Промтрансниипроект
Госстроя СССР

Пособие

по проектированию канатно-подвесного транспорта

(к СНиП 2.05.07–85)

Москва 1988

gost.e-ecolog.ru

Всесоюзный
проектный и научно-исследовательский институт
промышленного транспорта
(Промтрансниипроект) Госстроя СССР

Пособие

по проектированию канатно-подвесного транспорта

(к СНиП 2.05.07–85)

Утверждено
приказом Союзпромтрансниипроекта
от 28 марта 1986 г. № 66

Москва Стройиздат 1988

УДК 625.5:658.286.2

Рекомендовано к изданию решением секции транспорта и комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ Научно-технического совета Промтрансниипроекта Госстроя СССР.

Пособие по проектированию канатно-подвесного транспорта (к СНиП 2.05.07–85) / Промтрансниипроект. – М.: Стройиздат, 1988. – 40 с.

Обобщен опыт строительства и эксплуатации промышленного транспорта. Содержит расчеты технических параметров грузовых подвесных канатных дорог (ГПКД), а также рекомендации по выбору основного технологического оборудования и методам повышения надежности ГПКД.

Распространяется на проектирование двухканатных грузовых подвесных канатных дорог (ГПКД) с кольцевым движением вагонеток, транспортирующих насыпные грузы на участках внешних перевозок.

Для инженерно-технических работников проектных организаций.

Табл. 11, ил. 6.

Разработано Промтрансниипроектом (канд. техн. наук В.Л. Орешкин, инж. И.В. Сергеева); ГПКИ "Союзпроммеханизация" (инженеры Ю.С. Леонтьев, В.А. Поляков).

3608000000 – 306
П ———————— Инструкт.-нормат., I вып. – 124 – 88
047 (01) – 88

© Стройиздат, 1988

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее Пособие разработано к СНиП 2.05.07–85 "Промышленный транспорт", раздел "Канатный подвесной транспорт" и распространяется на проектирование двухканатных грузовых подвесных дорог (ГПКД) с кольцевым движением вагонеток, транспортирующих насыпные грузы на участках внешних перевозок.

Пособие не является нормативным документом, имеет рекомендательный характер и содержит вспомогательные данные для проектирования указанных ГПКД.

1.2. Кольцевые двухканатные ГПКД (в дальнейшем ГПКД) применяются для перевозок угля, руд, нерудного сырья и других насыпных грузов с крупностью кусков до 250 мм. Наибольшая эффективность применения ГПКД достигается в условиях пересеченной местности в связи с возможностью прокладки трасс по кратчайшим направлениям и отсутствием необходимости строительства мостов и других искусственных сооружений.

Производительность ГПКД, работающих на отечественном оборудовании, достигает 450 т/ч, длина трасс действующих ГПКД – 17 км и может быть значительно большей.

Характеристики ряда отечественных ГПКД приведены в прил. 1.

1.3. При проектировании ГПКД следует применять типизированное оборудование, изготовляемое машиностроительным заводом "Серп и молот" (г. Казань), типовые проекты сооружений – натяжных и якорных станций, опор, предохранительных сетей и мостов, разрабатываемые ГПКИ "Союзпроммеханизация", стандартные стальные канаты, изготовляемые предприятиями Минчермета СССР.

1.4. Расчетная суточная производительность ГПКД Q_c определяется из выражения:

$$Q_c = Q_г \,/\, n_c, \qquad (1)$$

где $Q_г$ – годовая производительность ГПКД при равномерной подаче грузов в течение всего года или наибольшая производительность в течение определенного периода года в соответствии с особенностями производства, т. е. с учетом сезонных и суточных перегрузок, т; n_c – расчетная или фактическая продолжительность работы ГПКД в рассматриваемом периоде (в течение года), сутки.

1.5. Расчетная часовая производительность ГПКД

$$Q = k_1 \, Q_c \,/\, n, \qquad (2)$$

где n – расчетное число часов работы дороги, сутки; k_1 – коэффициент неравномерности работы дороги, равный 1,1 при односменной и двухсменной работе и 1,2 – при трехсменной работе.

1.6. Промежуток времени τ, с, между последовательным выходом вагонеток на линию

$$\tau = 3600 \, m \,/\, Q, \qquad (3)$$

где m – масса груза в кузове вагонетки, т.

Расстояние λ, м, между вагонетками

$$\lambda = \tau V, \tag{4}$$

где V – скорость движения вагонеток, м/с.

Конструкции отечественных типовых загрузочных устройств обеспечивают промежуток времени между последовательным выходом вагонеток на линию в пределах 18–20 с. При их дальнейшем усовершенствовании возможно уменьшение указанного промежутка времени до 12–14 с, что достигнуто на ряде зарубежных ГПКД.

1.7. Массу транспортируемого груза в кузове вагонетки рекомендуется принимать в зависимости от производительности ГПКД, насыпной плотности груза, допускаемой нагрузки на тележку, способов погрузки и разгрузки вагонетки. При этом следует соблюдать условие $\tau \geqslant 18$ с. Коэффициент заполнения кузова вагонетки при транспортировании насыпных грузов принимается равным 1.

1.8. Общее количество вагонеток ГПКД Z, шт.,определяется из выражения:

$$Z = \frac{1{,}15}{\tau}\left(\frac{2L}{V} + \Sigma\frac{l_{ст}}{V_{ст}} + t_n\right), \tag{5}$$

где τ – интервал времени между вагонетками, с; L – длина ГПКД, м; $l_{ст}$ – длина каждого отдельного участка станционных путей, м; $V_{ст}$ – скорость передвижения вагонетки, м/с, на соответствующем участке; зависит от типа средств для перемещения вагонеток (толкающий конвейер, кулачковый канат и пр.). При ручной тяге V принимается 0,6 м/с; t_n – время на загрузку вагонеток (от 8 до 15 с).

Коэффициент 1,15 учитывает количество вагонеток, находящихся на текущем ремонте и профилактическом осмотре.

2. ПЛАН И ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

2.1. При выборе трассы ГПКД следует стремиться к ее прямолинейности в плане.

В случаях когда прямая, соединяющая в плане конечные точки приводного участка, проходит по сильно пересеченной местности или пересекает железные дороги, поселки, здания или другие препятствия, вызывающие необходимость сооружения предохранительных устройств, следует рассматривать трассу в нескольких вариантах: прямолинейную и ломаную с угловыми станциями; выбор оптимального варианта трассы производится в данном случае на основе сопоставления технико-экономических показателей по конкурентоспособным вариантам.

2.2. При составлении продольного профиля ГПКД необходимо соблюдение следующих условий:

обеспечение требуемого свободного габарита под дорогой;

обеспечение надежности прилегания несущих канатов к башмакам опор;

плавность профиля.

2.3. Построение продольного профиля, т. е. разбивку на натяжные и приводные участки, расстановку опор и станций, назначение отметок несущего каната рекомендуется выполнять графически с последующей корректировкой на основе аналитических расчетов, сведенных в таблицу расчета продольного профиля.

2.4. Рекомендуется отметку несущего каната на ближайшей к станции опоре, где установлены включатели и выключатели, а вагонетки отключены от тягового каната, назначать не ниже отметки каната на входной ферме станции и устанавливать эту опору не далее 40–60 м от станции.

2.5. Линейные станции следует устанавливать на профиле, соблюдая углы подхода несущих канатов к ним в пределах, обеспечивающих правильное положение тягового каната относительно отклоняющих башмаков, установленных на входных фермах станций, т. е. башмаки тяговых канатов не должны быть задеты при любом расположении вагонеток в примыкающих к станции пролетах.

Расчет продольного профиля ГПКД рекомендуется выполнять по форме, приведенной в табл. 1.

2.6. Для обеспечения надежности прилегания несущего каната к опорному башмаку наименьший угол перегиба каната на опоре без учета вагонеток в пролете (см. гр. 18 табл. 1) должен быть не менее $0^{o}52'$ (или 1,5 %). Таблица профиля обычно рассчитывается по средней величине натяжения несущего каната, а наименьший угол перегиба проверяется при максимальном возможном натяжении каната у рассматриваемой опоры.

2.7. Для получения плавного профиля следует избегать резких переломов профиля, создавая по возможности равномерную нагрузку на опоры с учетом того, что допускаемая нагрузка (нормативная) на консоль грузовой опоры в зависимости от применяемого оборудования может составлять 6, 10, 20 т.

2.8. При значительных уклонах местности целесообразно устанавливать опоры с отклонением от вертикали вдоль оси ГПКД от 10 до 35 %. В этих случаях определяются составляющие от нагрузок на опору по направлению оси опоры и нормально к ней.

2.9. При наличии пролетов длиной более 250 м следует натяжную станцию несущих канатов располагать по возможности ближе к таким пролетам.

2.10. Для улучшения работы привода требуется такая расстановка опор на линии, чтобы на подходах к опорам одновременно было не более 25 % общего числа вагонеток приводного участка. На равнинных участках, т. е. горизонтальных или имеющих постоянный и равномерный уклон, опоры по возможности следует ставить на равных расстояниях, при этом рекомендуется выдерживать отношение $l\ /\ \lambda$ из следующего ряда чисел:

$$l\ /\ \lambda = 0{,}85;\ 1{,}15 - 1{,}3;\ 1{,}75;\ 2{,}3 - 2{,}6;\ 3{,}45.$$

2.11. Наибольший провес каната (несущего, сетевого или тягового) при равномерно распределенной нагрузке:

в середине пролета:

$$f_{e/2} = q\, l^2 / 8\, T; \qquad (6)$$

Таблица 1. Таблица углов перегиба и нагрузок на опоры от несущих канатов

№ опор и станций	Высота опоры	Угол отклонения опоры от вертикали	Отметка несущего каната	l – расстояние между опорами	Δh – разность отметок несущего каната	$\operatorname{tg}\alpha = \Delta h / l$	$\operatorname{tg}\beta = q_0 \times l / 2T$	$\operatorname{tg}\gamma = (P_0 / T) \times (\Sigma b / l)$	α^0	β^0	γ^0	$\delta = \alpha + \beta$		$\psi = \alpha + \beta + \gamma$		$\varphi = \psi_{max} + \beta$		Наименьший угол перегиба каната $\delta_1 + \delta_2$	Наибольший угол перегиба каната $\varphi_1 + \varphi_2$
												слева δ_1	справа δ_2	слева ψ_1	справа ψ_2	слева ψ_1	справа ψ_2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Продолжение табл. 1

sin φ		cos φ		$\sin\varphi_1 + \sin\varphi_2$	$\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2$	Вертикальная нагрузка на башмак $P = T(\sin\varphi_1 + \sin\varphi_2)$		Горизонтальная нагрузка от перегиба каната $H' = T(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)$		Горизонтальная нагрузка от скольжения каната $H'' = \pm P\mu$		Суммарная горизонтальная нагрузка на башмаках $H = H' + H''$			
												грузового каната		порожнякового каната	
$\sin\varphi_1$ слева	$\sin\varphi_2$ справа	$\cos\varphi_1$ слева	$\cos\varphi_2$ справа			$P_{гр} = T_{гр} \times (\sin\varphi_1 + \sin\varphi_2)$	$P_{пор} = T_{пор} \times (\sin\varphi_1 + \sin\varphi_2)$	$H'_{гр} = T \times (\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)$	$H'_{пор} = T_{пор} \times (\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)$	$H''_{гр} = \pm P_{гр} \times \mu$	$H''_{пор} = \pm P_{пор} \times \mu$	$H_{гр\,max}$	$H_{гр\,min}$	$H_{P\,max}$	$H_{пор\,min}$
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36

Примечания: 1. $T_{гр}$ – натяжение несущего каната грузовой стороны, равное $(T_0 + T_{max})$ /2, кН; $T_{пор}$ – то же, порожняковой стороны, равное $(T_0 + T_{max})$ / 2 кН; q_0 – масса 1 м несущего каната грузовой стороны, кН; P_0 – масса груженой вагонетки с отрезком тягового каната, кН; λ – расстояние между вагонетками, м; $\operatorname{tg}\beta = P_0 / T$ – тангенс угла наклона каната от вагонетки, находящейся у самой опоры.

