

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Ожерельевский ж.д. колледж – филиал ПГУПС

СОГЛАСОВАНО

Методист

Елина Л.А. Елина

« 28 » 08 20 17 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Иванова Н.Н. Иванова

« 28 » 08 20 17 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта

**ПМ.01 Техническое обслуживание оборудования электрических
подстанций и сетей**

МДК.01.05 Устройство и техническое обслуживание контактной сети

по специальности

13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

Базовая подготовка

ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Каждый обучающийся специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) выполняет курсовой проект. Курсовое проектирование по МДК.01.05 Устройство и техническое обслуживание контактной сети имеет цель развить у студентов умение применять полученные знания при решении практических вопросов, закрепить знания по дисциплине и навыки самостоятельной творческой работы; подготовить студента к выполнению дипломной работы.

Курсовой проект выполняется на третьем курсе обучения после окончания соответствующих разделов теоретического курса, обеспечивающих достаточные знания для самостоятельной работы над проектом.

ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Для курсового проектирования предусматривается тема «Контактная сеть электрифицируемого участка железной дороги».

Руководителю курсового проекта предоставляется возможность вносить изменения в исходные данные, а также в перечень вопросов, которые должны решить студенты.

Студенты могут выполнить курсовой проект или часть его реального характера для какого-либо предприятия или по развитию кабинетов колледжа.

Курсовые проекты выполняются строго по заданию, все изменения вносятся только руководителем проекта.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект, выполненный в полном объеме, состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 15-20 страниц и графической части.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1. Введение.
2. Расчет нагрузок, действующих на подвеску.
3. Расчет максимально допустимых длин пролетов.

4. Обоснование схемы питания и секционирования, трассировки контактной сети станции и перегона.

5. Подсчёт стоимости сооружения контактной сети станции.

6. Описание технологии текущего или капитального ремонта заданного узла контактной сети и правил техники безопасности при выполнении данной работы.

Примечание: в разделе “Введение” к курсовому проекту следует отразить развитие энергетики нашей страны на данный период, перспективы развития электрификации, дать краткую характеристику особенностей контактной сети постоянного или однофазного переменного тока, дать описание своего типа подвески.

Графическая часть

1. Схема питания и секционирования контактной сети станции.

2. Монтажный план контактной сети станции.

3. Монтажный план контактной сети перегона.

4. Схема пропуска контактной подвески в искусственных сооружениях.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. Методика расчёта нагрузок

В курсовом проекте производится расчёт нагрузок для всех метеорологических условий. Отдельно считаются нагрузки для контактного провода и несущего троса.

Расчёт нагрузок производится для следующих условий:

а) защищённые от ветра места — принимается, что подвеска защищена от ветра на станции (строениями) и на перегоне в выемке. Кроме того, следует учитывать, что на станции применяются различные подвески на главных и боковых путях. На главных путях (см. задание) такая же, как и на перегоне, а на боковых — тип подвески ПБСМ - 70 + МФ - 85 (трасса А).

б) места с нормальным ветровым воздействием (трасса А,Б).

в) незащищенные от ветра места — имеются в виду места, где возможно возникновение автоколебаний, насыпь высотой более 5 метров (параметры задаются преподавателем).

Расчёт нагрузок в различных режимах можно вести в следующем порядке.

1.1. Вес контактного провода g_k и вес несущего троса g_t определяется в зависимости от марки провода по таблицам. Наиболее удобно пользоваться таблицами учебника [1]. Данные проводов помещены на стр. 26, табл. 1 для контактного провода и стр. 33, табл. 5 и 6 для несущих тросов заданных марок.

1.2. В режиме минимальной температуры несущий трос воспринимает нагрузку только вертикальную — от собственного веса контактной подвески; ветра и гололёда нет, $t_x = t_{\min}$.

Вертикальная нагрузка от собственного веса 1-го погон. м проводов в даН/м определяется по формуле:

$$g_0 = g_t + n(g_k + g_c),$$

где n — число контактных проводов, g_c — нагрузка от собственного веса струн и зажимов, равномерно распределённая по длине пролёта, принимается равной 0,05 даН/м для каждого провода.

1.3. В режиме максимального ветра на несущий трос и контактный провод действуют как вертикальная (на несущий трос), так и горизонтальные нагрузки от давления ветра (на несущий трос и контактный провод), гололёд отсутствует; $t_x = t_{v \max} = -5^\circ\text{C}$.

Горизонтальная ветровая нагрузка на несущий трос в даН/м определяется по формуле:

$$P_{т в \max} = \frac{C_x (K_v V_H)^2}{16} \frac{d}{1000},$$

где C_x — аэродинамический коэффициент лобового сопротивления несущего троса ветру, определяется по таблице на с.105 [1], V_H — нормативная скорость ветра наибольшей интенсивности, м/с, с повторяемостью 1 раз в 10 лет, с. 102. табл. 17 [1], d — диаметр несущего троса, мм, с. 33. табл. 5 или 6 [1], K_v — коэффициент, учитывающий порывистость ветра.

При выполнении курсового проекта коэффициент K_v рекомендуется принимать, учитывая условия трассы по таблице:

Таблица 5

Условия трассы	Наибольшая допустимая длина пролёта L , м	Характеристика	Скорость ветра, м/с, в ветровых районах				
			I	II	III	IV	V
А $K = 1,0$	70	Районы сплошной застройки, лесные массивы, выемки глубиной более 7м	22	25	29	32	36
Б $K = 1,15$	60	Незащищенные от ветра места: равнины, выемки глубиной до 7м, насыпи высотой до 5м и в лесных массивах до 10м	25	29	33	37	42
В $K = 1,25$	50	Насыпи высотой от 5 до 10 м открытой местности и от 10 до 25м в лесных массивах, поймы рек, овраги	27	31	36	40	45
Г $K = 1,35$	40	Насыпи эстакады и мосты высотой более 10м открытой местности и более 25м в лесных массивах	30	34	39	43	49

Горизонтальная ветровая нагрузка на контактный провод в даН/м определяется по формуле:

$$P_{kv \max} = \frac{C_x (K_v V_H)^2}{16} \frac{H}{1000},$$

где C_x — аэродинамический коэффициент лобового сопротивления контактного провода ветру, определяется по таблице на с.105 [1], H — высота контактного провода, с. 26. табл. 1. [1].

