

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

В.И. Кричигин

А.В. Пультяков

**ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ  
В ПРОЕКТАХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ  
АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

для выполнения практических занятий по дисциплине  
«Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики»

ИРКУТСК

2005

**УДК 656.25**  
**ББК 32.96**  
**К 82**

Рекомендовано учебно-методическим объединением в качестве учебного пособия для вузов железнодорожного транспорта.

Рецензенты: доктор технических наук В.И. Шаманов,  
профессор ИрГУПС;  
В.В. Косякин, начальник службы информатизации и  
связи ВСЖД – филиала ОАО «РЖД»

**Кричигин В.И., Пультяков А.В.** Эксплуатационно-технические расчеты в проектах систем железнодорожной автоматики и телемеханики: Учебное пособие. – Иркутск: ИрГУПС, 2004. – 69 с.

Изложены основы тяговых расчетов для расстановки светофоров автоблокировки; вопросы определения пропускной способности на перегоне и станции; основные принципы построения схематического плана станции при проектировании электрической централизации с расстановкой светофоров и изолирующих стыков.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 210700 «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» по дисциплине «Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики». Также может быть полезно при выполнении курсовых и дипломных проектов студентами данной специальности.

Ил. 10. Табл. 15. Библиогр: 6 назв.

## ВВЕДЕНИЕ

Устройства автоматики и телемеханики, широко применяемые на железных дорогах страны, существенно повышают безопасность движения поездов, облегчают условия труда железнодорожников, способствуют улучшению показателей эксплуатационной работы железнодорожного транспорта.

Однако улучшение технико-эксплуатационных показателей достигается лишь при условии грамотного применения устройств автоматики и телемеханики, когда заложенные в них возможности совершенствования технологии работы станций, узлов и участков с учетом их конкретных особенностей реализуются в наибольшей степени. Задачи поставленные перед железными дорогами можно выполнить лишь на основе широкого использования достижений технического прогресса – оснащении его современными высокопроизводительными техническими средствами, совершенствования организации перевозочного процесса.

На железных дорогах РФ появляются принципиально новые устройства автоматики и телемеханики, применяемые в различных звеньях перевозочного процесса. Одновременно с широким внедрением новых устройств в большом количестве остаются в эксплуатации и традиционные системы железнодорожной автоматики и телемеханики. Эффективность их использования определяется на основе многолетнего опыта эксплуатации в различных условиях. Для вновь разрабатываемых устройств такая возможность отсутствует, а значение технико-эксплуатационной оценки еще более возрастает, поскольку необходимо знать эффект, который принесет создание данного устройства.

Для этого специалисту в области железнодорожной автоматики и телемеханики необходимы глубокие знания технологии работы железных дорог, а также организации управления процессами перевозок.

# 1 РАСЧЕТЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММЫ УДЕЛЬНЫХ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ДВИЖУЩИЙСЯ ПОЕЗД ПО ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ И ПРЯМОМУ ПУТЯМ

Процесс движения поезда по участку с разнообразным профилем пути характеризуется в основном тремя режимами работы локомотива:

1. Ускорение с включенными тяговыми двигателями – режим тяги.
2. Движение по инерции с выключенными тяговыми двигателями – режим холостого хода (выбега).
3. Принудительное замедление движения с выключенными тяговыми двигателями – режим торможения.

В соответствии с этими режимами различают три внешние силы, действующие на движущийся поезд:

$F_k$  – сила тяги локомотива;

$W_k$  – сила сопротивления движению;

$B_T$  – сила торможения.

Характер движения поезда определяется величиной и направлением равнодействующей внешних сил. В общем виде эта равнодействующая сила выражается суммой

$$F = F_k \pm W_k - B_T. \quad (1.1)$$

В зависимости от характера движения поезда равнодействующая сила  $F$  в соответствии (1.1.) выражается следующим образом:

$F = (F_k \pm W_k)$  – в режиме тяги;

$F = \pm W_k$  – в режиме холостого хода;

$F = (\pm W_k - B_T)$  – в режиме торможения.

В теории тяговых расчетов используют не полные силы, выражаемые на весь поезд, а удельные силы, отнесенные на единицу веса (тонну) состава. Удельные

силы обозначаются такими же буквами, что и полные, только малыми и имеют размерность Н/кН.

Поэтому характер движения поезда определяется величиной и направлением удельной равнодействующей силы:

$$f = f_k \pm w_k - b_T . \quad (1.2)$$

Если удельная равнодействующая сила равна нулю ( $f=0$ ), то будет иметь место равномерное движение поезда или стоянка, если больше нуля ( $f>0$ ) – движение ускоренное, если меньше нуля ( $f<0$ ) – движение замедленное. В соответствии с этим удельная сила может быть ускоряющей или замедляющей. Когда удельная равнодействующая сила в режиме тяги равна нулю, то наступает равновесная скорость, т.е. равномерное движение.

Для определения значений равнодействующих сил при различных скоростях движения поезда строится диаграмма ускоряющих и замедляющих удельных сил при трех режимах работы локомотива и движении расчетного веса поезда по горизонтальному и прямому путям.

Дифференциальное уравнение движения поезда по горизонтальному и прямому путям с учетом служебного регулирования торможения выглядит следующим образом:

$$d_v/d_t = \zeta ( f_k - w_o - 0,5 b_T ). \quad (1.3)$$

Наличие уклонов и кривых участков пути учитывается в дальнейшем при графическом интегрировании уравнения (1.3).

Правая часть дифференциального уравнения (1.3) рассчитывается в виде диаграммы удельных равнодействующих сил. Эта диаграмма включает в себя три кривых, представляющих собой зависимость ускоряющих и замедляющих удельных сил от скорости при различных режимах движения поезда. Такая

диаграмма для простоты рассчитывается для поезда, движущегося по горизонтальному и прямому путям.

Таким образом, искомая кривая скорости движения поезда получается в результате графического интегрирования дифференциального уравнения (1.3).

Диаграмма ускоряющих и замедляющих сил рассчитывается для трех режимов движения поезда, таким образом, для графического интегрирования имеют место три дифференциальных уравнения.

В режиме с работающими двигателями (режим тяги) рассчитывается первая кривая диаграммы равнодействующей удельной ускоряющей силы:

$$f_1(v) = f_k - w_0 . \quad (1.4)$$

Кривая (1.4) является правой частью дифференциального уравнения в режиме тяги:

$$d_v/d_t = \zeta (f_k - w_0) . \quad (1.5)$$

В режиме с неработающими двигателями (режим холостого хода) рассчитывается вторая кривая диаграммы равнодействующей удельной замедляющей силы:

$$f_2(v) = - w_{ох} . \quad (1.6)$$

Кривая (1.6) является правой частью дифференциального уравнения в режиме холостого хода:

$$d_v/d_t = - \zeta w_{ох} . \quad (1.7)$$

В режиме служебного регулирования торможения рассчитывается третья кривая диаграммы равнодействующей удельной замедляющей силы:

$$f_3(v) = - (w_{ox} + 0,5 b_T) . \quad (1.8)$$

Кривая (1.8) является правой частью дифференциального уравнения в режиме служебного регулировочного торможения:

$$d_v/d_t = - \zeta (w_{ox} + 0,5 b_T) . \quad (1.9)$$

В уравнениях (1.3), (1.5), (1.7) и (1.9) величина  $\zeta = 120 \text{ км/ч}^2$  является ускорением поступательного движения поезда, создаваемое удельной ускоряющей силой в 1 Н/кН.

Для построения диаграммы удельных равнодействующих сил при трех режимах работы локомотива выполняют расчеты, оформляемые в виде вспомогательной таблицы (см. табл. 1.1), в которой имеется 17 столбцов по горизонтали.

Расчет и заполнение столбцов табл. 1.1 осуществляется следующим образом:

**1 столбец.** Значение скоростей следует принимать от 0 до максимальной (конструкционной) через 10 км / ч.

**2 столбец.** Указывается сила тяги локомотива  $F_k$ , Н в зависимости от принятых скоростей (приведены в табл. 1.2).

**3 столбец.** Удельное основное сопротивление движению локомотива в режиме тяги (с включенными двигателями) определяется на звеньевом пути в зависимости от скорости  $V$  по следующей эмпирической формуле:

$$w_o' = 1,9 + 0,01V + 0,0003V^2, \text{ (Н/кН)}, \quad (1.10)$$

где  $V$  – значение скоростей из 1-ого столбца.

**4 столбец.** Полное основное сопротивление движению локомотива в режиме тяги рассчитывается по формуле

$$W_o' = w_o' P, \text{ (Н)}, \quad (1.11)$$

где  $P$  – вес локомотива в кН берется из табл. 1.3.

**5 столбец.** Удельное основное сопротивление движению грузовых четырехосных вагонов на подшипниках качения определяется на звеньевом пути в зависимости от скорости  $V$  по эмпирической формуле

$$w_o'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1V + 0,0025V^2}{0,1 q_o}, \text{ (Н/кН)}, \quad (1.12)$$

**6 столбец.** Полное основное сопротивление движению вагонов (состава без локомотива) рассчитывается по формуле:

$$W_o'' = w_o'' Q, \text{ (Н)}. \quad (1.13)$$

где  $Q$  – вес состава без локомотива в кН.

**7 столбец.** Общее полное основное сопротивление движению поезда складывается из основных сопротивлений движению локомотива и всех вагонов в груженом состоянии:

$$W_o = W_o' + W_o'', \text{ (Н)}. \quad (1.14)$$

**8 столбец.** Полная величина равнодействующей ускоряющей силы, действующей на поезд в режиме тяги, равна разности между силой тяги и полным сопротивлением движению:

$$F_k - W_o, \text{ (Н)}. \quad (1.15)$$

**9 столбец.** Удельная величина равнодействующей ускоряющей силы в режиме тяги рассчитывается делением полной ускоряющей силы на вес поезда в кН:

$$f_k - w_o = \frac{(F_k - W_o)}{(P + Q)}, \text{ (Н/кН)}. \quad (1.16)$$

По данным этого столбца строится первая кривая (1.4) диаграммы удельных ускоряющих сил, действующих на движущийся поезд в режиме тяги по прямому горизонтальному пути в зависимости от скорости движения.

**10 столбец.** Удельное основное сопротивление движению локомотива в режиме холостого хода (выбега), то есть с выключенными двигателями, определяется на звеньевом пути в зависимости от скорости  $V$  по следующей эмпирической формуле:

$$w'_{ox} = 2,4 + 0,011V + 0,00035V^2, \text{ (Н/кН)}. \quad (1.17)$$

**11 столбец.** Полное основное сопротивление движению локомотива в режиме холостого хода (выбега) определяется по следующей формуле:

$$W'_{ox} = w_{ox} P, \text{ (Н)}, \quad (1.18)$$

где  $P$  – вес локомотива в кН.

**12 столбец.** Полное сопротивление движению поезда в режиме холостого хода (выбега) определяется по формуле

$$W_{ox} = w'_{ox} + W_o'', \text{ (Н)}. \quad (1.19)$$

**13 столбец.** Удельное основное сопротивление движению поезда в режиме холостого хода (выбега) определяется по формуле

$$w_{ox} = \frac{W_{ox}}{(P+Q)}, \text{ (Н/кН)}. \quad (1.20)$$

По данным этого столбца строится вторая кривая (1.6) диаграммы удельных замедляющих сил, действующих при движении поезда в режиме холостого хода или выбега в зависимости от скорости движения.

**14 столбец.** Расчетный коэффициент трения между колесом и стандартной чугунной тормозной колодкой для различных скоростей  $V$  определяется по следующей эмпирической формуле:

$$j_{кр} = \frac{0,27(V+100)}{(5V+100)}. \quad (1.21)$$

**15 столбец.** Удельная тормозная сила при экстренном торможении поезда определяется по формуле

$$b_T = \varphi_{кр} \Theta, \text{ (Н/кН)}. \quad (1.22)$$

где  $\Theta = 330$  (Н/кН) – тормозной коэффициент для грузовых поездов.

**16 столбец.** Удельная тормозная сила при служебном регулировочном торможении принимается равной половине ее полной величины при экстренном торможении:

$$0,5 b_T, \text{ (Н/кН)}. \quad (1.23)$$

**17 столбец.** Удельная величина равнодействующей замедляющей силы при служебном регулировочном торможении поезда для остановки его на станции определяется суммой сил торможения и сопротивления холостого хода:

$$0,5 b_T + w_{ох}, \text{ (Н/кН)}. \quad (1.24)$$

По данным этого столбца строится третья кривая (18) диаграммы удельных замедляющих сил, действующих на поезд при движении его в режиме служебного регулировочного торможения в зависимости от скорости движения,

Таким образом, вышеприведенные расчеты позволяют получить численные значения величин, необходимых для построения трех кривых искомой диаграммы ускоряющих и замедляющих сил: первой кривой – по данным столбца 9, второй кривой – по данным столбца 13 и третьей кривой – по данным столбца 17.

#### ПРИМЕР 1.

**Требуется:** построить диаграмму равнодействующих сил для состава весом  $Q=48500$  Н тепловозом 2ТЭ10Л весом  $P=2580$  кН, сформированного из груженых четырехосных вагонов, которые имеют роликовые подшипники, причем  $q_0 = 175$  кН.

**Решение:** для построения диаграммы (рис. 1.1) производим расчеты по указанным ранее формулам и составляем таблицу 1.1.

Таблица позволяет построить в выбранном масштабе кривые равнодействующих сил для трех режимов:

$$\text{тяги} - (f_k - w_0) = f_1(v);$$

$$\text{выбега} - w_{ох} = f_2(v);$$

$$\text{торможения} - (0,5 b_T + w_{ох}) = f_3(v).$$

Выбор системы масштабов определяется необходимой точностью расчетов. Выбранные масштабы должны быть связаны между собой (в соответствии с требованиями графического интегрирования) следующей математической зависимостью:

$$\kappa = \frac{120 \cdot m^2}{y}, \quad (1.25)$$

где  $\kappa$  – масштаб удельных ускоряющих или замедляющих сил в Н/кН;

$y$  – масштаб пути в км;

$m$  – масштаб скорости в км/ч.

Для графического построения кривых диаграммы по данному заданию можно принять в соответствии с (1.25) следующие численные значения масштабов:

величины  $y$  – 1 км = 20мм;

величины  $\kappa$  – 1 Н/кН = 6мм;

величины  $m$  – 1 км/ч = 1мм.

Положительная часть кривой  $f_{\kappa} - w_0 > 0$  располагается слева от оси ординат и соответствует области, в которой скорость поезда может увеличиваться. Точка пересечения этой кривой с осью ординат  $f_{\kappa} - w_0 = 0$  соответствует движению с равномерной скоростью, выше которой данный поезд на заданном уклоне ( $I = 0$ ) разогнать нельзя. В режимах выбега и торможения на поезд действуют силы, замедляющие его движение (справа от оси ординат).

Кривые соответствуют движению поезда по прямому горизонтальному участку, сопротивления от уклона и кривизны не учитываются.

Для определения силы, действующей на поезд при движении его на подъеме, необходимо передвинуть ось ординат влево, а при спуске – вправо соответственно величине уклона.