2. a – угол между горизонталью и хордой, соединяющей головки опор; $\operatorname{tg} a = \Delta h / l$ (Δh – разность уровней опор, м; l – расстояние между опорами); угол a принимают со знаком "плюс", если он отсчитывается вниз от рассматриваемой горизонтали А–А, и со знаком "минус", если он отсчитывается вверх от горизонтали; β – угол между хордой и касательной к кривой провисания незагруженного каната, $\operatorname{tg}\beta = q_0 l / 2T$; γ – угол между касательными к линиям провисания незагруженного каната и каната, загруженного вагонетками, находящимися в пролете, $\operatorname{tg}\gamma = P \Sigma b / Tl$; при длине пролета, меньшей расстояния между вагонетками, $\operatorname{tg}\gamma = 0$; b – расстояние от вагонетки в пролете до соседней опоры (при определении b учитывают, что одна вагонетка находится у рассматриваемой опоры); ρ – угол между касательными к линиям провисания каната, загруженного вагонетками в пролете, и каната, загруженного вагонеткой, стоящей у опоры. Этот угол прибавляют к углу ψ.

3. Величины Δh, $\operatorname{tg} a$ и a указываются с двумя знаками: "плюс" – для предыдущей опоры, "минус" – для последующей.

4. Знаки "плюс" приняты для углов, направленных вниз от горизонтали, минус" – направленных вверх.

5. Углы β, γ и ρ – всегда положительные.

6. Сумма углов $\delta_1 + \delta_2$ (минимальный угол перегиба каната на опоре без вагонетки) должна дополнительно проверяться на максимально возможное натяжение каната у рассматриваемой опоры.

7. Знаки "плюс" приняты для горизонтальных усилий для сил, действующих влево, "минус" – действующих вправо.

8. Максимальные и минимальные значения суммарных горизонтальных нагрузок определяются прибавлением к усилию H' усилия H'' с разными знаками.

9. Все величины гр. 8 – 26 табл. 1 определяются для несущего каната грузовой стороны.

10. Гр. 21–36 рекомендуется заполнять после окончательной корректировки профиля.

в любой точке пролета:

$$f_x = q\,x\,(l-x)\ /\ 2\,T; \qquad (7)$$

где q – равномерно распределенная нагрузка на канат, Н/м; x – длина участка от рассматриваемой точки до любой опоры данного пролета, м; T – натяжение каната, определяемое для рассматриваемой точки, Н/м.

Для получения наибольших провесов натяжение канатов принимается минимальное.

2.12. Наибольший провес несущего каната в середине пролета $f_{e/2}$ при наличии одной вагонетки в пролете:

$$f_{e/2} = q_н l^2 / 8\,T + P'E / 4\,T, \qquad (8)$$

где P' – масса вагонетки с учетом массы отрезка тягового каната, равной $q_т\lambda$, кг; l – величина пролета между опорами; $q_н$ – масса 1 м несущего каната, кг/м; E – модуль упругости, МПа; T – натяжение несущего каната, Н/м.

2.13. Провес несущего каната в любой точке пролета под вагонеткой:
при наличии одной вагонетки в пролете:

$$f_x = q_н x\,(l-x) / 2T + P'x\,(l-x) / lT; \qquad (9)$$

при наличии двух вагонеток в пролете:

$$f_x = q_н\,x\,(l-x) / 2T - 2P'\,x(l-x-\lambda/2) / l\,T; \qquad (10)$$

при наличии трех или более вагонеток в пролете, расположенных равномерно:

$$f_x = [x\,(l-x) / 2T]\ (q_н + P'/\lambda). \qquad (11)$$

2.14. Удельное давление каната на опорный или отклоняющий башмак ρ равно:

$$\rho = 0{,}001\ T / rd, \qquad (12)$$

где T – натяжение каната у рассматриваемого башмака, Н/м; r – радиус башмака, м; d – диаметр каната, м.

Удельное давление ρ не должно превышать:
для несущих канатов 3 МПа;
" сетевых " 5 "

На башмаках, примыкающих к большим пролетам и ближайшем к контргрузу, рекомендуется принимать, ввиду повышенных перемещений несущих канатов на этих башмаках, $\rho \leqslant 2{,}4$ МПа, для снижения износа канатов.

3. ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ И ЕГО ГАБАРИТЫ

3.1. Ширина колеи (расстояние между несущими канатами) должна назначаться равной 3, 4, 6 м из условия, чтобы расстояние между встречными вагонетками с учетом поперечного качания при расчетной силе ветра было не менее 0,5 м.

3.2. Угол отклонения вагонетки φ от вертикали при поперечном качании под действием ветра определяется по формуле

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{c_в F a + c_к d_т \lambda l}{P b + q_т \lambda l} W, \qquad (13)$$

где $c_в$ – аэродинамический коэффициент для вагонетки, равный 1,4; $c_к$ – аэродинамический коэффициент для каната, равный 1,2; W – ветровая нагрузка, кг/м^2; F – боковая подветренная площадь вагонетки, м^2; P – масса вагонетки, груженой или порожней, в зависимости от того, для какой вагонетки определяется φ, кг; a – расстояние по вертикали от точки приложения ветровой нагрузки до верха рельса или каната, м (рис. 1); b – расстояние по вертикали от центра тяжести вагонетки до верха рельса или каната, м; l – расстояние по вертикали от тягового каната до верха рельса или каната, м; $d_т$ – диаметр тягового каната, м; $q_т$ – масса 1 м тягового каната, кг/м.

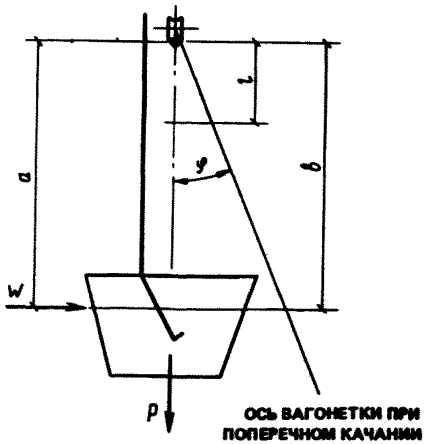

Рис. 1. Схема отклонения вагонетки при поперечном качании под действием ветра

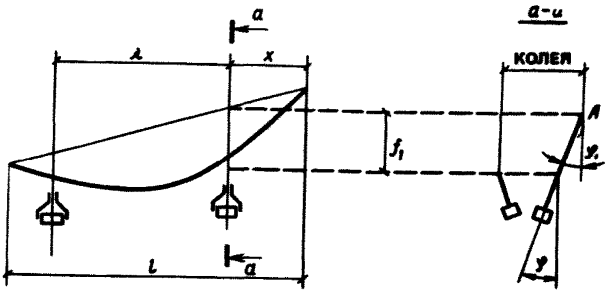

Рис. 2. Положение точки подвеса вагонеток в пролете

3.3. Габарит приближения подвижного состава определяется с учетом полного круга вращения кузова, а для вагонеток с открывающимся днищем с учетом открытых створок днища.

3.4. Угол поперечного качания вагонетки под действием центробежной силы $\varphi_{ц}$ определяется из выражения

$$\operatorname{tg} \varphi_{ц} = 2 V^2 / gr , \tag{14}$$

где $g = 9{,}81$ м/с^2; r – радиус закругления рельса, м.

3.5. Проверка проходимости вагонеток в пролете производится с учетом действия ветра. Принимается отклонение внутрь колеи одного несущего каната и вагонеток на обоих канатах (второй несущий канат остается вертикальным). Положение точки подвеса вагонеток в пролете определяется в соответствии с рис. 2, на котором: А – точка пересечения хорды пролета с рассматриваемой плоскостью подвеса вагонетки; f_1 – провес каната в этой же плоскости; φ_1 – угол отклонения каната, определяемый из выражения:

при одной вагонетке в пролете

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{c_к l (d_н + d_т) + c_в E}{l (q_н + q_т) + P} W; \tag{15}$$

при двух вагонетках в пролете

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{c_к d_н l (l - x) + (c_в F + c_к d_т \lambda) (2l - 2x - \lambda)}{q_н l (l - x) + (P + q_т \lambda) (2l - 2x - \lambda)} W; \tag{16}$$

при трех и более вагонетках в пролете

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{c_к (d_н + d_т) \lambda + c_в F}{(q_н + q_т) \lambda + P} W. \tag{17}$$

Отклонение самой вагонетки от вертикали в точке подвеса определяется по формуле (13).

3.6. Максимальный допустимый угол подъема несущего каната γ (при подходе к опоре или станции) зависит от условий работы зажимного аппарата тележки. Для типовых вагонеток 2000 и 3200 с грузовым зажимным аппаратом

$$\sin \gamma = (2 \mu_т i \eta / к_с) (1 - (P_1 - P_А) / P_п) - с, \tag{18}$$

где $к_с = 1{,}1$ – коэффициент запаса сцепления между губками и тяговым канатом; 2 – число поверхностей трения между губками и тяговым канатом; $\mu_т$ –

коэффициент трения между губками и канатом, принимаемым равным для тяговых канатов диаметром более 25 мм – 0,14; для тяговых канатов диаметром до 25 мм – 0,1; $\eta = 0{,}9$ – КПД – зажимного аппарата; P_1 – масса тележки, кг; P_4 – масса тяги с выключающими роликами зажимного аппарата, кг; $P_п$ – масса порожней вагонетки (тележки, подвески и кузова), кг; $c = 0{,}0065$ – коэффициент сопротивления движению вагонетки; i – передаточное число зажимного аппарата, зависящее от размера плечей действующих сил относительно шарнира зажимного аппарата.

Для вагонетки $2000i = 177 / (36 + 0{,}5\,d_т)$; для вагонетки $3200\,i = 225 / (45 + 0{,}5\,d_т)$, где $d_т$ принимается в миллиметрах.

Для вагонеток с кузовами вместимостью 0,5–0,65 м^3 угол подъема рекомендуется принимать $\gamma \leqslant 25^o$ (т. е. $\sin\gamma \leqslant 0{,}42$), а для вагонеток с кузовами вместимостью 0,8–1,25 м^3 – $\gamma \leqslant 30^o$ (т. е. $\sin\gamma \leqslant 0{,}5$).