При выполнении курсового проекта коэффициент C_x рекомендуется принимать:

Таблица 6

Для несущего троса контактной подвески с учётом зажимов и струн и одиночного контактного провода	1,25
Для одиночного овального контактного провода	1,15
Для одиночного контактного провода сечением 150мм ²	1,3
Для двойных контактных проводов	1,85

Результирующая (суммарная) нагрузка на несущий трос в даН/м определяется по формуле:

$$q_{tv \max} = \sqrt{g_0^2 + P_{tv \max}^2}.$$

При определении результирующей нагрузки на несущий трос ветровая нагрузка на контактные провода не учитывается, т.к. она в основном воспринимается фиксаторами.

1.4. В режиме гололёда с ветром на несущий трос действуют вертикальные нагрузки от собственного веса проводов контактной подвески, от веса гололёда на проводах и струнах и горизонтальная нагрузка от давления ветра на несущий трос, покрытый гололёдом, при скорости ветра V_r : $t_x = t_r = -5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Вертикальная нагрузка от веса гололёда на несущем тросе в даН/м определяется по формуле:

$$g_{tr} = 0,009 n_r \pi b_T (d + b_T),$$

где n_r — коэффициент перегрузки можно принять: $n_r = 0,75$ — для защищённых участков контактной сети (выемка); $n_r = 1$ —

для нормальных условий контактной сети (станция, кривая); $n_r = 1,25$ — для незащищённых участков контактной сети (насыпь); b_r — толщина стенки гололёда на несущем тросе, мм; d — диаметр несущего троса, мм; π — 3,14.

Толщина стенки гололёда b_r на несущем тросе определяется путём умножения нормативной для данного района толщины b_n на поправочные коэффициенты: K_r , учитывающий диаметр несущего троса и $K_{r''}$ — коэффициент учитывающий высоту расположения контактной подвески над уровнем земли:

$$b_r = b_n K_r K_{r''},$$

где b_n — нормативная толщина стенки гололёда, мм.

Нормативную толщину стенки гололёда принимают в зависимости от гололёдного района России по таблице:

Таблица 7

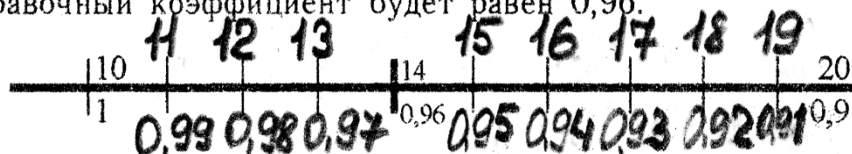
Район России по гололёду	I	II	III	IV	V
Нормативная толщина гололёда, b_n , мм.	5	10	15	20	25

Поправочный коэффициент K_r принимают в зависимости от диаметра провода следующим:

Таблица 8

Диаметр провода, троса, мм	5	10	20	30
Поправочный коэффициент:	1,1	1	0,9	0,8

Например, для несущего троса марки М-120, диаметром 14 мм поправочный коэффициент будет равен 0,96.



Поправочный коэффициент $K_{r''}$ принимают в зависимости от вида поверхности следующим:

Выемка глубиной, м

7 и более		0,6
5		0,75

Участки, защищенные лесом, зданиями, станционными постройками	0,8
Нулевые места, насыпи до 5 метров, выемки	1
Насыпи высотой, м	
5	1,1
10	1,3
15	1,35

Вертикальная нагрузка от веса гололёда на контактном проводе в даН/м определяется по формуле:

$$g_{кг} = 0,009 n_{г} \pi b_{к} (d_{к} + b_{к}),$$

где $b_{к}$ — толщина стенки гололёда на контактном проводе, мм. На контактных проводах толщину стенки гололёда принимают равной 50% от толщины стенки гололёда на несущем тросе: $b_{к} = 0,5b_{т}$; $d_{к}$ — средний диаметр контактного провода, мм,

$$d_{к} = 0,5(H + A),$$

где H и A — соответственно высота и ширина сечения контактного провода, мм.

Полная вертикальная нагрузка от веса гололеда на проводах контактной подвески в даН/м определяется по формуле:

$$g_{г} = g_{тг} + n(g_{кг} + g_{сг}),$$

где $g_{сг}$ — равномерно распределенная по длине пролета вертикальная нагрузка от веса гололеда на струнах и зажимах при одном контактном проводе, даН/м, которая в зависимости от толщины стенки гололёда $b_{н}$ составляет:

Таблица 9

$b_{н}$, мм	5	10	15	20
$g_{сг}$, даН/м	0,01	0,03	0,06	0,1

Горизонтальная ветровая нагрузка на несущий трос, покрытый гололёдом в даН/м определяется по формуле:

$$P_{тг} = \frac{C_x (K_v V_{гн})^2 (d + 2b_{т})}{16 \cdot 1000},$$

где $V_{гн}$ — нормативная скорость ветра при гололёде, м/с.

