

# **Методическое пособие по выполнению практических работ по дисциплине**

**“ОСНОВЫ ЛОКОМОТИВНОЙ ТЯГИ”  
для студентов дневного отделения  
специальности 23.02.06  
(тепловозы и дизельпоезда)**

Составил Сафонов В.Г

Санкт-Петербург  
2017

# Практическая работа № 1

## Пересчет тяговых характеристик локомотива.

Цель : пересчитать тяговые характеристики локомотивов при изменении диаметра колеса.

Порядок выполнения: напишите фамилию, группу, вариант, номер, название и цель практической работы и далее выполняйте:

1. Составьте таблицу исходных и новых данных (см таблицу после ПР):

Составьте таблицу №1 исходных и новых данных. Внесите данные в соответствии со своим вариантом см. таблицу после ПР:

Таблица 1

		Исходные данные	Новые данные
1	Тип ТПС		
2	Сцепной вес, т		
3	Передаточное отношение		
4	Начальная скорость характеристики		
5	Характеристики и скорости перехода		
6	Диаметр колеса $D_k$ , мм		

Строки 2,3,6 исходных данных таблицы №1 заполняются с тяговой характеристики локомотива.

2. Составьте таблицу №2 для построения тяговой характеристики локомотива при измененном диаметре колеса. Используя табличные значения в ПТР, занесите в таблицу значения скорости (колонка 1) и соответствующие им значения силы тяги локомотива в колонку 2.

При выписывании табличных значений из ПТР первое значение  $F_k$  возьмите для скорости, которая указана в колонке 4 приложения 1. При дальнейшем выборе скоростей ориентируйтесь на необходимые характеристики и скорости перехода между ними. Скорость перехода означает, что сила тяги при этой скорости должна записываться с той характеристики, на которую перешли.

Таблица 2

Исходные данные по ПТР		При измененном диаметре колеса	
$V$ , км/ч	$F_k$ , кгс	$V$ , км/ч	$F_k$ , кгс
1	2	3	4

3. Произведите пересчет значения скорости и силы тяги в зависимости от пересчетного коэффициента. При изменении диаметра колеса изменяется как скорость, так и сила тяги на коэффициент равный отношению диаметров колес –  $D_{\text{старый}}/D_{\text{новый}}$ . При расчете следует учитывать, что при уменьшении диаметра скорость падает, а сила тяги возрастает. При увеличении диаметра скорость возрастает, а сила тяги падает.



4. На миллиметровой бумаге постройте тяговую характеристику локомотива  $F_k(V)$  в равномерных шкалах. Масштаб необходимо выбрать так, чтобы характеристики укладывались на 4/5 листа формата А4 для  $F_k$ . На листе укажите: масштаб, оси координат, обозначение осей, размерность. Примерный вид характеристики представлен на рисунке:

5. Сделайте вывод о характере изменения тяговой характеристик под влиянием изменившихся внешних факторов, а также о причинах их изменению и последствиях к которым такие изменения могут привести.

## Варианты заданий

**ВНИМАНИЕ!!!! При выписывании значений силы тяги для тяговой характеристики из ПТР учитывайте ЗАДАННУЮ секционность локомотива и ПРИВЕДЕННУЮ в таблице ПТР**

№ вар.	Серия	Тяговая хар-ка в ПТР	Начальная V хар-ки, км/ч	Характеристики позиций контроллера и / <u>скорости перехода</u> /*	Новый диаметр колеса, мм
1	2	3	4	5	6
1	ВМЭ1	5,1	10,7	Поз max/ <u>25</u> /ОП	1200
2	2ТЭ116	5,14	24,2	ПП15/40/ОП1/50/ОП2	1150
3	ТЭ1	5,4	10,0	С/12,5/СП/24,5/ОП	1100
4	ТЭМ1	5,5	9,0	С/10/СП/26,5/ОП	1000
5	2ТЭ10В	5,12	23,4	ПП15/35/ОП1/62,5/ОП2	1000
6	ЧМЭ3	5,7	11,4	СП/18/ОП1/30/ОП2	1200
7	ТЭ2	5,8	8,2	С/14,5/СП 8/27,5/ОП	1150
8	ТЭМ2	5,6	11,0	СП/15/ОП1/25/ОП2	1200
9	2ТЭ116	5,14	24,2	ПП15/43,5/ОП1/58,5/ОП2	1100
10	2М62	5,10	20,0	ПП15/33,5/ОП1/60/ОП2	950
11	ТЭ10	5,11	23,4	ПП15/27,5/ОП1/43/ОП2	1200
12	2ТЭ10Л	5,11	23,4	ПП15/35/ОП1/62,5/ОП2	1150
13	ТЭ10М	5,12	23,4	ПП15/27,5/ОП1/43/ОП2	1100
14	ТЭ3	5,9	20,5	СП/25/ОП1/40/ОП2	1100
15	3ТЭ10М	5,13	23,4	ПП15/35/ОП1/43/ОП2	950
16	2ТЭ116	5,14	24,2	ПП15/32/ОП1/46/ОП2	1200
17	М62	5,10	20,0	ПП15/30/ОП1/43,5/ОП2	1000
18	ЧМЭ3	5,7	11,4	СП/18/ОП1/30/ОП2	1100
19	ТЭ10	5,11	23,4	ПП15/27,5/ОП1/43/ОП2	1000
20	ТЭ3	5,9	20,5	СП/25/ОП1/40/ОП2	950
21	ТЭМ2	5,6	11,0	СП/15/ОП1/25/ОП2	950
22	ТЭ10М	5,12	23,4	ПП15/27,5/ОП1/43/ОП2	950
23	М62	5,10	20,0	ПП15/30/ОП1/43,5/ОП2	1200
34	ЧМЭ2	5,3	12,5	Поз9/25/ОП53	1150
25	2ТЭ116	5,14	24,2	ПП15/43,5/ОП1/58,5/ОП2	950
26	ТЭ7	5,15	35,5	ПП16/42/ОП1/70/ОП2	1000
27	2ТЭ116	5,14	24,2	ПП15/32/ОП1/46/ОП2	1000
28	2ТЭ7	5,15	35,5	ПП16/51,8/ОП1/89,5/ОП2	950
29	ТЭ116	5,14	24,2	ПП15/32/ОП1/46/ОП2	1000
30	ЧМЭ3	5,7	11,4	СП8/18/ОП1/30/ОП2	950

\* скорость перехода означает, что сила тяги при этой скорости должна записываться с той характеристики, на которую перешли

## Практическая работа № 2

### Расчет и построение действующих ограничений для тяговых характеристик локомотива.

**Цель** : построить тяговые характеристики локомотива, нанести ограничения по сцеплению, конструкционной скорости, току, проанализировать полученных характеристик.

**Порядок выполнения:** напишите фамилию, группу, вариант, номер, название и цель практической работы и далее выполняйте:

#### 1. Ограничение по скорости.

1.1 Определите для вашего локомотива допускаемую конструкционную скорость по т. 22 ПТР.

1.2 Нанесите ограничение по скорости на характеристики ПР№1 в виде вертикальной линии.

#### 2. Расчет ограничения по сцеплению.

2.1 Составьте таблицу 3:

Таблица 3

V, км/ч	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	130	140
$\Phi_k$														
$F_{ксп}$ кГс														

2.2 Рассчитайте значение коэффициента сцепления для указанных скоростей. Формулу для расчета возьмите из ПТР п.3.1.2.

2.3 Рассчитайте значение максимальную силы тяги локомотива допускаемую по условиям сцепления для каждой скорости по формуле  $F_{ксп} = 1000 * m_{л} * \Phi_k$ , где

$m_{л}$  – масса локомотива в т. (таблица 5 ПТР);

$\Phi_k$  – расчетный коэффициент сцепления п 1.2.