Таблица 1.1

Расчетные данные для построения диаграммы равнодействующих сил

$V$ , км/ч	$F_k$ , Н	$w_0^{\prime}$ , Н/кН	$W_0^{\prime}$ , Н	$w_0^{\prime\prime}$ , Н/кН	$W_0^{\prime\prime}$ , Н	$W_0$ , Н	$F_k - W_0$ , Н	$f_k - w_0$ , Н/кН (Тяга)	$w_{ок}^{\prime}$ , Н/кН	$W_{ок}^{\prime\prime}$ , Н	$W_{ок}$ , Н	$w_{ок}^*$ , Н/кН (Выбер)	$\varphi_{кр}$	$b_T$ , Н/кН	$0,5 b_T$ , Н/кН	$0,5 b_T + w_{ок}$ , Н/кН (Торможение)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0	852000	2,03	5240	1,83	59650	64890	787110	15,41	2,55	6580	66230	1,30	0,270	91,53	92,83	47,06
10	714600	2,03	5240	1,83	59650	64890	649710	12,72	2,55	6580	66230	1,30	0,198	67,12	68,42	34,86
20	619000	2,22	5730	1,34	65480	71210	547790	10,72	2,76	7120	72600	1,42	0,162	54,92	56,34	28,88
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	209000	3,58	9240	1,92	99420	108660	100340	1,96	4,32	11140	110560	2,16	0,108	36,61	38,77	20,46
70	178000	4,07	10500	2,26	110580	121080	56920	1,11	4,89	12620	123200	2,41	0,102	34,58	36,99	19,70
80	155000	4,62	11920	2,54	122700	134620	20380	0,40	5,52	14240	136940	2,68	0,097	32,90	35,58	19,13
90	133000	5,23	13490	2,83	136770	150160	-17160	-0,34	6,23	16070	152840	2,99	0,093	31,53	34,52	18,75

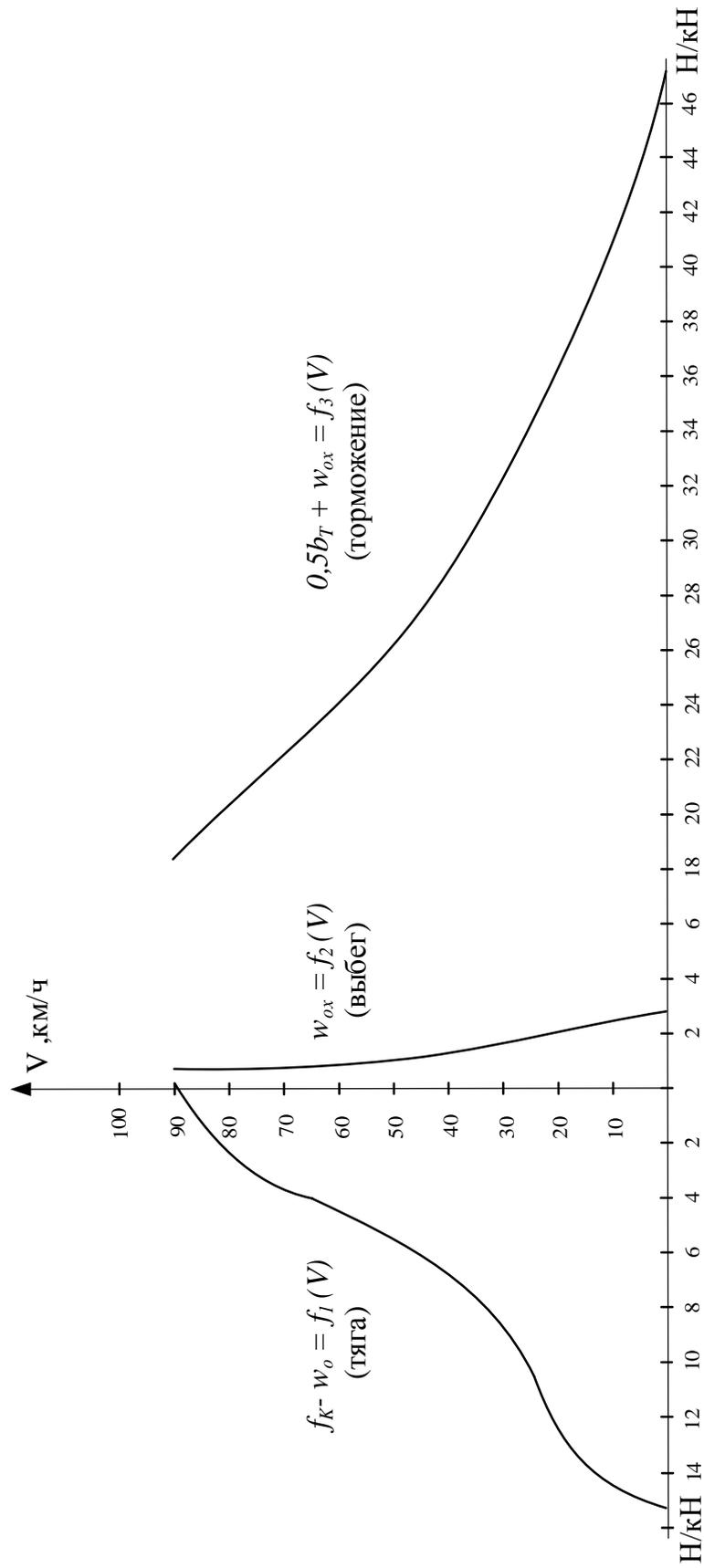


Рис. 1.1. Диаграмма отдельных равнодействующих сил

## ЗАДАНИЕ 1.

Произвести расчеты и построить диаграммы удельных сил, действующих на движущийся поезд по горизонтальному прямому пути.

Для выполнения задания исходные данные для 10 вариантов представлены в таблицах 1.2 и 1.3. Номер варианта соответствует последней цифре шифра студента. В задании условно принято, что все грузовые вагоны четырехосные с одинаковой грузоподъемностью  $q = 720$  кН, длина  $L_B = 15$  м.

Таблица 1.2

Исходные данные для задания 1

№ варианта	Род тяги поездов	Вес состава, кН	Межпоездной интервал, мин	Грузоподъемность 4-х-осных вагонов, кН
1	Тепловозная тяга	40000	7	720
2	Электротяга постоянного тока	31000	6	720
3	Электротяга переменного тока	31000	6	720
4	Тепловозная тяга	41000	8	720
5	Электротяга переменного тока	33000	8	720
6	Тепловозная тяга	40000	7	720
7	Электротяга постоянного тока	40000	8	720
8	Электротяга переменного тока	40000	7	720
9	Электротяга переменного тока	36000	7	720
0	Тепловозная тяга	42000	8	720

Таблица 1.3

## Характеристика локомотивов

Наименование характеристики		Вариант (последняя цифра номера зачетной книжки)				
		1, 0	4, 6	2, 7	3, 8	5, 9
Серия		2ТЭ3	2ТЭ10М	ВЛ8	ВЛ60к	ВЛ80к
Длина, м		34	50	28	21	33
Масса, т		254	414	184	138	184
Расчетная скорость, $V_p$ , км/ч		20, 5	23, 4	43, 3	43, 5	44, 2
Сила тяги, кН при скорости движения, км/ч	$V_{тр}$ , км/ч	582	1220	607	497	662
	$V_p$ , км/ч	404	759	465	368	490
	5	582	1107	533	452	600
	10	582	1020	512	438	573
	15	526	957	500	422	552
	20	413	867	490	405	538
	25	325	770	485	392	523
	30	264	631	481	385	514
	35	234	529	480	378	505
	40	206	483	476	370	496
	50	160	370	411	359	481
	60	137	323	253	300	432
	70	114	270	160	205	302
	80	95	214	116	141	222
	90	77	210	88	115	173
100	60	183	68	99	108	

## 2. РАСЧЕТ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ И ВРЕМЕНИ ХОДА РАСЧЕТНОГО ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КРИВОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ МЕТОДОМ УНРЕЙНА

### 2.1. ГРАФИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ КРИВОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДА

Среди множества графических методов решения уравнения движения поезда наиболее производительным является метод УНРЕЙНА, рекомендуемый в Методических указаниях по проектированию устройств СЦБ на железнодорожном транспорте, разработанных ГТСС.

Данный графический метод построения кривой скорости основан на графическом преобразовании кривых диаграмм удельных ускоряющих и замедляющих сил, действующих на поезд, которые в графическом виде представляют данные табл. 1.1.

Основным приспособлением в этом методе является планшет (рис.2.1), который представляет собой диаграмму равнодействующих сил заданного поезда, начерченную на прозрачной бумаге.

На ось абсцисс прозрачного планшета наклеивают полоску миллиметровой бумаги с делениями через 2 Н/кН. Ось ординат (скоростей) на планшете не наносят, а на её воображаемом продолжении, на расстоянии от оси абсцисс, произвольно располагают точку пересечения двух прямых АВ и ВГ, угол между которыми определяют из условия  $\operatorname{tg}\alpha/2=1/5$ . Чем меньше этот угол, тем выше точность расчетов. Причем, прямая делящая угол  $\alpha$  между ними пополам, должна быть параллельна оси абсцисс.

## 2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ХОДА ПОЕЗДА ПО КРИВОЙ СКОРОСТИ

В ряде случаев с достаточной точностью время хода поезда можно определить по засечкам времени на кривой скорости, которые наносят через 1 мин (рис. 2.3).

В выбранных масштабах скорости и пути из прозрачного материала вырезают равнобедренный треугольник АОВ, высота которого соответствует скорости 120 км/ч, а основание – пути 2 км, проходимому поездом при этой скорости за 1 мин. (В практике принято основание треугольника уменьшать на 10% для создания запаса времени хода, компенсируя влияние климатических условий, различий веса поездов и т.д.)

Во всяком треугольнике, подобном построенному, основание АВ определяет путь, проходимый за 1 мин. при скорости  $V$ , соответствующей его высоте.

Первоначально треугольник располагают на диаграмме  $V=f(S)$  так, чтобы его вершина О лежала на кривой скорости, сторона ОВ проходила через её начальную точку А, а основание было параллельно оси пути. При этом сторона ОА отсекает  $ab = 1$  мин.

### ПРИМЕР 2.

**Требуется:** построить кривую скорости движения расчетного грузового поезда методом Унрейна.

**Решение:** в выбранном масштабе (выбран ранее в задании 1) вычерчивают заданный участок пути с указанием спрямленных уклонов (рис. 2.2). Построение

кривой скорости начинают с места расположения середины поезда, стоящего на станции.

Первый элемент профиля – площадка ( $i_c=0$ ). Поэтому прокальвают планшет булавкой в точке 0 и устанавливают острие булавки в точку 1, поворачивают планшет на булавке против часовой стрелки, пока линия АБ не станет параллельной горизонтали. Переносят острие булавки в точку пересечения кривой тяги с осью абсцисс профиля участка и поворачивают планшет на булавке по часовой стрелке, пока линия ВГ не станет параллельной горизонтали.

