

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

9/15/5

Одобрено кафедрой  
«Управление эксплуатационной  
работой»

**ПРАВИЛА ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ  
И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ  
ПОЕЗДОВ**

Задание на контрольную работу  
с методическими указаниями  
для студентов V курса

специальности

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



Москва - 2004

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Студенты V курса специальности 290900 должны самостоятельно выполнить одну контрольную работу.

Цель выполнения контрольной работы состоит в закреплении знаний, полученных в процессе изучения дисциплины «Правила технической эксплуатации железных дорог и безопасность движения поездов».

Контрольная работа включает в себя:

ответ на один теоретический вопрос;

решение одной задачи на определение превышения наружного рельса (в кривых) по отношению к внутреннему, в зависимости от радиуса кривой и скорости движения поезда.

Выбор задачи не случаен, поскольку более 30% случаев схода вагонов происходит именно в кривых, по причине завышенного, фактического значения избыточного непогашенного ускорения, своему нормируемому значению  $a_{\text{нп}}^{\text{н}} = 0,7 \text{ м/с}^2$ .

Номер варианта, по которому студент будет выполнять контрольную работу, следует определять по двум последним цифрам своего учебного шифра, из табл. 1.

Таблица 1

Номер вопроса (варианта)	Учебный шифр	Номер вопроса (варианта)	Учебный шифр	Номер вопроса (варианта)	Учебный шифр
1	31, 45	16	13, 70, 98	31	25, 93
2	00, 14, 67	17	23, 46	32	26, 84
3	01, 85	18	32, 75	33	35, 66
4	06, 22, 91	19	02, 87	34	36, 68
5	30, 56	20	04, 99	35	34, 69
6	08, 49, 97	21	19, 80	36	40, 62
7	16, 63	22	10, 57	37	29, 90
8	24, 59, 78	23	07, 43	38	41, 83
9	11, 89	24	20, 96	39	47, 88
10	17, 38, 71	25	12, 54	40	48, 65
11	09, 81	26	28, 77	41	50, 92
12	05, 39, 72	27	44, 73	42	51, 94
13	15, 76	28	21, 82	43	52, 61
14	18, 53, 79	29	33, 95	44	55, 64
				45	58, 60
15	03, 37	30	42, 86	46	27, 74

С о с т а в и т е л и: канд. техн. наук, доц. А.А. АБРАМОВ,  
канд. техн. наук, доц. В.Д. ФЕДОТОВ

Р е ц е н з е н т — канд. техн. наук, доц. Г.М. Биленко

## ВОПРОСЫ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ КУРСУ

1. Из каких составляющих состоит управление безопасностью движения в путевом комплексе. [8]
2. Причины волнообразного износа головок рельсов. Допустимые параметры неровностей на головке рельса, не угрожающие безопасности движения. [9]
3. Сходы вагонов с рельсов: причины и способы предотвращения. [10]
4. Какие факторы необходимо учитывать на участке железнодорожного пути ложного профиля, для безопасного пропуска составов поездов, более 50 вагонов? [11]
5. Для чего в кривой устраивают возвышение наружного рельса по отношению к внутреннему? [1]
6. Нормативы содержания рельсовой колеи для обеспечения безопасности движения. [2]
7. Внедрение информационных технологий в путевом комплексе. [3]
8. Какие деформации возникают во всех элементах железнодорожного пути, которые влияют на безопасность движения?  
в верхней части;  
в прокладках между рельсами и шпалами;  
в шпалах под прокладками и в зонах их контакта в балластном слое. [12]
9. Неблагоприятные факторы, имеющие место при взаимодействии пути и подвижного состава, которые необходимо принимать во внимание для обеспечения безопасности движения. [11]
10. Неразрушающий контроль рельсов в пути. Его задачи, направление развития. [13]
11. Совершенствование системы текущего контроля состояния путевого хозяйства, в современных условиях. Обобщенные показатели оценки состояния пути. [14]
12. Новые подходы к обеспечению безопасности перевозок. [15].
13. Габариты на железнодорожном транспорте. Габариты приближения строений и подвижного состава. [4].
14. Информационные технологии в путевом хозяйстве. Цели, задачи и подходы к информатизации. Информационная среда и ее составляющие. [16]