4. КАНАТЫ

4.1. Применяются спиральные несущие канаты закрытой конструкции, нераскручивающиеся, из проволоки высшей марки без покрытий или оцинкованной, диаметром, мм:

30,5; 32; 34; 35,5 – по ГОСТ 3090–73*, ГОСТ 18900–73*;

38,5; 40,5; 45; 47; 51 – по ГОСТ 7675–73*;

50; 52; 55; 60 – по ГОСТ 7676–73*.

4.2. Тяговые канаты применяются двойной крестовой или односторонней свивки нераскручивающиеся, с одним органическим сердечником из проволоки высшей марки, без покрытия или оцинкованной (ГОСТ 2688–80, ГОСТ 3077–80, ГОСТ 7668–80).

4.3. Для несущих канатов натяжные канаты применяются тройной свивки с органическим сердечником из проволоки высшей марки без покрытия или оцинкованной (ГОСТ 3089–80).

4.4. Для тяговых канатов натяжные канаты применяются двойной или тройной свивки с органическим сердечником из проволоки высшей марки без покрытия или оцинкованным (ГОСТ 3089–80).

4.5. Сетевые (ГОСТ 3064–80) и расчалочные (ГОСТ 3068–74* или ГОСТ 7669–80) канаты применяются одинарной или двойной свивки с металлическим сердечником, нераскручивающиеся, из проволоки высшей марки без покрытия или оцинкованной.

4.6. Запасы прочности канатов К (отношение разрывного усилия каната в целом к наибольшему натяжению) должны быть не менее:

несущего каната – 2,8; тягового – 4,5;

натяжного: несущего каната – 3,5; тягового – 5; сетевого при статической нагрузке – 2,5;

расчалочного: при основных нагрузках – 2,5; при основных и ветровых – 2.

Примечание. Если в ГОСТе, ТУ или сертификате указано только суммарное разрывное усилие всех проволок, разрывное усилие каната в целом определяется умножением суммарного разрывного усилия всех проволок для канатов двойной и тройной свивки на 0,83, а для спиральных закрытых канатов – 0,9.

5. РАСЧЕТ НЕСУЩИХ КАНАТОВ

5.1. Диаметр несущего каната выбирается на основании расчетов на износоустойчивость каната и прочности на разрыв.

5.2. Подбор несущего каната из условия износоустойчивости производится по выражению:

$$45 \leqslant T / R \geqslant 0{,}045\, N, \tag{19}$$

где R – нагрузка, приходящаяся на одно колесо вагонетки, Па; N – действительное количество колес, проходящих по канату в год, определяемое по годовой производительности канатной дороги; T – натяжение несущего каната, Н/м; которое равно: массе контргруза, при наличии такового; среднему натяжению несущего каната при закреплении обоих концов каната, которое определяется, как среднее арифметическое из натяжений каната, полностью загруженного и наполовину загруженного вагонетками (с двойными интервалами) при усредненной годовой расчетной температуре. В формуле (19) в этом случае вместо N принимается $0{,}75\, N$.

5.3. Нагрузка R на одно колесо вагонетки при нахождении ее вблизи опоры:

$$R = (P + q_{\text{т}} \lambda + S \varphi) / n, \tag{20}$$

где P – полная масса вагонетки, кг; $q_{\text{т}}$ – масса 1 м тягового каната, кг/м; n – число колес вагонетки; S – наибольшее натяжение тягового каната у рассматриваемой опоры; φ – наибольший угол перегиба несущего каната у рассматриваемой опоры, рад.

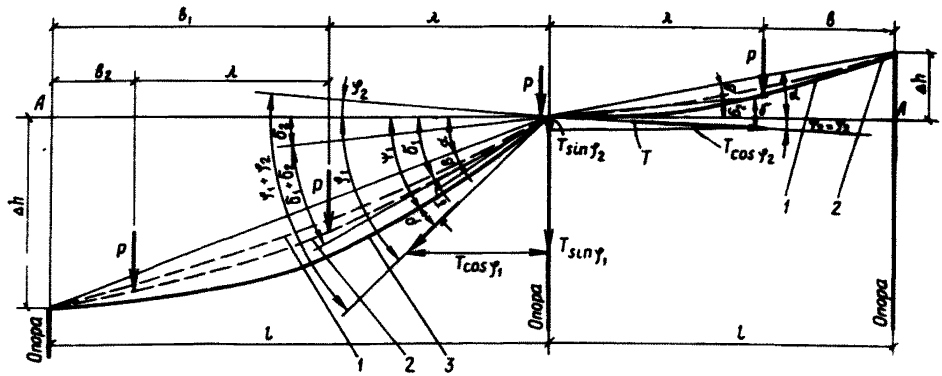

Рис. 3. Схема углов перегиба на опоре
1 – канат без вагонетки; *2* – канат с вагонетками в пролете; *3* – канат с вагонетками в пролете и у опоры

Величина $S\varphi$ учитывается только на дорогах, где более 25 % опор имеет перегиб несущего каната более 15 %. Произведение $S\varphi$ учитывается как среднее значение для всех опор.

Величина S определяется из тягового расчета, а угол $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$ – из таблицы профиля (см. табл. 1 и рис. 3). При предварительном подборе несущего каната на дорогах с сильно пересеченной местностью $S\varphi$ принимается равным $0{,}35\,P$.

5.4. Для предварительных расчетов натяжений несущего каната масса контргруза T_0, кг, принимается равной:

$$T_0 = 0{,}25\,T_p \pm q_н h\,, \tag{21}$$

где T_p – разрывное усилие несущего каната в целом, Н/м; $q_н$ – масса 1 м несущего каната, кг/м; h – разность отметок между точками заякоривания каната и натяжной станцией, м.

Значение со знаком "плюс" принимается, если натяжная станция располагается в верхнем пункте, со знаком "минус" – в нижнем конечном пункте.

5.5. Прочность несущего каната на разрыв должна удовлетворять неравенству:

$$T_p \geqslant к\,T_{max}\,, \tag{22}$$

где T_{max} – наибольшее натяжение несущего каната, Н/м; к – запас прочности.

Наибольшее и наименьшее натяжение несущего каната T_{max} и T_{min}, Н/м, с учетом трения его на опорных башмаках, определяются по формулам:

$$T_{max} = T_0 \pm q_н h_x + \Delta T\,; \tag{23}$$

$$T_{min} = T_0 \pm q_н h_x - \Delta T\,, \tag{24}$$

где h_x – превышение или понижение рассматриваемой точки несущего каната относительно пункта расположения контргруза, м; ΔT – дополнительное усилие в несущем канате от трения, Н/м.

5.6. Дополнительное усилие в несущем канате ΔT возникает от трения каната на опорных башмаках и сопротивления на шкиве у противовеса:

$$\Delta T = T_0 c' + \mu\left[(q_н + p'/\lambda)\,L_к + T_0\,\mathrm{tg}\,\beta \pm 2T_{ср}\sin\beta_{ср}/2\right], \tag{25}$$

где μ – коэффициент трения каната по башмаку, зависящий от конструкции несущего каната, принимается равным 0,16; c' – коэффициент, учитывающий сопротивление на шкиве у контргруза, для шкивов с подшипниками качания диаметром 1200 м равен 0,04, диаметром 1600 мм – 0,03; p' – масса вагонетки с участком тягового каната, кг; $L_к$ – длина каната, определенная как сумма хорд отдельных пролетов, м; $T_{ср}$ – среднее натяжение каната, Н/м,

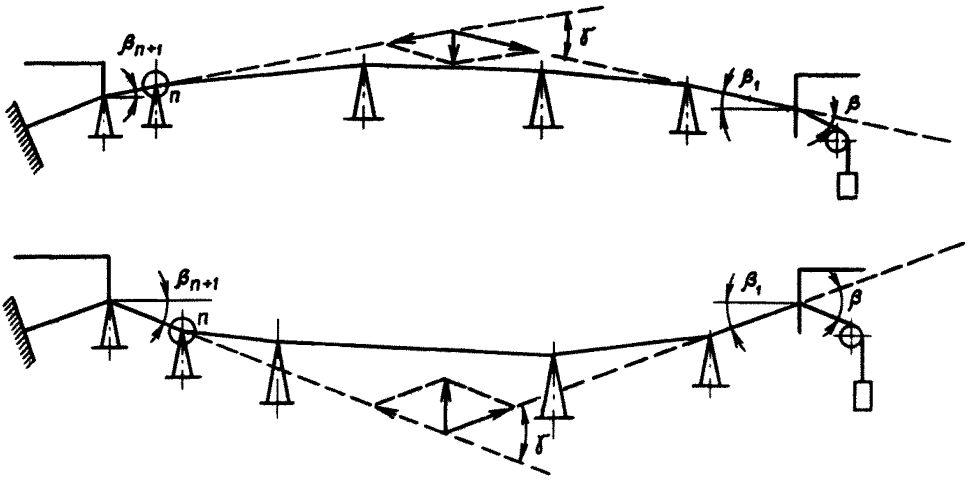

Рис. 4. Схема перегиба профиля участка канатной дороги

$$T_{ср} = T_о + 0{,}5\, q_н\, h\ , \qquad (26)$$

β–пространственный угол перегиба несущего каната на отклоняющемся башмаке в ходной фермы натяжной станции (между направлением каната к контргрузу и направлением к ближайшей опоре по хорде пролета); $\beta_{ср}$ – угол, равный геометрической сумме углов β_1 и β_{n+1}; β_1 – угол наклона хорды пролета, примыкающего к натяжной станции; β_{n+1} – угол наклона хорды крайнего пролета, примыкающего к рассматриваемой n опоре.

Знак "плюс" принимается при выпуклом перегибе профиля рассматриваемого участка канатной дороги, знак "минус" – при вогнутом перегибе (рис. 4).

При наличии единичных больших пролетов, составляющих основную часть натяжного участка, дополнительное усилие от трения на опорах следует вычислять с учетом углов перегиба и нагрузок на башмаках отдельных опор.

5.7. Длину натяжного участка несущего каната $L_н$ следует принимать с расчетом, чтобы ΔT не превышало 0,25 $T_о$.

При больших пролетах (500 м и более) натяжение в несущих канатах для прямого и обратного движения вагонеток следует принимать с таким расчетом, чтобы благодаря различным провесам они находились на разных уровнях и при ветре исключалась возможность захлестывания канатов друг друга; при закреплении обоих концов несущего каната следует сопоставлять величины провесов несущего каната и тягового каната (при максимальных и минимальных натяжениях) для выбора натяжений, исключающих возможность пересечения кривых провесов тягового и несущего канатов.

В отдельных случаях, в больших пролетах ширина колеи может быть увеличена по сравнению с нормальной.