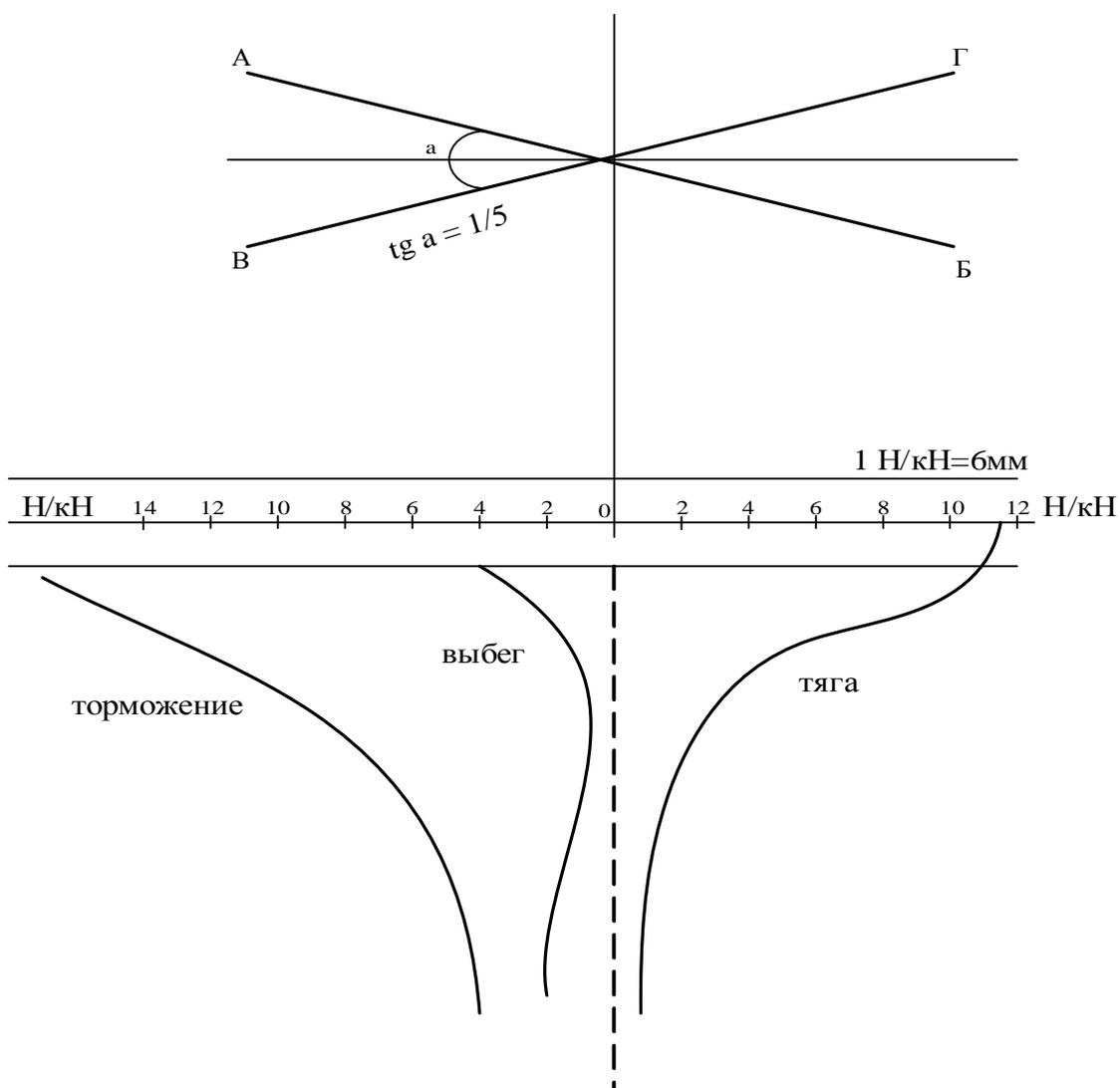


Рис. 2.1. Планшет для метода Унрейна

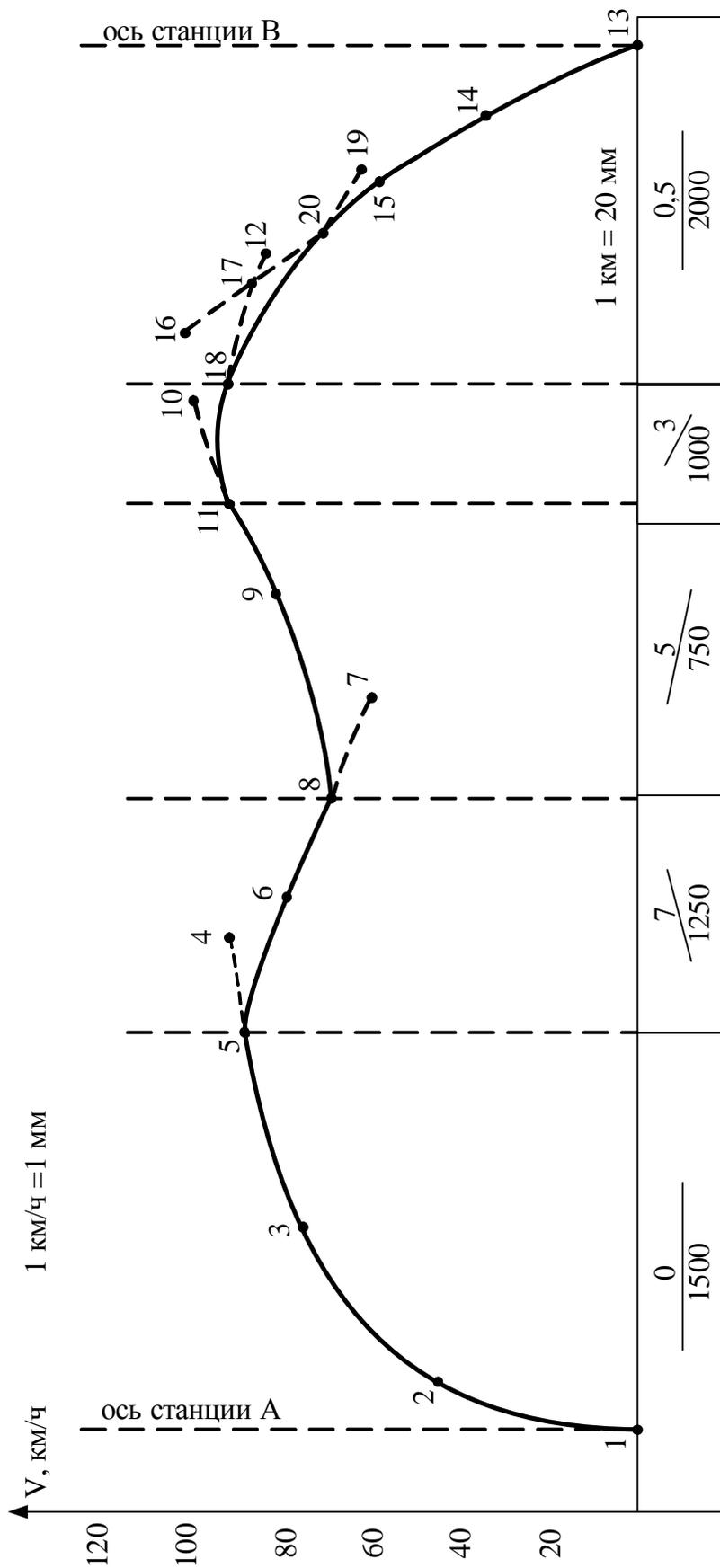


Рис. 2.2. Построение кривой скорости

Прокалывая булавкой точку 0 планшета, получают вторую точку 2 кривой скорости. Прямая между точками 1 и 2 дает первый отрезок кривой скорости. Далее устанавливают острие булавки в точке 2 и поворачивают планшет против часовой стрелки, а затем переносят булавку в новую точку пересечения кривой тяги с осью абсцисс участка и поворачивают планшет по часовой стрелке. Прокалывая планшет в точке 0, получают следующую точку 3.

На некотором шаге кривая скорости выйдет за пределы первого элемента профиля (точка 4). В этом случае необходимо продолжать построение кривой скорости с точки её пересечения с границей элемента (точка 5), проколов планшет в точке соответствующей новому элементу профиля (подъем 7‰), и т.д.

В случае достижения поездом на спусках до 4‰ и подъемах установленной скорости, она принимается постоянной до конца соответствующего элемента пути (на крутых спусках машинист вынужден принимать более сильное торможение).

Для точной остановки поезда в середине пути приема следующей станции (точка 13) прокалывают планшет в точке соответствующей уклону этого элемента (подъем 0,5‰) и поворачивают планшет в т.13 по часовой стрелке так, чтобы линия ВГ стала параллельной горизонтали. Переносят острие булавки в точку пересечения кривой торможения с осью абсцисс участка и поворачивают планшет против часовой стрелки, пока не станет параллельной горизонтальной линии АБ. Прокалывая планшет в точке, соответствующей данному элементу профиля (0,5‰), получают вторую точку кривой торможения (14).

Продолжают построение кривой торможения указанным способом, пока она не превысит значения скорости, достигнутого в режиме тяги (т.12).

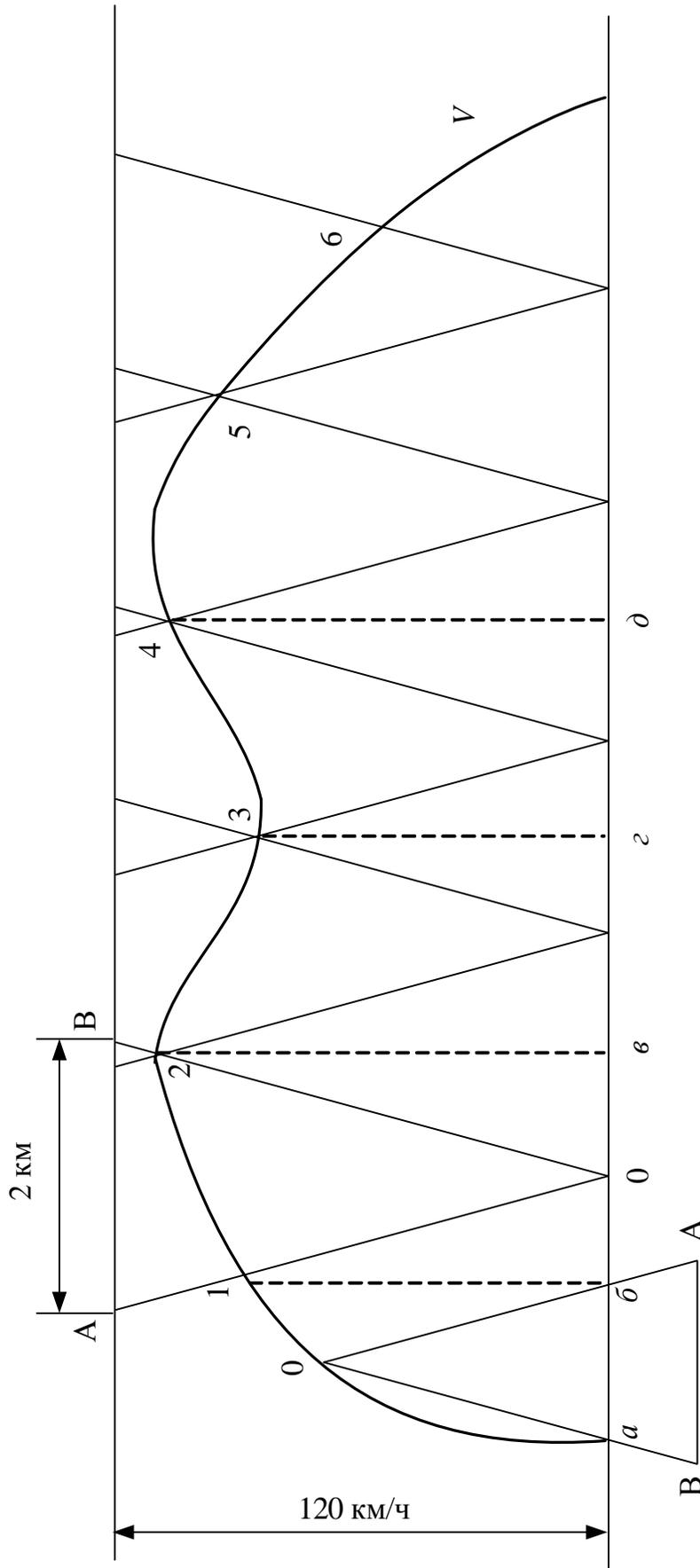


Рис. 2.3. Засечки времени на кривой скорости

Между режимом тяги и торможения необходимо использовать режим выбега, места начала и окончания которого известны машинисту. Длительность выбега принимают равной 0,5 мин. По скорости в точке пересечения кривых скорости в режимах тяги и торможения (точка 17) определяют расстояние, проходимое в режиме выбега. Откладывая его от точки (17) против движения поезда, получают точку начала выбега (т.18). Из этой точки продолжают построение кривой скорости по диаграмме выбега аналогично режиму тяги до пересечения с кривой скорости в режиме торможения (т.20).

На кривой скорости, при помощи равнобедренного треугольника, наносятся минутные засечки (рис. 2.3).

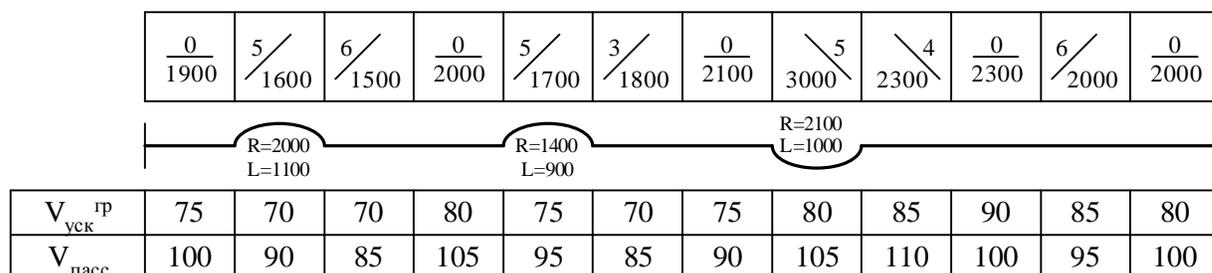
## ЗАДАНИЕ 2.

Построить кривую скорости движения расчетного поезда методом УНРЕЙНА. Нанести засечки времени на кривой скорости с помощью равнобедренного треугольника. Для выполнения задания по рис. 2.4 по вариантам выбирается профиль пути межстанционного перегона с указанием спрямленных уклонов. Номер варианта соответствует последней цифре шифра студента.

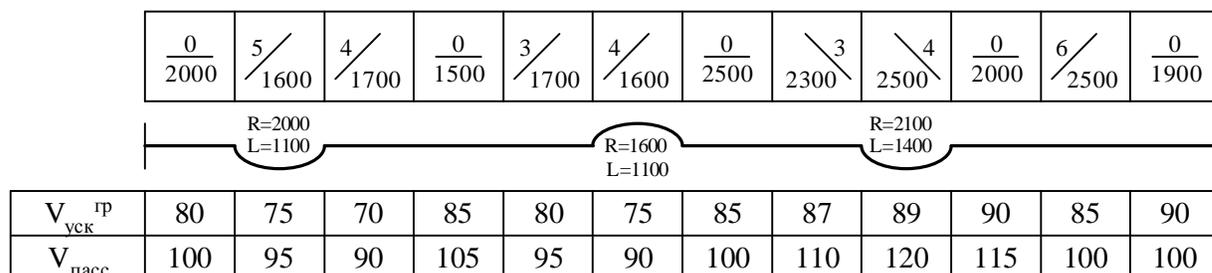
В вариантах указаны профиль пути (первая строка) межстанционного перегона с указанием спрямленных уклонов. Верхняя цифра обозначает крутизну уклона, а нижняя – длину элемента. В следующей строке обозначены участки кривых с указанием их радиуса и длины. Начало кривой совпадает с началом элемента.

В двух последних строках представлены значения скоростей движения по участкам пассажирского и ускоренного грузового поездов. Максимальная скорость движения пассажирского поезда – 120 км/ч, а ускоренного грузового – 90 км/ч.

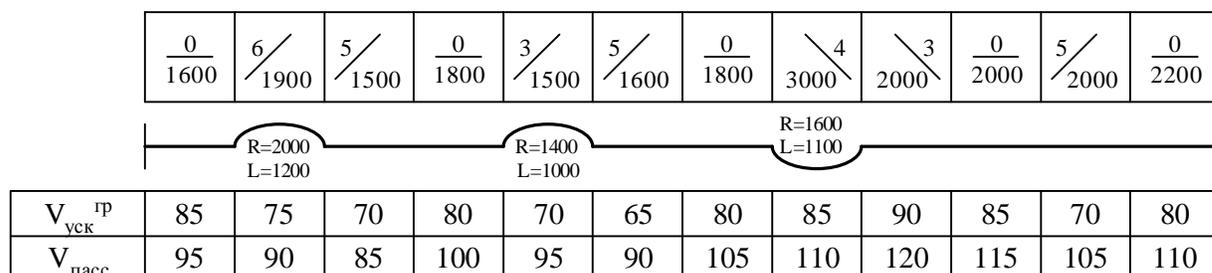
### Вариант 1



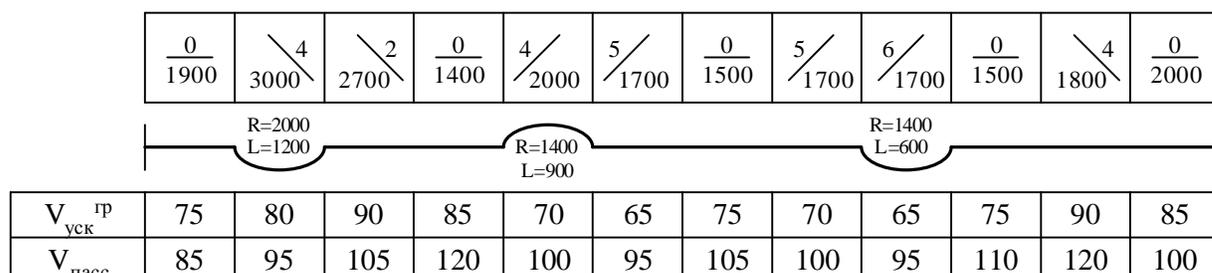
### Вариант 2



### Вариант 3



### Вариант 4



### Вариант 5

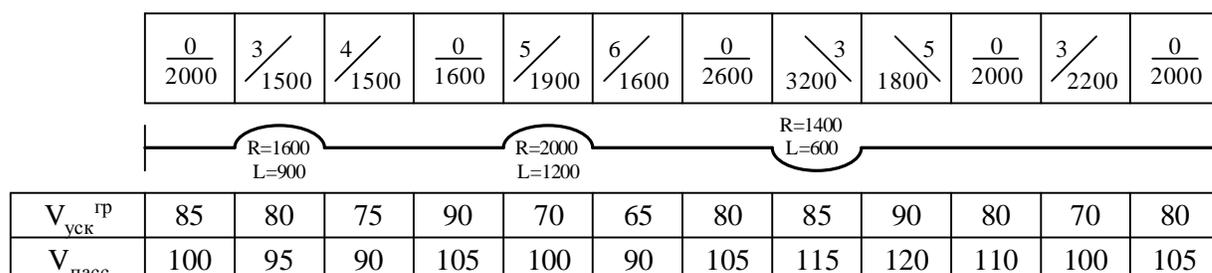


Рис. 2.4. Профили пути межстанционных перегонов (начало)

### Вариант 6

	$\frac{0}{1900}$	$\frac{6}{1800}$	$\frac{4}{1600}$	$\frac{0}{1800}$	$\frac{3}{1700}$	$\frac{5}{1500}$	$\frac{0}{3000}$	$\frac{4}{2600}$	$\frac{6}{2000}$	$\frac{0}{2400}$	$\frac{4}{2000}$	$\frac{0}{2000}$
	R=1800 L=1000			R=2000 L=1200			R=2000 L=1000					
$V_{\text{уск}}^{\text{пр}}$	80	70	65	75	70	65	80	85	90	85	70	80
$V_{\text{пасс}}$	105	85	80	100	90	85	95	105	110	120	100	105

### Вариант 7

	$\frac{0}{1900}$	$\frac{6}{1500}$	$\frac{4}{1700}$	$\frac{0}{1600}$	$\frac{4}{2000}$	$\frac{3}{1500}$	$\frac{0}{2800}$	$\frac{4}{3000}$	$\frac{5}{1500}$	$\frac{0}{2400}$	$\frac{5}{2000}$	$\frac{0}{2400}$
	R=1400 L=1200			R=1000 L=900			R=1500 L=800					
$V_{\text{уск}}^{\text{пр}}$	80	75	65	70	80	90	85	80	70	75	65	80
$V_{\text{пасс}}$	100	90	80	95	105	115	120	100	90	95	85	100