15. Аналитический центр по безопасности движения и его задачи на транспорте. [17]
16. Мониторинг текущего состояния постоянных устройств и сооружений путевого хозяйства и его задачи. [18]
17. Признаки, характеризующие дефектные и остро дефектные рельсы, их отличия. [5]
18. Допускаемые отступления от норм содержания текущего состояния пути, обеспечивающие безопасное движение, при которых вводятся предупреждения и с какими скоростями. [5]
19. Каков нормативный износ головки рельс (р 65, р 75), на главных (при  $v=120\div 140$ ,  $v=100\div 120$ ) и приемоотправочных путях, после превышения которого, рельс считается дефектным и может стать угрозой безопасности движения? [5]
20. Понятие надежности пути. Основные состояния пути в процессе эксплуатации. [6]
21. Новые диагностические методы обследования состояния земляного полотна. [12, 19]
22. Какое количество негодных деревянных шпал допускается содержать на 1 км пути (р 65), при котором будет обеспечена безопасность движения и будут отсутствовать ограничения скорости движения поездов? [5]
23. Цели и задачи АСУ- путь. [20]
24. Причины образования и развития контактно-усталостных повреждений в рельсах, угрожающих безопасности движения. [21]
25. Информационное обеспечение необходимое для выбора оптимальной схемы обслуживания пути. Критерии построения системы технического обслуживания. [22]
26. Основные направления реорганизации путевого комплекса. [23]
27. Информация необходимая для прогнозирования возможного появления опасных для движения поездов ситуаций, в текущем содержании пути. [24]
28. Управление качеством содержания пути с позиции надежности системы его содержания. [7]
29. Задачи проведения мониторинга земляного полотна. [25]
30. Участковая система текущего содержания пути, ее задачи. Преимущество и отличие от существующей обычной системы содержания пути. [26]

31. Мероприятия, направленные на своевременное оздоровление балластной призмы для обеспечения безопасности движения. [27]

32. Многоуровневая система безопасности движения поездов и ее задачи. [28]

33. Задачи мониторинга взаимодействия пути и подвижного состава, с позиции обеспечения безопасности движения. [29]

34. Что устанавливает и включает в себя организация текущего содержания пути. [5]

35. Меры профилактического характера по устранению причин, вызывающих интенсивное расстройство пути. [5]

36. Какими структурно-организационными формами, на малодеятельных участках определяется организация осмотров и проверок состояния пути, а также работ по текущему содержанию пути и ремонту пути? [5]

37. Роль мониторинга о текущем состоянии пути в совершенствовании системы планирования поддержания пути в безопасном для движения поездов состоянии. [18; 30]

38. Избыточное непогашенное ускорение как обобщенный нормируемый показатель обеспечения безопасности движения подвижного состава и комфортабельности езды пассажиров в кривых, что необходимо делать для его выполнения. [31]

39. Какие повреждения, накапливающиеся в рельсах, снижают надежность всего пути и приводят к необходимости назначения предупреждений для уменьшения существующих скоростей движения? [5]

40. Как влияет на безопасность и скорость движения содержание в пути процента негодных скреплений на километр пути? [5]

41. Сколько степеней отступления от номинальных параметров и норм устройства рельсовой колеи, контролируемых путеизмерительным вагоном (при условии обеспечения безопасности) существует в зависимости от установленных скоростей движения поездов? [5]

42. Порядок служебного расследования случаев изломов рельсов под поездами и системы ведения их учета (приказ № С-1479у от 26.12.97 г.). [32; 34]

43. Предупреждение сходов подвижного состава. [2]

44. Меры по повышению надежности рельсовых путей. [2]

45. Совершенствование устройств автоматики на переездах. Определение длины участков приближения. [2].

46. Обеспечение высокого качества ремонта пути в современных условиях. [2]

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ

Методические указания окажут определенную помощь студентам при выполнении контрольной работы.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЯСНЕНИЯ

При движении подвижного состава в кривых участках пути появляется центробежная сила, которая оказывает дополнительное давление на наружную рельсовую нить. Вследствие этого быстрее изнашиваются рельсы, появляется избыточное непогашенное ускорение, что ухудшает условия комфортабельной езды пассажиров.

На 98% протяженности главных путей железных дорог осуществляется смешанное движение грузовых и пассажирских поездов. Для определения возвышения в кривых участках пути должны быть установлены соотношения скоростей этих поездов, отражающие их уровень воздействия на путь.