На графике ПР №1 постройте характеристику  $F_{ксп}(V)$ , и обозначьте ее.

#### 3. Расчет ограничения по току генератора.

По тяговым характеристикам локомотива найдите ограничение по току генератора и напишите в отчете:

$$I_{ген max} = \dots\dots\dots(A) \text{ ему соответствует } F_{imax} = \dots\dots\dots (кГс)$$

Нанесите эту линию силы на график с таким значение для всех скоростей. Подпишите линию.

#### 4 Графическая часть

На полученном графике (см. п.1.4.) **обведите линию** (т.е. сумму из частей имеющихся), которая показывает максимально возможные силы тяги (т.е. которые нельзя превышать) для каждого значения скорости при трогании ( $V=0$ ), разгоне (от  $V=0$  до  $V$  выхода на автоматическую характеристику), и движении по автоматической характеристике П-ОП1-ОП2- .....

Укажите на графике точку выхода на автоматическую характеристику после разгона и напишите ее параметры. т.А.

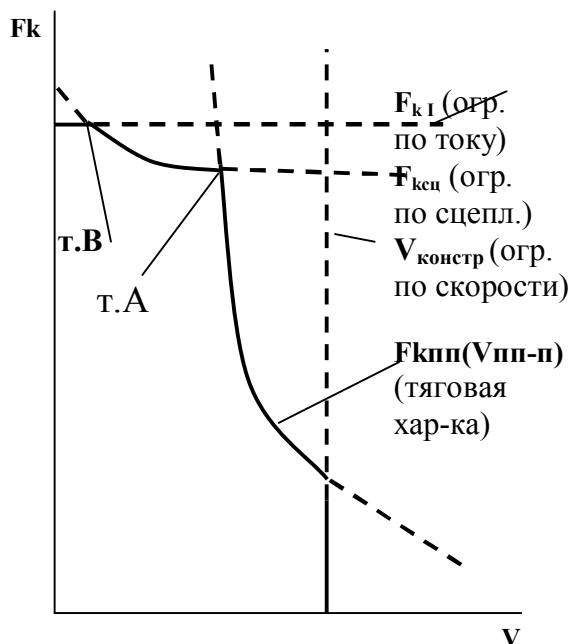
На полученной суммарной автоматической характеристике нанести скорости перехода и обозначьте соответствующие участки (П, ОП1, ОП2 .....

При наличии точки пересечения ограничения по току с ограничением по сцеплению укажите ее параметры (т.В).

#### 5. Ввод по работе.

Какие ограничения, и в каких диапазонах влияют на работу локомотива по полученным данным.

Пример: “От скорости 0 км/ч до тВ – ограничение по ..... от ..... осуществляется по автоматической характеристике ..... от ..... до .....”



# Практическая работа № 3

## Расчет и построение удельных сил поезда в режиме выбега.

**Цель:** рассчитать, построить и проанализировать удельные силы поезда в режиме выбега.

**Порядок выполнения:** напишите фамилию, группу, вариант, номер, название и цель практической работы и далее выполняйте:

### 1. Исходные данные.

- серия локомотива - \_\_\_\_\_.(ПР №1)
- учетная масса локомотива  $P =$  \_\_\_\_\_ т (табл. 5 ПТР при максимальной массе)
- Масса состава  $Q =$  \_\_\_\_\_ т (таблица ПР №3)
- тип пути \_\_\_\_\_ (примечание к табл. заданий ПР №3)
- тип буксовых узлов \_\_\_\_\_ (примечание к табл. заданий ПР №3)
- параметры вагонов: (таблица ПР №3)

4-х осные			6 – ти осные			8 – и осные		
Масса, т	%*	$q_o$ , т**	Масса, т	%*	$q_o$ , т	Масса, т	%*	$q_o$ , т

\* - процент массы группы вагонов в массе состава

\*\* - нагрузка на каждую ось вагона

### 2. Расчетная часть

2.1 Выпишите расчетные формулы:

- основное удельное сопротивление движению локомотива в режиме выбега ( $w_x$ );
- основное удельное сопротивление движению 4-х осных вагонов ( $w''_{o4}$ );
- основное удельное сопротивление движению 6-ти осных вагонов ( $w''_{o6}$ );
- основное удельное сопротивление движению 8-и осных вагонов ( $w''_{o8}$ );

Формулы выбираются из п. 1.2 ПТР в соответствии с исходными данными. Расчет ведется с точностью указанной в п. 1.1.2 ПТР

2.2 Составьте таблицу

$V$ , км/ч	$w_x$ , кгс/т	$w''_{o4}$ , кгс/т	$w''_{o6}$ , кгс/т	$w''_{o8}$ , кгс/т	$w''_o$ , кгс/т	$f_y$ , кгс/т
1	2	3	4	5	6	7
0						
10						
.....						
Констр. $V$						

2.2 Рассчитайте основное удельное сопротивление движению локомотива в режиме выбега и занесите расчеты в колонку 2

2.3 Рассчитайте осн. уд. сопр. движению 4-х осных вагонов и занесите расчеты в колонку 3

2.4 Рассчитайте осн. уд. сопр движению 6-и осных вагонов и занесите расчеты в колонку 4

2.5 Рассчитайте осн уд сопр движению 8-х осных вагонов и занесите расчеты в колонку 5

2.6 Рассчитайте основное удельное сопротивление движению **вагонов**, как средневзвешенную величину, и занесите расчеты в колонку 6

$$w''_o = a * w''_{o4} + b * w''_{o6} + c * w''_{o8}$$

где  $a, b, c$  – коэфф. содержания каждой группы вагонов в составе по массе (% / 100)

2.7 Рассчитайте удельную ускоряющую силу поезда в режиме выбега как средневзвешенную величину и занесите расчеты в колонку 7

$$f_y = -w = d * w''_o + e * w_x$$

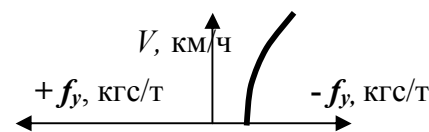
$d$  – коэфф., показывающий отношение массы вагонов к массе поезда  $d = Q / (P+Q)$

$e$  – коэфф., показывающий отношение массы локомотива к массе поезда  $e = P / (P+Q)$

### 3 Графическая часть

Постройте зависимость  $f_y = f(V)$

Построение характеристики должно вестись в 3-ем масштабе для грузовых поездов, который приведен в табл. 14 ПТР.



При построении следует учитывать, что ускоряющая сила поезда определяется выражением  $f_y = -w_o$ . Определение осей:

### 4 Выводы по работе

Опишите изменение удельной ускоряющей силы в режиме выбега при изменении скорости, а также какая группа вагонов оказывает наибольшее влияние на сопротивление движению и почему.

## Варианты заданий

№ вар.	Масса состава, т	4-х осные вагоны		6-ти осные вагоны		8-и осные вагоны	
		Масса, т	% массы от состава	Масса, т	% массы от состава	Масса, т	% массы от состава
1	2000	76	20	100	60	140	20
2	3200	80	30	24	50	150	20
3	2400	84	40	110	20	32	40
4	2800	20	40	120	30	160	30
5	4000	76	60	30	20	170	20
6	2000	80	20	130	60	40	20
7	2200	84	30	100	60	180	10
8	2400	20	40	24	30	200	30
9	3800	76	50	110	30	140	20
10	3000	80	60	120	30	150	10
11	2000	84	20	30	50	32	30
12	3200	20	30	130	60	160	10
13	2400	76	40	100	40	170	20
14	2800	80	50	24	20	40	30
15	5000	84	60	110	20	180	20
16	3500	20	20	120	40	200	40
17	2200	76	30	30	40	140	30
18	2400	80	40	130	50	150	10
19	2800	84	50	100	30	32	20
20	3000	20	60	24	10	160	30
21	2000	76	20	110	70	170	10
22	2200	80	30	120	30	40	40
23	2400	84	40	30	50	180	10
24	2800	20	50	130	30	200	20
25	4200	76	60	100	10	140	30
26	3000	80	20	24	60	150	20
27	4300	84	30	110	60	32	10
28	3500	20	40	120	30	160	30
29	2800	80	50	30	40	170	10
30	3000	84	60	130	20	40	20

### Примечание.

#### Тип пути:

- для четных вариантов – **звеньевой**;
- для нечетных вариантов – **бесстыковой**.