5.8. Ход контргруза несущего каната

$$\lambda_к = \lambda_t + \lambda_н + \lambda_о , \qquad (27)$$

где λ_t – ход контргруза, зависящий от изменения температуры:

$$\lambda_t = \epsilon \, (L_н \, / \, \cos\gamma_{ср}) \, \Delta t_о , \qquad (28)$$

где $\epsilon = 0{,}000011$ – коэффициент температурного удлинения стали; $\Delta t_о$ – годовое изменение температуры для данного района, °С; $\lambda_н$ – ход контргруза, зависящий от колебаний нагрузки для натяжных участков, не имеющих пролетов длиной 300 м и более:

$$\lambda_н = \frac{1}{24} \Sigma \frac{l^3 n}{\cos^3 \gamma_n} \left(\frac{q^2 m}{(T'_{ср})^2} - \frac{q_н^2}{(T'_{ср})^2} \right) - \frac{(T''_{ср} - T'_{ср}) \, L_н}{0{,}1 \, E_н F_н \cos\gamma_{ср}} , \qquad (29)$$

где l_n – длина каждого пролета, м; $q_m = f_n - p^1/\lambda$ – равномерно распределенная нагрузка на канат, кг/м; $T_{ср}$ – среднее натяжение незагруженной линии с учетом трения на башмаках опор, Н/м:

$$T'_{ср} = 0{,}95 \, T_о \pm q_н h \, / \, 2 - q_н \mu L_н / \, 2 \cos\gamma''_{ср} , \qquad (30)$$

γ_n – угол наклона хорды пролета; $\gamma_{ср}$ – средний угол наклона натяжного участка; $T''_{ср}$ – среднее натяжение загруженной линии с учетом трения на башмаках опор, Н/м:

$$T''_{ср} = 1{,}05 \, T_о \pm q_н h \, / \, 2 - q_m \mu L_н \, / \, 2\cos\gamma_{ср} ; \qquad (31)$$

$E_н = 0{,}75 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5$ – модуль упругости несущего каната, МПа; $F_н$ – площадь поперечного сечения каната, м^2.

Для участков, имеющих пролеты 300 м и более, величину хода контргруза рекомендуется определять подсчитывая соответствующие части хода для каждого такого пролета отдельно и добавляя их к величине хода на остальной части участка:

$$\lambda^n_н = \frac{l^3 n}{24 \cos^3 \gamma_n} \left(\frac{q_m^2}{T^2_{н3}} - \frac{q^2_н}{T^2_{п3}} \right) - \frac{(T_{п3} - T_{н3}) \, l_n}{0{,}1 E_н F_н \cos\gamma_n} , \qquad (32)$$

где $T_{п3}$, $T_{н3}$ – среднее натяжение несущего каната в рассматриваемом пролете соответственно при полной загрузке линии и при отсутствии загрузки, Н/м:

$$T_{\text{пз}} = 1{,}05\, T_{\text{о}} \pm q_{\text{н}} h_n + q_m \mu L_n / \cos\gamma_n ; \qquad (33)$$

$$T_{\text{нз}} = 0{,}95\, T_{\text{о}} \pm q_{\text{н}} h_n + q_m \mu L_n / \cos\gamma_n , \qquad (34)$$

где h_n – превышение или понижение середины хорды пролета над контргрузом, м; L_n – расстояние по горизонтали от середины пролета до контргруза, м; $\lambda_{\text{о}}$ – первоначальное удлинение несущего каната, при котором положение контргруза будет наиболее низким:

$$\lambda_{\text{о}} = 0{,}0007\, L_n / \cos\gamma_{\text{ср}} .$$

5.9. Прочность натяжения каната, соединяющего несущий канат с контргрузом, должна удовлетворять неравенству:

$$T_{\text{р}} / (1 + c')\, T_{\text{о}} \geqslant k , \qquad (35)$$

где $T_{\text{р}}$ – разрывное усилие натяжного каната в целом; $T_{\text{о}}$ – масса контргруза; c' – коэффициент, учитывающий сопротивление на шкиве у контргруза, принимается по п. 5.6; k – запас прочности.

5.10. Несущие канаты с неподвижно закрепленными концами рекомендуются для участков несущего каната, состоящих из одного пролета, при мало изменяющихся условиях загрузки каната, т. е. при постоянно находящихся на канате нескольких вагонетках. Закрепление обоих концов несущего каната многопролетного участка, как правило, не рекомендуется вследствие осложнений монтажных работ и ухода за канатом во время эксплуатации дороги и допускается в отдельных случаях с числом пролетов в участке не более трех, если налицо существенный экономический эффект.

5.11. При расчете однопролетного несущего каната с закрепленными концами наибольшее расчетное натяжение несущего каната T_m при самой неблагоприятной загрузке пролета и при наинизшей температуре t^0_m принимается равным $T_{\text{р}}$ / к, где к – запас прочности, а $T_{\text{р}}$ – разрывное усилие несущего каната в целом.

5.12. При закреплении обоих концов несущего каната следует предусматривать устройство для периодического регулирования длины каната в одной или двух точках закрепления каната, чтобы сохранить необходимое натяжение. Приращение длины каната в одном пролете, зависящее от изменения провеса каната (при равномерно распределенной нагрузке), определяется по формуле:

$$\Delta l = 8/3\, [(f_x^2 - f_{\text{о}}^2) / l] , \qquad (36)$$

где $f_{\text{о}}, f_x$ – провесы, соответствующие разным натяжениям несущего каната, м.

6. ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ

6.1. Длина тягового участка тягового каната определяется из условия использования допустимого окружного усилия на приводе; порядок его определения приводится ниже (рис. 5, 6).

6.2. Привод следует располагать на одной из станций, желательно в пункте наибольшего натяжения тягового каната, т. е. на верхней станции.

Натяжное устройство тягового каната рекомендуется располагать отдельно от привода на станции, наиболее удаленной от привода. При наличии на одной из станций автоматического обвода вагонеток натяжное устройство располагается совместно с приводом; при этом рекомендуется его располагать на ветви тягового каната, имеющей меньшее натяжение.

6.3. Для определения усилий в тяговом канате тяговый участок условно разбивается на отдельные отрезки по характерным точкам перелома продольного профиля. В пределах станций характерные точки определяются с учетом суммирования сопротивлений на роликах и шкивах. Расчет усилий в тяговом канате производится отдельно по точкам продольного профиля грузового и порожнего направлений ГПКД.

6.4. Изменение натяжения на каждом отдельном отрезке тягового участка:

$$\Delta S = (nP + q_{\text{т}} l)\ (c \cos\gamma \pm \sin\gamma) + \Sigma S_{\text{р}}, \qquad (37)$$

где n – число вагонеток в пределах рассматриваемого отрезка; P – масса вагонетки (груженой или порожней), кг; l – длина отрезка, м; c – коэффициент

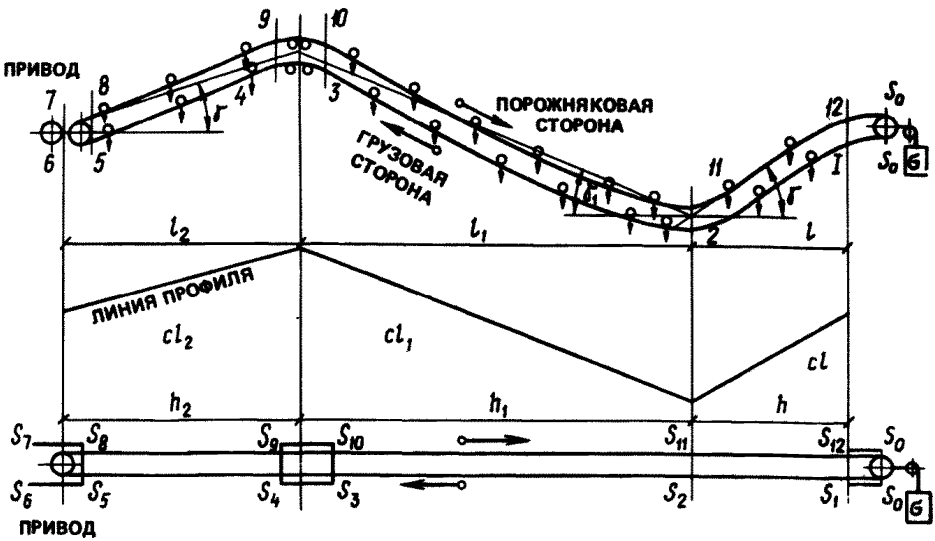

Рис. 5. Расчетная схема к тяговому расчету

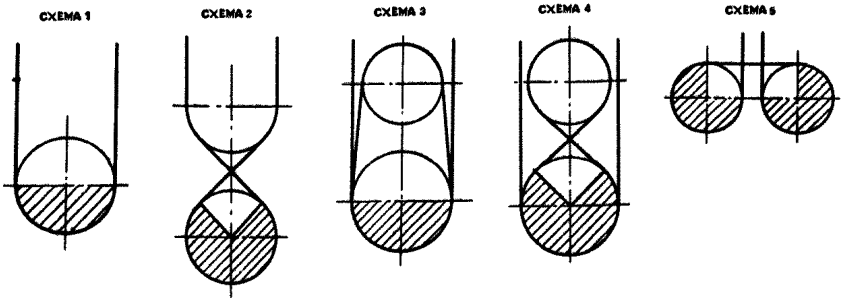

Рис. 6. Схемы обвода тяговым канатом приводных шкивов

сопротивления движению вагонетки при силовом режиме – 0,0065, при тормозном – 0,003; γ – угол наклона хорды рассматриваемого отрезка; $\Sigma S_{\text{р}}$ – сопротивление от роликов, шкивов и направляющих на станциях, кг.

При $\sin\gamma < 0{,}2$ подсчет ΔS можно производить по упрощенным формулам:
при сосредоточенной нагрузке

$$\Delta S = (n \cdot p + q_{\text{т}} l)\ (c \pm \operatorname{tg}\gamma) + \Sigma S_{\text{р}}, \qquad (38)$$

при равномерно распределенной нагрузке

$$\Delta S = q_m\ (cl \pm h) + \Sigma S_{\text{р}}, \qquad (39)$$

где $q_m = q_{\text{т}} + P/\lambda$; $h = l \operatorname{tg}\gamma$.

В формулах (37), (38) и (39) знак "плюс" перед $\sin\gamma$, $\operatorname{tg}\gamma$ или h берется при движении вагонеток на подъем, знак "минус" при движении вагонеток на спуск.

