	226,05
226,15	225,73	226,33
225,82	225,93	226,49
225,95	226,09	226,66
226,13	226,26	226,81
255,61	226,40	226,93
225,95	226,49	227,09
Вариант Ц		
406,28	407,05	407,78
407,31	408,88	409,56
408,51	409,26	409,71
409,37	410,64	411,18
410,25	411,72	412,30

Продолжение приложения

411,27	412,70	413,32
412,14	414,01	414,52
413,06	414,22	414,78
413,95	415,43	415,96
414,21	416,00	416,59
414,42	416,62	417,09
414,93	417,02	417,77
415,02	418,26	418,88
416,32	418,43	418,99
417,50	419,07	419,69
418,16	419,66	420,31
420,00	421,04	421,64
420,89	422,35	422,88
422,11	423,64	424,32
424,55	424,69	425,28
425,06	424,67	425,29
4236,09	425,06	425,59
425,01	425,07	425,59
424,30	425,83	426,44
424,97	426,11	426,70
430,09	427,28	427,80
432,10	427,24	427,75
427,39	427,48	427,96
424,27	427,42	427,99
423,49	426,70	427,42
427,60	427,02	427,58
427,52	426,82	427,28
425,07	427,25	427,71
423,17	425,69	426,15
422,62	424,77	425,35

421,11	423,60	424,26
422,18	422,65	423,28
422,85	421,30	421,89
423,67	420,13	420,77
422,12	419,06	419,67
420,07	417,00	417,52
Вариант Ч		
226,13	226,63	227,21
225,71	226,71	227,31
224,48	226,90	227,44
222,72	226,80	227,41
224,12	226,97	227,53
226,17	227,86	228,44
228,71	228,80	229,39
231,18	230,24	230,72
234,35	231,53	232,09
235,67	232,81	233,41
236,81	234,26	234,82
238,46	235,58	236,18
239,15	236,87	237,40
237,91	238,04	238,59
238,26	239,22	239,80
236,81	240,30	240,91
241,13	241,47	248,03
242,36	242,59	243,17
243,05	243,74	244,35
244,31	244,95	245,53
245,18	246,24	246,81
246,55	247,46	248,01



Продолжение приложения

248,71	248,67	249,24
249,15	250,09	250,65
253,14	251,52	252,10
256,72	252,78	253,39
257,18	254,23	254,82
257,16	255,64	256,23
256,93	257,09	257,67
257,01	257,46	258,06
258,13	258,85	259,43
258,43	260,20	260,82
256,67	261,55	262,14
262,13	262,87	263,45
263,71	264,15	264,72
265,14	265,50	265,95
268,41	266,65	267,13
271,13	267,81	268,32
270,56	269,00	269,49
271,27	270,15	270,63
Вариант III		
95,02	97,72	98,17
93,06	98,30	98,79
95,59	99,00	99,42
96,81	99,47	99,94
98,04	100,22	100,64
101,76	100,84	101,33
104,08	101,53	101,98
104,06	102,12	102,61
105,12	102,82	103,23

105,62	103,41	103,91
103,04	104,06	104,58
102,56	104,79	105,20
103,01	105,32	105,80
103,58	106,00	106,46
105,59	106,65	107,15
105,82	107,30	107,79
107,04	107,98	108,39
108,03	108,47	108,97
108,51	109,03	109,56
109,06	109,77	110,17
105,08	110,32	110,76
107,06	110,90	111,37
109,11	111,58	112,00
110,14	112,04	112,56
111,56	112,60	113,10
114,18	113,14	113,62
117,08	113,77	114,19
116,06	114,32	114,78
113,17	114,95	115,39
110,12	115,50	115,97
110,26	116,13	116,53
113,26	116,70	117,12
115,18	117,25	117,73
116,88	117,78	118,28
117,52	118,33	118,82
118,01	119,00	119,41
118,38	119,60	120,03
119,11	120,08	120,60

Продолжение приложения

120,16	120,72	121,14
120,19	121,18	121,64
Вариант III		
217,34	217,53	218,23
216,75	217,24	217,90
220,22	217,00	217,65
218,17	216,03	216,57
214,16	214,95	215,46
213,23	213,60	214,19
211,91	212,33	212,94
210,34	211,07	211,66
209,00	209,81	210,43
210,32	208,50	209,27
207,12	207,48	208,09
205,38	206,34	206,90
204,00	205,12	205,67
203,13	203,91	204,47
202,18	202,67	203,30
200,95	201,51	202,11
199,47	200,35	200,92
198,24	199,07	199,64
199,82	197,85	198,46
199,14	196,77	197,42
195,12	195,60	196,23
193,76	194,48	195,00
192,15	193,10	193,72
190,96	191,89	192,54
187,52	190,76	191,36
188,46	189,62	190,22