Исходя из выравнивания суммарных колесных нагрузок по обоим рельсам кривой К.Ю. Циглинский предложил устанавливать возвышение по средней квадратической скорости  $V_{\text{ср}}^2$  общего потока поездов, взвешенной по тоннажу.

Для выравнивания нагрузок возвышение должно определяться по равновесной квадратической скорости [33]. Установка возвышения по равновесной скорости обеспечивает минимально возможное воздействие на путь грузовых поездов, но вместе с тем приводит в ряде случаев к необходимости снижения на 10÷15 км/ч скоростей пассажирских поездов.

Разные подходы к этой проблеме явились причиной оформления ее в виде задачи, которую необходимо решить.

Определение возвышения в контрольной работе предусмотрено выполнить двумя способами расчета: статистическим и аналитическим.

### 3.1. СТАТИСТИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАСЧЕТА

Возвышение наружного рельса в кривой определяем:  
по средней квадратической скорости движения поездов,  $V_{cp}^2$ ;  
по равновесной квадратической скорости,  $V_p$ .

#### 3.1.1. Определение возвышения по средней квадратической скорости движения поездов

Для обеспечения одинаковой нагрузки на рельсовые нити в кривых возвышение наружного рельса  $h$ , определяем [2] по формуле

$$h = 12,5 \cdot \frac{V_{cp}^2}{R}, \quad (3.1)$$

где  $h$  - возвышение наружного рельса, мм;

$R$  - радиус кривой, м;

$V_{cp}^2$  - средняя квадратическая скорость движения поездов, км/ч.

В свою очередь, среднюю квадратическую скорость определим по формуле

$$V_{cp}^2 = \frac{\sum n Q V_i^2}{\sum n Q}, \quad (3.2)$$

где  $n$  - число поездов в сутки;

$Q$  - масса поезда, т;

$V_i$  - фактически реализуемая скорость движения поездов, км/ч.

На участках дорог 1 категории при  $V > 120$  км/ч возвышение наружного рельса определится из формулы

$$h = \frac{k 12,5 V_{cp}^2}{R}, \quad (3.3)$$

где  $k$  - коэффициент увеличения возвышения наружного рельса, учитывающий смещение центра тяжести в наружную сторону. Согласно СНиП 11-39-76,  $k=1,2$ .

Для обеспечения комфортабельной езды и недопущения воздействия центробежного ускорения на человека, возвышение наружного рельса определится:

$$h_{\min} = 12,5 \frac{V_{\max}^2}{R} - 115, \quad (3.4)$$

где  $V_{\max}$  - максимальная скорость движения пассажирского поезда;

115 - число, показывающее насколько можно уменьшить возвышение наружного рельса, чтобы непогашенная возвышением часть центробежного ускорения не превышала  $a_{\text{нп}} = 0,7 \text{ м/с}^2$  - допустимого.

Наибольшая допустимая скорость в кривой при допуске избыточном ускорении может быть определена по формуле

$$V_{\max} = 4,6 \sqrt{R}.$$

#### 3.1.2. Определение возвышения по равновесной квадратической скорости движения поездов

Для обеспечения равной нагрузки на обе рельсовые нити в кривых, возвышение наружного рельса определим [33] по формуле

$$h = 12,5 \frac{V_p}{R}. \quad (3.5)$$

Равновесная квадратическая скорость

$$V_p = \sqrt{\frac{V_{\min}^2 + V_{\max}^2}{2}} = \sqrt{\frac{V_{\min}^2 + V_{\max}^2}{2}}, \quad (3.6)$$

где  $V_{\min}$  и  $V_{\max}$  - минимальная и максимальная скорости потока поездов.

Возвышение, которое должно соответствовать фактической равновесной и минимальной скорости потока грузовых поездов:

$$h_{V_{p.зр.}} = \frac{12,5 (V_{реал.макс.зр.}^2 + V_{мин.зр.}^2)}{2R}; \quad (3.7)$$

$$h_{V_{мин.зр.}} = \frac{12,5 \cdot V_{мин.зр.}^2}{R} + 50. \quad (3.8)$$

Возвышение, которое должно соответствовать максимальной скорости пассажирского поезда:

$$h_{V_{макс.пас.}} = \frac{12,5 \cdot V_{макс.пас.}^2}{R} - 115, \quad (3.9)$$

где  $V_{макс.пас.}$  - принимают по максимальной скорости пассажирского поезда, установленной приказом начальника дороги.