### Вариант 8

	$\frac{0}{1900}$	$\frac{6}{1800}$	$\frac{4}{1500}$	$\frac{0}{1600}$	$\frac{5}{1600}$	$\frac{3}{1600}$	$\frac{0}{1500}$	$\frac{3}{2500}$	$\frac{5}{1800}$	$\frac{0}{2000}$	$\frac{3}{2200}$	$\frac{0}{2000}$
	R=1400 L=1200			R=1000 L=900						R=1200 L=800		
$V_{\text{уск}}^{\text{пр}}$	85	80	75	90	70	65	80	85	90	80	80	90
$V_{\text{пасс}}$	105	95	90	105	100	90	105	115	120	110	105	100

### Вариант 9

	$\frac{0}{1900}$	$\frac{4}{1800}$	$\frac{3}{1700}$	$\frac{0}{1500}$	$\frac{4}{1900}$	$\frac{6}{1700}$	$\frac{0}{3000}$	$\frac{5}{1800}$	$\frac{6}{1700}$	$\frac{0}{2000}$	$\frac{4}{2400}$	$\frac{0}{2000}$
	R=1500 L=1300			R=1400 L=1000			R=2000 L=800					
$V_{\text{уск}}^{\text{пр}}$	80	85	90	80	70	65	75	70	65	75	80	85
$V_{\text{пасс}}$	110	115	120	100	95	95	100	95	90	100	110	120

### Вариант 10

	$\frac{0}{1900}$	$\frac{2}{1800}$	$\frac{3}{2100}$	$\frac{0}{3000}$	$\frac{6}{1900}$	$\frac{5}{2500}$	$\frac{0}{2000}$	$\frac{4}{1800}$	$\frac{6}{1700}$	$\frac{0}{1600}$	$\frac{5}{1700}$	$\frac{0}{2000}$
	R=2000 L=1100			R=1500 L=1200			R=1800 L=1200					
$V_{\text{уск}}^{\text{пр}}$	70	80	90	85	70	65	75	80	75	65	80	85
$V_{\text{пасс}}$	100	110	120	115	100	90	105	95	85	100	105	110

Рис. 2.4. Окончание

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕГОНА

Для обоснования необходимости модернизации действующих устройств регулирования движения поездов (полуавтоматической блокировки) и достаточности внедряемых устройств (автоблокировки) необходимо определить наличную пропускную способность при этих устройствах и сравнить с потребной.

Потребная пропускная способность каждого из путей перегонов двухпутного участка железной дороги, как при полуавтоматической блокировке, так и при автоблокировке, измеряемая в расчетных грузовых поездах в сутки, определяется по формуле

$$N_{ПОТР} = b \cdot (N_{гр} + x_{сб} N_{сб} + x_{уск} N_{уск} + x_{приг} N_{приг} + x_{нас} N_{нас}), \quad (3.1)$$

где  $b$  – запас пропускной способности, учитывающий неравномерность движения. Для двухпутных перегонов  $b = 1,1$ ;

$N_{гр}$ ,  $N_{сб}$ ,  $N_{уск}$ ,  $N_{приг}$ ,  $N_{нас}$  – размеры (число поездов в сутки) соответственно грузовых, грузовых сборных, грузовых ускоренных, пригородных пассажирских, дальних пассажирских;

$x$  – коэффициент съема с параллельного графика грузовых поездов соответственно пропуском ускоренного и сборного грузового, пригородного и дальнего пассажирского поездов.

Для двухпутных перегонов с ПАБ:  $x_{сб}=1,8$ ;  $x_{уск} = x_{приг} = x_{нас} = 1,6$ .

Для двухпутных перегонов с АБ:  $x_{сб}=2,0$ ;  $x_{уск} = x_{приг} = x_{нас} = 1,8$ .

В соответствии с заданием перегон оборудован устройствами полуавтоматической блокировки, а прилегающие станции МКУ. Он является ограничивающим наибольшее время его проследования из всех перегонов участка, по причине наибольшей длины и наличия затяжного подъема.

Наличная пропускная способность двухпутного перегона (расчетных грузовых поездов в сутки) при полуавтоматической блокировке определяется для каждого пути по формуле

$$N = \frac{(1440 - t_{\text{техн}}) a_n}{t_{\text{сп}} + t_n}, \quad (3.2)$$

где 1440 - число минут в сутках;

$t_{\text{техн}}$  – продолжительность технологического "окна", свободного от пропуска поездов, мин. На двухпутном перегоне  $t_{\text{техн}} = 120$  мин;

$a_n$  – коэффициент надежности работы технических устройств перегона (0,96 – при полуавтоматической блокировке, 0,92 – при автоматической блокировке);

$t_{\text{сп}}$  – время хода грузового расчетного поезда по лимитирующему перегону, мин.;

$t_n$  – станционный интервал попутного следования поездов, мин.

При МКУ на станциях  $t_n = 8$  мин.

Наличная пропускная способность перегона (расчетных грузовых поездов в сутки) при автоматической блокировке

$$N = \frac{(1440 - t_{\text{техн}}) a_n}{I}, \quad (3.3)$$

где  $I$  – заданный расчетный межпоездной интервал в пакете, мин.

После определения потребной и наличной пропускных способностей сравниваем полученные значения между собой и делаем соответствующие выводы о необходимости модернизации или достаточности действующих устройств.

### ПРИМЕР 3.

**Требуется:** посчитать пропускную способность перегона и определить необходимость модернизации действующих устройств интервального регулирования движения поездов.

Для определения эксплуатационной необходимости модернизации вышеуказанных устройств СЦБ учесть следующие перспективные размеры движения в каждом направлении (четном и нечетном): пассажирских  $N_{нас} = 17$ , пригородных  $N_{приг} = 22$ , грузовых  $N_{гр} = 38$  поездов в сутки. На заданной участковой станции формируется 10 поездов в сутки (пять ускоренных  $N_{уск} = 5$  и пять сборных  $N_{сб} = 5$ ).

Перегон оборудован устройствами полуавтоматической блокировки, а прилегающие станции МКУ. Перегон является ограничивающим наибольшее время его проследования из всех перегонов участка, по причине наибольшей длины и наличия затяжного подъема. Интервал попутного следования  $I = 8$  минут.

**Решение:** по формуле (3.1) определяем потребную пропускную способность, измеряемую в расчетных грузовых поездах в сутки (ргпс):

$$N_{потр}^{ПAB} = 1,1 \cdot (38 + 1,8 \cdot 5 + 1,6 \cdot 5 + 1,6 \cdot 22 + 1,6 \cdot 17) = 129,14 \text{ ргпс};$$
$$N_{потр}^{AB} = 1,1 \cdot (38 + 2,0 \cdot 5 + 1,8 \cdot 5 + 1,8 \cdot 22 + 1,8 \cdot 17) = 139,92 \text{ ргпс}.$$

По формулам (3.2) и (3.3) определяем наличную пропускную способность:

$$N_{нал}^{ПAB} = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,96}{16 + 8} = 52,8 \text{ ргпс};$$
$$N_{нал}^{AB} = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,92}{8} = 151,8 \text{ ргпс}.$$

Так как  $N_{потр}^{ПАБ} > N_{нал}^{ПАБ}$ , то необходимо модернизировать действующие устройства регулирования движения поездов (ПАБ) и внедрять устройства автоблокировки (АБ).

### ЗАДАНИЕ 3.

В соответствии с заданными перспективными размерами движения (выбрать по заданию, табл. 3.1, номер варианта соответствует последней цифре шифра студента) определить пропускную способность перегона и определить необходимость модернизации действующих устройств регулирования движения поездов.

Таблица 3.1

Перспективные размеры движения поездов

Вариант	$N_{гр}$	$N_{сб}$	$N_{уск}$	$N_{приг}$	$N_{пасс}$	Интервал $I$
1	40	7	5	20	6	6
2	35	5	7	25	15	8
3	41	4	6	15	10	7
4	50	6	7	20	17	5
5	40	5	6	15	16	8
6	42	5	4	19	15	7
7	43	7	7	16	15	6
8	45	5	5	25	20	5
9	40	5	5	17	12	7
0	46	7	5	15	14	6

## 4. РАССТАНОВКА СВЕТОФОРОВ ТРЁХЗНАЧНОЙ АВТОБЛОКИРОВКИ НА ПЕРЕГОНЕ

### 4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ УСТАНОВКИ СВЕТОФОРОВ

Под расстановкой светофоров автоблокировки понимают теоретическое размещение и определение мест их установки на перегонах в соответствии с заданными эксплуатационными требованиями. Основным из этих требований является обеспечение необходимых размеров движения поездов на участке по условию пропускной способности перегонов и промежуточных станций, требуемый межпоездной интервал с соблюдением условий безопасности движения в режиме из-под зеленого на зеленый.

Порядок расстановки светофоров на заданном участке включает в себя следующие операции.

Вначале устанавливаются входные и выходные светофоры на станциях, ограничивающих заданный перегон. Ориентировочно можно принять, что входной светофор устанавливается (в масштабе пути) в зависимости от рода тяги на расстоянии 650 м при тепловозной тяге и 900 м при электротяге от оси приемной станции в сторону рассматриваемого перегона. Выходной светофор, в масштабе пути, устанавливается на расстоянии 500 м от оси станции отправления.

Определяется место установки первого перегонного светофора, который условно обозначается как светофор I серии.

Определяются места установки двух перегонных светофоров, которые условно обозначаются светофорами II и III серии, расположенными между выходным светофором и первым светофором I серии. Для этого время между выходным светофором и найденным светофором I серии делится на три равные части и устанавливаются первые светофоры II и III серий.

Определяются места установки всех остальных перегонных светофоров. При этом методика определения мест установки вторых, третьих и всех остальных перегонных светофоров этих же серий несколько меняется. Они устанавливаются по минутным засечкам времени заданного интервала, откладываемого от предыдущих светофоров соответствующей серии, как и первый светофор I серии. Методика определения мест их установки (включая первый светофор I серии) заключается в следующем. Во время расстановки перегонных светофоров автоблокировки нужно помнить, что заданный интервал попутного следования в минутах откладывается по центру тяжести поезда, находящегося примерно в середине его, а светофор, ограждающий этот поезд, устанавливается вслед за хвостом поезда на половину его длины назад (в масштабе пути) и далее интервалы необходимо откладывать снова по центру тяжести поезда. Процесс расстановки перегонных светофоров заканчивается, когда следующий перегонный светофор будет помещаться за входным либо совмещаться с ним.

После определения мест установки всех перегонных светофоров одного направления по заданному интервалу производится их проверка и корректировка по местным условиям профиля и принятым расстояниям между ними.

При этом руководствуются следующими основными требованиями:

1. Расстояние между смежными светофорами одного направления (длина блок-участка) должно быть не менее тормозного пути при максимальной реализуемой скорости на данном участке, при полном служебном (автостопном) торможении, но не менее 1000 м по ПТЭ и не более 2600 м при нормальной работе рельсовых цепей, то есть длина блок-участка  $l_{\text{б.у.}}$  должна быть в промежутке  $1000 \text{ м} < l_{\text{б.у.}} < 2600 \text{ м}$ . При больших длинах блок-участков могут делаться разрезные точки, количество которых должно быть ограничено (одна, две разрезные точки на перегоне).

2. Расстояние между попутно следующими поездами при трехблочном их разграничении  $L_{\text{змин}} = 3 l_{\text{бу}} + l_{\text{п}} > 4000$  м.

3. Расстояние (длина блок-участка) между входным и предупредительным светофором по условиям пропускной способности станции приема должно быть не менее 1200 м и не более 1500 м, то есть  $1200 \text{ м} < l_{\text{бувп}} < 1500 \text{ м}$ .

4. Светофоры, как правило, должны устанавливаться на прямых участках пути и вне пределов кривых, тоннелей, больших мостов и других сооружений. При этом их размещают в начале кривых или перед указанным сооружением, либо за ними на расстоянии не менее длины поезда ( $l_{\text{п}} = 1000$  м).

Для выполнения этих четырех требований необходимо перемещать (корректировать) первоначально установленные светофоры. Перемещение светофоров, в случае их корректирования по условиям видимости или по другим соображениям, допускается по времени в пределах  $\pm 1$  мин на магистральных участках железных дорог.

Если в результате этих корректировок расстояние между светофорами получается все же слишком большим (более 3 км) или слишком малым (менее 1 км), то принимается соответственно меньший или больший расстановочный интервал (меняется исходный интервал), и аналогичные действия по определению мест размещения светофоров повторяются.

Все установленные и окончательно откорректированные светофоры обозначаются по принятой в проектах нумерации.

#### 4.2. ПРОВЕРКА ДЛИНЫ БЛОК-УЧАСТКА АВТОБЛОКИРОВКИ ПО ТОРМОЗНОМУ ПУТИ ПОЕЗДА

Известно, что в целях максимальной пропускной способности перегона расстановка светофоров АБ производится по преобладающему виду движения, в данном случае по грузовым поездам расчетного веса, скорость которых является относительно невысокой. В то же время по линии обращаются также пассажирские, пригородные, легковесные грузовые и другие поезда. Установлено, что наибольшими тормозными путями обладают пассажирские поезда с весом поезда 10000 кН (1000 т), обращающиеся со скоростями до 120 км/ч, а также ускоренные грузовые поезда с весом состава 15000 кН (1500 т) при максимально допустимой скорости 90 км/ч. В зависимости от конкретных особенностей участка возможны случаи, когда наибольшие тормозные пути получаются у грузовых поездов при полном служебном или автостопном торможениях, в других случаях - у пассажирских поездов.

Поэтому проверку длин блок-участков на соответствие их тормозным путям рекомендуется производить по кривым скоростей пассажирского и грузового (легковесного) поездов с учетом максимально реализуемых ими в данном месте скоростей движения, указанных в вариантах профилей пути.

Для расчета тормозных путей используются аналитические или графические методы. В целях облегчения расчетов приведены номограммы тормозных путей грузовых и пассажирских поездов при экстренном торможении и различной крутизне спусков. По данным этих номограмм определены значения тормозных путей автостопного и полного служебного торможений пассажирского и грузового поездов при различных начальных скоростях их движения, сведения о которых представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Справочные данные длин тормозных путей ускоренного грузового и  
пассажирского поездов

Уклон пути	Тормозной путь, м при начальной скорости поезда в км/ч						
	Ускоренного грузового		Пассажирского				
	90	80	120	110	100	90	80
+10	750	540	1060	910	730	600	450
	920	750	1320	1160	1000	800	670
+8	800	590	1100	950	770	620	470
	960	780	1340	1180	1010	820	690
+6	850	630	1150	970	800	640	480
	1000	800	1370	1200	1020	840	700
+4	920	690	1200	1015	815	650	490
	1050	840	400	1210	1030	850	710
+2	980	750	1250	1045	825	655	505
	1100	880	1440	1250	1050	860	720
0	1050	800	1300	1080	870	690	530
	1160	910	475	1270	1070	860	730
-2	1130	850	1350	1120	920	730	560
	1220	970	520	1300	1090	910	740
-4	1210	910	1410	1160	940	750	580
	1280	1010	1550	1340	1120	920	750
-6	1310	980	1480	1220	970	870	590
	1350	1050	1600	1360	1140	930	750
-8	1470	1070	1550	1270	1030	810	620
	1420	1110	1640	1390	1170	960	780
-10	1550	1150	1620	1350	1090	860	660
	1500	1160	1690	1430	1190	990	800

Примечание:

1. Уклон со знаком (+) является подъемом, со знаком (-) – спуском.
2. Значение тормозных путей соответствует:
  - в числителе – полному служебному торможению;
  - в знаменателе – автостопному торможению.