6.5. Сопротивление $\Delta S_{\text{р}}$ отклоняющих и направляющих шкивов, а также роликовых батарей, расположенных на станциях, равно:

а) для отдельных роликов и шкивов диаметром $\leqslant 1000$ мм:

$$\Delta S_{\text{р}} = (2\mu_1 d / D \sin\alpha/2 + 0{,}1\, d_{\text{т}}^2 + 0{,}3\,/\,D\text{–}10) S_n = (G_1 + G_2) S_n; \qquad (40)$$

б) для отдельных шкивов диаметром > 1000 мм:

$$\Delta S_{\text{р}} = (2\mu_1 d / D \sin\alpha / 2 + 0{,}1\, d_{\text{т}}^2 + 0{,}3 / D - 10)\ S_n +$$

$$+ \mu_2 d / D\ G = (G_1 + G_2)\ S_n + G_3; \qquad (41)$$

в) для роликовых батарей:

$$\Delta S_p = (2\mu_1 d/D \sin\beta/2 + 0{,}1\, b_0 d_т^2 + 0{,}3\,/\,D - 10) S_n = G_n S_n . \qquad (42)$$

Здесь S – усилие в тяговом канате, кг; d/D – отношение диаметра цапфы к диаметру шкива; $d_т$ – диаметр каната, см; D – диаметр шкива, см; G_n – масса шкива, кг; μ_1 – коэффициент трения в цапфах для отдельных роликов или шкивов, равный 0,02; μ_2 – коэффициент трения при осевой нагрузке, равный 0,02; α – угол обхвата ролика или шкива тяговым канатом; β – угол обхвата канатом всей батареи; b_0 – коэффициент к коэффициенту жесткости каната (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициент b_0 к жесткости каната и для роликовой батареи

d/D	β		
	10°	20°	30°
1/15	0,2	0,4	0,6
1/30	0,32	0,65	1
1/60	0,5	1	1

6.6. Нагрузка на ось роликов шкива или роликовую батарею определяется по формуле

$$A = 2S \sin\alpha / 2 . \qquad (43)$$

6.7. Окружное усилие на приводе U определяется как абсолютная величина алгебраической суммы всех приращений натяжения на линии и на станциях, получаемой посредством последовательного обхода кольца каната по направлению от контргруза к приводу, причем сопротивления движению при обходе против каната принимаются со знаком "минус", по ходу – со знаком "плюс": $U = \Sigma \Delta S_i$.

6.8. При статическом расчете прочность тягового каната на разрыв должна удовлетворять выражению:

$$k \leqslant S_p / S_{max} \qquad (44)$$

где S_p – разрывное усилие каната в целом, кг; S_{max} – наибольшее расчетное натяжение каната без учета инерционных сил, кг; k – коэффициент запаса прочности каната, принимаемый равным 4,5.

6.9. Натяжение тягового каната S_0 у контргруза предварительно принимается $q_т = 600 \ldots 1000$ и корректируется в соответствии с требованиями надежности сцепления каната с приводным шкивом и прочностью каната

$$S_{min} (e^{\mu\alpha} - 1) / (S_{max} - S_{min}) \geqslant k_1 , \qquad (45)$$

где k_1 – коэффициент запаса сцепления при учете инерционных сил равен 1,1, без учета – 1,3; $e^{\mu a}$ – величина, зависящая от угла обхвата канатом шкивов привода и коэффициента сцепления (табл. 3 и прил. 3); S_{max} – максимальное натяжение тягового каната на приводе с учетом сил инерции: $S^{n}_{max} = S_{наб} + I_{наб}$ – для дорог с силовым режимом работы; $S^{n}_{max} = S_{сб} + I_{сб}$ – для дорог с тормозным режимом работы; S_{min} – минимальное натяжение тягового каната на приводе с учетом сил инерции: $S^{n}_{min} = S_{сб} - I_{сб}$ – для дорог с силовым режимом работы; $S^{n}_{min} = S_{наб} - I_{наб}$ – для дорог с тормозным режимом работы; $I_{сб}$, $I_{наб}$ – инерционное усилие соответственно в сбегающей и набегающей ветвях тягового каната; $S_{наб}$, $S_{сб}$ – натяжения соответственно в набегающей и сбегающей ветвях каната у привода.

Таблица 3. Значения $e^{\mu a}$ для приводов подвесных канатных дорог

Схема обвода каната на шкиве привода	a	Коэффициент сцепления каната с ободом μ при футеровке шкива			
		деревянной 0,16	из прорезиненной хлопчатобумажной ткани 0,2	из пластмассы 0,25	из пластмассы 0,3
I	π	1,65	1,87	2,19	2,57
II	1,5 π	2,12	2,56	3,24	4,11
III	2 π	2,72	3,51	4,81	6,58
IУ	2,5 π	3,52	4,81	7,12	10,54
У	3 π	4,52	6,59	10,54	16,9

6.10. Для наиболее полного учета инерционных усилий в тяговом канате при полной и равномерной загрузке вагонетками линии ГПКД должны рассматриваться случаи:

нормальной эксплуатации (при нормальной работе привода);

реверсивной работы привода на уменьшенной скорости;

наличия на линии только порожних вагонетках (для пускового периода тормозной ГПКД).

В расчете принимается следующее неблагоприятное расположение вагонеток на линии:

для силовых ГПКД – отсутствие на спусках нескольких вагонеток, груженных и порожних;

для тормозных ГПКД – отсутствие на подъемах нескольких вагонеток, груженых или порожних.

Количество отсутствующих вагонеток на тяговом участке устанавливается в зависимости от возможной неравномерности выпуска вагонеток со станции.

6.11. Для подбора привода необходимо установить следующие величины для всех расчетных случаев загрузки линии:

абсолютные величины окружного усилия U и усилий $S_{сб}$ и $S_{наб}$;

абсолютные величины инерционных усилий при пуске или остановке дороги $I_{сб}$ и $I_{наб}$:

$$I_{сб} = j[q_т L_{сб} + \Sigma P_{сб} + \Sigma(\sigma_{сб} D_u^2 / D^2)]/q; \quad (46)$$

$$I_{наб} = j[q_т L_{наб} + \Sigma P_{наб} + \Sigma(\sigma_{наб} D_u^2 / D^2)]/q, \quad (47)$$

где $L_{сб}$, $L_{наб}$ – длина участков тягового кольца от контргруза до привода соответственно на сбегающей и набегающей ветвях каната, м; $P_{сб}$, $P_{наб}$ – масса всех перемещаемых вагонеток (груженых и порожних) соответственно на сбегающих и набегающих участках кольца тягового каната, кг; $\Sigma(\sigma_{сб} D_u^2 / D^2)$, $\Sigma(\sigma_{наб} D_u^2 / D^2)$ – суммы маховых моментов вращающихся частей (роликов и шкивов), приведенных к их ободам, соответственно на сбегающих и набегающих участках кольца тягового каната, кг; D_u – приведенный диаметр шкива, см ($D_u \approx 0{,}7D$). Суммы маховых моментов вращающихся частей учитываются только при расчете ГПКД длиной до 500 м; j – максимально допустимое ускорение или замедление тягового каната, м/с^2 ($j = V/t$); t – расчетное время пуска или остановки привода, с.

6.12. Для подбора минимального времени пуска дороги при силовом режиме или времени остановки дороги при тормозном режиме абсолютная величина инерционного усилия I обеспечивается:

а) непроскальзыванием каната на приводном шкиве из условия

$$I \leqslant S(k_n e^{\mu\alpha} - 1) - U, \quad (48)$$

где S – наименьшее натяжение тягового каната на приводе, т. е. в сбегающей ветви при силовом режиме и набегающий – при тормозном режиме, Н/м; k_n – коэффициент запаса, равный (при учете инерционных усилий) 0,9;

б) запасом прочности тягового каната $k = 3$ при пуске или остановке дороги из условия

$$I \leqslant S_р / 3 - S_{max}, \quad (49)$$

где $S_р$ – разрывное усилие тягового каната в целом, Н/м; S_{max} – наибольшее натяжение тягового каната при установившемся движении, Н/м;

в) допускаемой перегрузкой электродвигателя при работе дороги в силовом режиме из условия

$$I \leqslant 102 k_n N\eta / V - U, \quad (50)$$

при работе дороги в тормозном режиме из условия

$$I \leqslant 102 k_n N / V\eta - U, \quad (51)$$

где N – номинальная мощность электродвигателя, кВт; η – к.п.д. привода принимается при силовом режиме, равном 0,85; при тормозном режиме – 0,95; k_n –

допускаемый коэффициент перегрузки электродвигателя при пуске (остановке), равный 1,8–2 (уточняется по характеристике электродвигателя).

6.13. Расчетное максимальное ускорение j при пуске дороги при силовом режиме или замедлении при остановке дороги при тормозном режиме не должно превышать 0,7 м/с^2. Оно предварительно определяется по формуле (52) и уточняется после выбора электродвигателя:

$$j = 9{,}81\, I \;/\; (\Sigma P + \Sigma \sigma D_u^{\,2} \;/\; D^2)\,, \tag{52}$$

где ΣP – масса поступательного перемещения всех частей дороги, кг; I – наименьшее из значений инерционного усилия, определенных по формулам (50), (51), (52).

В случае необходимости увеличения ускорения при пуске (или замедления при остановке) дороги j следует увеличить натяжение тягового каната S в пределах допускаемых конструкций привода усилий и прочности тягового каната с соблюдением условия непроскальзывания каната на приводном шкиве.

6.14. Мощность электродвигателя при работе дороги в силовом режиме определяется для наиболее неблагоприятных расчетных случаев загрузки линии:

$$N = U\,V \,/\, 102\,\eta\,. \tag{53}$$

Проверку мощности привода при пуске, т. е. с учетом инерционных сил, следует производить по формуле

$$(U + I_{\text{сб}} + I_{\text{наб}})\;V \;/\; 102\,\eta \leqslant k_n N\,. \tag{54}$$

6.15. Мощность электродвигателя при работе дороги в тормозном режиме подбирается по освобождающейся энергии для наиболее неблагоприятных случаев загрузки линии:

$$N = U\,V\,\eta \;/\; 102\,. \tag{55}$$

Проверку мощности привода при остановке, т. е. с учетом инерционных сил, следует производить по формуле

$$(U + I_{\text{сб}} + I_{\text{наб}})\,V\,\eta \;/\; 102 \leqslant k_n N\,. \tag{56}$$

6.16. Привод проверяют на сцеплении каната с приводным шкивом при всех режимах работы:

для дорог с силовым режимом работы из условия

$$S_{\text{сб}}\,(e^{\mu\alpha} - 1) \;/\; (U + I_g) > 1{,}1\,; \tag{57}$$

для дорог с тормозным режимом (при остановке) из условия

$$S_{\text{наб}} (e^{\mu a} - 1) / (U + I_g) > 1{,}1; \qquad (58)$$

где $I_g = I_{\text{сб}} + I_{\text{наб}}$.

Величина наибольшего суммарного натяжения ветвей тягового каната ($S_{\text{наб}} + S_{\text{сб}}$) не должна превышать допускаемой нагрузки на конструкцию привода.

6.17. Величина хода натяжной каретки тягового каната Δ определяется из выражения:

$$\Delta = \Delta_{\text{к}} + (S_2 - S_1) \Sigma l / E_{\text{т}} F_{\text{т}} \cos\gamma_{\text{ср}} \pm \Sigma l / \cos\gamma_{\text{ср}} (\epsilon \Delta t^{\circ} + 0{,}0008). \qquad (59)$$

Третий член берется со знаком "плюс", если алгебраическая сумма первых двух членов положительная, и со знаком "минус", если она отрицательная.