Для того чтобы на данной кривой избыточное ускорение не превысило установленной нормы ( $a_{нп} = 0,7 \text{ м/с}^2$ ), проводят проверку возвышения на ее соблюдение [1]:

$$a_{нп} = \frac{V_{макс.}^2}{3,6^2 R} - 0,00613 h_p. \quad (3.10)$$

Если ускорение, подсчитанное по формуле, окажется больше установленной нормы (равной  $0,7 \text{ м/с}^2$ ), то скорость движения по кривой ограничивается.

Возвышение наружного рельса не должно превышать 150 мм. Из выполненных расчетов принимают наибольшее значение превышения  $h$ .

Длина переходной кривой, в м, определится:

$$L = \frac{h}{i}, \quad (3.11)$$

где  $i$  - уклон отвода возвышения.

### 3.2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАСЧЕТА

Для ограниченного диапазона допускаемых скоростей (грузовых и пассажирских) поездов, при определении возвышения, может быть применен аналитический метод расчета по заранее заданным значениям скоростей грузовых поездов и соответствующих им уровней допустимых непогашенных ускорений.

Определяющими в этом случае для расчета возвышения будут являться скорости потока:

- минимальные;
- средние;
- максимальные.

Многочисленные обработки скоростемерных лент показали, что в подавляющем большинстве случаев минимальная скорость грузового потока не бывает ниже  $V=25 \text{ км/ч}$ , а непогашенное ускорение для этой скорости можно принять  $a_{нп} = -0,4 \text{ м/с}^2$ .

В качестве оценки средней скорости потока можно принять в расчетах близкой к ней техническую скорость, которая в среднем по сети дорог составляет  $V=45 \text{ км/ч}$  при всех видах тяги. Непогашенное ускорение для этой скорости составит  $a_{нп} = -0,15 \text{ м/с}^2$ .

Предельные скорости грузовых или пассажирских поездов, при не превышении которых может быть применен аналитический способ расчета возвышения, определяются [33] по формуле

$$V_{макс} = \sqrt{V_{фикс.зр.}^2 + 0,08R(\Delta h_{мин} + \Delta h_{макс})}, \quad (3.12)$$

где  $V_{фикс.зр.}$  - фиксированные скорости грузового потока, принимаемые в расчете;

$\Delta h_{мин}$ ,  $\Delta h_{макс}$  - избыток и недостаток возвышения, соответствующие принятым в расчете допускаемым непогашенным ускорениям.

Это те граничные скорости, при которых можно использовать аналитический способ расчета возвышения.

Вызывает интерес изменение радиуса кривой на предельные скорости ( $V=25, 45, 75 \text{ км/ч}$ ). Для этого в формуле (3.12) при расчете  $V$  будут подставляться различные значения радиуса.

Для максимальных скоростей грузовых и пассажирских поездов возвышение наружного рельса рассчитывается по формуле

$$h_{V_{\max.сп.}} = \frac{12,5 V_{\max.сп.}^2}{R} - 50. \quad (3.13)$$

Определение возвышения аналитическим методом можно применить к 35-40% кривых сети дорог.

В описанных способах определения возвышения наружного рельса в кривых, во всех формулах (3.1), (3.2), (3.3), (3.4), (3.5), (3.7), (3.8), (3.9), (3.13) переменным является радиус кривой, который будет меняться с шагом  $D = 25$  м, в заданных (в задании) пределах.

Во всех случаях определения возвышения наружного рельса в кривых должна выполняться проверка на наличие избыточного непогашенного ускорения, определяемого по формуле (3.9).

### 3.3. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Условие задачи:

Для смешанного потока поездов (скорые, пассажирские, грузовые, пригородные), при заданных параметрах и скорости движения, в зависимости от изменяющегося радиуса кривой (приведенных в таблице «Исходные данные»), выполнить расчет и определить:

возвышение наружного рельса в зависимости от изменения радиуса кривой,  $R$ ;

при возвышении, полученным расчетом, величину избыточного непогашенного ускорения;

сравнить это значение с существующим нормативным значением,  $a_{\text{нп}} = 0,7 \text{ м/с}^2$ ;

сделать соответствующий вывод.

Все перечисленное выполнить всеми способами расчета, связанными с определением возвышения наружного рельса в кривой.

Номер варианта задачи соответствует номеру теоретического вопроса и определяется по двум последним цифрам шифра.

Данные для решения задачи студент выбирает из табл. 2 и 3.