**Все вагоны с роликовыми подшипниками.**

# Практическая работа № 4

## Расчет и построение удельных сил поезда в режиме тяги.

**Цель:** рассчитать, построить и проанализировать удельные силы поезда в режиме тяги.

**Порядок выполнения:** напишите фамилию, группу, вариант, номер, название и цель практической работы и далее выполняйте:

### 1. Исходные данные.

- серия локомотива \_\_\_\_\_.(ПР №1)
- сцепной вес локомотива  $P =$  \_\_\_\_\_.(ПР №1)

### 2. Расчетная часть

2.1 Выпишите расчетные формулы:

- основное удельное сопротивление движению локомотива в режиме тяги ( $w'_o$ );

Формулы выбираются из п. 1.2 ПТР в соответствии с исходными данными. Расчет ведется с точностью указанной в п. 1.1.2 ПТР

2.2 Составьте таблицу

$V,$ км/ч	$F_k,$ кГс	$f_k,$ кГс/т	$w'_o,$ кГс/т	$w''_o,$ кГс/т	$f_y,$ кГс/т
1	2	3	4	5	6
0					
10					
.....					
$V_{\text{Констр.}}$					

2.3 Выпишите в колонку 1 значения скорости, по которым Вы производили расчеты в ПР №3

2.4 Выпишите в колонку 2, из ПР №2, значения максимально возможных силы тяги локомотива, при указанных в колонке 1 скоростях (разгон с движением на П-ПП).

2.5 Отдельной строкой необходимо выписать значения скорости и силы тяги для точки выхода на автоматическую характеристику П-ПП после разгона.

2.6 Рассчитайте основное удельное значение силы тяги локомотива для каждого значения скорости и занесите расчеты в колонку 3, по формуле:

$$f_k = F_k / P$$

2.7 Рассчитайте основное удельное сопротивление движению локомотива в режиме тяги для каждой скорости и запишите значения в колонку 4.

2.6 Выпишите в колонку 5, из ПР №3, значения основного удельного сопротивления движению вагонов (колонка 6,  $w''_o$ )

2.7 Рассчитайте удельную ускоряющую силу поезда в режиме тяги как средневзвешенную величину и занесите расчеты в колонку 6

$$f_y = f_k - w_o = e * (f_k - w'_o) - d * w''_o$$

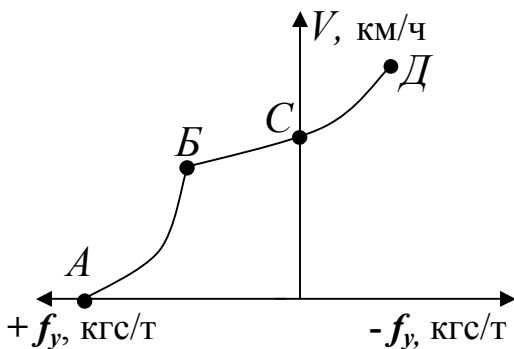
где:  $e, d$  – коэффициенты содержания массы (см. п/р №3)

### 3 Графическая часть

Постройте зависимость  $f_y = f(V)$ . Построение ведется по правилам, описанным в ПР №3

### 4 Выводы по работе

Опишите изменение удельной ускоряющей силы в режиме тяги при изменении скорости. Сравните, какие силы ( $F_k$  или  $W$ ) оказывают наибольшее влияние на движение поезда в режиме тяги на каждом отдельном участке графика (АБ, ВС, СД), а также как будет изменяться скорость поезда на этих участках и в точках, ограничивающих эти участки (А, Б, С, Д) в виде таблицы



Участок	Соотношение между $F_k$ и $W$ (<, >, =)	Характер изменения **		
		$V, \text{ км/ч}$	$a, \text{ м/с}^2$	$f_y, \text{ кГс/т}$
АБ	$F_k \dots W^*$			
БС	$F_k \dots W$			
г. С	$F_k \dots W$			
СД	$F_k \dots W$			

\* вместо точек поставьте знак

\*\* указывается словами

# Практическая работа № 5

## *Спрямление профиля пути.*

**Цель:** спрямить участок пути в профиле и плане.

**Порядок выполнения:** напишите фамилию, группу, вариант, номер, название и цель практической работы и далее выполняйте:

### 1. Порядок выполнения работы.

**Все расчеты, выполняемые в работе, приводятся полностью, без сокращений**

Исходные данные для выполнения работы указаны в таблице, в конце практической работы. Спрямление профиля производится в три этапа

1. Объединение элементов профиля и проверка каждого нового объединенного элемента на возможность объединения.

2. Определение эквивалентных подъемов для каждой кривой на элементах.

3 Расчет итогового профиля

### 2. Расчетная часть

2.1 Составьте таблицу (рисуется целиком и сразу) для участка пути (в таблицу вносятся исходные данные и **результаты расчетов**, по мере их выполнения)

Исходный профиль	№ строки	Вид элемента	№ исходного элемента									
			1	2	3	4	5	6	7	8		
Исходный профиль	1	$S, \text{м}$										
	2	$i, \text{‰}$										
	3	Кривая	X									X
Расчетные значения	5	$S, \text{м}$										
	6	$i'_c, \text{‰}$										
	7	$i''_c, \text{‰}$	X									X
Итоговый профиль	8	$S, \text{м}$										
	9	$i_c, \text{‰}$										

2.2 Для спрямления профиля – объедините несколько элементов в один по следующим принципам:

- станционные элементы с прилегающим – **не объединяется**;
- подъемы объединяются с подъемами ( $i > 0$ );
- спуски объединяются со спусками ( $i < 0$ );
- площадки можно объединять с любыми элементами;
- руководящий подъем (самый большой по величине) **не объединяется** ни с одним элементом.

2.2.1 Отделите вертикальными линиями элементы профиля, которые в соответствии с правилами нельзя объединить с рядом лежащими.

2.2.2 Рассчитайте и запишите длину ( $S$ ) новых элементов – строка 5.

2.2.3 Вместо пунктирных линий проведите цельковые по границам новых элементов.

2.3 Определите крутизну ( $i'_c$ ) каждого нового элемента по формуле 86 ПТР и занесите в строку 6

2.4 По ф.84 ПТР проверьте возможность объединения для каждого исходного элемента, входящего в новый. Если условия объединения не выполняются хотя бы для одного исходного элемента, то необходимо выполнить объединение элементов по другому с проверкой на возможность объединения. Если проверка проходит для всех элементов, то продолжайте расчеты далее.

2.5 Определите эквивалентный подъем ( $i''_c$ ) для каждой кривой в отдельности используя ф. 87 или 88 ПТР учитывая длины новых участков и данных задания. Результат запишите в таблицу строка 7.