Здесь: Σl – сумма всех пролетов рассматриваемого приводного участка, м; $\epsilon = 0{,}000011$ – коэффициент температурного удлинения стали; 0,0008 – коэффициент, учитывающий вытяжку тягового каната при эксплуатации; $\gamma_{\text{ср}}$ – средний угол наклона тягового участка; $\Delta t 0$ – расчетное изменение температуры в данном районе, °С; $E_{\text{т}}$ – модуль упругости тягового каната, принимаемый 80000 МПа; $F_{\text{т}}$ – площадь поперечного сечения тягового каната, м^2; S_1, S_2 – среднее натяжение тягового каната соответственно при незагруженной и загруженной линии, Н/м;

$$S_1 = S_{\text{наб}} + S_{\text{сб}} + 2S_{\text{к}} + \Sigma S_{\text{гр}} + \Sigma S_{\text{пор}} / 4 + n_1 + n_2, \qquad (60)$$

где $S_{\text{к}}$ – натяжение тягового каната у обводного шкива на противоположной от привода станции, Н/м; $S_{\text{гр}}$ – то же, в характерных точках профиля на грузовой стороне, Н/м; $S_{\text{пор}}$ – то же, в характерных точках профиля на порожняковой стороне, Н/м; n_1, n_2 – количество характерных точек на грузовой и порожняковой сторонах. Величина S_2 определяется так же, как при соответствующих значениях входящих величин для загруженной линии; Δк – ход каретки, зависящий от загрузки линии вагонетками:

$$\Delta_{\text{к}} = \Sigma l^3 / 24 \cos^3\gamma_{\text{ср}} [q_{\text{т}}^2 / S_1^2 - q_m^2 / (T''_{\text{ср}})^2], \qquad (61)$$

где $T''_{\text{ср}}$ – среднее натяжение несущего каната загруженной линии, определяемое согласно формуле (31); q_m – равномерно распределенная нагрузка на несущий канат, кг/м.

Значение Δк определяется для случаев:
полной загрузки грузовой и порожняковой сторон, при этом

$$q_m = q_т + P' / \lambda;$$

полной загрузки порожняковой стороны и половинной загрузки грузовой стороны. В этом случае $q_m = q_т + p'_{гр} / 2\lambda$.

В формуле (59) учитывается большее из значений Δ к по абсолютной величине.

Вытяжку тягового каната при эксплуатации в отдельных случаях, при отсутствии достаточного места для обеспечения полного хода натяжки, разрешается не учитывать, полагая, что она будет ликвидироваться перечалками тягового каната.

7. РЕЛЬСОВЫЕ ПУТИ СТАНЦИЙ

7.1. Проектирование станционных рельсовых путей производят в соответствии с принятым способом передвижения вагонеток по станции. Рекомендуется придерживаться следующих общих правил:

а) длина и расположение рельсовых путей определяются технологическими особенностями станций и размещением соответствующего оборудования;

б) на станции не следует допускать движение вагонеток со скоростями большими, чем на линии;

в) количество закруглений рельсовых путей в плане и профиле должно быть минимальным, а радиусы закруглений по возможности наибольшими;

г) участки рельсовых путей перед включателями и за выключателями должны быть прямолинейными в плане на длине не менее 1,5 – 2 м.

При скоростях движения вагонеток на линии более 2,5 м/с рекомендуется участок рельса перед толкающим конвейером (после выключателя) проектировать с принудительно регулируемым торможением;

д) для избежания поперечной качки вагонеток ставятся в необходимых случаях направляющие. На погрузке вагонеток требуется установка двойных (двухсторонних) направляющих;

е) количество переключений стрелок при нормальной эксплуатации должно быть минимальным;

ж) при встречных и пересекающихся потоках вагонеток на станциях должна быть исключена возможность столкновения вагонеток путем установки автоматически действующих стопоров. На узловых станциях при высокой производительности рекомендуется размещать пересекающиеся пути в разных уровнях;

з) на неавтоматических станциях, т. е. станциях, где вагонетки отключаются от тягового каната, должны предусматриваться тупики подвесных рельсовых путей для отвода неисправных вагонеток, а также приспособления для снятия с тупика подлежащей ремонту вагонетки и последующей ее установки.

7.2. Радиусы горизонтальных закруглений рельсовых путей на станциях следует назначать в зависимости от скорости движения вагонетки. Наименьшие рекомендуемые радиусы закруглений приведены ниже:

Скорость движения вагонетки, м/с	До 1	От 1,01 до 1,25	От 1,26 до 1,4	От 1,41 до 1,5	От 1,51 до 1,8	От 1,81 до 2
Наименьший радиус закругления рельсовых путей, м	2,5	4	5	6	8	10

7.3. Передвижение вагонеток по станционным путям производят с помощью самоката; толкающего конвейера; тягового каната.

7.4. Самокатные рельсовые пути должны обеспечивать передвижение вагонеток в пределах всей станции или на отдельных ее участках (при оборудовании станции толкающим конвейером или другим механизмом передвижения) на заданных скоростях, что достигается соответствующим профилированием подвесного рельса, определяемым расчетом.

7.5. Уравнение движения вагонетки по подвесному пути:

$$PV^2_{\text{х}} / 2g - P V_{\text{о}}^2 / 2g = (h - ca - \Sigma c_{\text{к}} a_{\text{к}} - \Sigma r) P . \qquad (62)$$

Скорость в пункте "х" при прохождении вагонеткой участка пути от пункта "о" до пункта "х", определяется из выражения:

$$V_{\text{х}} = \sqrt{V_{\text{о}}^2 + 19{,}62\ (\pm h - ca - c_{\text{к}} a_{\text{к}} - \Sigma r)}, \qquad (63)$$

где $V_{\text{х}}$ – скорость движения вагонетки в пункте "х", м/с; $V_{\text{о}}$ – скорость движения вагонетки в начальном пункте "о", м/с; h – разница между отметками начального пункта "о" и рассматриваемого пункта "х" при спуске со знаком "плюс", при подъеме – со знаком "минус", м; a – развернутая длина участка рельса от начального пункта до рассматриваемого, включая прямолинейные и криволинейные участки, м; $a_{\text{к}}$ – длина криволинейных участков рельса, м; c – коэффициент сопротивления движению вагонетки; $c_{\text{к}}$ – дополнительный коэффициент для криволинейных путей:

$$c_{\text{к}} = 0{,}12\,\delta / 2R , \qquad (64)$$

где δ – жесткая база тележки, м; R – радиус закругления рельса, м; Σr – сумма дополнительных сопротивлений, приведенных к высоте, м.

8. ТОЛКАЮЩИЕ КОНВЕЙЕРЫ

8.1. Скорость движения цепи толкающего конвейера, применяемого для принудительного передвижения вагонеток на станции, принимается в пределах 0,3–0,4 м/с.

8.2. При проектировании толкающего конвейера необходимо учитывать, что:

схема конвейера в плане и вертикальной плоскости должна быть по возможности прямолинейной с минимальным количеством отгибов;

конвейер должен подводиться возможно ближе к включателю и выключателю. В отдельных случаях (например, при высокой производительности ГПКД) конвейер может быть введен в выключатель, что требует специальной конструкции последнего;

уклоны рельсовых путей при наличии толкающего конвейера не должны превышать 5 %. Профилирование рельсов между толкающим конвейером и включателем и выключателем должно производиться с учетом скоростей движения тягового каната (нормальной и малой);

привод конвейера должен иметь реверс, необходимый при ремонтных работах;

расчет натяжений в цепи и мощности привода конвейера производится как для обычных подвесных конвейеров; при этом коэффициент сопротивления движению вагонеток принимается равным 0,01;

конвейер должен иметь управление:

а) автоматическое, в блокировке с главным приводом дороги;

б) местное, от кнопки, расположенной на пульте управления станции;

в) местное, от кнопки, расположенной на площадке, с которой производится осмотр и ремонт конвейера;

остановка вагонеток на конвейере (например, у пунктов погрузки или на стопорах устройства для накопления вагонеток и выпуска на линию) осуществляется при помощи автоматических аншлагов, поднимающих толкатели конвейера на время остановки вагонетки и срабатывающих при наезде вагонетки на выключающее устройство;

следует избегать примыкания других рабочих путей к путям, обслуживаемым конвейером; примыкание второстепенных (запасных) путей может осуществляться с помощью накидных стрелок.

9. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОГРУЗКИ И РАЗГРУЗКИ ВАГОНЕТОК

9.1. При проектировании погрузочных и разгрузочных станций следует максимально механизировать все трудоемкие процессы – погрузку и разгрузку вагонеток, их передвижение по станционным путям и др.

9.2. Емкость бункеров для транспортируемого груза на станциях должна соответствовать особенностям производства, обслуживаемого ГПКД, и согласоваться с заказчиком. Как правило, емкость бункеров определяется как произведение средней эксплуатационной часовой производительности дороги на расчетное количество часов необходимого запаса:

а) в случае когда предприятие и ГПКД работают в течение суток в одинаковых режимах при одинаковом количестве рабочих часов в сутках, запас груза в бункерах должен предусматриваться не менее чем на 2 ч работы дороги, т. е. на время ее остановки для устранения случайных неполадок;

б) в случае когда предприятие и ГПКД работают в течение суток в разных режимах или при различном количестве рабочих часов в сутках, запас груза в бункерах должен предусматриваться на соответственно определенное количество рабочих часов, но не менее чем на 2 ч работы дороги.

Примечание. Емкость бункеров может быть уменьшена, если обслуживаемое дорогой предприятие допускает возможность простоев, или если на пред-

приятии имеется аварийный склад.

9.3. На погрузочной станции для загрузки вагонеток должно предусматриваться не менее двух точек погрузки – одной рабочей, другой резервной.

9.4. При загрузке вагонеток из бункеров применяются питатели, а также объемные и весовые дозаторы. Пластинчатые питатели рекомендуются для средне- и крупнокусковых абразивных грузов, а также для глины и мергеля. Ленточные питатели рекомендуются для хорошо сыпучих грузов мелких фракций. Объемные и весовые дозаторы с электроприводами являются наиболее производительными загрузочными устройствами. Типовые объемные дозаторы предназначаются для грузов с насыпной плотностью не более 2 т/м^3 с размерами кусков до 250 мм. Объемы выдаваемого из дозаторов груза соответствуют емкостям кузовов типовых вагонеток. Полный цикл работы типового объемного дозатора составляет 15 с. Время заполнения кузова вагонетки питателем определяется его производительностью.

9.5. Управление погрузочным агрегатом с электрическим приводом может быть:

а) дистанционным, т. е. нажатием кнопок с диспетчерского пункта станции;

б) автоматическим, осуществляемым по запроектированной схеме механизации и автоматизации работы станции;

в) местным, т. е. нажатием кнопок у пункта погрузки.

Примечание. При дистанционном или автоматическом управлении погрузочным агрегатом обязательно также наличие местного управления в качестве резервного, а также необходимого для ремонтных работ и наладки.

9.6. При определении времени на полный цикл загрузки вагонетки помимо чистого времени заполнения кузова следует учитывать время:

а) на подвод и отвод вагонетки;

б) на срабатывание всех автоматических устройств.

9.7. Разгрузка вагонеток может производиться с жесткого рельса или с несущего каната и, как правило, должна осуществляться автоматически на ходу.

Устройства, применяемые для автоматического опрокидывания кузова вагонетки, могут быть стационарными или передвижными и иметь управление:

а) ручное – при размещении устройства в месте, доступном для ручного управления;

б) электромагнитное или пневматическое (местное или дистанционное).