Нормативная скорость ветра при гололёде $V_{гн}$, м/с, принимается по таблице:

Таблица 10

Ветровой район России	I	II	III	IV	V
Нормативная скорость ветра при гололёде $V_{гн}$, м/с	13	14	15	18	19

Результирующая (суммарная) нагрузка на несущий трос в даН/м определяется по формуле:

$$q_r = \sqrt{(g_0 + g_r)^2 + P_{тр}^2}.$$

После расчета всех нагрузок на различных участках пути составляется таблица следующего образца:

Таблица 11

Участок местности	Нагрузки, действующие на контактную подвеску
Станция	Заполняется на основе расчетов
Главные пути	
Боковые пути	
Перегон	
Выемка, $h =$ м	
Нормальные условия	
Насыпь, $h =$ м	

3. Определение максимально допустимых длин пролетов

Длина пролёта контактной подвески определяется исходя из максимально возможного ветрового отклонения контактного провода от оси пути. Это отклонение не должно быть более 500 мм для прямых и 450 мм для кривых участков пути.

По условиям токосъёма длина пролёта не должна быть больше 70 м.

Расчет длин пролетов ведется отдельно для главных и боковых путей станции и для всех участков перегона:

а) участки с минимальным ветровым воздействием (выемка);
б) участки с нормальным ветровым воздействием (прямая и две кривых);

в) участки с повышенным ветровым воздействием (насыпь высотой более 5 м).

В работе используются приближенные формулы метода динамического расчёта допустимых длин пролётов:

$$L_{\max} = 2 \sqrt{\frac{K}{P_K} \left[b_{\text{к ддо}} - \gamma_K + \sqrt{(b_{\text{к ддо}} - \gamma_K)^2 - a^2} \right]},$$

на кривых:

$$L_{\max} = 2 \sqrt{\frac{2K}{P_K + K/R} (b_{\text{к ддо}} - \gamma_K + a)},$$

где K — номинальное натяжение контактных проводов, даН. Значение натяжения контактных проводов принимают в зависимости от марки проводов:

МФ - 85	850
БрФ - 85	950
МФ - 100, МФО - 100, НЛЮл0,04Ф - 100	1000
БрФ - 100, БрФО - 100	1300
МФ - 150, НЛЮл0,04Ф - 150	1500
НЛЮл0,04ФО - 150	1500
БрФ - 150, БрФО - 150	1800
2МФ - 100, 2МФО - 100, 2НЛЮл0,04Ф - 100	2000
2БрФ - 100, 2БрФО - 100	2600

$b_{\text{к доп.}}$ — наибольшее допустимое горизонтальное отклонение контактных проводов от оси токоприёмника в пролёте; $b_{\text{к доп.}} = 0,5$ м — на прямых и $b_{\text{к доп.}} = 0,45$ м — на кривых; a — зигзаг контактного провода, $a = 0,3$ м — на прямых и $a = 0,4$ м — на кривых; $P_{\text{к}}$ — ветровая нагрузка на контактный провод, даН/м; $\gamma_{\text{к}}$, $\gamma_{\text{т}}$ — упругий прогиб опоры, м, взять из таблицы при соответствующей скорости ветра V_{max}

Таблица 13

V_{max} , м/с	до 25	30	35	40
$\gamma_{\text{к}}$, м	0,01	0,015	0,022	0,03
$\gamma_{\text{т}}$, м	0,015	0,022	0,03	0,04

R — радиус кривой, м.

Далее определяем среднюю длину струны по формуле:

$$S_{\text{ср}} = h - 0,115 \frac{g_0 L_{\text{max}}^2}{T_0},$$

где: h — конструктивная высота подвески; g_0 — нагрузка на несущий трос от веса всех проводов цепной подвески; T_0 — натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода.

Значение ориентировочно можно принимать равным $0,75T_{\text{max}}$ — для медного несущего троса и $0,8T_{\text{max}}$ — для биметаллического и стального.

Натяжение несущего троса T_{max} , даН, — можно принять по таблице:

Таблица 14

Марка провода	Некомпенсированный трос		Компенсированный трос
	T_{max}	T_0	$T_{\text{max}} = T_0 = T_{\text{ном}} = \text{const}$
М -120	2000	1500	1800
ПБСМ - 95	2000	1600	1600 - 1800
ПБСА - 50/70	2000	1600	1600 - 1800
С - 70	2000	1600	2000
М -95	1600	1200	1450
ПБСМ - 70	1600	1280	1000 - 1500

Удельная эквивалентная нагрузка, учитывающая взаимодействие несущего троса и контактного провода при ветровом их отклонении, даН/м, определяется по формуле:

$$P_{\text{э}} = \frac{P_{\text{к}}T - P_{\text{т}}K - (8KT/L_{\text{мах}}^2)(h_{\text{и}}P_{\text{т}}/q_{\text{т}} + \gamma_{\text{т}} - \gamma_{\text{к}})}{T + K + 10,6S_{\text{ср}}KT/(g_{\text{к}}L_{\text{мах}}^2)},$$

где: T — натяжение несущего троса контактной подвески в расчетном режиме, даН/м; $P_{\text{т}}$ — ветровая нагрузка на несущий трос, даН/м; $g_{\text{т}}$ — результирующая нагрузка на несущий трос, даН/м; $h_{\text{и}}$ — длина подвесной гирлянды изоляторов, м, длину гирлянды изоляторов можно принять: 0,16 м (длина серьги и седла) при изолированных консолях; 0,56 м при двух подвесных изоляторах в гирлянде, 0,73 м при трёх, 0,90 м при четырёх изоляторах; $L_{\text{мах}}$ — длина пролета, м.

Окончательно определяем длину пролета с учетом удельной эквивалентной нагрузки по формулам:

на прямой:

$$L'_{\text{мах}} = 2\sqrt{\frac{K}{P_{\text{к}} - P_{\text{э}}}\left[b_{\text{к ддо}} - \gamma_{\text{к}} + \sqrt{(b_{\text{к ддо}} - \gamma_{\text{к}})^2 - a^2}\right]},$$

на кривых:

$$L'_{\text{мах}} = 2\sqrt{\frac{2K}{P_{\text{к}} - P_{\text{э}} + K/R}(b_{\text{к ддо}} - \gamma_{\text{к}} - a)},$$

При выполнении курсового проекта следует помнить, что длина пролёта $L_{\text{мах}}$ и $L'_{\text{мах}}$ не должны отличаться более чем на 5%, поэтому приходится выполнять уточняющий расчёт, определив снова $P_{\text{э}}$ и $S_{\text{мин}}$.