ПРИМЕР 4.

**Требуется:** произвести расстановку светофоров трехзначной автоблокировки на перегоне по кривой скорости, построенной для расчетного грузового поезда (пример 2, рис. 2.2).

**Решение:** предположим, что места расположения выходного НИ и входного Н светофоров определены в соответствии с правилами их установки на станциях (рис. 4.1).

На кривой скорости найдем засечку времени 10 мин, соответствующую минимальному интервалу, и отложив от нее расстояние  $l_{\pi}/2$  в направлении, противоположном движению поезда, получим место установки светофора, который отнесем к I серии. В результате время движения поезда 1 (П-1) от момента расположения головы перед выходным светофором НИ станции А и до прохода хвоста за светофор I серии будет равно минимальному интервалу, по истечении которого со станции А можно отправить следующий поезд 2 (П-2).

Однако для того чтобы поезд 2 следовал за поездом 1 с трехблочным разграничением, необходимо разделить участок пути между светофорами НИ и I серии на три блок-участка с установкой на их границах светофоров II и III серий. Поскольку предполагается, что поезда 1 и 2 поддерживают скорости в соответствии с кривой  $V=f(S)$ , то для сохранения между ними минимального интервала, гарантирующего движение поезда 2 на зеленые огни светофоров, время прохождения каждого блок-участка должно быть одинаковым. Поэтому по минутным засечкам вычисляют время хода поезда от светофора НИ до светофора I серии и делят его на три равные части. Расположению светофора НИ соответствует отметка 1,3 мин на кривой скорости, а светофора I серии – 9,4 мин.

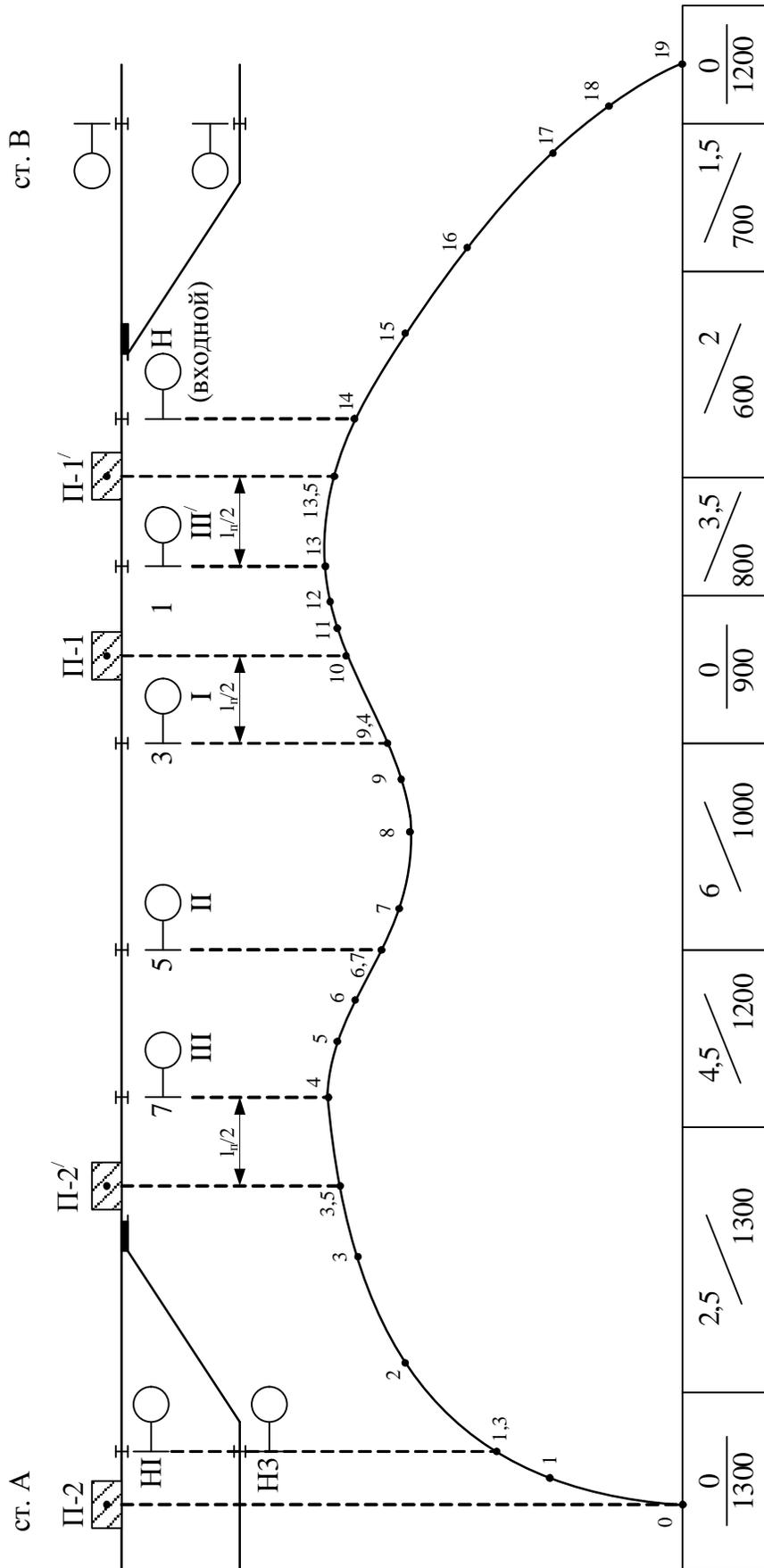


Рис. 4.1. Расстановка светофоров АБ по засечкам времени

Искомый промежуток времени:

$$t_1 = \frac{(9,4 - 1,3)}{3} = 2,7 \text{ мин.}$$

Вычитая  $t_1$  из отметки времени светофора I, получим  $(9,4 - 2,7 = 6,7 \text{ мин})$  отметку времени, соответствующую месту установки светофора II серии. Прибавив к отметке времени 1,3 мин светофора III  $t_1 = 2,7 \text{ мин}$ , получим  $(1,3 + 2,7 = 4 \text{ мин})$  отметку времени, которая определяет место установки светофора III серии.

Проверим длины блок участков между светофорами II и III; III и II; II и I на соответствие тормозным путям пассажирского и ускоренного грузового поездов.

В момент приближения головы поезда 2 к светофору III серии хвост поезда 1, идущего впереди с интервалом  $I = 10 \text{ мин}$ , должен находиться за следующим светофором III серии. Поэтому от найденной координаты светофора III серии отложим влево расстояние  $I_n/2$  и найдем отметку времени на кривой скорости (3,5 мин). Прибавляя к этой отметке минимальный интервал, получим отметку времени (13,5 мин), соответствующую расположению центра тяжести впереди идущего поезда 1. Далее, отложив влево от этой точки расстояние  $I_n/2$ , получим координату второго светофора III серии.

После окончательной расстановки светофоров автоблокировки на перегоне производим их обозначение. Так как в примере рассмотрено нечетное направление движения, то и проходные светофоры обозначаем нечетными номерами по возрастанию, начиная с последнего по ходу движения, то есть от предвходного светофора.

Так второй светофор III серии, который является предвходным, обозначим как 1. светофор I серии обозначим как 3. И так далее.

#### ЗАДАНИЕ 4.

Произвести расстановку светофоров трёхзначной автоблокировки на перегоне по засечкам времени, нанесенным на кривой скорости, построенной для расчетного грузового поезда по заданию 2.

В задании расстановка светофоров производится при трехзначной системе сигнализации, исходя из разграничения попутно следующих поездов тремя блок-участками. При этом максимальная длина расчетного грузового поезда принимается равной  $l_{п} = 1000$  м. Во всех вариантах заданный участок железной дороги является двухпутным.

Для выполнения задания предлагается десять вариантов профиля пути межстанционных перегонов (рис. 2.4), каждый из вариантов включает в себя различное сочетание трех характеристик элементов – площадка (нулевой уклон), подъем (положительный уклон), спуск (отрицательный уклон). Под каждым профилем показано расположение железнодорожных кривых радиусом  $R$  (м) и длиной  $L$  (м), скорости пассажирского поезда весом 10000 кН (1000 т) и ускоренного грузового поезда весом 15000 кН (1500 т). Остальные исходные данные указаны в расчетах, выполненных ранее.

Проверка длин блок-участков на соответствие их тормозным путям производится по кривым скоростей пассажирского и ускоренного грузового поездов, построенным по ординатам, указанным в вариантах заданного профиля (рис. 2.4) и справочным данным таблицы 4.1.

Для обозначения проходных светофоров автоблокировки на перегоне принимаем, что для нечетных вариантов направление движения – нечетное, а для четных – четное. При этом на каждом перегоне светофоры имеют самостоятельную нумерацию, не связанную с соседними перегонами.

## 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАПОЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

### 5.1. РАССТАНОВКА НАПОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При оборудовании станции устройствами ЭЦ должны выполняться следующие эксплуатационные требования:

- обеспечение потребной пропускной способности станции;
- обеспечение наиболее рациональных технологических процессов на станции при соблюдении безопасности движения поездов.

При проектировании устройств централизации на станции определяются:

- необходимость реконструкции путевого развития станции с учетом перспективного изменения интенсивности движения поездов, их скоростей и длин, а также увеличения пропускной способности станции при введении централизации;

- стрелки, подлежащие включению в централизацию;
- специализация путей и места установки поездных и маневровых светофоров в соответствии с технологическим процессом станции;
- места изолирующих стыков рельсовых цепей на плане путевого развития станции с учетом необходимости сокращения перепробегов маневровых составов и повышения пропускной способности станции.

Путевое развитие станции и размещение напольных устройств ЭЦ представляется на схематическом (немасштабном) плане.

На станциях принимаются линзовые светофоры с нормально горящими огнями. Светофоры по назначению подразделяются на входные, выходные, маршрутные, маневровые и повторительные.

На станциях применяются мачтовые и карликовые светофоры.

Мачтовыми обязательно являются входные, маршрутные и выходные светофоры на главных путях, путях безостановочного пропуска поездов, маневровые, ограждающие въезд в централизованную зону с вытяжных тупиков и подъездных путей. Все остальные светофоры карликовые.

При расстановке светофоров необходимо руководствоваться следующими положениями:

- все светофоры устанавливаются только линзовые и с правой стороны по ходу движения;

- входные светофоры устанавливаются мачтовые (пять линзовых комплектов) и обозначаются в зависимости от направления движения буквой "Н" или "Ч", а при наличии нескольких подходов с добавлением буквы примыкающей участковой станции, например, "НА" или "НБ".

- на двухпутных линиях по второму пути предусматривается дополнительный входной светофор по границам станции с красным и двумя жёлтыми огнями карликового типа для организации по второму пути двустороннего движения (НД, ЧД);

- входные светофоры устанавливаются не ближе 50 м от острья первой противощерстной или от предельного столбика первой пошерстной стрелок для не электрифицированных участков. На электрифицированных участках это расстояние должно быть не менее 300 м;

- выходные светофоры устанавливаются карликовые с учетом специализации путей по направлению движения путей с четырьмя линзовыми комплектами при отсутствии ответвления и пятью с двумя зелеными огнями – при наличии ответвления (с главных путей и путей безостановочного пропуска поездов устанавливаются мачтовые светофоры). Выходные светофоры обозначаются буквами "Н" и "Ч" с прибавлением номера пути, на котором они установлены, например, Н1, Ч4, Ч6 и т.д., сигнализирующие на одно направление. Из сортировочного парка могут устанавливать групповые выходные светофоры с

маршрутным указателем номера пути, с которого разрешено поезду отправляться на перегон;

- маневровые светофоры устанавливаются в районах централизованных стрелок и располагаются в соответствии с разработанной маршрутизацией передвижения в начальных точках маневровых маршрутов. Основным требованием к расстановке маневровых светофоров является обеспечение одновременных маневровых передвижений в горловине и наименьшей длины угловых заездов.

Маневровые светофоры со стороны прибытия четных поездов получают четные номера (М2, М4 и т.д.), а со стороны нечетных - нечетные (М1, М3 и т.д.), и их по назначению и расположению можно условно разделить на четыре группы:

- разрешающие движение со станционных путей;
- разрешающие движение в зону централизации со всех примыканий и тупиков;
- расположенные в горловине и разрешающие движение в сторону парка путей;
- размещенные в горловине и разрешающие движение по ней со стороны парка путей.

Светофоры первой группы устанавливают в обоих концах каждого станционного пути, входящего в централизацию, а при наличии на пути выходного или маршрутного светофора совмещают с ними путем размещения разрешающего огня и использования их запрещающего (Н2, Н4 и т.д.).

Светофоры второй группы позволяют заезжать в зону централизации с тупиков и со всех примыканий. Они устанавливаются перед стрелкой, ведущей в зону централизации.

Светофоры третьей группы обеспечивают минимальную длину угловых заездов, необходимых для передвижений с одного пути на другой. Для этого их

установка обязательна перед противошерстной стрелкой, общей для данных путей.

Светофоры четвертой группы делят горловину на части, ограничивая протяженность маршрутов со станционных путей или тупиков.

При выделении в горловине станции бесстрелочных (путевых) участков с них в обе стороны необходима установка маневрового светофора.

Между входным светофором и входной стрелкой также необходима установка маневрового светофора. При этом нумерацию необходимо начинать с него.

Важным разделом проектирования ЭЦ является размещение на станции изолирующих стыков, позволяющих электрически отделять стрелочные и бесстрелочные участки и пути станции друг от друга для контроля состояния рельсовой линии и местонахождения подвижного состава с помощью электрических рельсовых цепей. При разбивке станционных путей образуют стрелочные и бесстрелочные рельсовые цепи (путевые и стрелочные секции).

Станционные изолирующие стыки можно разделить на следующие группы:

- ограничивающие зону централизации;
- выделяющие станционные пути и бесстрелочные участки в горловине;
- позволяющие выполнять одновременные параллельные передвижения по стрелкам съездов и параллельным съездам;
- ограничивающие число стрелочных переводов, включаемых в одну рельсовую цепь (до 3-х одиночных или 2-х спаренных);
- необходимые по условиям работы ЭЦ.

В первую очередь на схематическом плане устанавливаются изолирующие стыки в створе со светофорами. Затем устанавливаются

изолирующие стыки по границе централизованной стрелочной зоны в горловинах станции, отделяя ее от станционных путей, путей перегона, тупиков, вытяжек, путей примыканий к промышленным предприятиям, техническим средствам станции (депо, сортировочный парк, грузовой двор и т.д.).

Для обеспечения одновременных параллельных невраждебных передвижений изолирующими стыками разделяются спаренные стрелки, стрелки съездов и параллельные съезды между параллельными путями.

Приемоотправочные и другие станционные пути выделяются в отдельные путевые секции. Разделение стрелочных участков делают так, чтобы в один участок входило не более трех одиночных или двух перекрестных или спаренных стрелочных переводов.

В горловине станции после входного светофора выделяется бесстрелочный участок независимо от наличия маневрового светофора. Аналогично изолированный участок выделяется между последней входной стрелкой и границей станции на двухпутных линиях, а также перед маневровыми светофорами с путей примыкания, веток, локомотивного депо и т.д.

На станционных путях изолирующие стыки устанавливают с учетом соблюдения габарита свешивающейся части подвижного состава на ответвлениях объединяющей их стрелки (не менее 3,5 м от предельного столбика).

Негабаритные изолирующие стыки показываются на однопутном плане станции обведенными в кружок, что означает необходимость дополнительного замыкания (контроля) негабаритных секций и стрелок, не участвующих в установленном маршруте, но ведущих на него подвижной состав.