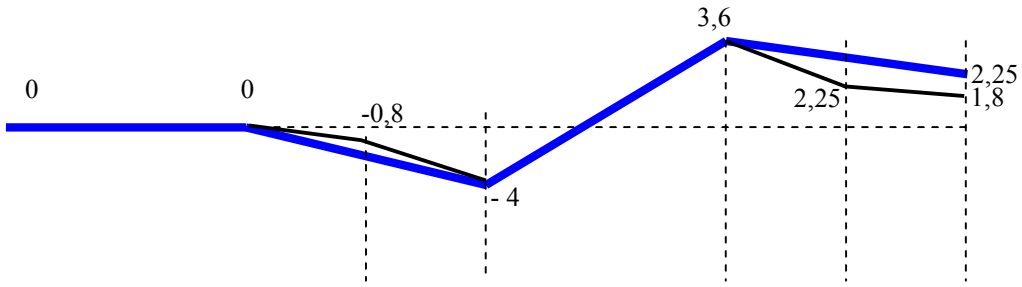
2.6 Рассчитайте итоговую крутизну ( $i_c$ ) новых элементов по ф. 91 ПТР и запишите длину итоговых элементов профиля в строку 8, а крутизну в строку 9

### 3. Выводы по работе

На миллиметровой бумаге постройте разными цветами линии исходного (строки 1 и 2) и итогового профилей (строки 8 и 9) в масштабе, принимая: 1 метр изменения высоты ЖД пути = 5мм; 1 км пути = 20 мм.

На графике укажите исходный и итоговый профиль (таблица внизу), значения высот относительно первого элемента а в виде:





$\frac{1000}{0}$	$\begin{array}{l} -2 \\ 400 \end{array}$	$\begin{array}{l} -4 \\ 800 \end{array}$	$\begin{array}{l} 800 \\ +9,5 \end{array}$	$\begin{array}{l} 450 \\ -3 \end{array}$	$\begin{array}{l} 450 \\ -1 \end{array}$
$\frac{1000}{0}$	$\begin{array}{l} 1200 \\ -3,33 \end{array}$		$\begin{array}{l} 800 \\ +9,5 \end{array}$	$\begin{array}{l} -1,5 \\ 900 \end{array}$	

## Варианты заданий

№ вар	Хар-ки эл-та	№ элемента							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	S,м/ i,‰ Кривая	1000/0	500/-1	500/-1,5 R1000/Скр500	1000/-1 R500/Скр800	3000/+8	1500/+3	1500/+2	1500/0
2	S,м/ i,‰ Кривая	1500/0	1000/0 25°	800/+1.5 35°	1200/+1	2500/+7	500/+1	1500/+2	1000/0
3	S,м/ i,‰ Кривая	2000/0	1500/-3 R400/Скр900	1800/-3	2800/+9	1200/+2	1000/+3	1200/+1 R600/Скр800	1500/0
4	S,м/ i,‰ Кривая	1000/0	1400/+2 10°	1600/0 15°	1500/+2 25°	3000/+8.5	1400/-3	1600/-2	2000/0
5	S,м/ i,‰ Кривая	1500/0	500/-1	1400/-3	600/-2	3000/+7.5	1400/-3 20°	1600/-1 10°	1000/0
6	S,м/ i,‰ Кривая	1200/0	800/+1	700/0 R800/Скр600	800/+1 R400/Скр700	2900/+7.5	1100/+3	1000/+4	1500/0
7	S,м/ i,‰ Кривая	1400/0	1600/+4	1400/+5	500/+3	3100/+10	900/-6 R500/Скр800	1100/-5 R1000/Скр900	1200/0
8	S,м/ i,‰ Кривая	1100/0	900/-5 15°	1200/-2 25°	800/-3 10°	3200/+9.5	800/+2	900/+4	1100/0
9	S,м/ i,‰ / Кривая	1000/0	1200/+6 R500/Скр900	800/+5 R800/Скр800	1000/0	2800/+9.5	1200/+4	800/+6	1200/0
10	S,м/ i,‰ Кривая	1000/0	700/+3 25°	800/+1 35°	500/+3	3200/+8	900/0	900/+1	1500/0
11	S,м/ i,‰ Кривая	1000/0	500/-1	500/-1,5	1000/-1	3000/+8	1500/+3 R800/Скр500	1500/+2 R500/Скр800	1500/0
12	S,м/ i,‰ Кривая	1500/0	1000/0 25°	800/+1.5	1200/+1	2500/+7	500/+1	1500/+2 35°	1000/0
13	S,м/ i,‰ Кривая	2000/0	1500/-3	1800/-3 R400/Скр900	2800/+9	1200/+2 R600/Скр800	1000/+3	1200/+1	1500/0
14	S,м/ i,‰ Кривая	1000/0	1400/+2 10°	1600/0	1500/+2	3000/+8.5	1400/-3 15°	1600/-2 25°	2000/0
15	S,м/ i,‰ Кривая	1500/0	500/-1	1400/-3	600/-2 R1000/Скр600	3000/+7.5	1400/-3	1600/-1 10°	1000/0
16	S,м/ i,‰ Кривая	1200/0	800/+1 R800/Скр700	700/0 R600/Скр600	800/+1	2900/+7.5	1100/+3	1000/+4	1500/0
17	S,м/ i,‰ Кривая	1400/0	1600/+4	1400/+5 R500/Скр800	500/+3	3100/+10	900/-6 20°	1100/-5	1200/0
18	S,м/ i,‰ Кривая	1100/0	900/-5 15°	1200/-2	800/-3 25°	3200/+9.5	800/+2 R800/Скр800	900/+4	1100/0
19	S,м/ i,‰ Кривая	1000/0	1200/+6 R600/Скр900	800/+5	1000/0	2800/+9.5	1200/+4	800/+6 10°	1200/0
20	S,м/ i,‰ Кривая	1000/0	700/+1	800/+2 35°	500/+3	3200/+8	900/0 25°	900/+1	1500/0
21	S,м/ i,‰ Кривая	1000/0	500/-1 35°	500/-1,5	1000/-1	3000/+8	1500/+3	1500/+2 R500/Скр800	1500/0
22	S,м/ i,‰ Кривая	1500/0	1000/0 25°	800/+1.5	1200/+1 R900/Скр500	2500/+7	500/+1	1500/+2	1000/0
23	S,м/ i,‰ Кривая	2000/0	1500/-3 R400/Скр900	1800/-3	2800/+9	1200/+2	1000/+3 25°	1200/+1	1500/0
24	S,м/ i,‰ Кривая	1000/0	1400/+2 10°	1600/0 15°	1500/+2	3000/+8.5	1400/-3	1600/-2 R600/Скр800	2000/0
25	S,м/ i,‰ Кривая	1500/0	500/-1	1400/-3	600/-2 R900/Скр700	3000/+7.5	1400/-3	1600/-1 10°	1000/0
26	S,м/ i,‰ Кривая	1200/0	800/+1	700/0 R800/Скр600	800/+1	2900/+7.5	1100/+3 20°	1000/+4	1500/0
27	S,м/ i,‰ Кривая	1400/0	1600/+4 15°	1400/+5	500/+3	3100/+10	900/-6	1100/-5 R700/Скр900	1200/0
28	S,м/ i,‰ Кривая	1100/0	900/-5	1200/-2 25°	800/-3 10°	3200/+9.5	800/+2 R500/Скр800	900/+4	1100/0
29	S,м/ i,‰ Кривая	1000/0	1200/+6 R600/Скр900	800/+5	1000/0	2800/+9.5	1200/+4 25°	800/+6	1200/0
30	S,м/ i,‰ Кривая	1000/0	700/+1	800/+2 R800/Скр800	500/+3	3200/+8	900/0	900/+1 35°	1500/0

Описание: участок пути задан в виде отдельных 8-и элементов, следующих друг за другом. 1-й и 8-ой элемент являются станциями, осевая линия которых проходит посередине элемента. В каждом варианте имеется руководящий подъем – подъем с максимальной крутизной. Для каждого элемента указана длина и его крутизна (например 1100/+3), а также кривые, лежащие на этом элементе.

# Практическая работа № 6

## *Проверка состава на трогание.*

Цель: произвести проверку массы состава на трогание с места, равномерное движение по руководящему подъему, проверить длину состава по длине приемо - отправочных путей станции.