Таблица 2

Таблица исходных данных

Номер варианта задачи	Скорые поезда вес	Пассаж. поезда вес	Грузо-выс поезда вес	Пригородные поезда вес	Радиус кривой R (м)	Номер варианта задачи	Скорые поезда вес	Пассаж. поезда вес	Грузо-выс поезда вес	Пригородные поезда вес	Радиус кривой R (м)
1	6/710	9/850	11/3100	6/650	700±800	24	5/730	6/800	11/3100	7/650	350±450
2	4/720	10/820	12/2900	5/550	600±700	25	8/700	7/850	9/3200	4/620	1200±1300
3	7/690	11/835	14/2980	7/600	750±850	26	7/680	9/820	12/3300	5/610	850±950
4	5/700	8/820	15/3100	5/560	250±350	27	4/720	8/800	10/3100	6/640	550±650
5	3/710	5/806	10/3200	4/610	300±400	28	6/740	5/860	11/3000	3/660	500±600
6	6/720	7/810	11/3000	8/660	500±600	29	5/720	9/840	10/2900	4/660	1350±1450
7	8/730	8/820	12/2830	9/640	750±850	30	4/750	7/820	9/3200	6/600	1000±1100
8	7/700	9/830	13/2790	5/620	800±900	31	6/730	8/860	11/3100	6/620	950±1050
9	5/708	10/820	12/2990	4/680	950±1050	32	4/710	8/840	13/3000	4/630	750±850
10	4/728	8/840	15/3100	3/650	550±650	33	5/740	6/780	12/2900	3/650	700±800
11	3/740	7/860	14/3000	6/610	350±450	34	7/720	5/750	10/3100	6/620	600±700
12	7/710	5/840	12/3010	5/620	250±350	35	4/730	8/790	12/2800	4/680	650±750
13	8/750	6/820	13/3100	6/600	700±800	36	5/710	7/810	12/3000	3/620	200±300
14	6/700	4/840	11/2800	7/650	200±300	37	8/730	9/800	10/3100	5/640	250±350
15	5/750	8/820	12/3100	5/620	1200±1300	38	7/700	8/820	9/3200	4/650	300±400
16	7/730	9/840	10/3200	4/600	850±950	39	6/720	7/820	8/3000	5/610	400±500
17	4/720	10/840	14/3250	3/630	900±1000	40	8/700	10/840	11/3200	6/630	600±700
18	3/700	7/850	13/3200	6/620	1000±1100	41	4/750	9/830	13/3100	5/660	800±900
19	5/730	8/840	15/3100	5/640	1500±1600	42	7/740	8/820	9/3100	4/680	900±1000
20	7/720	6/850	12/3280	4/620	1150±1250	43	3/700	5/840	14/3000	7/620	1250±1350
21	2/740	5/820	12/3000	3/640	550±650	44	6/720	7/850	12/3280	3/640	1300±1400
22	8/720	7/800	11/3200	5/610	450±550	45	5/760	6/840	11/3120	5/650	1350±1450
23	6/710	9/820	10/3100	4/650	650±750	46	8/630	9/810	12/3000	6/690	1400±1500

Таблица исходных данных

Номер задачи	Скорость, км/ч				Номер задачи	Скорость, км/ч			
	скорые	пассаж.	грузовые	пригород.		скорые	пассаж.	грузовые	пригород.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	110	90	75	80	24	140	90	75	65
2	130	85	70	75	25	125	95	70	68
3	125	80	72	70	26	120	90	68	60
4	135	84	74	72	27	130	80	75	65
5	105	90	70	78	28	110	95	78	68
6	130	90	78	80	29	100	90	70	65
7	115	88	72	75	30	105	85	75	60
8	140	94	74	65	31	110	90	70	55
9	135	90	75	70	32	135	92	68	65
10	120	95	70	68	33	140	95	75	68
11	125	85	75	60	34	125	90	70	72
12	115	88	72	65	35	120	85	75	65
13	120	90	70	60	36	115	90	80	70
14	130	85	68	65	37	100	85	70	65
15	115	90	75	60	38	100	80	75	60
16	125	88	75	58	39	130	90	75	70
17	135	95	70	55	40	135	85	70	60
18	120	85	72	62	41	120	80	72	65
19	100	95	80	65	42	110	95	75	60
20	110	90	75	68	43	100	90	80	65
21	120	95	70	65	44	125	95	70	60
22	125	90	72	70	45	130	90	75	60
23	120	90	75	70	46	105	80	70	55

### 3.3.1. Пример расчета возвышения наружного рельса в кривой статистическим способом

А. По средней квадратической скорости  $V_{cp}^2$  [4]

**Задача.**

Для заданных в таблице условий движения определим среднюю квадратическую скорость по статистическому способу расчета.