9.8. Размеры разгрузочных люков должны удовлетворять следующим условиям:

а) длина люка должна удовлетворять неравенству:

$$B = tV + Б, \qquad (65)$$

где B – длина люка, м; t – время разгрузки кузова (3 с); Б – длина кузова вагонетки, м;

б) ширина люка для вагонеток с кузовами емкостью 0,5–1,25 м^3 должна быть не менее 2,2 м, причем размер от оси подвесного пути до края люка со стороны опрокидывания кузова должен быть не менее 1,5 м, с другой стороны не менее 0,7 м.

10. ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

10.1. Предохранительные устройства под ГПКД могут быть в виде предохранительных сетей или мостов. Выбор производится экономическим сравнением.

10.2. Предохранительные устройства рекомендуется располагать под канатной дорогой таким образом, чтобы расстояние от габарита вагонетки до верха защитного устройства было:

а) у предохранительных сетей не менее 0,5 м и не более высоты падения вагонетки, ограниченной прочностью и провесом сетевого каната;

б) у предохранительных мостов не менее 0,3 м и не более 2 м. Это относится к предохранительным мостам обычной П-образной конструкции. У мостов специальной конструкции (в виде треугольного шатра) указанное расстояние может быть больше.

Габариты прохождения вагонеток над предохранительными устройствами должны проверяться при наименьшем натяжении несущего каната и наличии над предохранительным устройством двух спаренных вагонеток. Высота падения вагонетки должна определяться при наибольшем натяжении несущего каната.

10.3. Предохранительные сети должны отвечать следующим условиям:

а) провесы сетевых канатов от статической нагрузки и при падении вагонетки должны быть в пределах, допускаемых габаритами перекрываемых сетями сооружений. Провес каната от статической нагрузки принимается равным 5–6 % длины пролета;

б) прочность сетевого каната при статической нагрузке на разрыв должна удовлетворять неравенству:

$$T_p \;/\; к \geqslant T_{max}, \qquad (66)$$

где T_p – разрывное усилие каната в целом, Н/м; T_{max} – наибольшее натяжение каната при статической нагрузке, Н/м; к – запас прочности, при статической нагрузке равный 2,5.

10.4. Суммарная погонная нагрузка на сетевой канат состоит из следующих нормативных нагрузок:

1. Нагрузки от собственного веса каната, дистанционных уголков и сеток.

2. Нагрузки от снега, которая принимается равной:

а) для сетки с ячейками 100х100 – 15 % расчетной нагрузки на сплошной настил от величины снежного покрова согласно районированию территории СССР по СНиП 2.01.07–85 "Нагрузки и воздействия";

б) для двойной сетки, состоящей из сеток с ячейками 100х100 и 20х20 – 35 % расчетной нагрузки на сплошной настил в зависимости от величины снежного покрова согласно районированию территории СССР по СНиП 2.01.07–85.

3. Нагрузки от гололеда (при температуре – 5° в районах, подверженных гололеду):

а) для сетки с ячейками 100х100 – 150 Па;

б) для двойной сетки, состоящей из сеток с ячейками 100х100 и 20х20 – 300 Па.

Примечания: 1. Совместно нагрузки от снега и гололеда не учитываются. 2. При учете нагрузок от снега или гололеда ветровая нагрузка на сеть принимается равной 100 Па. 3. При отсутствии в отдельном пролете навешенной сети масса льда на 1 м сетевого каната принимается равной $q = 0{,}0707 (D^2 - d^2)$ кг/м,

где D – диаметр каната с коркой льда, см. Толщина корки льда устанавливается в зависимости от географического района; d – диаметр каната без корки льда, см.

10.5. Сетевой канат подбирают по ГОСТу исходя из принятого провеса. Для этого определяют необходимое разрывное усилие каната в целом из выражения

$$T_p = (q_1 + q_2)\, l_c \,/\, 8 f_{max} \,/\, l_c\, (R_p / к - l_c)\,, \tag{67}$$

где q_1 – равномерно распределенная нагрузка на сетевой канат от сетки и дистанционных уголков, кг/м; q_2 – равномерно распределенная нагрузка от снега или гололеда, кг/м; l_c – пролет сети, м; f_{max} – принятый провес каната, м; $R_p = T_p / q_c$ – разрывная длина каната, м, которая является его прочностной характеристикой (T_p – разрывное усилие каната в целом и q_c – масса погонного метра каната); β – угол наклона хорды сетевого пролета; к – запас прочности каната, равен 1,1.

10.6. Сетевой канат проверяют на ударную нагрузку от падающей вагонетки. При ударной нагрузке запас прочности каната к = 1,1 и натяжение $T_y = T / к$.

По принятому T_y определяются фиктивная нагрузка P_y, провес каната от этой нагрузки f_y и допустимая высота падения вагонетки h' (считая от низа кузова) из выражений

$$P_y^2 + q l_n P_y = 8 T_y^3 / E_c F_c\, (1 - T_m / T_y)\, \Sigma l \,/\, l_n + [(T_y / T_m)^2 - 1] q^2 \times$$
$$\times \Sigma l^3 / 3 l_n\,, \tag{68}$$

$$f_y = l_n / 8 T_y\, (q l_n + 2 P_y)\,; \tag{69}$$

$$h' = [P_y / 2Pw - 1]\; (f_y - f)\,, \tag{70}$$

где l_n – длина рассматриваемого пролета по хорде, м ($l_n = l_c / \cos\beta$); Σl – сумма длин пролетов сети по хордам, м; T_m – натяжение каната до удара, Н/м; q – равномерно распределенная нагрузка на канат при натяжении T_m, кг/м; E_c – модуль упругости каната, равный $0{,}75 \cdot 2{,}1 \cdot 10^6$ кг/см^2; F_c – площадь

сечения каната, $см^2$; w – коэффициент, учитывающий частичное погашение массой сети энергии, развиваемой падающей вагонеткой, принимается равным 0,65; f – провес каната до падения вагонетки от равномерной нагрузки q_m и при натяжении каната T_m:

$$f = q_m l_n^2 / 8T_m, \tag{71}$$

P – масса падающей вагонетки, приходящейся на расчетный сетевой канат,

$$P = a(P_к + 0{,}75P_о), \tag{72}$$

где $P_к$ – масса кузова вагонетки, кг; $P_о$ – масса транспортируемого груза, кг; a – коэффициент, зависящий от расположения сетевых канатов, принимается для крайних канатов $(l - 0{,}5\,l_1 - a) / (l - 0{,}5\,l_1)$, для средних $a / 2l$, где a – расстояние от несущего до крайнего сетевого каната; l – 0,5 расстояния между крайними сетевыми канатами; l_1 – расстояние между средними сетевыми канатами.

Если значение фиктивной высоты h' менее действительной высоты падения h по проекту, принятый в расчете канат следует подобрать заново, с большим натяжением.

10.7. Предохранительные мосты рекомендуется объединять в общую конструкцию с опорами в целях приближения габарита подвижного состава к настилу. Для сохранения расчетной высоты падения вагонетки пролетному строению моста обычно придают наклон, соответствующий кривой провисания несущего каната. Ширина предохранительного моста должна превышать ширину колеи ГПКД не менее чем на 1,25 м на сторону; высота ограждающих перил должна быть 1,8–2 м. Для уменьшения ударного воздействия на мост в зоне возможного падения вагонетки должна быть запроектирована упругая конструкция, например, двойной или тройной настил из досок с зазорами между досками по высоте или балки с пружинными опорами.

10.8. Расчет моста ведется на нагрузку от собственного веса, снега и ветра согласно главе СНиП 2.01.07–85. Прочность моста проверяется на удар от падающей вагонетки.

10.9. Расчет свободно лежащей балки (прогона) на падение вагонетки посередине балки производится на статическую нагрузку P, равную массе кузова вагонетки плюс 3/4 массы транспортируемого груза, с применением динамического коэффициента k_a, равного

$$k_a = 1 + \sqrt{1 + 2\epsilon h / I_{ст}}, \tag{73}$$

где h – высота падения вагонетки (от низа кузова до настила), м; $I_{ст}$ – прогиб балки от статической нагрузки в точке падения груза, м; ϵ – коэффициент, учитывающий частичное поглощение энергии падающего груза массой настила

$$\epsilon = 1 / (1 + 0{,}8\, G / P), \qquad (74)$$

где G – масса части пола (поперечины и настила), непосредственно воспринимающей удар от падения вагонетки, Н.

11. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ, РЕМОНТНОЕ ХОЗЯЙСТВО И ШТАТ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА

11.1. Электропривод ГПКД должен отвечать следующим требованиям:

а) управление электроприводом должно быть дистанционным, осуществляемым с центрального пульта, место установки которого определяется конкретными условиями. Для производства наладки и ремонта должно быть предусмотрено переключение управления на местный пульт, устанавливаемый непосредственно у приводного механизма. Возможность одновременного управления с центрального и местного пультов одним и тем же приводом должна быть исключена;

б) электропривод должен обеспечивать плавный пуск и торможение (остановку) дороги в заданные интервалы времени. Для дорог, работающих в тормозном режиме, пуск электродвигателя должен быть предусмотрен также и в силовом режиме. После пуска должна быть обеспечена устойчивая скорость движения тягового каната. При наличии на дороге нескольких тяговых участков их электроприводы должны быть сблокированы между собой для синхронного пуска и остановки;

в) аварийная остановка дороги с отключением цепи электродвигателя и автоматическим торможением рабочим тормозом должна осуществляться от действия:

максимальной защиты;

тепловой защиты;

нулевой защиты;

аварийных выключателей ручного действия;

конечных выключателей натяжных устройств;

автоматического устройства, реагирующего на несцепление вагонетки с тяговым канатом;

других устройств, предусмотренных в проекте.

Примечание. Автоматическая остановка ГПКД, работающих в тормозном режиме, с отключением цепи электродвигателя при автоматическом срабатывании аварийного тормоза, должна осуществляться: от действия центробежного выключателя и тахогенератора при увеличении скорости движения тягового каната на 15–20 % выше расчетной; от кнопок "аварийный стоп"; при обесточивании линии. При срабатывании аварийного тормоза допускается кратковременная пробуксовка тягового каната на приводе;

г) должна обеспечиваться возможность кратковременной (не более 2 мин) работы дороги с перегрузкой электродвигателя до 50 % при самом неблагоприятном возможном расположении вагонеток на линии (ГОСТ 183–74**):

д) должна обеспечиваться возможность работы дороги на пониженной скорости с реверсированием, путем отключения электродвигателя основного привода и включения микропривода.

Управление микроприводом должно осуществляться, как правило, с местного пульта после соответствующего переключения на центральном пульте.