Если длины пролёта $L_{\text{мах}}$ и $L'_{\text{мах}}$ получились более 70 метров, дальнейшее уточнение расчёта не имеет смысла.

После расчета пролётов на различных участках пути составляется таблица следующего образца:

Таблица 15

Участок местности		$L_{\text{мах}}$	$S_{\text{ср}}$	$P_{\text{э}}$	$L'_{\text{мах}}$
Станция	Главные пути	Заполняется на основе расчетов			
	Боковые пути				
Перегон	Выемка, $h =$ м				
	Нормальные условия				
	Насыпь, $h =$ м				
	Кривая, $R_1 =$ м				
	Кривая, $R_2 =$ м				

Методические рекомендации к выполнению Курсовых проектов.

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПИТАНИЯ И СЕКЦИОНИРОВАНИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ СТАНЦИИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ПЕРЕГОНОВ

При составлении схемы секционирования контактной сети на станции число секций должно быть выбрано в соответствии с работой станции, а также условиями обеспечения надежности работы сети и удобствами ее обслуживания.

Излишнее дробление контактной сети на секции снижает ее надежность, усложняет и удорожает ее устройство.

На схеме должно быть предусмотрено питание контактной сети станции и прилегающих перегонов, продольное секционирование (отделение контактной сети станции от контактной сети перегона) и поперечное секционирование (выделение группы путей в отдельные секции).

На промежуточных станциях предусматривают секционирование контактной сети с обеих сторон станций.

Продольное секционирование предусматривает разделение в отдельные секции контактной сети перегонов от контактной сети станций по главному пути. Оно осуществляется трехпролетными изолирующими сопряжениями анкерных участков на постоянном токе (с обеих сторон станции), а на переменном токе — трехпролетными изолирующими сопряжениями и нейтральными вставками (на том конце станции, где расположена тяговая подстанция, должно быть предусмотрено разделение секций, питающихся от разных фаз переменного тока).

Изолирующие сопряжения (для постоянного тока), разделяющие контактную сеть железнодорожных станций и перегонов, должны быть расположены между входными светофорами или знаком «Граница станции» и первыми входными стрелочными переводами станций.

Для переменного тока с одной стороны между входным светофором и первой стрелкой станции располагают изолирующее сопряжение, а со стороны тяговой подстанции — нейтральную вставку, которая должна быть размещена перед входным светофором со стороны перегона. Длину нейтральной вставки выбирают с учетом того, какие подвижные составы обращаются по данному участку: если только локомотивная тяга, то длина нейтральной вставки составляет 80-120 м, если на данном участке обращаются моторвагонные составы (электрички), то ее длина будет составлять $200 \text{ м} \pm 15 \text{ м}$.

Питание на продольные секции подается по независимым питающим линиям — фидерам контактной сети, через нормально включенные секционные разъединители. Разъединители, устанавливаемые на питающих линиях, на схеме питания и секционирования обозначают буквой Ф с присвоенным номером (согласно номеру секции). На питающих линиях постоянного тока устанавливается по два секционных разъединителя: один — на подстанции, другой — в месте подключения питания.

Все изолирующие сопряжения должны быть зашунтированы продольным секционным разъединителем, который предназначен для резервирования питания смежных продольных секций и для безопасности производства работ на изолирующем сопряжении.

Вышеназванные разъединители имеют моторный привод и управляются по телеуправлению.

Разъединители изолирующих сопряжений должны быть обозначены заглавными буквами русского алфавита, которые наносят на приводе разъединителя.

Поперечное секционирование контактной сети между путями как для постоянного, так и для переменного тока, осуществляется секционными изоляторами, зашунтированными поперечными разъединителями.

При поперечном секционировании в отдельные секции выделяются контактные подвески главных путей перегонов и станций; контактные подвески боковых путей от главных путей; контактные подвески путей для производства погрузочно-разгрузочных работ на подъездных путях и тупиках, а также путей для производства работ по осмотру крышевого оборудования подвижного состава; контактные сети сортировочных горок и путей специального назначения.

Питание на поперечные секции подается от главного пути через поперечные нормально включенные секционные разъединители. На секции контактной сети, где производятся погрузочно-разгрузочные работы, работы по осмотру крышевого оборудования подвижного состава питание подается через разъединители с ручным приводом и заземляющим ножом. Это выполняется для того, чтобы соблюдалась безопасность производства работ со стропальными кранами и подъемными механизмами и при подъеме на высоту. При отключении секции от питания секционный разъединитель одновременно заземляет ее и, кроме того, создает видимый разрыв цепи для лиц, производящих работы.

Секционные изоляторы и воздушные стрелки должны иметь присвоенный номер, поперечные разъединители обозначаются буквой «П», с заземляющим ножом — буквой «З». К каждой из указанных букв в случае необходимости добавляют цифровой индекс, соответствующий номерам подвесок соединяемых путей и направлений.

Продольные разъединители обеих горловин оборудуют моторными приводами, управляемыми по телеуправлению.

На питающей линии постоянного тока непосредственно у тяговой подстанции устанавливают разъединитель с моторным приводом. При длине линии более 150 м у места подсоединения питающей линии к контактной сети дополнительно монтируют разъединитель с моторным приводом.

По окончании разработки схемы питания и секционирования необходимо дать ее описание.

Схему питания и секционирования вычерчивают без масштаба.

Трассировка контактной сети перегона

План перегона вычерчивают на листе № 2, в масштабе 1:2000. Данные для составления плана перегона приведены в табл. I и 2, прил. 3. Заданный перегон примыкает к станции справа и начинается от входного светофора «О». Таким образом, перегон является продолжением станции; местоположения опор на станции и перегоне должны быть увязаны между собой.