#### Условия движения

Поезд	Число поездов в сутки	Масса поезда, т	Реализуемая скорость движения	Радиус кривой, R
Скорый	4	650	100	600м÷650м
Пассажирский	6	800	90	
Грузовой	10	2500	80	
Пригородный	8	700	80	

$$V_{cp}^2 = \frac{4 \cdot 650 \cdot 100^2 + 6 \cdot 800 \cdot 90^2 + 10 \cdot 2500 \cdot 80^2 + 8 \cdot 700 \cdot 80^2}{4 \cdot 650 + 6 \cdot 800 + 10 \cdot 2500 + 8 \cdot 700} = 83 \text{ км/ч.}$$

Подставляем значение  $V_{cp}^2$  в формулу (3.3) при условии:  
 при V до 140 км/ч, k=1,0;  
 при V свыше 140 км/ч, k=1,2.  
 Выбираем k=1:

$$h = 1 \cdot 12,5 \cdot \frac{83^2}{600} = 143,5 \text{ мм.}$$

Для условий, приведенных в таблице и R = 600, возвышение по формуле (3.1) составит:

$$h = 12,5 \cdot \frac{83^2}{600} = 145 \text{ мм.}$$



А по формуле (3.4)

$$h_{\min} = 12,5 \cdot \frac{100^2}{600} - 115 = 85 \text{ мм}$$

Принимают наибольшее из двух значений, т.е. 145 мм.

Найденное превышение по формулам проверяют на соблюдение нормы непогашенного ускорения, по формуле (3.10):

$$a_{\text{нп}} = \frac{100^2}{3,6^2 \cdot 600} - 0,00613 \cdot 145 = 1,286 - 0,8885 = 0,398 \text{ м/с}^2.$$

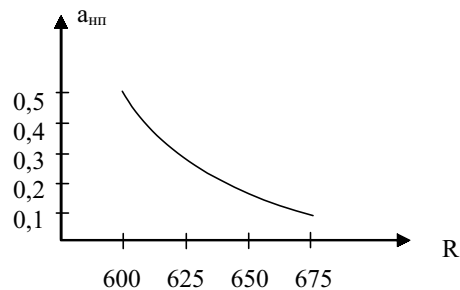
Полученное значение  $a_{\text{нп}} = 0,398 \text{ м/с}^2$  находится в пределах нормы, т.е.  $0,7 \text{ м/с}^2 > 0,398 \text{ м/с}^2$ .

Аналогично, необходимо выполнить:

расчет с подстановкой в формулы (переменного значения радиуса кривой  $R = 625, 650$ );

соответствующую проверку величины непогашенного ускорения.

А затем по рассчитанным значениям  $a_{\text{нп}}$  построить график зависимости,  $a_{\text{нп}} = f(R)$ .



Из построенного графика можно сделать вывод о том, что увеличение радиуса кривой снижает избыточное непогашенное ускорение. И, наоборот, уменьшение радиуса кривой увеличивает избыточное непогашенное ускорение. Поэтому работники путевого хозяйства много внимания уделяют правильно-му выбору радиуса кривой.

Б. По равновесной квадратической скорости  $V_p$  [33]

Для выравнивания нагрузок определим равновесную квадратическую скорость по формуле

$$V_p = \sqrt{\frac{80^2 + 100^2}{2}} = \sqrt{\frac{16400}{2}} = 90,55 \text{ км/ч.}$$

Для равновесной квадратической скорости, определяемой по формуле (3.1),  $V_p$ , рассчитаем возвышение  $h$ :

$$h = \frac{12,5 \cdot 90,55^2}{600} = 170,81 \text{ мм.}$$

Эта величина возвышения намного выше нормы, поскольку норма возвышения наружного рельса 150 мм, с допусками  $\pm 4$  мм.

Такое возвышение свыше 160 мм устраивать не целесообразно по условиям негабарита приближения строений [4].