В этой связи, поскольку на стрелочной улице расстояние между стрелками, как правило, невелико и изолирующие стыки получаются негабаритными,

рекомендуется включать в одну изолированную секцию одну стрелку стрелочной улицы.

Меры по обеспечению безопасности движения поездов отражаются в таблице негабаритных изолированных стыков. Следует иметь в виду, что негабаритными являются также изостыки между стрелками съездов.

Изолирующие стыки, ограничивающие стрелочные рельсовые цепи со стороны остяков стрелки, устанавливаются у конца рамного рельса. У стрелок, передаваемых на местное управление, изолирующие стыки относятся от рамных рельсов на длину одного рельсового звена (12,5 м) для одиночных стрелок и на длину двух рельсовых звеньев - для спаренных, переводимых последовательно.

Изолированные участки нумеруются. Наименование изолированных приемоотправочных путей составляются из номеров путей и буквы П (1П или 2П). Наименование нецентрализованных путей не имеет буквы П. Наименование стрелочных изолированных участков составляется из номеров стрелок, расположенных на изолированном участке, записанных через тире (наименьший номер – наибольший) и букв СП (например, 1–3СП).

Наименование бесстрелочных участков составляется из номеров стрелок, между которыми расположены участки, записанные дробью и буквой П (например, 2/8П).

Наименование бесстрелочных участков, расположенных за входными светофорами, составляется из наименования светофора и буквы П (например, ЧД, НДП).

## 5.2. МАРШРУТИЗАЦИЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЙ НА СТАНЦИИ

Маршрутом является организованный путь следования подвижного состава поездным или маневровым порядком в пределах станции.

Маршрутизированные передвижения производятся по разрешающему показанию светофора и по замкнутым централизованным стрелкам, размыкание которых происходит одновременно или посекционно. Все поездные передвижения по приему, отправлению и передаче поездов из парка в парк производятся по сигналам и обязательно маршрутизируются. Маневровые передвижения также маршрутизируются за исключением изолированных районов станции, где осуществляется сортировочная работа, и стрелки передаются на местное управление.

Разработка маршрутизации ведется с использованием схематического плана станции и заканчивается составлением таблиц основных и вариантных поездных и маневровых маршрутов и таблиц взаимозависимости показаний светофоров для заданной горловины станции. Эти документы являются исходными данными для разработки схем постовых устройств ЭЦ.

В таблице основных поездных маршрутов последовательно перечисляются все маршруты приема и отправления поездов и указывается положение ходовых и охранных стрелок, входящих в маршрут. В таблице вариантных поездных маршрутов указываются возможные варианты приема, отправления и передачи из парка в парк поездов и положение только тех стрелок, которые определяют направление маршрута, отличное от основного. В таблице маневровых маршрутов записываются маневровые маршруты от каждого светофора до первого попутного маневрового светофора или за встречный маневровый светофор, ограждающий бесстрелочный участок. В таблице взаимозависимости показаний светофоров указываются показания входного светофора при приеме и безостановочном пропуске поездов по основным и вариантным маршрутам.

Одним из наиболее важных условий обеспечения безопасности движения поездов по станции является исключение одновременного открытия светофоров, разрешающих передвижения по враждебным маршрутам. К враждебным маршрутам относятся:

- два маршрута, в которых используется одна и та же стрелка, глухое пересечение или участок пути в горловине станции;
- встречные маршруты приема на один и тот же станционный путь;
- встречные маневровые маршруты на бесстрелочный участок пути в горловине станции;
- маршрут приема по стрелкам с местным управлением в данной горловине станции, а также в противоположной горловине, если возможен выход маневрового состава на тот же путь;
- маршрут на путь, дистанционно ограждаемый для осмотра состава;
- маршруты приема в один парк с попутными маршрутами отправления по групповому выходному светофору, не имеющему маршрутного указателя пути отправления.

Встречные маневры на станционный путь, а также маневры и встречный выход подвижного состава на тот же приемо-отправочный путь при местном управлении стрелками не являются враждебными.

Кроме указанных прямых враждебностей, могут быть и косвенные, которые учитывают возможность проезда закрытых светофоров в условиях подхода поездов к станциям с затяжного спуска. По ПТЭ одновременный прием на станцию поездов противоположных направлений запрещается, если подход к станции хотя бы с одной стороны расположен на затяжном спуске и при этом маршрут приема поезда со стороны, противоположной этому спуску, не изолирован от маршрута приема другого поезда предохранительным тупиком или взаимным расположением путей.

### 5.3. РАСЧЕТ ОРДИНАТ РАЗМЕЩЕНИЯ НАПОЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЭЦ

На заданной станции расчет ординат напольных устройств ведется на основе заданной длины главных путей, равной 1100 м (принимается самый короткий из главных путей). Ширина междупутей принимается равной 5,3 м. Тип рельсов – Р65. Для соединения главных приемо-отправочных и боковых путей использованы стрелочные переводы с крестовиной марки 1/11 с радиусом переводных кривых 300 м. При расчете используются нормативы представленные на рисунке 5.1.

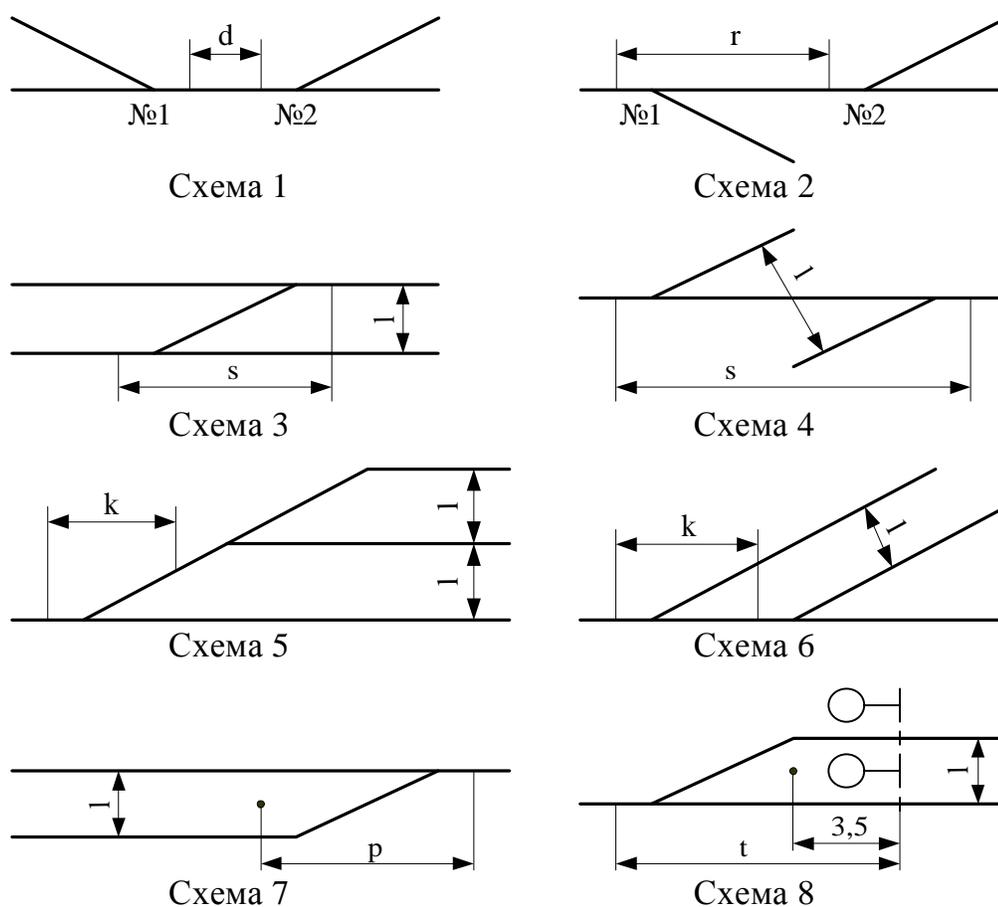


Рис. 5.1. Расстояния между острьями стрелочных переводов и от острьяков до предельных столбиков и светофоров

Таблица 5.1

Расстояния между острьяками стрелочных

переводов, м (рис. 5.1)

Тип рельсов	Марка крестовины		Расстояние, м			
			d (схема 1)		r (схема 2)	
	№1	№2	Без вставки	Вставка 1 звено	Без вставки	Вставка 1 звено
P65	1/9	1/9 (1/11)	6	18	31	44
	1/11	1/11 (1/9)	6	18	33	46
	1/18	1/18	8	20	58	70
P50	1/9	1/9 (1/11)	9	21	31	44
	1/11	1/11 (1/9)	9	21	34	46
	1/18	1/18	8	20	58	70
	1/9	1/11	-	21	-	80

Таблица 5.2

Расстояния между острьями стрелочных  
переводов, м (рис. 5.1)

Тип рельсов	Марка крестовины	Расстояние l между осями путей (ширина междупутья)						
		4,8	5,0	5,3	5,5	6,0	6,5	7,5
Расстояние s между острьями по схемам 3 и 4								
P65	1/9	68	70	73	75	79	84	93
	1/11	76	78	81	83	89	94	105
P50	1/9	66	67	70	72	76	81	90
	1/11	73	75	79	81	86	92	103
	1/18	130	134	139	142	151	161	178
Расстояние k между острьями по схемам 5 и 6								
P65, P50	1/9	43	45	48	50	54	89	68
	1/11	53	55	58	61	66	72	83

Таблица 5.3

Расстояния от острьяков стрелочных переводов до предельных столбиков и до светофоров, м (рис. 5.1)

Марка крестовины	Расстояние l между осями путей (ширина междупутья)						
	4,8	5,0	5,3	5,5	6,0	6,5	7,5
Расстояние p до предельного столбика по схеме 7							
1/9	54	53	51	51	50	49	49
1/11	59	58	57	57	57	56	56
1/18	100	98	97	97	96	96	96
Расстояние t до мачтового светофора без лестницы или со складной лестницей по схеме 8							
1/9	-	79	68	64	61	59	58
1/11	-	89	75	72	68	67	66
1/18	-	-	124	120	115	114	114
Расстояние t до одиночного карликового светофора по схеме 8							
1/9	58	57	55	55	54	53	53
1/11	63	62	61	61	61	60	60
Расстояние t до сдвоенного карликового светофора по схеме 8							
1/9	62	60	57	55	54	53	53
1/11	68	66	63	62	61	60	60

Ординаты светофоров указываются на ординатной шкале осигнализации станции, расположенной над схематическим планом станции, а ординаты изолирующих стыков, расположенных не в створе со светофорами, а также ординаты негабаритных изолирующих стыков указываются непосредственно у изостыка цифрами, помещенными в скобки.

## ПРИМЕР 5.

**Требуется:** произвести построение однопутного плана станции с расчетом ординат размещения напольного оборудования устройств ЭЦ. Составить таблицы основных и вариантных поездных и маневровых маршрутов и таблицу взаимозависимости сигналов.

**Решение:** в качестве примера на рис. 5.2 приведен схематический план промежуточной станции, имеющей 4 пути. Главные пути и боковой путь 4П специализированы, а боковой путь 3П обезличен. Безостановочный пропуск поездов осуществляется в четном направлении по 1П и 4П, а в нечетном – по 1П.

Прием поездов осуществляется по входным светофорам Ч и Н. Светофоры ЧД и НД служат для приема поездов, следующих по неправильному направлению, при капитальном ремонте второго пути.

Входные светофоры Ч и Н – мачтовые, а ЧД и НД – карликовые.

На специализированных путях установлены выходные светофоры Н1, Ч11, Ч4, а на обезличенном боковом пути 3П – светофоры Н3 и Ч3. Светофоры Ч11, Ч4, Н1 – мачтовые, так как они участвуют в маршрутах безостановочного пропуска поездов, выходные светофоры Ч3 и Н3 предусматриваются карликовыми.

Маневровые светофоры М7, М12, М14 установлены со специализированных путей. Все выходные светофоры совмещены с маневровыми. Для выезда из тупика предусмотрен светофор М5. Для возможности выполнения маневров по главным путям без выезда на перегон на станции выделены бесстрелочные участки ЧП, ЧДП – в четной и НП, НДП – в нечетной горловинах с установкой маневровых светофоров М1, М2, М3, М4. Все они карликовые.



Изолирующие стыки установлены в створе со станционными светофорами. Для возможности одновременных параллельных передвижений стрелки съездов 1/3, 2/4, 6/8 и 14/16 разделены изолирующими стыками, а стрелки 12 и 16 включены в разные стрелочные секции 8-12СП и 16СП и разделены негабаритным изостыком.

В централизацию включены 13 стрелок, 20 сигналов, из них входных – 4, выходных – 5 и маневровых – 11. В горловинах станции выделены следующие изолированные участки: ЧП, ЧДП, 2СП, 4СП, 6-14СП, 8-12СП, 16СП – в четной и НП, НДП, 1-5СП, 3-7СП, 9СП – в нечетной горловине.

Составляем таблицы основных и вариантных поездных и маневровых маршрутов и таблицу взаимозависимостей показаний светофоров (табл. 5.4 – 5.7).

Таблица 5.4

Перечень основных поездных маршрутов

№ маршрута	Наименование маршрута		По светофору	Стрелки				
				2/4	6/8	10	12	14/16
1	Прием	Прием на 3 путь	Ч	+	-		-	
2		Прием на II путь	Ч	+	+	+		+
3		Прием на 4 путь	Ч	+	+	-		
4	Отправление	Отправление с 3 пути	НЗ	+	+		-	
5		Отправление с I пути	НП	+	+		+	+

Таблица 5.5

Перечень вариантных поездных маршрутов

№ маршрута	Наименование маршрута		Стрелки, определяющие направление маршрута
6	Отправление	Отправление с 3 пути	-2/4, -6/8
7		Отправление с I пути	-2/4, -6/8

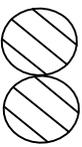
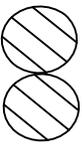
Таблица 5.6

Перечень маневровых маршрутов

№ маршрута	Наименование маршрута		Стрелки, определяющие направление маршрутов	
8	От светофора	М2	За светофор М6	+2/4
9			До светофора М10	+2/4
10			До светофора М8	-2/4
11		М4	До светофора М8	+2/4
12		М8	На 3 путь	-6/8, +12
13			За светофор М12	+6/8, -10
14			За светофор М14	+6/8, +10, +14
15		М10	На 3 путь	+6/8, -12
16		Н3	За светофор М10	+6/8, -12
17			До светофора М6	+6/8, -12
18			За светофор М8	-6/8, -12
19		М14	За светофор М8	+6/8, +10, +14

Таблица 5.7

## Взаимозависимость показаний светофоров

Маршруты	Показание светофора			
	Ч	Ч II	ЧЗ	Ч4
Прием на II путь с остановкой				
Прием на 3 и 4 пути с остановкой				
Безостановочный пропуск по II пути				
Безостановочный пропуск по 4 пути				

Расчет ординат производился следующим образом.

Изначально приняв длину пути III равной 1100 метров, находим ординаты ограждающих этот путь светофоров. Так ординаты светофоров НI и М7 равны 550 (принимая, что центр пути совпадает с осью станции).

Далее определяем ординату стрелки 16. Расстояние от изостыка в створе со светофором до острия стрелки равно 3 метра. Соответственно ордината стрелки 16 равна  $550+3=553$ . Далее по рис. 5.1 (схема 3) и данным таблицы 5.2 находим ординату стрелки 14. Ее ордината равна  $553+81=634$ . Далее определяем ординату стрелки 10. Ее ордината определяется по рис. 5.1 (схема 2) и табл. 5.1 и равна  $634+33=667$ .

Ордината светофора М14 определяется по рис. 5.1 (схема 8) и данным табл. 5.3. Его ордината равна  $634-61=573$ . И так далее.