План перегона, подготавливается для последующей работы в виде прямой линии, ниже которой помещается его спрямленный план, а еще ниже — таблица.

Пикеты на плане перегона обозначаются по ходу километров в соответствии с заданием на проект. Кривые участки пути отмечают только на линии профиля с указанием направления поворота радиуса и длины кривой, все искусственные сооружения наносят на условную прямую линию соответствующими обозначениями. Границы расположения высоких насыпей (более 5 м) показывают на спрямленном плане перегона с указанием их высоты.

Размещение опор контактной сети на перегоне выполняют на прямой линии плана перегона, начиная с переноса на эту линию опор изолирующего сопряжения станции, к которому прилегает перегон. Привязку опор производят по входному сигналу «О», который обозначен и на плане

станции, и на плане перегона. При этом надо иметь в виду что на плане станции пикет сигнала «О» показан условный (от оси пассажирского здания), а на перегоне — действительный.

Далее пролетами, по возможности равными максимально допускаемой длине пролета для соответствующего участка пути, производится расстановка всех опор как промежуточных. При этом разница в длине двух смежных пролетов не должна превышать 25 % длины большего пролета.

Длины пролетов, расположенных частично на прямых и частично на кривых участках пути, следует принимать равными максимально допускаемым длинам пролетов для кривых участков.

Все опоры располагаются с одной стороны пути, противоположной той, с которой предполагается укладка второго пути.

Опоры, располагаемые у искусственных сооружений и переездов, должны отстоять от края этих сооружений или от обочины переезда на расстоянии не менее 5 м.

Все пролеты обозначаются в соответствующих местах цифрами, подчеркнутыми снизу одной чертой. По окончании размещения всех опор производится разбивка перегона на анкерные участки. Длины анкерных участков следует определять с учетом конкретного расположения кривых в их пределах, желательно, чтобы кривые участки пути были расположены ближе к середине анкерных участков (табл. 6. прил. 5). Сопряжения анкерных участков должны выполняться по трехпролетной схеме и устраиваться на прямых и на внешней стороне кривых участков пути. Устройство сопряжения анкерных участков на внутренней стороне кривых нежелательно, а на кривых радиусом менее 1200 м вообще недопустимо.

Анкерные участки, примыкающие к станциям, выполняют со средними анкеровками компенсированной подвески, но со стороны станции несущий трос не компенсируется!

Для компенсированных контактных подвесок длины анкерных участков, расположенных целиком на прямых участках пути, должны быть не более 1600 м.

После окончательной наметки мест анкеровок и нанесения условных обозначений с номерами и длинами анкерных участков составляют их спецификацию по той же форме, что и для станции, и указывают места средних анкеровок.

Затем производят нумерацию всех опор (опоры изолирующих сопряжений в нумерацию перегона не включаются). У каждой опоры производят расстановку зигзагов, начиная с первой опоры перегона, учитывая, что в кривых участках пути зигзаг направлен в сторону выгиба кривой.

Устанавливают и записывают в соответствующие графы таблицы пикеты всех опор двумя цифрами (т.е. с указанием расстояний от двух соседних пикетов) и габариты опор. Установку опор на прямых участках пути следует проектировать на расстоянии 3,1 м от оси пути до переднего края опоры. В выемках опоры устанавливают за кюветом с габаритом 4,9 м.

Следует также произвести подбор опор контактной сети, консольных и поддерживающих конструкций, и занести их в соответствующие графы таблицы.

Над штампом с основной надписью необходимо разместить спецификации анкерных участков опор и сборных конструкций

Трассировка контактной сети станции

При разбивке опор на станции необходимо обеспечить нормальное расположение контактного провода относительно оси пути, надежную фиксацию места изгиба проводов на кривых участках пути, воздушных стрелках и при отводе провода на анкеровку.

Следует учесть также перспективное развитие станции и расположить опоры так, чтобы укладка новых путей не вызывала значительных переустройств контактной сети.

Для того, чтобы не допустить ошибок в трассировке контактной сети, надо правильно начертить план станционных путей в масштабе 1:1000 и хорошо представлять устройство воздушных стрелок и фиксацию контактных проводов. Ширина листа должна быть равна 297 мм. Необходимая длина листа определяется в соответствии с заданной схемой станции, на которой указаны расстояния всех центров стрелочных переводов, светофоров, тупиков от оси пассажирского здания в метрах. При этом условно в левую сторону эти отметки приняты со знаком «-», а в правую — со знаком «+». Требуемая длина чертежа может быть определена по отметкам входных светофоров. При этом следует оставить еще 200 масштабных единиц на возможное расположение крайних анкерных опор за входным светофором в сторону перегона — на 100 м с каждой стороны.

При переменном токе для размещения нейтральной вставки за входным светофором требуется оставить с одной стороны станции 600 м при электровозном движении и 800 м при наличии моторвагонного движения.

Данные для вычерчивания плана станции приведены в приложениях. На заданных станциях указаны центры стрелочных переводов (расстояние от пассажирского здания), и, поскольку линии на чертеже представляют собой оси путей, пикет острья стрелки (точка пересечения прямой и наклонной линий), указанный в задании, будет находиться на расстоянии около 10 м от острья стрелки с сторону крестовины (рис. 3.1).

В первую очередь на листе проводят прямую продольную линию главного пути, наносят ось станции и от нее в обе стороны, через каждые 10 см, проводят тонкие вертикальные линии, обозначающие условные станционные пикеты.

Затем на линии главного пути отмечают точку пикета входного стрелочного перевода (по заданной схеме станции) и откладывают 10 мм в сторону крестовины. От этой точки (центра перевода) проводят тонкую наклонную линию под углом 1/11, образуя стрелочную улицу примыкающего парка.