Порядок выполнения: напишите фамилию, группу, вариант, номер, название и цель практической работы. При решении задач необходимо писать название задачи ее цель и только после этого производить расчеты. Решение каждой задачи завершается выводом о полученных результатах. Исходными данными для выполнения работы указаны в практических работах №2,3,4

### **Задача 1 . Проверка состава при трогании с места.**

Цель: произвести проверку возможности начала движения локомотива с составом.

1.1 Проверка производится путем расчета максимальной массы состава, которую может сдвинуть локомотив по формуле 79 ПТР, а затем сравнения ее с заданной массой состава.

1.2 Сила тяги локомотива при трогании ( $F_{k\text{тр}}$ ) принимается по ПР№2 исходя из максимально возможного значения силы тяги при скорости 0 км/ч.

1.3 Соппротивление состава при трогании  $w_{\text{тр}}$  рассчитывается в соответствии п. 1.2.5. ПТР для состава на подшипниках качения. Расчет необходимо произвести для каждой группы вагонов в отдельности, а затем сосчитать средневзвешенную величину в зависимости от процентного содержания каждой группы вагонов в составе по массе (см. ПР №3).

1.4 Производите расчет на трогание для станции, т.е  $i_p = 0$  .

1.5 Производите расчет на трогание для максимальному подъема спрямленного профиля из ПР №5

1.6 Если в результате расчета полученная масса больше массы состава заданного условию выполнения ПР№3, то локомотив сможет сдвинуть с места заданный состав.

**1.7 Сделайте вывод о выполнении цели задачи**

### **Задача 2. Проверка массы состава при условии движения с равномерной скоростью на расчетном подъеме**

Цель: проверка возможности равномерного движения поезда на расчетном подъеме.

2.1 Проверка производится путем расчета максимальной массы состава, которую локомотив может перемещать с равномерной скоростью на расчетном подъеме по формуле 76 ПТР, а затем сравнении ее с массой заданного состава.

2.2 Расчетный подъем ( $i_p$ ) в ПР принимается равный максимальному подъему из данных спрямленного профиля пути в ПР №5.

2.3 Расчетная скорость определяется из характеристик ПР №2. Найдите пересечение кривой П-ПП с ограничением, действующим для данной кривой, и выпишите значения  $V$  и  $F_k$ .

2.4 Выпишите, для значения скорости из п.2.3 ПР, величины удельных сопротивлений движению для локомотива в режиме тяги ( $w'_o$ ) и для вагонов ( $w''_o$ ) из ПР №4.

2.5 Определите массу состава по формуле 76 ПТР.

2.6 Если в результате расчета полученная масса больше массы заданного состава, то локомотив сможет двигаться с заданным составом по подъему с равномерной скоростью.

**2.7 Сделайте вывод о выполнении цели задачи**

### **Задача 3. Определение подъема**

Цель: определение максимального подъема, по которому поезд может двигаться с равномерной скоростью.

Задача решается по формуле 76 ПТР. В указанную формулу подставляются все известные значения кроме  $i_p$ , вместо результата расчета  $Q$  подставляется масса заданного состава. Полученное уравнение решается путем раскрытия скобок и соответствующих математических преобразований.

### **Задача 4 Определение длины поезда**

Цель: определение длины поезда и возможности остановки поезда на станции в пределах полезной длины приемо-отправочных путей.

4.1. Длина приемо - отправочных путей на станции - 500 метров. Расчет длины поезда ведется в соответствии с п.1.4.5 ПТР. **После расчетов сделайте вывод**

4.2 Рассчитайте длину поезда в условных вагонах, учитывая, что его длина  $l_{\text{в.г.}}=14,5$  метров.

4.3 Рассчитайте длину поезда в условных осях, учитывая, что в одном условном вагоне 4 оси.

# Практическая работа № 7

## Расчет и построение удельных сил поезда в режиме торможения.

Цель: рассчитать, построить и проанализировать удельные силы поезда в режиме торможения.

Порядок выполнения: напишите фамилию, группу, вариант, номер, название и цель практической работы и далее выполняйте:

### 1. Исходные данные.

Исходными данными для выполнения работы указаны в практических работах № 2, 3, 4, 5

### 2. Расчетная часть

#### 2.1 Составьте таблицу

Скорость, км/ч	$\varphi_{кр}$	$-b_T$ , кгс/т	$f_y = -w_o$ , кгс/т	$f_y = -b_T - w_o$ , кгс/т
1	2	3	4	5
0				
.....				
Констр. скорость				

2.1 Выпишите в колонку 1 значения скорости, по которым Вы производили расчеты в ПР №3, 4

2.2 Рассчитайте коэффициент трения (до третьего знака после запятой 0,000) по ф.59 ПТР:

- **четные варианты** для чугунных колодок
- **нечетные варианты** для композиционных колодок

Расчеты занесите в колонку 2 таблицы.

2.3 Рассчитайте силу расчетного нажатия тормозных колодок состава по формуле:

$$\Sigma K_p = n_4 * 4 * K_4 + n_6 * 6 * K_6 + n_8 * 8 * K_8 \text{ (тс)}$$

где:  $K$  – расчетная сила нажатия чугунных колодок. Принимается по т.3 ПТР для грузовых вагонов в зависимости от загруженности вагона:

- $q_{онетто} < 3 \text{ т}$  - порожний режим;
- $3 \text{ т} < q_{онетто} < 6 \text{ т}$  - средний режим;
- $6 \text{ т} < q_{онетто}$  - груженный режим;

$$q_{онетто} =: q_o - 4, \text{ где } q_o - \text{нагрузка брутто на колесную пару см. ПР№3,} \\ 4 - \text{средняя загрузка тары вагона на колесную пару}$$

$n_4, n_6, n_8$  – число вагонов соответствующей группы, рассчитывается по формуле, конечное значение количества вагонов должно быть **целым числом (округлите до целого):**

$$n_i = (Q * a_i) / m_e$$

где:  $Q$  – масса состава, т (ПР №3);

$a_i$  - доля (%/100) содержания вагонов в составе (ПР №3);

$m_e$  – масса вагона, т (ПР №3).

2.4 Рассчитайте тормозной коэффициент по формуле 64 ПТР.

2.5 Рассчитайте удельную тормозную силу поезда для служебного торможения для каждого значения скорости и занесите в колонку 3 таблицы.

$$b_T = 0,5 * 1000 * \varphi_{кр} * v_p$$

где  $0,5$  – коэффициент учитывающий, что торможение осуществляется служебным темпом

$\varphi_{кр}$  – расчетный коэффициент трения

$v_p$  – расчетный тормозной коэффициент

2.6 Перепишите в колонку 4 таблицы, значения удельной ускоряющей силы поезда в режиме выбега из ПР №3 колонка 7 таблицы.

2.7 Рассчитайте значение удельной ускоряющей силы поезда в режиме торможения путем складывания значений из колонок 3 и 4 ( $-b_T - w_o$ ) для каждого значения скорости. Результаты записываются в колонку 5.

### 3 Графическая часть

Постройте зависимость  $f_y = f(V)$  в режиме торможения учитывая, что значение удельной силы в режиме торможения – отрицательное.

Построение характеристик ведется по правилам, определенным в ПР №3 с применением таких же масштабов.

### 4 Выводы по работе

Опишите изменение удельной ускоряющей силы в режиме торможения при изменении скорости. Сравните полученный расчетный тормозной коэффициент с нормативным значением для вашей категории поезда, и сде-

лайте вывод об обеспеченности поезда тормозами. Если поезд не обеспечен тормозными средствами, то предложите решение, которое позволит данному поезду безопасно следовать.

# Практическая работа № 8

## Решение тормозных задач.

Цель: определить тормозной путь поезда различными методами.