Ордината входного светофора определяется из условия, что входные светофоры устанавливаются не ближе 300 м от остряка первой противошерстной или от предельного столбика первой пошерстной стрелок для электрифицированных участков. Соответственно ордината входного светофора равна  $706+57+324=1087$ . Значение 324 взято для того, чтобы ордината светофора ЧД также удовлетворяла требуемым условиям.

Такие же расчеты производим и для четной горловины.

Все рассчитанные значения ординат стрелок и светофоров записываем в ординатную шкалу, расположенную над схематическим планом.

## ЗАДАНИЕ 5.

Выполнить проектирование напольных устройств электрической централизации с расчетом ординат их расположения.

В задании путевое развитие станции, специализация и нумерация путей заданы по вариантам (рис. 5.3). Все стрелки на станции включаются в электрическую централизацию. Поездные и маневровые передвижения на станции маршрутизируются.

Требуется на схематическом плане станции произвести расстановку поездных и маневровых светофоров: определить конструкцию светофоров (мачтовые, карликовые); пронумеровать стрелки и сигналы; указать сигнальные огни светофоров; произвести разбивку путей на изолированные участки; составить таблицу поездных и маневровых маршрутов и таблицу взаимозависимости показаний светофоров, а также произвести расчет ординат расположения напольного оборудования.

Схема промежуточной станции выбирается студентом по последней цифре шифра по рис. 5.3. Номер варианта соответствует последней цифре шифра студента.

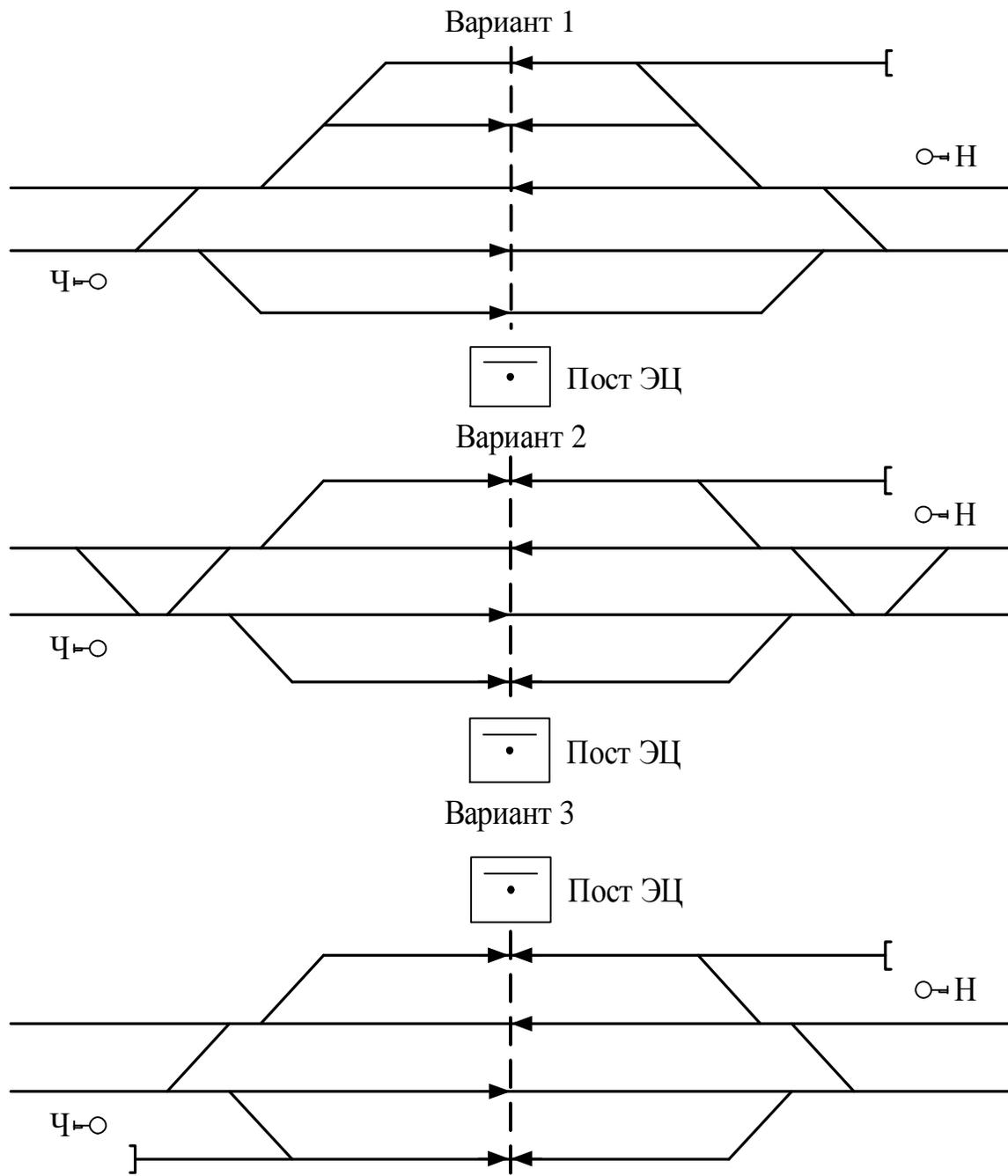
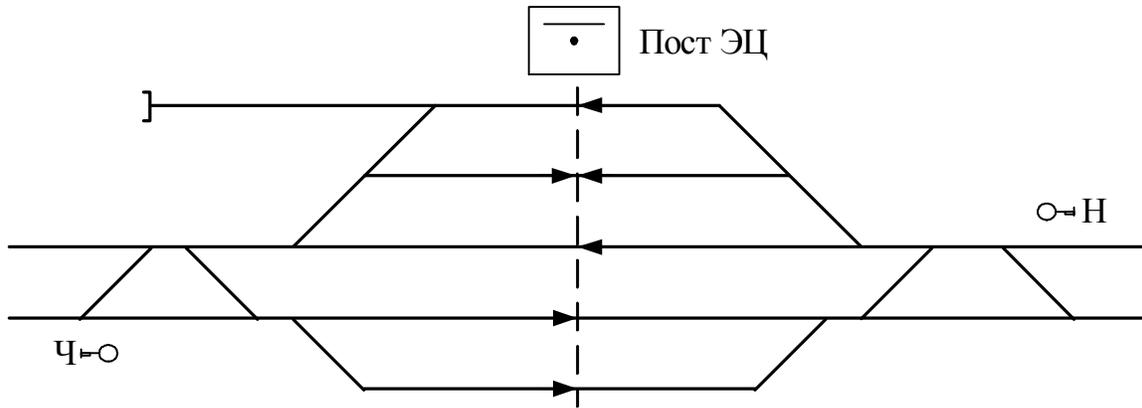
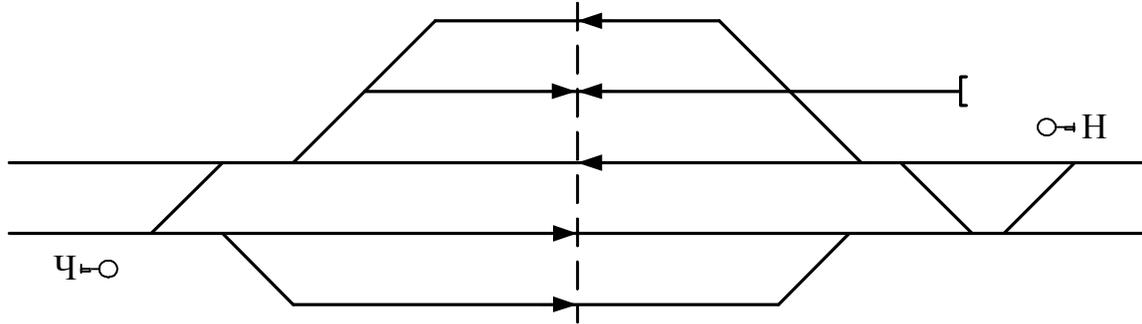


Рис. 5.3. Схематические планы станции (начало)

Вариант 4



Вариант 5



Вариант 6

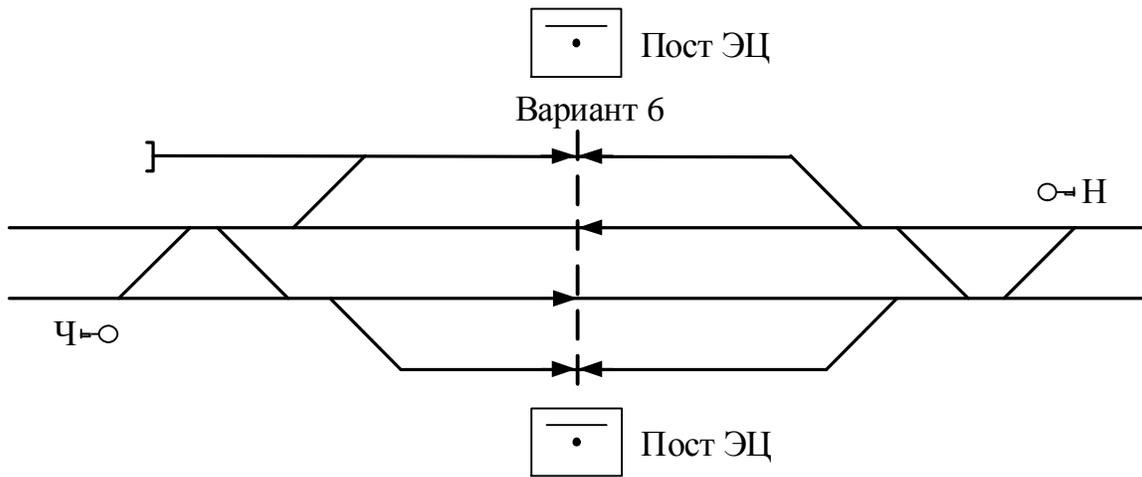


Рис. 5.3. Продолжение

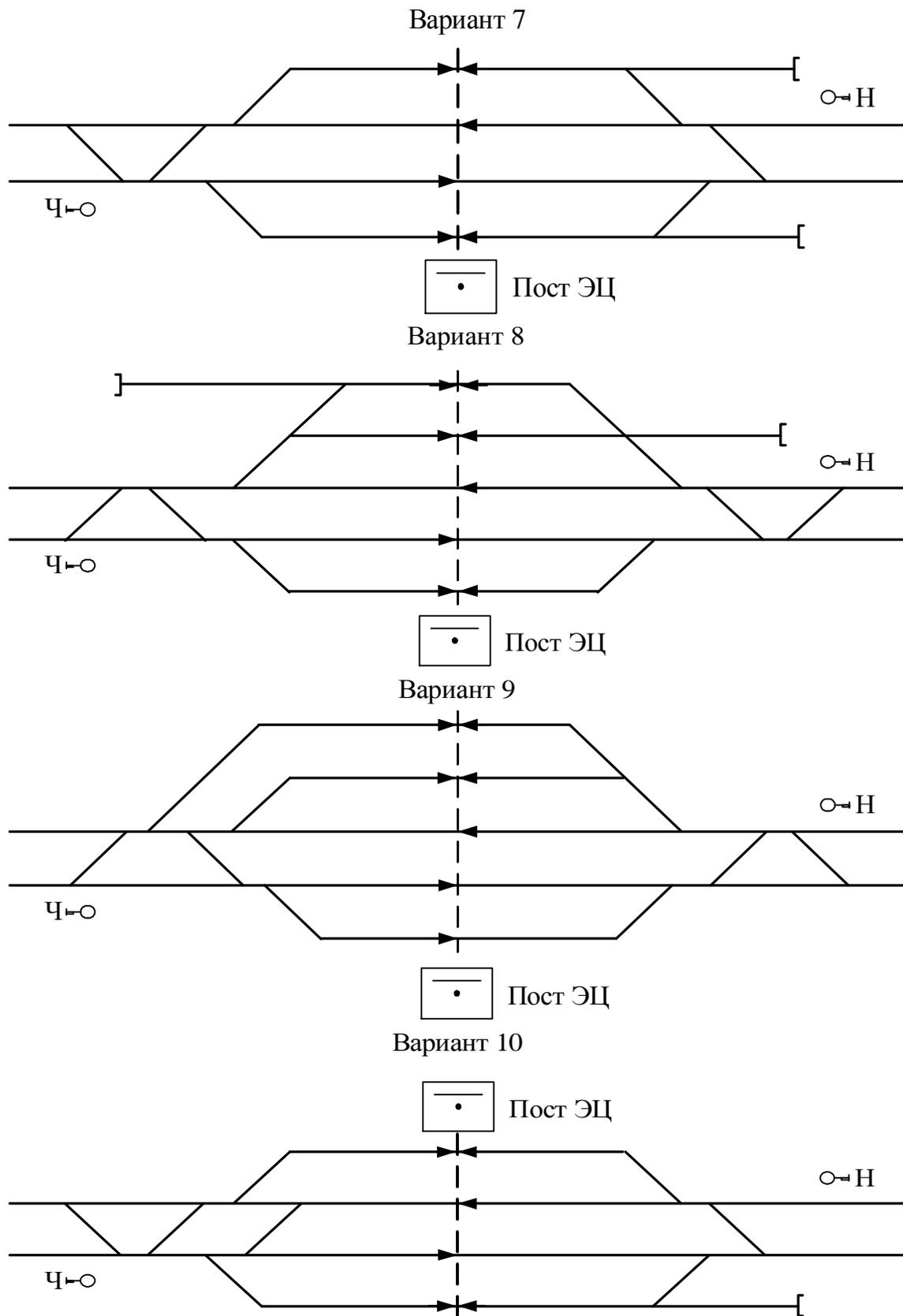


Рис. 5.3. Окончание

## 6. РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ГОРЛОВИНЫ СТАНЦИИ

Проверка пропускной способности горловины станции производится с целью определения возможности выполнения в течение заданного отрезка времени всех поездных и маневровых передвижений, которые должны происходить в горловинах станции в соответствии с заданными размерами движения. При проектировании централизации стрелок и сигналов эта проверка производится как для существующего оборудования станции, так и для проектируемой централизации.

Исходные данные для проверки пропускной способности горловин:

- заданные на перспективу количество и категории поездов, подлежащих пропуску и обработке на данной станции, а также заданный объем местной работы станции;

- масштабный или схематический план станции, определяющий взаимное расположение элементов станций (путей, стрелочных переводов, светофоров и т.п.);

- данные о специализации путей и о маршрутах отдельных передвижений по станции;

- технологический процесс, определяющий порядок и продолжительность отдельных операций.

Пропускную способность наиболее загруженной из горловин можно считать соответствующей заданным размерам движения и объему работы станции в том случае, если наиболее загруженные ее стрелки обеспечивают все поездные и маневровые передвижения, которые вытекают из заданного объема работы станции.

Для расчетов пропускной способности стрелки горловины объединяют в группы, в каждую из которых включают стрелки с одинаковой степенью загрузки, а также такие стрелки, которые не при каких условиях не могут

одновременно использоваться для различных передвижений. Каждая группа стрелок образует отдельный расчетный элемент. Размеры расчетных элементов зависят от наличия рельсовых цепей, охранных стрелок и маневровых светофоров в горловине. Использование принципа посекционного размыкания маршрутов также расширяет возможности одновременных передвижений. Поэтому при ЭЦ каждая секция маршрута может рассматриваться как самостоятельный расчетный элемент.

Загрузка элемента зависит от количества совершаемых на нем передвижений и от продолжительности занятия элемента каждым из этих передвижений. Количество передвижений определяется заданным объемом и характером работы станции, а продолжительность занятия элемента каждым передвижением зависит от времени, затрачиваемого на передвижение по маршруту.