Возвышение, соответствующее фактической скорости потока грузовых поездов, определим по формуле (3.3'), при  $V_{\text{гр.мин}} = 30 \text{ км/ч}$ :

$$h_V = \frac{12,5 \cdot (80^2 + 30^2)}{2 \cdot 600} = \frac{91250}{1200} = 76,04 \text{ мм.}$$

Возвышение, соответствующее минимальной скорости потока грузовых поездов, определим по формуле (3.7):

$$h_{V_{\text{мин.гр.}}} = \frac{12,5 \cdot 30^2}{600} + 50 = \frac{11250}{600} + 50 = 68,75 \text{ мм.}$$

Возвышение, соответствующее максимальной скорости пассажирских поездов, определим по формуле (3.9):

$$h_{V_{\max \text{насс.}}} = \frac{12,5 \cdot 100^2}{600} - 115 = 85 \text{ мм.}$$

Принимают наибольшее из трех значений, т.е. 85 мм.

Проверяем, какое будет при этом возвышении непогашенное ускорение по формуле (3.10)

$$a_{\text{нп}} = \frac{100^2}{3,6^2 \cdot 600} - 0,00613 \cdot 85 = \frac{10000}{7776} - 0,52 = 1,286 - 0,52 = 0,766 \text{ м/с}^2.$$

По аналогии, необходимо выполнить расчет с подстановкой в формулы переменного радиуса ( $R = 625$  и  $650$  м) и для всех возвышений определить, каким будет избыточное непогашенное ускорение. По выполненным расчетам строят график, аналогично предыдущему случаю.

Вывод, сделанный по этому расчету, должен совпадать с предыдущим, хотя значения избыточного непогашенного ускорения в этом случае будут несколько выше, чем в первом.

Данный способ расчета применим при выборе устанавливаемого возвышения по допускаемым скоростям движения поездов.

В этом способе расчета за основу можно принять расчет возвышения при  $h_{v_{\min \text{гр.}}}$ , а максимальная допускаемая скорость для грузовых поездов должна корректироваться. Что касается пассажирских поездов, то для них допустимая скорость движения [33] должна определяться по формуле

$$V_{\max \text{насс.}} = 0,283 \sqrt{R \left( h_{\min \text{гр.}} + \frac{a_{\text{нп}}}{0,00613} \right)}, \quad (3.14)$$

где  $a_{\text{нп}}$  - можно увеличить, подставляя в формулу значения от 0,7 до 1 м/с<sup>2</sup>.

$$V_{\max \text{насс.}} = 0,283 \sqrt{600 \left( 68,75 + \frac{0,8}{0,00613} \right)} = 0,283 \sqrt{600 \cdot 199,25} = 97,85 \text{ км/ч.}$$

### 3.3.2. Пример расчета возвышения наружного рельса аналитическим способом [33]

Аналитический способ расчета можно принять при не превышении предельных значений скоростей грузовых и пассажирских поездов. Чтобы определить влияние радиуса кривой, в формулу (3.12) подставляются фиксированные (предельные) значения скоростей движения грузовых поездов ( $V=25, 45, 75$  км/ч), и при каждом значении скорости меняется радиус кривой. Например, при  $V_{\min} = 25$  км/ч величина  $R$  равна 600, 625 и 650 м.

$$V_1 = \sqrt{25^2 + 0,08 \cdot 600 \cdot (0,4 + 0,15)} = 25 \text{ км/ч};$$

$$V_2 = \sqrt{25^2 + 0,08 \cdot 625 \cdot (0,4 + 0,15)} = 26 \text{ км/ч};$$

$$V_3 = \sqrt{25^2 + 0,08 \cdot 650 \cdot (0,4 + 0,15)} = 27 \text{ км/ч.}$$

Аналогично подсчитать при  $V=45, 75$  км/ч и  $R=600, 625, 650$  м.

Для данных условий возвышения мало чем будут отличаться друг от друга.

$$h_1 = 12,5 \cdot \frac{25^2}{600} = 13,03 \text{ мм};$$

$$h_2 = 12,5 \cdot \frac{26^2}{600} = 14,08 \text{ мм};$$

$$h_3 = 12,5 \cdot \frac{27^2}{600} = 15,19 \text{ мм}.$$

Исходя из этого можно сказать, что непогашенное ускорение для предельных скоростей будет очень маленьким.