190,13	188,63	189,10
190,38	187,41	187,99
191,56	186,15	186,78
189,13	185,01	185,59
182,54	183,79	184,37
180,28	182,43	183,00
176,42	181,03	181,67
175,68	180,74	181,34
174,40	180,40	180,95
177,13	180,70	181,29
180,00	181,85	182,38
180,14	182,95	183,50
182,63	184,41	184,94
184,96	185,67	186,24
186,71	186,81	187,38
Вариант Э		
320,20	316,92	317,45
316,10	316,03	316,60
314,00	315,21	315,75
313,10	314,28	314,80
312,50	319,43	313,94
311,80	312,56	313,10
313,30	311,64	312,25
313,60	310,75	311,38
315,20	310,03	310,57
313,60	309,35	309,90
308,65	308,52	309,18

Продолжение приложения

307,50	307,88	308,39
309,30	307,06	307,61
307,50	306,24	306,79
304,80	305,41	305,95
304,10	304,46	305,01
303,40	303,51	304,03
299,60	302,55	303,08
300,80	301,64	302,20
303,10	301,11	301,69
289,40	301,05	301,61
291,60	301,12	301,64
298,40	301,42	301,98
306,40	302,02	302,56
308,90	303,03	303,60
306,10	304,25	304,84
303,70	305,56	306,12
302,60	306,52	307,08
304,00	307,44	308,00
309,80	308,50	309,05
313,30	309,46	310,02
312,20	309,20	310,74
311,30	310,83	311,40
310,74	311,10	311,69
310,88	311,19	311,72
310,40	311,20	311,77
310,90	311,15	311,73
309,10	310,78	311,28
308,20	310,10	310,56

307,80	309,38	309,96
	309,14	309,66
Вариант Ю		
255,10	256,28	256,78
254,70	255,76	256,25
254,00	255,22	255,73
253,30	254,84	255,39
252,80	254,68	255,20
252,90	254,70	255,24
253,40	254,80	255,31
252,70	254,80	255,32
252,90	254,80	255,31
252,50	254,78	255,31
253,15	254,76	255,29
253,40	254,76	255,29
253,60	254,80	255,33
253,10	254,76	255,32
252,00	254,78	255,30
252,40	254,79	255,33
252,50	254,77	255,33
252,80	254,75	255,34
253,20	254,72	255,33
253,00	254,80	255,31
252,80	254,85	255,39
253,70	254,87	255,37
254,00	254,90	255,44
255,40	254,96	255,59
255,20	255,03	255,64
254,50	255,01	255,59
252,10	254,92	255,45

Продолжение приложения

253,20	254,88	255,42
252,40	255,91	255,43
252,70	254,86	255,40
253,05	254,90	255,41
253,30	254,87	255,45
254,50	254,93	255,48
252,70	255,01	255,52
253,30	255,00	255,56
253,10	255,04	255,54
253,10	255,06	255,60
252,80	255,07	255,61
252,30	255,10	255,60
252,70	255,22	255,83
263,80	255,43	256,02
Вариант Я		
327,35	328,21	328,90
327,93	328,62	329,25
329,13	329,50	330,10
329,83	330,67	331,22
330,43	331,45	331,89
332,08	332,24	332,80
333,16	333,47	334,01
335,00	335,27	335,86
335,69	336,48	337,25
337,29	337,61	338,24
338,61	338,72	339,50
339,02	339,81	340,44
340,64	341,08	341,63

341,59	342,44	342,92
342,70	343,21	343,88
343,82	344,99	345,60
343,17	344,06	344,59
342,69	343,55	344,11
342,04	343,00	343,67
341,83	342,16	342,70
341,44	341,98	342,50
340,09	340,90	341,47
339,45	340,26	340,78
339,00	340,01	340,59
338,62	339,28	339,93
338,50	340,04	340,67
338,13	341,52	342,14
338,57	341,57	342,16
338,99	341,90	342,52
339,22	342,65	343,19
342,17	344,11	344,73
343,66	345,08	345,61
343,82	346,25	346,83
343,97	346,20	346,80
344,02	346,02	346,59
344,19	345,88	346,14
343,67	345,04	345,66
342,54	344,26	344,82
341,89	343,67	344,20
340,77	342,69	343,18
340,06	341,56	342,19

Канд. техн. наук, доц. КОСМИН А.В.  
Канд. техн. наук, проф. КОСМИН В.В.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ  
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

Задание и методические указания к выполнению  
курсового проекта

Редактор *Е.А. Ямщикова*  
Компьютерная верстка *Г.Д. Волкова*

ЛР № 020307 от 28.11.91

---

Тип. зак.	Изд. зак. 139	Тираж 2000 экз.
Подписано в печать 4.03.03	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 5,25		Формат 60×90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>

---

Издательский центр РГОТУПСа,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Типография РГОТУПСа, 107078, Москва, Басманный пер., 6