Точно так же проводят стрелочную улицу с другого конца парка. Затем параллельно главному пути на расстоянии заданных междупутий проводят линии остальных путей парка. При откладывании размеров междупутий в масштабе следует округлять их до целых миллиметров, например, для 5,3 м брать 5 мм; 5,5 м — 6 мм и т.д.

Точки пересечения наклонной и параллельных линий будут определять центры переводов. Заданные пикеты острья стрелок не должны совпадать с этими точками.

Аналогично наносятся и все остальные стрелки и пути станции. Следует только помнить, что стрелки и стрелочные улицы, не примыкающие к главному пути, имеют марки крестовин 1/9, а на съездах, соединяющих главный и станционный пути, обе стрелки делаются 1/11, или 1/18.

Очертание пассажирского здания показывают на листе произвольно, пешеходный мостик наносят на план станции в соответствии с указаниями задания на проект, здание тяговой подстанции находится на расстоянии 60—90 м (на усмотрение руководителя проекта) от главного пути.

Трассировку контактной сети на станции надо начинать с размещения опор в обеих горловинах станции и у пешеходного мостика. При этом очень важно обеспечить правильную фиксацию проводов на воздушных стрелках. От этого зависит надежность работы контактной сети и плавный безыскровый проход токоприемника во всех направлениях.

В этом случае наиболее удобное место расположения фиксирующей опоры будет находиться на расстоянии 7—7,5 м от точки пересечения проводов в сторону центра перевода для марки крестовины 1/11 и 5,0—6,0 м для марки 1/9.

Марка крестовины	1/22	1/18	1/11	1/9
Оптимальное расстояние от ЦП до фиксирующего устройства, м....	12,5	10,8	7,5	6,0

В случае необходимости место расположения фиксирующей (или промежуточной) опоры можно сместить не более 3 м в сторону крестовины от центра стрелочного перевода.

Размещение опор в горловинах станции удобнее начинать с наметки мест, где необходима фиксация контактных проводов. Такими местами являются все стрелочные переводы, над которыми должны быть смонтированы воздушные стрелки, и все пункты, где контактный провод должен изменить свое направление (например, на стрелочных кривых).

Место фиксации провода на стрелочной кривой целесообразно намечать в ее середине. Каждое место, где необходима фиксация контактных проводов, следует наметить вертикальной пунктирной линией.

После того как все пункты, где необходима фиксация контактных проводов, намечены, производится выбор тех мест, где рационально установить несущие и анкерные опоры. При этом должны быть рассмотрены варианты расположения опор с учетом возможности выполнения отдельных воздушных пересечений без фиксации. Нефиксированные стрелки могут быть выполнены или путем смещения анкерной опоры на такое расстояние, чтобы анкеруемый провод проходил без изгиба, или путем закрепления пересекающихся проводов

на фиксирующем тросе поперечно поддерживающей конструкции так, чтобы эти провода не изгибались и были прямолинейными. Следует избегать устройства воздушной стрелки с двойным пересечением контактных проводов, а также использования для фиксации контактной подвески специально натянутых тросов или нерабочих ветвей проводов, идущих на анкеровку.

В этом случае, как правило, целесообразно установить фиксирующую опору.

При размещении опор в горловинах станции надо учитывать возможность анкерования всех проводов с путей, заканчивающихся в горловинах, без установки специальных (дополнительных) анкерных опор и следить, чтобы разница длин двух соседних пролетов составляла не более 25 % от длины большего пролета.

Металлические опоры могут быть применены только в качестве анкерных в тех случаях, когда необходимо разместить анкеровки с двух сторон опоры или анкеровки двух подвесок с одной стороны.

Из всех возможных вариантов выбирают тот, при котором будет установлено наименьшее количество несущих и фиксирующих опор. Фиксирующие опоры устанавливают в тех местах, где нефиксированные стрелки установить нельзя, а установка несущих опор привела бы к значительному уменьшению длины пролетов и, следовательно, к значительному удорожанию сети.

Когда опоры в горловинах станции уже намечены, целесообразно приступить к размещению опор в местах сопряжения анкерных участков станции и перегонов. Сопряжение анкерных участков станции и перегона

должно осуществляться с одновременным секционированием сети (воздушным промежутком) и конструктивно выполняться в трех пролетах.

Изолирующее сопряжение должно располагаться между входным сигналом и первым стрелочным переводом станции.

При этом анкерная опора изолирующего сопряжения (со стороны перегона) должна располагаться не далее 300 м от последней стрелки станции, но так, чтобы она не выходила за входной сигнал. Допускается установка анкерной опоры воздушного промежутка на перегоне перед входным сигналом. В случае невозможности размещения воздушного промежутка между входным сигналом и первой стрелкой станции сигнал должен быть перенесен в сторону перегона на необходимое расстояние

Длина пролета между переходными опорами воздушного промежутка должна составлять не более 75 % максимально допускаемой длины пролета на станции. Видимость сигналов не должна быть ухудшена, что должно быть учтено при выборе габаритов установки опор у сигналов.

На линиях переменного тока со стороны тяговой подстанции размещают нейтральную вставку. Ее устраивают из двух изолирующих сопряжений анкерных участков, расположенных последовательно один за другим. Длину нейтральной вставки делают больше, чем расстояние между крайними токоприемниками ЭПС при любом их сочетании. При моторвагонной тяге эта длина составляет около 200 м (или не менее 140 м между переходными опорами). Если на участке имеется только электровозная тяга, длину нейтральной вставки между переходными опорами принимают 80—120 м (или на длину сплотки из пяти электровозов).

ЭПС нейтральную вставку проходит по инерции с отключением тока, о чем предупреждают сигнальные знаки: «Отключить ток» — за 50 м (не более одного пролета) до начала нейтральной вставки; «Включить ток» — для электровозов через 50 м и для электропоездов — через 200 м после конца нейтральной вставки.