Порядок выполнения: напишите фамилию, группу, вариант, номер, название и цель практической работы и далее выполняйте:

### 1. Исходные данные.

Исходными данными для выполнения работы указаны в практических работах № 3, 6

### 2. Определение тормозного пути поезда аналитическим методом

2.1 Составьте таблицу начиная со скорости максимально разрешенной для Вашего типа поезда (80 км/ч для грузового и 100 км/ч для пассажирского, т.е. первый диапазон считается 80-75 для грузовых и 100-95 для пассажирских поездов):

Диапазон скоростей, $V_2..V_1$ км/ч	$V_{cp}$ , км/ч	$f_y = -w_o$ , кгс/т	$\varphi_{кр}$	$\Delta S$ , м
1	2	3	4	5
100-95	100			
95-85	90			
.....				
15-5	10			
0-5	2			

2.2 Выпишите в колонку 3 значения ускоряющей силы поезда в режиме выбега из ПР №3

2.3 Выпишите в колонку 4 значения расчетного коэффициента трения из ПР №7

2.4 Выпишите формулу 67 ПТР для расчета тормозного пути в режиме служебного торможения

2.5 Впишите расчетный спуск в соответствии с таблицей по номеру варианта,  $i = \dots \dots \dots$  ‰

№ вар	1,11,21	2,12,22	3,13,23	4,14,24	5,15,25	6,16,26	7,17,27	8,18,28	9,19,29	10,20,30
$i$ , ‰	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20

2.6 Впишите расчетный тормозной коэффициент из ПР №7  $v_p = \dots \dots \dots$  кгс/т

2.7 Впишите значение замедления поезда из ПТР п.1.3.6 для вашей категории  $\zeta = \dots \dots \dots$  (кгс/т)/(км/ч<sup>2</sup>)

2.8 Рассчитайте отрезок пути  $\Delta S$ , проходимый поездом для указанного в колонке 1 диапазона скоростей.

Результаты расчетов запишите в колонку 5.

2.9 Рассчитайте действительный тормозной путь  $S_d$  путем суммирования всех значений в колонке 5.

2.10 Рассчитайте время подготовки тормозов к действия по одной из формул 68-72 ПТР, при учете условных (ПР№6) осей в поезде и движения с максимально разрешенной скоростью.

2.11 Рассчитайте подготовительный тормозной путь по формуле 66 ПТР.

2.12 Рассчитайте полный тормозной путь по формуле 65 ПТР.

### 3 Определение $S_d$ поезда аналитическим методом упрощенно

3.1 Произведите расчет по алгоритму описанному в п 2, за один прием с учетом торможения с максимальной скорости до остановки. Значения  $w_o$ ,  $\varphi_{кр}$  рассчитайте как среднее арифметическое в расчетном диапазоне скоростей

3.2 Сравните полученный результат с результатом в п.2.

### 4 Определение тормозного пути поезда с помощью номограмм

4.1 Выпишите расчетный тормозной коэффициент  $v_p$  из ПР №7

4.2 Пересчитайте тормозной коэффициент с 1 тонны веса на 100 тонн веса поезда.

4.3 По тормозным номограммам (приложение 3 ПТР) определите тормозной путь поезда, принимая заданный уклон в соответствии с вариантом указанным в п.2, и скорость начала торможения, как максимально разрешенную для вашей категории поезда.

### 5. Вывод

Сравните величины тормозного пути рассчитанные в п.2 и 4. Объясните разницу.

# Практическая работа № 9

## Построение кривой скорости.

**Цель:** построить кривую скорости от пути.

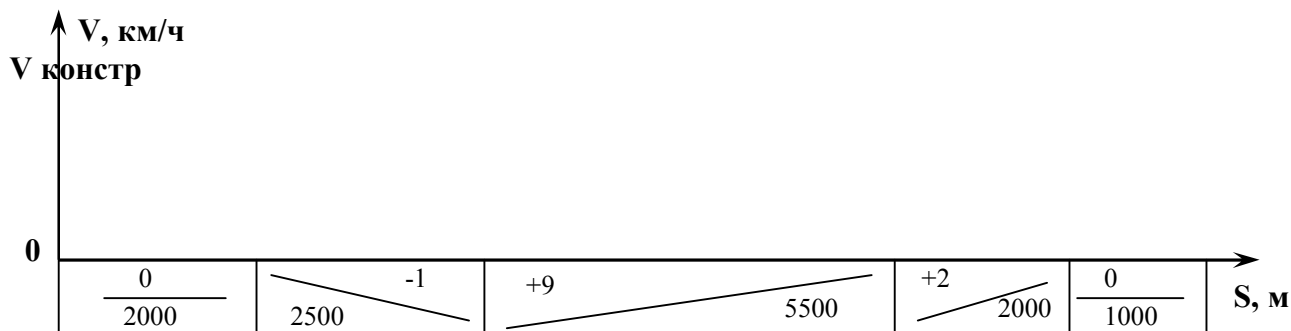
**Порядок выполнения:** напишите фамилию, группу, вариант, номер, название и цель практической работы и далее выполняйте:

### 1. Исходные данные.

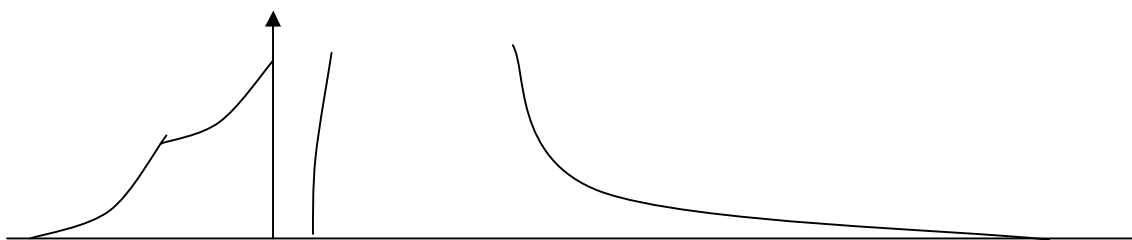
Исходными данными для выполнения работы являются графика удельных сил поезда в режиме тяги, выбега, торможения, а также спрямленный профиль пути.

### 2. Подготовительная графическая часть

2.1 Начертите спрямленный профиль пути (ПР №5) на миллиметровке в масштабе (3 масштаб для грузовых поездов т 14 ПТР), принятым Вами в практических работах № 3,4,7 при построении удельных сил. Например:



2.2 Достаньте графики удельных ускоряющих и замедляющих сил:



На графиках не допускается урезание неиспользуемых диапазонов

### 3. Построение кривой скорости

Построение кривой скорости осуществляется от лица машиниста, т.е. как будто Вы управляете поездом, а следовательно Вы выбираете в каком режиме двигаться далее - в режиме тяги, выбега или торможения. В начале движения выбирается режим тяги, а в последующем, в зависимости от профиля Вы самостоятельно их меняете. При необходимости двигаться в режиме тяги используйте удельную ускоряющую в режиме тяги, при необходимости двигаться в режиме выбега используйте удельную ускоряющую в режиме выбега. Переход с режима на режима осуществляется при достигнутой скорости.

**Общее правило построения заключается в том, что для каждого достигнутого значения скорости:**

- 1) определяется характер дальнейшего изменения скорости (увеличение или уменьшение .к. он неизвестен)
- 2) выбирается диапазон построения линии скорости в зависимости от изменения (т.е. выше достигнутого значения или ниже)

3) строим линию скорости в выбранном диапазоне.