Для максимальных скоростей грузовых поездов, более 70 км/ч, устанавливаемое приказом начальника дороги превышение [33] можно рассчитать по формуле:

$$h_{V_{\max ep.}} = \frac{12,5 \cdot V_{\max ep.}^2}{R} - 50 = \frac{12,5 \cdot 75^2}{600} - 50 = 67,18 \text{ мм};$$

$$h_{V_{\max ep.}} = \frac{12,5 \cdot 75^2}{625} - 50 = 62,5 \text{ мм};$$

$$h_{V_{\max ep.}} = \frac{12,5 \cdot 75^2}{650} - 50 = 58,17 \text{ мм}.$$

Из трех значений выбираем наибольшее, т.е. 67,18 мм.

Проверяем на соблюдение нормы непогашенного ускорения по формуле

$$a_{\text{н}} = \frac{75^2}{3,6^2 \cdot 600} - 0,00613 \cdot 67,18 = \frac{5625}{7776} - 0,41 = 0,723 - 0,41 = 0,313 \text{ м/с}^2.$$

По подсчетам, непогашенное ускорение находится в пределах нормы.

**Вывод.** Аналитический способ расчета можно применять только для предельных скоростей движения грузовых поездов.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *Основная*

1. Каменский В.Б., Шац Э.Я. Содержание железнодорожного пути в кривых. М.: Транспорт, 1997.
2. Путь и безопасность движения поездов /Под ред. В.Я. Шульга. — М.: Транспорт, 1994.

3. Труды ВНИИ УП МПС России. Вып. 1. — М.: МПС РФ, 2002.

4. Железнодорожный путь /Под ред. Т.Г. Яковлевой. — М.: Транспорт, 1999.

5. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути. — М.: Транспорт, 2001.

6. Надежность железнодорожного пути /Под ред. Лысюк В.С. — М.: Транспорт, 2002.

7. Вторая НКП по безопасности движения поездов: Сб. трудов. — М.: МИИТ, книга 2, 2000.

### *Дополнительная*

8. Железнодорожный транспорт. 1999, № 2.
9. Путь и путевое хозяйство. 2001, № 2; 2002, № 1; 2003, № 3.
10. Железнодорожный транспорт. 1996, № 1.
11. Железнодорожный транспорт. 2003, № 11.
12. Каменский В.Я., Горбов Л.Д. Справочник дорожно-го мастера и бригадира пути. — М.: Транспорт, 1995.
13. Железнодорожный транспорт. 2002, № 3.
14. Путь и путевое хозяйство. 2001, № 1.
15. Железнодорожный транспорт. 2003, № 12.
16. Железнодорожный транспорт. 1999, № 9.
17. Путь и путевое хозяйство. 2003, № 3 и 6.
18. Путь и путевое хозяйство. 2004, № 2.
19. Путь и путевое хозяйство. 2001, № 1.
20. Путь и путевое хозяйство. 2000, № 9.
21. Железнодорожный транспорт. 2003, № 5.
22. Железнодорожный транспорт. 2003, № 1.
23. Путь и путевое хозяйство. 2002, № 12.
24. Железнодорожный транспорт. 2003, № 1 и 11.
25. Путь и путевое хозяйство. 2002, № 6.
26. Путь и путевое хозяйство. 2000, № 8.
27. Путь и путевое хозяйство. 2001, № 12.
28. Железнодорожный транспорт. 2003, № 9.
29. Железнодорожный транспорт. 2002, № 10.

30. Путь и путевое хозяйство. 2003, № 12.
31. Железнодорожный транспорт. 2003, № 11.
32. Сборник материалов по безопасности движения. Департамент безопасности движения и экологии.— М.: МПС РФ, 1998.
33. Каменицкий В.Б. Возвышение наружного рельса: новые подходы к определению «Путь и путевое хозяйство». 2003, № 8.
34. Толмачев В.Н., Тюпкин Ю.А., Абрамов А.А. Правила технической эксплуатации и безопасность движения поездов (служебное расследование причин и обстоятельств нарушений безопасности движения на железнодорожном транспорте): Уч. пос. —М.: РГОТУПС, 2004.

**ПРАВИЛА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ И БЕЗОПАСНОСТЬ  
ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ**

Задание на контрольную работу  
с методическими указаниями

Редактор *В.И. Чучева*  
Компьютерная верстка *Ю.А. Варламова*

---

Тип. зак.	Изд. зак. 410а	Тираж 3 500 экз.
Подписано в печать 06.09.04.	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 1,5		Формат 60×90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>

---

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

Типография РГОТУПСа, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2