После размещения опор на обоих концах станции производят размещение их в средней части станции. На пассажирских платформах следует устанавливать минимальное число опор. При наличии одного или двух параллельно расположенных путей применяют опоры с однопутными консолями. Установку опор с двухпутными консолями применять не следует. При параллельном расположении от трех до семи путей рекомендуется применять опоры с жесткой поперечиной (ригелем).

Опоры, располагаемые у складских помещений, желательно устанавливать по краям этих помещений. При невозможности такого решения опоры и стойки жестких поперечин могут быть установлены в междупутьях, если ширина их не менее 6 м у главных путей и не менее 5,4 м между другими станционными путями.

Одновременно с размещением опор на чертеж наносят все длины пролетов, которые для выделения их из ряда других цифр подчеркивают одной чертой (например, 60).

После расстановки опор по всей станции проводится расстановка зигзагов. Зигзаги на воздушных стрелках проставляют при установке опор в горловинах станции, и далее расстановку зигзагов по каждому пути начинают с зигзага, указанного на воздушной стрелке. После расстановки зигзагов в горловине необходимо перейти к расстановке их на жестких поперечинах. На многопутных поддерживающих конструкциях они должны быть направлены в одну сторону, причем на соседних поперечинах их направление должно чередоваться то в одну, то в другую сторону от оси пути. Для увязки направлений зигзагов с противоположной горловиной на одной из поперечин контактный провод можно расположить с нулевым зигзагом (в том месте, где длина пролета наименьшая). Затем расставляют

зигзаги в направлении от воздушных стрелок к анкерным опорам изолирующих сопряжений.

Когда расстановка опор на станции закончена, выполняют окончательную наметку мест анкеровки контактных подвесок всех путей станции и приступают к составлению плана контактной сети.

При составлении плана контактной сети цепную подвеску изображают прямой линией, располагаемой по оси пути (т.е. рабочие участки контактной сети полностью совпадают с планом станции). Однако на плане контактной сети условными обозначениями должны быть ясно показаны все анкеровки, пересечения и воздушные стрелки.

После разбивки всех анкерных участков подсчитывают их длину (длина анкерного участка не должна превышать 1600 м,), у каждой анкерной опоры указывают номер и длину анкерного участка и составляют спецификацию анкерных участков.

Если длина анкерного участка не превышает 800 м, устраивается односторонняя компенсация натяжения контактного провода. На участках длиной более 800 м устраивается двусторонняя компенсация контактного провода и в середине анкерного участка отмечается устройство средней анкеровки. Величины пролетов, в которых размещаются средние анкеровки, должны быть на 10 % меньше максимально допускаемых.

Затем по ходу километров выполняют нумерацию всех опор, начиная с первой анкерной опоры левого воздушного промежутка и кончая последней анкерной опорой правого воздушного промежутка. При этом необходимо, чтобы опоры с одной стороны путей имели четные номера, а с другой стороны — нечетные (в соответствии с нумерацией направлений движения поездов). Номера опор указывают непосредственно около их обозначения. Там же (или над тонкой линией, проведенной по оси опоры, или в графе специальной таблицы) указывают габариты всех опор. Для того чтобы можно было выделить эти цифры, перед ними ставят букву «Г» (например, Г-3,1). Габарит для всех опор на прямых участках пути принимают равным 3,1 м, за исключением тех опор, габарит которых определяется условиями устройства нефиксированных стрелок и опор, устанавливаемых в больших междупутьях для обслуживания обоих путей. Анкерные железобетонные опоры устанавливают с габаритом 3,1 м. Кроме того, для тех опор, которые устанавливают вблизи пассажирского здания (на расстоянии 150-200 м в обе стороны), принимается увеличенный габарит установки опор (до 6 м). Габарит опор для улучшения видимости сигналов может быть также увеличен. Опоры перед светофором должны располагаться не ближе 20-25 м от сигнала и иметь габарит 3,5 м.

В соответствии принятой схемой секционирования на плане станции показывают места установки всех секционных изоляторов, а также изоляторов, включенных в фиксирующие тросы поперечин и в нерабочие ветви подвески. Все секционные разъединители также должны быть указаны на плане станции у тех опор, на которых они будут устанавливаться. Продольные секционные разъединители устанавливают на ближайших к оси станции переходных опорах воздушных промежутков, а поперечные секционные разъединители устанавливаются на опорах, расположенных как можно ближе к тяговой подстанции.

Трассировка питающих линий

Питающие и отсасывающие линии от тяговых подстанций к контактной сети могут быть выполнены воздушными или кабельными. В данном курсовом проекте должна быть произведена трассировка воздушных питающих линий, а отсасывающие линии выполняются кабельными.

Как правило, воздушные питающие линии подвешиваются на опорах контактной сети и только для подвода линий от здания тяговой подстанции до ближайших опор контактной сети устанавливаются специальные опоры. Непосредственно у зданий тяговых подстанций устанавливают типовые опоры контактной сети высотой 10—15 м.

Подвеска проводов питающих линий должна осуществляться таким образом, чтобы можно было производить работы на контактной сети без отключения питающих линий и на питающих линиях без отключения контактной сети. Для этого расстояние между проводами различных питающих линий или между проводами питающей линии и контактной сети должно быть не менее 2 м.

Запрещается подвешивать питающие провода над пассажирской платформой, надо их подвешивать с противоположной стороны пассажирского здания.

Переходы проводов питающих линий через контактные сети путей должны производиться как можно ближе к середине пролета между опорами контактной сети и под углом, близким к 90° . Переход осуществляется при помощи специальных опор высотой не менее 15 м, установленных с обеих сторон путей, с анкерровкой проводов питающих линий на этих опорах. В этом случае на каждой опоре может быть заанкеровано не более двух различных питающих линий.

Переход можно осуществить также и по жесткой поперечине, но для этого на ригеле надо закрепить специальные стойки.