Расчёт загрузки элемента начинают с определения продолжительности занятия этих элементов различными передвижениями: приём и отправление поездов, подачей и уборкой сменяемых локомотивов, а также маневровыми передвижениями. В общем случае продолжительность занятия элементов одним передвижением  $t$  определяется по формуле

$$t = t_m + t_{вс} + 0,06 \cdot L/V, \text{ мин}, \quad (6.1)$$

где  $t_m$  - время на приготовление маршрута и подачу сигнала, разрешающего передвижение, мин;

$t_{вс}$  - время на восприятие сигнала машинистом, принимаемое равным 0,1 мин;

$L$  - расчетное расстояние для рассматриваемого передвижения, м;

$V$  - средняя скорость передвижения в пределах расчетного расстояния, км/ч.

Среднюю скорость передвижения можно принять равной в маршруте приема пассажирских поездов – 40–45 км/ч, грузовых – 35–40 км/ч, в маршруте отправления пассажирских поездов – 35–40 км/ч, грузовых – 30–35 км/ч, в маневровых передвижениях одиночного локомотива – 15 – 25 км/ч, с вагонами – 5 – 15 км/ч.

Время на приготовление маршрута  $t_m$  зависит от способа управления стрелками, а также от количества последовательно переводимых стрелок, то есть от сложности маршрута. Для выполнения расчетов значения времени берутся из табл. 6.1, где меньшие значения относятся к маршрутам с переводом не более 2–3 стрелок, а большие - к сложным маршрутам.

Таблица 6.1

Время на приготовление маршрута,  $t_m$  (мин)

Способ управления стрелками	Прием и отправление поездов	Маневровые передвижения
Ручной	3 – 6	2 – 3
Механическая централизация	1 – 2	1
Электрическая централизация: - с отдельным управлением; - с маршрутным управлением	0,3 – 0,6 0,2 – 0,3	0,3 0,2

Расчетное расстояние  $L$  для различных передвижений определяется по следующим формулам:

$$\text{- для маршрута приема} \quad L_{np} = l_{бу} + l_n + l_m, \text{ м}; \quad (6.2)$$

$$\text{- для маршрута отправления} \quad L_{отпр} = l_n + l_m, \text{ м}; \quad (6.3)$$

$$\text{- для маневровых маршрутов} \quad L_{ман} = l_{сост} + l_m, \text{ м}, \quad (6.4)$$

где  $l_{бу}$  – длина блок участка перед входным сигналом;

$l_n$  – длина поезда;

$l_{\text{сост}}$  – длина маневрового состава;

$l_{\text{м}}$  – длина маршрута, определяется по плану станции и равняется расстоянию от светофора, определяющего начало маршрута (входного в маршруте приема и выходного в маршруте отправления), до изолирующего стыка, фиксирующего конец расчетного элемента, (стрелочная горловина при МКУ, стрелочный изолированный участок при ЭЦ с посекционным размыканием маршрута).

Данные расчета сводятся в таблицу 6.2 отдельно для ручного управления (раздел А) и для ЭЦ (раздел Б).

Таблица 6.2

Расчет времени занятия элементов горловины при централизованных стрелках

На основании расчетов времени занятия элементов различными

Наименование передвижений	Элемент	$L$ , м	$V$ , км/ч	$0,06 \cdot L/V$ , мин	$t_{\text{вс}}$ , мин	$t_{\text{м}}$ , мин	$t$ , мин
А) при МКУ Б) при ЭЦ							

передвижениями определяется загрузка элементов в течении суток по следующей формуле:

$$(6.5)$$

где  $t_{\text{пр}}$ ,  $t_{\text{отпр}}$ ,  $t_{\text{ман}}$  – время  $n_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}} + n_{\text{отпр}} \cdot t_{\text{отпр}} + n_{\text{ман}} \cdot t_{\text{ман}} = \sum nt$ , занятия элементов передвижениями (приёмом и отправлением поездов, подачей и уборкой локомотивов и маневровыми передвижениями);

$n_{\text{пр}}$ ,  $n_{\text{отпр}}$ ,  $n_{\text{ман}}$  – количество передвижения каждого рода за расчетный период (сутки).

Количество маневровых передвижений, совершаемых по элементам горловины за сутки, определяется заданными размерами движения. Для расчетов принять

$$n_{\text{ман}} \cdot t_{\text{ман}} = 0,08 \cdot (n_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}} + n_{\text{отпр}} \cdot t_{\text{отпр}}). \quad (6.6)$$

Расчёт суммарной загрузки расчётных элементов горловины станции представлен в таблице 6.2.

Относительная загрузка элементов характеризуется коэффициентом загрузки  $K$ , равным отношению времени загрузки к расчётному периоду  $T=1440$  мин:

$$K = \frac{\sum nt}{T}, \quad (6.7)$$

где  $\sum nt$  определяется по таблице 6.2 и формуле 6.5.

Далее, сравнивая значения коэффициентов загрузки  $K$  для двух вариантов, делается вывод о целесообразности применения устройств МКУ или ЭЦ.

Пропускная способность горловины станции удовлетворяет заданным размерам движения, если для наиболее загруженного элемента коэффициент загрузки не превышает  $0,7 - 0,75$ .

Увеличение пропускной способности при ЭЦ по сравнению с ручным управлением стрелками определяется соотношением коэффициентов загрузки для ручного и централизованного управления. Сопоставление полученных результатов позволяет оценить эксплуатационную эффективность централизованных стрелок.

#### ПРИМЕР 6.

**Требуется:** определить пропускную способность четной горловины станции (см. задание 5, пример 5, рис. 5.1).

**Решение:** на указанной станции в четной горловине принимаются 39 пассажирских и 38 грузовых поездов, отправляются также 39 пассажирских и 38 грузовых поездов. Производится поездная и маневровая работа со сборными поездами в количестве 6 поездов в сутки.

Расчетные элементы горловины станции представлены на рис. 6.1. Длина блок-участка перед входным светофором составляет 1500 м. Длина поезда 1100 м.

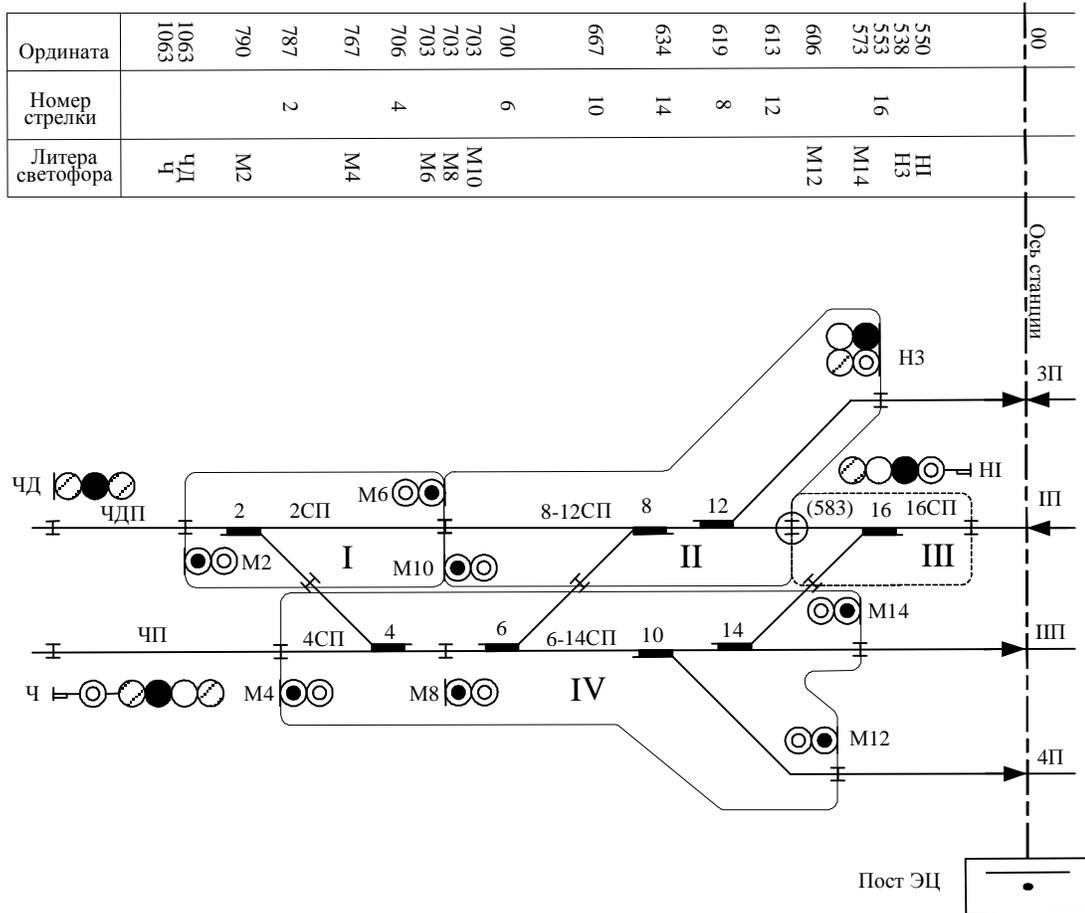


Рис. 6.1. Расчетные элементы горловины станции

Таблица 6.3

Расчёт времени занятия элементов горловины  
при централизованных стрелках

Наименование передвижений	Элемент	$L$ , м	$V$ , км/ч	$0,06LV$ , мин	$t_m$ , мин	$t_{вс}$ , мин	$t$ , мин
---------------------------	---------	---------	------------	----------------	-------------	----------------	-----------

А) МКУ								
1. Прием на II путь пассажирских поездов	IV (стр. 4, 6, 10,14)	2863	45	3,82	3	0,1	6,92	
2. Отправление с I пути пассажирских поездов	I, II, III (стр. 2, 8, 12, 16)	1340	40	2,01	3	0,1	5,11	
3. Прием на II путь грузовых поездов	IV (стр. 4, 6, 10,14)	2863	40	4,29	3	0,1	7,39	
4. Отправление с I пути грузовых поездов	I, II, III (стр. 2, 8, 12, 16)	1340	35	2,30	3	0,1	5,4	
5. Прием на 3 путь грузовых поездов	II, IV (стр. 4, 6, 8, 12)	2829	35	4,85	3	0,1	7,95	
6. Прием на 4 путь грузовых поездов	IV (стр. 4, 6, 10)	2761	35	4,73	3	0,1	7,83	
7. Отправление с 3 пути грузовых поездов	I, II (стр. 2, 8, 12)	1329	30	2,66	3	0,1	5,76	
8. Отправление с 4 пути грузовых поездов	II, IV (стр. 2, 4, 6, 10, 14)	1261	30	2,52	3	0,1	5,62	
Б) ЭЦ								
1. Прием на II путь пассажирских поездов	IV (стр. 4, 6, 10,14)	2863	45	3,82	0,3	0,1	4,22	
2. Отправление с I пути пассажирских поездов	I, II, III (стр. 2, 8, 12, 16)	1340	40	2,01	0,3	0,1	2,41	
3. Прием на II путь грузовых поездов	IV (стр. 4, 6, 10,14)	2863	40	4,29	0,3	0,1	4,69	
4. Отправление с I пути грузовых поездов	I, II, III (стр. 2, 8, 12, 16)	1340	35	2,30	0,3	0,1	2,7	
5. Прием на 3 путь грузовых поездов	II, IV (стр. 4, 6, 8, 12)	2829	35	4,85	0,3	0,1	5,25	
6. Прием на 4 путь грузовых поездов	IV (стр. 4, 6, 10)	2761	35	4,73	0,3	0,1	5,13	
7. Отправление с 3 пути грузовых поездов	I, II (стр. 2, 8, 12)	1329	30	2,66	0,3	0,1	3,06	
8. Отправление с 4 пути грузовых поездов	II, IV (стр. 2, 4, 6, 10, 14)	1261	30	2,52	0,3	0,1	2,92	

Определяем загрузку элементов в течение суток.

При МКУ:

$$n_{\text{пр}} t_{\text{пр}} = 39 \cdot 6,92 + 12 \cdot 7,39 + 13 \cdot 7,95 + 13 \cdot 7,83 = 563,7;$$

$$n_{\text{отпр}} t_{\text{отпр}} = 39 \cdot 5,11 + 12 \cdot 5,4 + 13 \cdot 5,76 + 13 \cdot 5,62 = 412,03;$$

$$n_{\text{ман}} t_{\text{ман}} = 0,08 \cdot (563,7 + 412,03) = 78,06;$$

$$\Sigma nt = 563,7 + 412,03 + 78,06 = 1053,79.$$

При ЭЦ:

$$n_{\text{пр}} t_{\text{пр}} = 39 \cdot 4,22 + 12 \cdot 4,69 + 13 \cdot 5,25 + 13 \cdot 5,13 = 355,8;$$

$$n_{\text{отпр}} t_{\text{отпр}} = 39 \cdot 2,41 + 12 \cdot 2,7 + 13 \cdot 3,06 + 13 \cdot 2,92 = 204,13;$$

$$n_{\text{ман}} t_{\text{ман}} = 0,08 \cdot (355,8 + 204,13) = 44,79;$$

$$\Sigma nt = 355,8 + 204,13 + 44,79 = 604,72.$$

Коэффициент загрузки  $K$  при МКУ:

$$K = \frac{1053,79}{1440} = 0,73.$$

Коэффициент загрузки  $K$  при ЭЦ:

$$K = \frac{604,72}{1440} = 0,42.$$

Коэффициент загрузки  $K$  при ЭЦ меньше чем при МКУ. Из этого следует, что применение ЭЦ позволяет повысить пропускную способность на станции. Таким образом на станции следует проектировать ЭЦ.

## ЗАДАНИЕ 6.

Произвести расчет пропускной способности горловины станции.

Исходные данные берутся из задания 3 табл. 3.1 и задания 5 рис. 5.2. Горловина станции выбирается по последней цифре шифра (четная соответствует четной горловине, нечетная – нечетной).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кокурин И.М., Кондратенко Л.Ф. Эксплуатационные основы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: Учебник для вузов ж.-д. трансп.– М.: Транспорт, 1989. – 183 с.

2. Лодыгин Г.С. Эксплуатационно-технические расчеты при проектировании систем железнодорожной автоматики: Задания и методические указания к курсовому проектированию. М: МИИТ, 1995. – 60 с.

3. Правила тяговых расчетов для поездной работы/МПС СССР-М.: Транспорт. 1986. – 143 с.

4. Новиков М.А., Петров А.Ф. Проектирование автоблокировки на железных дорогах - М.: Транспорт, 1979. – 328 с.

5. Ошурков И.С., Баркаган Р.Р. Проектирование электрической централизации. - М.: Транспорт, 1980. – 295 с.

6. Казаков А.А., Казаков Е.А. Станционные устройства автоматики и телемеханики. - М.: Транспорт, 1990. – 361 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Расчеты для построения диаграммы удельных сил, действующих на движущийся поезд по горизонтальному и прямому путям	4

2. Расчет скоростей движения и времени хода расчетного грузового поезда для построения кривой скорости движения методом УНРЕЙНА	17
2.1. Графическое построение кривой скорости движения поезда	17
2.2. Определение время хода поезда по кривой скорости	18
3. Определение пропускной способности перегона	26
4. Расстановка светофоров трёхзначной автоблокировки на перегоне	30
4.1. Определение мест установки светофоров	30
4.2. Проверка длины блок-участка автоблокировки по тормозному пути поезда	33
5. Проектирование напольных устройств электрической централизации	39
5.1. Расстановка напольного оборудования	39
5.2. Маршрутизация передвижений на станции	45
5.3. Расчет ординат размещения напольных устройств ЭЦ	47
6. Расчет пропускной способности горловины станции	59
Заключение	60
Библиографический список	67