11.2. Электроприводы вспомогательных механизмов (толкающих конвейеров, погрузочных, разгрузочных, выпускающих устройств и др.) должны отвечать следующим основным требованиям:

а) управление электроприводами должно быть увязано с работой ГПКД; оно может быть сблокировано частично или полностью с электроприводом ГПКД или быть самостоятельным. Работа вспомогательных механизмов должна быть частично или полностью автоматизирована в соответствии с принятой схемой механизации станции для обеспечения наибольшей надежности, производительности и безопасности при минимальном количестве обслуживающего персонала;

б) для производства наладочных и ремонтных работ следует предусматривать возможность управления каждым приводом с местного пульта управления, устанавливаемого непосредственно у механизма. Возможность одновременного управления с центрального и местного пультов должна быть исключена;

в) аварийный останов электроприводов должен осуществляться от действия:

максимальной защиты;

тепловой защиты;

нулевой защиты;

других устройств, предусмотренных в проекте и связанных с аварийным режимом.

11.3. Электроприводы вспомогательных механизмов, не связанных с работой ГПКД (электроремонтные механизмы, подъемники и др.), должны соответствовать конкретным условиям их работы и отвечать требованиям Правил устройства электроустановок (ПУЭ). На всех станциях должны быть предусмотрены специальные фидеры для возможности присоединения ремонтных агрегатов (сварочных аппаратов, электроинструмента и др.).

11.4. Необходимо предусматривать следующие защитные мероприятия:

а) отвод в землю опасных потенциалов, могущих возникнуть на металлоконструкциях и несущих канатах дороги при грозовых разрядах;

б) заземление и зануление металлических оболочек оборудования в соответствии с ПУЭ;

в) светоограждение опор и других сооружений дороги в соответствии с требованиями безопасности воздушного транспорта.

11.5. Электрическое освещение дороги должно предусматриваться в соответствии с требованиями СНиП и ПУЭ.

11.6. Для управления работой ГПКД должны быть предусмотрены самостоятельная телефонная сеть и двухсторонняя громкоговорящая связь. Места установки постоянных и временно присоединяемых телефонных аппаратов и приборов громкоговорящей связи выбираются с учетом нормального и наладочного (ремонтного) режима работы.

11.7. На ГПКД следует предусматривать производственную сигнализацию:

а) пуску (включению) механизмов должна предшествовать светозвуковая предупредительная сигнализация в течение 10–15 с. Аппараты предупредительной сигнализации должны устанавливаться в соответствии с ПУЭ;

б) установку электросчетчика вагонеток рекомендуется осуществлять с передачей показаний на центральный пульт управления;

в) на центральном пульте управления должна быть предусмотрена автоматическая (светозвуковая) сигнализация в соответствии с Правилами устройства и безопасности эксплуатации ГПКД.

11.8. На одной из станций ГПКД (обычно погрузочной) следует предусматривать ремонтные мастерские для текущего ремонта вагонеток и другого оборудования (табл. 4). В помещении мастерских должен проходить подвесной рельсовый путь для подвода неисправных вагонеток и вывода их после ремонта. Размеры помещения мастерских могут составлять 6х9 либо 6х12 м в зависимости от производительности ГПКД.

11.9. На каждой ГПКД руководством предприятия должно быть назначено лицо (начальник или механик), ответственное за исправное состояние дороги и ее безопасную эксплуатацию (табл. 5).

Таблица 4. Примерный перечень основного оборудования ремонтных мастерских ГПКД

Оборудование	Тип	Число	Общая масса, т
Токарно-винторезный станок	1К62	1	2,29
Универсально-фрезерный станок	6Н82	1	2,85
Вертикально-сверлильный станок	2А135	1	1,53
Трансформатор сварочный	СТН-500-1	2	0,52
Кран мостовой однобалочный грузоподъемностью 3,2 т	–	1	1,05
Лебедка электрическая	Т-145Б	3	7,79

Таблица 5. Примерный штат обслуживающего персонала ГПКД

Наименование	Разряд	Число человек в смену
1. Начальник дороги	–	1 в сутки
2. Оператор на пульте погрузочной станции	УI	1
3. Машинист на приводной станции	УI	1
4. Дежурный электрик	УI	1
5. Дежурный слесарь на приводной станции	IУ	1
6. Дежурный слесарь на конечной станции	IУ	1
7. Рабочий на погрузке	12	1
8. Смазчик вагонеток	IУ	1 на 3 км
9. Линейный слесарь-обходчик	IУ	То же

ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГПКД С КОЛЬЦЕВЫМ ДВИЖЕНИЕМ ВАГОНЕТОК

№ п.п.	Наименование ГПКД	Длина, м	Производительность, т/ч	Скорость движения вагонеток, м/с	Вместимость вагонетки, $м^3$	Ширина колеи, м	Диаметры несущих канатов, мм	Диаметр тягового каната, мм	Мощность приводов, кВт
1	ГПКД № 1 ПО "Сода" (г. Стерлитамак)	6400	280 (известняк)	3,15	1,25	3	47; 38,5	27	160
2	ГПКД № 2 ПО "Сода"	7520	213 (известняк)	2,8	1	3	45; 30,5	22,5	125
3	" № 3 " "	5940	430 (известняк)	2,8	1,6	4	60; 38,5	28	180
4	" № 4 " "	6760	230 (известняк)	2,5	1	3–6	45; 35,5	25,5	140
5	ГПКД Алмалыкского химического завода	1480	202 (фосфогипс)	2,5	1,25	6	51; 35,5	28	100
6	ГПКД Ровенского ПО "Азот"	6700	177 (фосфогипс)	2,5	1	3–6	45; 30,5	22,5	95
7	ГПКД Уваровского суперфосфатного завода	4190	176 (фосфогипс)	2	1	3	51; 35,5	20	75
8	ГПКД Семилукского огнеупорного завода	7600	150 (глина)	2,5	0,8	3	42,5; 30,5	20,5	55
9	ГПКД Душанбинского цементного комбината	7400	220 (известняк)	2,9	1	3	51; 38,5	25	125
10	ГПКД Слюдянского карьера "Перевал"	3200	420 (известняк)	2,5	1,6	4	60; 38,5	32,5	200

ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАТОВ

Таблица 1. Несущие канаты одинарной свивки закрытого типа

Диаметр каната, мм	Масса 1 м каната, кг	Разрывное усилие каната, кН, для маркировочной группы, МПа			ГОСТ
		1176	1274	1372	
30,5	5,2	739,5	801,5	863	ГОСТ 3090–73
32	5,7	808,5	876	943	ГОСТ 3090–73
34	6,3	888	962	1035	ГОСТ 3090–73
35,5	6,8	960	1040	1120	ГОСТ 3090–73
38,5	8,7	1215	1320	1420	ГОСТ 3090–73
40,5	9,6	1350	1465	1575	ГОСТ 3090–73
42,5	10,5	1465	1590	1710	ГОСТ 7675–73
45	11,6	1630	1765	1900	ГОСТ 7675–73
47	12,6	1770	1915	2065	ГОСТ 7675–73
51	14,6	2040	2210	2380	ГОСТ 7675–73
55	17,3	2415	2620	2820	ГОСТ 7675–73
60	20,6	2890	3130	3370	ГОСТ 7676–73
65	23,7	3315	3590	3865	ГОСТ 7676–73
70	26,7	3875	4200	4520	ГОСТ 7676–73

Таблица 2. Тяговые канаты (по ГОСТ 3077–80)

Диаметр каната, мм	Масса 1 м каната, кг	Разрывное усилие каната, кН, для маркировочной группы, МПа	
		1568	1764
16,5	1	135	147,5
17,5	1,16	156	171,5
19,5	1,37	183	203,5
20,5	1,55	210,5	230,5
22	1,75	236,5	259
23	1,95	264,5	289,5
25,5	2,39	324,5	355,5
28	2,88	391	428
30,5	3,41	463,5	507,5
32,5	3,99	541,5	593

Таблица 3. Натяжные канаты (по ГОСТ 3089–80)

Диаметр каната, мм	Масса 1 м каната, кг	Разрывное усилие каната, кН, для маркировочной группы, МПа	
		1666	1862
59,5	10,85	1415	1525
64,5	12,6	1650	1775
68,5	14,25	1865	2005
73	16,25	2130	2295
78	18,4	2415	2600
82	20,65	2710	2920

Таблица 4. Сетевые канаты (по ГОСТ 3064–80)

Диаметр каната, мм	Масса 1 м каната, кг	Разрывное усилие каната, кН, для маркировочной группы, МПа	
		1372	1568
20	1,96	266,5	304
21	2,24	305,5	349,5
22,5	2,55	347	397
24	2,88	396	448,5
27	3,59	490	560,5

Приложение 3

СХЕМЫ ОБВОДА ТЯГОВЫМ КАНАТОМ ПРИВОДНЫХ ШКИВОВ (рис. 6)

Величина $e^{\mu\alpha}$ в зависимости от схемы привода и величины μ

Схема обвода каната на шкиве	α	$e^{\mu\alpha}$					
		$\mu=0,15$	$\mu=0,18$	$\mu=0,2$	$\mu=0,22$	$\mu=0,25$	$\mu=0,3$
I	1π	1,65	1,76	1,87	2	2,19	2,57
II	$1,5\pi$	2,12	2,33	2,56	2,82	3,24	4,11
III	2π	2,72	3,1	3,51	3,98	4,81	6,58
IV	$2,5\pi$	3,52	4,11	4,81	5,64	7,12	10,54
V	3π	4,52	5,46	6,59	7,96	10,54	16,9

Примечания: 1. Привод по схеме V не является типовым. 2. Коэффициент сцепления каната с ободом шкива μ принимается: для футеровки из дерева – 0,16; для футеровки из прорезиненной хлопчатобумажной ткани – 0,2; для футеровки из пластмассы – 0,25; то же, Ф-63 (обозначение ВНИИПТМаша) – 0,3.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3
2. План и продольный профиль 4
3. Подвижной состав и его габариты 9
4. Канаты 11
5. Расчет несущих канатов 12
6. Тяговый расчет 17
7. Рельсовые пути станций 24
8. Толкающие конвейеры 25
9. Устройства для погрузки и разгрузки вагонеток 26
10. Предохранительные устройства 28
11. Электрическая часть, ремонтное хозяйство и штат обслуживающего персонала 31
Приложение 1. Характеристики некоторых отечественных ГПКД с кольцевым движением вагонеток 34
Приложение 2. Характеристики канатов 35
Приложение 3. Схемы обвода тяговым канатом приводных шкивов 36

Нормативно-производственное издание

Промтрансниипроект Госстроя СССР

Пособие по проектированию канатно-подвесного транспорта (к СНиП 2.05.07–85)

Редактор *И.А. Баринова*
Мл. редактор *И.Я. Драчевская*
Технический редактор *И.В. Берина*
Корректор *Н.С. Сафронова*
Оператор *О.Ю. Волкова*

Н/К

Подписано в печать 1.11.88 г. Формат 60x84/16 Набор машинописный Печать офсетная Бумага офсетная № 2 Усл. печ. л. 2,32 Уч.-изд. л. 2,41 Усл.-кр.-отт. 2,57 Тираж 5000 экз. Изд. № XII-3006 Зак. №4033 Цена 10 коп.

Стройиздат. 101442 Москва, Каляевская, 23а

Можайская типография № 9 НПО "Всесоюзная книжная палата" Госкомиздата СССР
109033, Москва, Волочаевская, 40

gost.e-ecolog.ru