В данном курсовом проекте необходимо произвести трассировку трех питающих линий (по одной линии на каждый из примыкающих к станции перегонов и одной — для питания контактной сети станционных путей).

Присоединение станционной питающей линии к контактной сети производится через соответствующие секционные разъединители в месте, наиболее близко расположенном к тяговой подстанции (рис. 6, 7, прил. 7).

Присоединения перегонных питающих линий к контактной сети при расположении тяговой подстанции в пределах станции осуществляется в местах изолирующих сопряжений анкерных участков на ближайших к станции переходных опорах (рис. 8, 9, прил. 7).

При расположении тяговой подстанции за пределами изолирующего сопряжения анкерных участков присоединение одной из перегонных питающих линий к контактной сети может быть осуществлено непосредственно у тяговой подстанции.

Справочные данные для расчета Курсового проекта

Таблица 1

Нормативные значения толщины стенки гололеда и скоростей ветра

Номер гололедного или ветрового районов	Нормативная толщина стенки гололеда, ξ_n , мм	Нормативная скорость ветра, м/с	
		Максимальная $V_{\max}$	При гололеде V_2 , Г
I	5	22	13
II	10	25	14
III	15	29	15
IV	20	32	18
V	25	36	19

Таблица 2

Значение поправочного коэффициента k_2

Диаметр провода, троса, мм	5	10	20	30
Поправочный коэффициент k'_2	1,1	1,0	0,9	0,8

Значение поправочного коэффициента местности k'' Таблица 3

	3	5	10	20	30	40
Высота насыпи, м						
Значение коэффициента k''_2	1,0	1,06	1,16	1,34	1,48	1,57

Значение коэффициента ветрового воздействия k_v таблица 4

Характеристика местности и значение шероховатости Z_0	Значение коэффициента \ для различного профиля участка					
	выемки глубиной, м		нулевое место	насыпи, эстакады, мосты высотой, м		
	7 и более	5		5	10	15
Открытая ровная поверхность без растительности (озера, водоемы, поймы рек)	0,98	1,1	1,26	1,35	1,43	1,47
Степь, равнина, луг	0,8	0,93	1,1	1,18	1,21	1,3
Открытая равнинная местность с невысоким редким лесом	0,7	0,83	1,0	1,09	1,6	1,22
Открытая холмистая местность или равнинная поверхность с редким лесом высотой 6—7 м, садами, парками	0,65	0,77	0,94	1,03	1,1	1,15
Участки, защищенные лесозащитными насаждениями, не подлежащими вырубке	0,43	0,55	0,73	0,85	1,0	1,13
Не подлежащий вырубке густой лес с высотой деревьев не менее 10 м	0,27	0,38	0,6	0,78	0,95	1,03

Аэродинамический коэффициент лобового сопротивления провода таблица 5

Характеристика проводов	Значения коэффициента C_x
Одиночные провода и тросы диаметром менее 20 мм	1,2
Одиночные контактные провода, несущие тросы контактной подвески с учетом зажимов и струн	1,25
Одиночные овальные контактные провода	1,15
Одиночные контактные провода сечением 150 мм ²	1,3
Двойные контактные провода при расстоянии между ними 60 мм	1,85
То же на насыпях высотой более 5 м	2,15

Максимальная длина пролета

Место расположения подвески	Максимальная длина пролета, м
На прямых участках пути	
Места сплошной застройки, лесные массивы, выемки глубиной более 7 м при скорости движения, км/ч:	
до 160	70
от 161 до 200	65
Места, не защищенные от ветра: равнины, выемки до 7 м, насыпи, высотой 5 м в открытой местности и до 10 м в лесных массивах; насыпи высотой от 5 до 10 м в открытой местности и от 10 до 25 м в лесных массивах, поймы рек, овраги; насыпи, эстакады и мосты высотой более 25 м в лесных массивах	60 50 40
На кривых участках пути	
Места, не защищенные от ветра, при радиусе кривой, м: более 1500 1200-1500 1000-1200 800-1000 500-800 от 300 до 800 менее 300	60 55 50 45 40 35 30

Длины анкерных участков для кривых участков пути на перегоне

Радиус кривой, м	Наибольшая длина анкерного участка (м) для типа подвески			
	полукомпенсированной		компенсированной	
	МФ-100	2МФ-100	МФ-100	2МФ-100
300	800	800	1100	1000
400	900	900	1280	1180
500	950	950	1400	1300
600	1000	1000	1560	1480
700	1040	1040	1600	1560
800	1050	1050	1600	1600
1000	1150	1150	1600	1600
1200	1200	1160	1600	1600
1500	1240	1180	1600	1600
2000	1300	1220	1600	1600

Габарит опор на кривых участках

Габарит опоры (м) со стороны кривой	Радиус кривой						
	300-600	700-1200	1300-1800	1900-2000	2500	3000	4000
внутренней	3,5	3,45	3,4	3,35	3,3	3,25	3,2
внешней	3,2	3,15	3,15	3,15	3,15	3,1	3,1

Спецификации монтажных планов станции и перегона

Ведомость анкерных участков цепной контактной подвески

Наименование	Длина по анкерным участкам									
	I кн	II кн	1кн	2кн	3 кн	4 кн	5 кн	6 кн	Съезды	Всего
Несущий трос главных путей										
Несущий трос боковых путей										
Контактный провод										

главных путей										
Контактный провод боковых путей										
Провод среднейанкеровк и										

Таблица 2 Спецификация опор и сборных элементов

Наименование	Кол-во	Наименование	Кол-во
Опора:		Анкер ТА-4(...)	
С(СО,СС) 136,6-1		ОттяжкаА -	
С(СО,СС)136,6-И		Оттяжка А-3(...)	j
С(СО, СС, СА)136,6 — III		Плита опорная	]
Всего железобетонных опор		Комплект закладных деталей	