**1) Определяем характер дальнейшего изменения скорости, для чего:**

- прикладываем линейку к точке достигнутой скорости на графике удельных сил (тяги, выбега или торможения, в зависимости от **дальнейшего режима движения**) – например точка С на графике удельных сил для точки Е на графике скорости;

- вторую точку приложения линейки откладываем по горизонтальной оси в зависимости от **дальнейшего профиля** (0 при площадке, смещение в “+” при подъеме и смещение в “-” при спуске) – в нашем случае дальнейшее движение осуществляется по площадке

- прикладываем линейку см. линия А0 на графике (красная), а нормаль к ней (т.е. перпендикуляр) покажет дальнейшее изменение скорости (синяя стрелка из точки Е)

**2) Выбираем диапазон построения линии скорости**

При выборе диапазона придерживайтесь следующих правил:

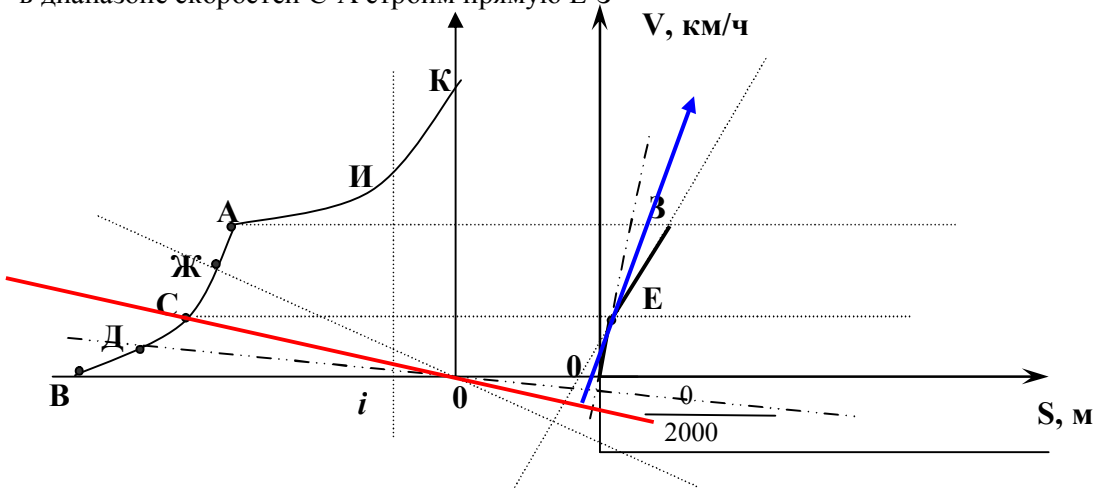
- выбирайте диапазон не более 5-10 км/ч, чем горизонтальная линия удельных сил тем диапазон меньше. Скорость выхода на автоматическую характеристику (т.А) должна быть границей диапазона и не может оказаться в середине.

- начало диапазона построения – это точка достигнутой скорости
- конец диапазона построения - это точка скорости выше достигнутой, если нормаль показывает увеличение скорости, или точка скорости ниже достигнутой, если нормаль показывает дальнейшее уменьшение скорости

В этом примере выбираем диапазон вверх от скорости С до скорости А

### 3) Построение линии скорости в выбранном диапазоне

- определяем среднеарифметическую скорость в выбранном диапазоне С-А – это т.Ж
- прикладываем к т.Ж верхнюю часть линейки
- вторую точку приложения линейки откладываем по горизонтальной оси в зависимости от *дальнейшего профиля* (0 при площадке, смещение в “+” при подъеме и смещение в “-” при спуске) – в нашем случае дальнейшее движение осуществляется по площадке
- в нашем примере линейка лежит на линии - 0Ж
- опускаем перпендикуляр из т.Е на прямую 0Ж
- в диапазоне скоростей С-А строим прямую Е-З



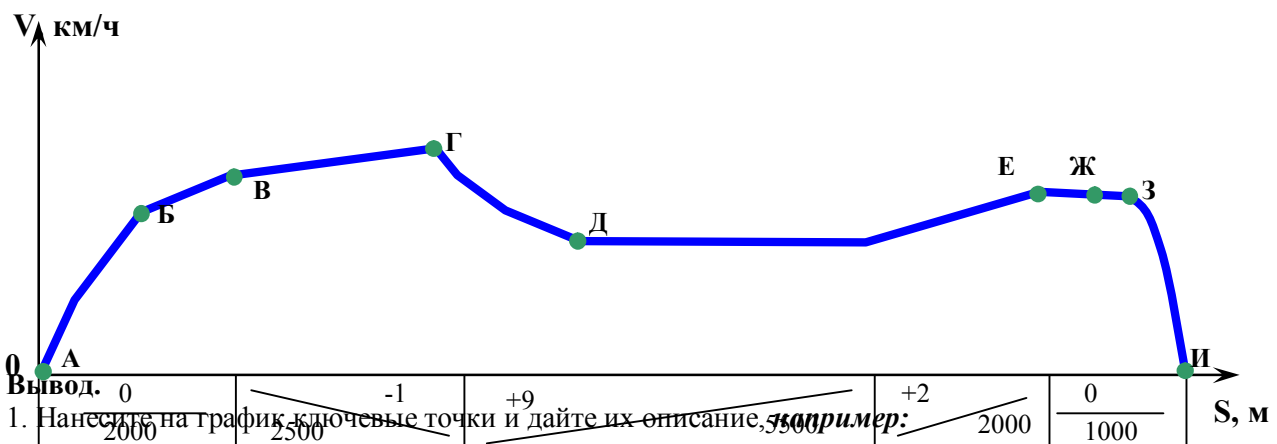
Таким образом строится вся кривая скорости. При появлении дополнительного сопротивления движению – уклоны и подъемы, линия скорости не достраивается до скорости выбранного, а прерывается в начале нового профиля. При построении на профиле, имеющем подъемы или уклоны линейка смещается на то количество ускоряющих (-) или замедляющих (+) сил, которое необходимо.

**Следует помнить**, что при перемещении поезда по участку пути имеющим разные элементы профиля скорость будет меняться по закону основного уравнения движения с учетом дополнительного сопротивления и режима движения. Перед выбором диапазона **обязательно проверяйте характер дальнейшего изменения скорости**.

**Следует помнить**, что при движении по подъему в режиме тяги и уклону в режиме выбега может наступить *установившийся режим движения (пример на графике – это т.К для площадки)*, скорость которого должна быть концом диапазона, и далее при ее достижении на этом элементе профиля до его конца скорость меняться не будет

**Кривая скорости в режиме торможения** строится так же, как и в режиме тяги и выбега только скорости выбираются по графику удельных сил в режиме торможения. **При построении торможения** невозможно точно выбрать точку начала торможения, поэтому – **построение ведется из конечной точки торможения**, т.е. в обратном порядке до пересечения с кривой скорости в режиме выбега.

В результате построения получится кривая **примерно (очень примерно!!!!)** такого вида:





- режим тяги, начало разгона (А);
- окончание разгона, выход на П-ПП разгона (Б);
- режим выбега (В);
- режим тяги (Г);
- установившейся режим на подъёме +9,  $V = \dots$  км/ч (Д);
- режим выбега (Е);
- начало торможения (Ж)
- [Ж-З] – пути подготовки тормозов к действию, определяется по условиям реальной тормозной кривой с учетом скорости начала торможения
- [З-И] – действительный тормозной путь

2 Составьте таблицу с описанием влияния профиля пути на скорость движения

От Км.пк	до Км.пк	Режим	V (растет/ падает/ не изменяется)	Влияние дополнительного сопротивления на изменение скорости

# Практическая работа № 10

## Построение кривой времени.

Цель: построить кривую времени от пути.

Порядок выполнения: напишите фамилию, группу, вариант, номер, название и цель практической работы и далее выполняйте:

### 1. Исходные данные.

Исходными данными для выполнения работы являются график скорости от пути ПР№9.

### 2. Построение кривой $t(S)$ с использованием учебника.

Описание построения приведено в учебнике “Основы тяги поездов” С.И. Осипов, С.С. Осипов

§ 8.6 Графические методы решения уравнения движения поезда

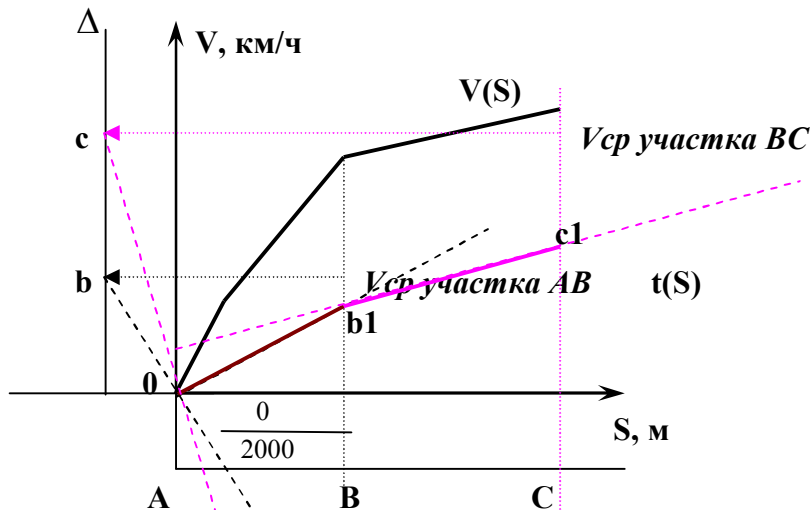
§ 8.7 Практические приемы построения кривых скорости и времени в функции пути

### 3. Построение кривой $t(S)$ .

Нанесите на график линию постоянной времени  $\Delta$  на расстоянии  $\Delta$  (см т.14 ПТР). Это вспомогательная линия, которая используется для построения.

Кривая  $t(S)$  строится небольшими участками, следующими друг за другом по **профилю пути**.

Посмотрите на график  $V(S)$  и отметь на нем первый участок от начала движения при котором скорость имеет примерно одинаковое ускорение (изменение), на графике внизу это участок АВ. Найдите на этом участке среднюю скорость и снесите ее на линию  $\Delta$  ( $V_{cp\ AB} = (V_A + V_B)/2$ ).



Поставьте линейку на линию  $b_0$  и в пределах пути  $AB$  начертите перпендикуляр к линии  $b_0$  линия **0b1**. Далее линия  $t(S)$  строится тем же образом. Определяем участок, на котором скорость изменяется примерно одинаково (т.е. ускорение одинаковое) – это  $BC$ . Находим среднюю скорость на участке  $BC$  и сносим ее на линию  $\Delta$  ( $V_{cp\ BC} = (V_B + V_C)/2$ ).

Поставив линейку на линию  $c_0$  и в пределах пути  $BC$  начертите перпендикуляр к линии  $b_0$  линия **0c1**.

Дальнейшее построение ведется таким же образом.

На участка с полным служебным торможением кривая времени строится для каждого изменения скорости на 5-10 км/ч

Пройденное время определяется по высоте изменения кривой времени в соответствии с масштабами построения (т.14 ПТР).

### Вывод.

Вывод должен содержать следующие данные:

- Время затраченное на разгон от 0 до выхода на автоматическую характеристику;
- Время хода в режиме тяги;
- Время хода в режиме выбега;
- Время хода в режиме торможения;
- Общее время хода;
- Расчет участковой и технической скоростей.

# Практическая работа № 11

## Построение кривой расхода топлива.

**Цель:** построить кривую тока от пути.

**Порядок выполнения:** напишите фамилию, группу, вариант, номер, название и цель практической работы и далее выполняйте:

1. Построение кривой *расхода топлива* ведется с использованием характеристик для тепловозов, представленных в ПТР (рис. 5.53-5.79).

Построение кривой ведется на графике  $V(S)$ . При построении необходимо учитывать:

- **режим тяги** – построение ведется с учетом характеристик ПТР
- **режим выбега и торможения** – потребление осуществляется в соответствии с т. 29 ПТР

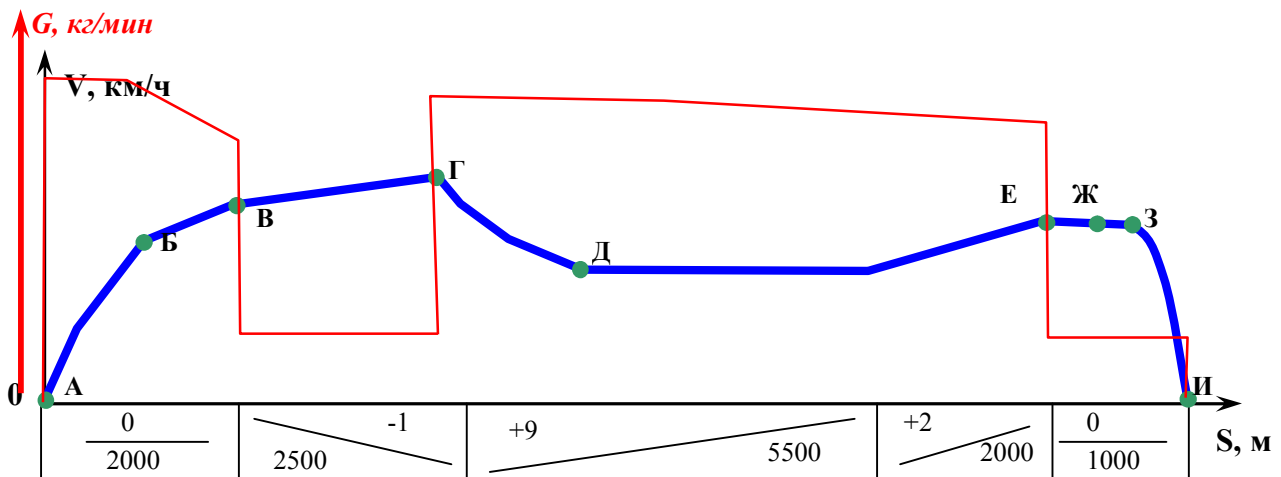
2. Найдите в ПТР характеристику потребления топлива своего локомотива

3. Нанесите на графике  $V(S)$  ось тока  $G, \text{кг/мин}$ . Рядом с осью скорости.

4. Определите по графику ПТР максимальное потребление и выбрав масштаб, расчертите шкалу на оси потребления.

5. Используя характеристику потребления локомотива  $G(V)$  из ПТР постройте кривую потребления  $G(S)$ .

### Пример



## Практическая работа № 12

### *Расчет расхода энергоресурсов.*

Цель: рассчитать затраченные энергоресурсы.

Порядок выполнения: напишите фамилию, группу, вариант, номер, название и цель практической работы и далее выполняйте:

1. Используя график потребления топлива  $G(S)$  составьте таблицу (таблица большая)

Изменение потребления топлива $G$ , кг/мин		Время изменения потребления – $t$ , мин	Среднее потребление в диапазоне, $G_{cp}$ , А	Потребление топлива, $G$ , кг
Начало	Конец			
1	2	3	4	5
.....				
				<b>Итого: <math>\Sigma</math> .....</b>

1.1 Разбейте линию потребления топлива на кусочки с равномерным изменением потреблением. Значения начальных и конечных значений потребления в кусочке занесите в таблицу, соответственно в колонки 1 и 2.

1.2 По графику  $t(S)$  найдите время за которое происходит изменение потребления топлива на каждом кусочке и занесите значение в колонку 3 таблицы.

1.3 Рассчитайте среднее значение потребления на кусочке  $((\text{колонка 1})+(\text{колонка 2}))/2$  и занесите значение в колонку 4

1.4 Рассчитайте потребленная топлива в каждой строке по формуле:  $G = G_{cp} * t$  и занесите результат в колонку 5

1.5 Определите суммарное потребление топлива сложив значения всех строк в колонке 5

1.6 Рассчитайте удельный расход топлива при следованию по перегону:  $g = G / (Q + P)$ , кг/т

**2. Сделайте вывод : проанализируйте и напишите способы экономии топлива на участке в соответствии с Вашими данными**