

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

**Д. А. Хабибуллин**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУЗОВЫХ ПОДВЕСНЫХ КАНАТНЫХ ДОРОГ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к курсовой работе по дисциплине  
«Автоматизированный электропривод типовых  
производственных и транспортных механизмов»  
для студентов специальности 1-53 01 05  
«Автоматизированные электроприводы»  
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2011

УДК 625.5(075.8)  
ББК 39.9я73  
Х12

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
гуманитарно-экономического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 7 от 30.03.2009 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Электроподвижной состав» БелГУТа В. С. Могила

**Хабибуллин, Д. А.**

Х12 Проектирование грузовых подвесных канатных дорог : метод. указания к курсовой работе по дисциплине «Автоматизированный электропривод типовых производственных и транспортных механизмов» для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» днев. и заоч. форм обучения / Д. А. Хабибуллин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 52 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-040-9.

Рассмотрены двухканатные грузовые подвесные дороги кольцевого действия, имеющие два каната: несущий, по которому движутся вагонетки, и тяговый, при помощи которого осуществляется движение. Особое внимание уделено защитным устройствам – предохранительным мостам и сетям, а также вопросам электрооборудования и автоматизации.

Для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» дневной и заочной форм обучения.

УДК 625.5(075.8)  
ББК 39.9я73

ISBN 978-985-535-040-9

© Хабибуллин Д. А., 2011  
© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2011

## Предисловие

Грузовые подвесные канатные дороги (ГПКД) применяются в важнейших отраслях народного хозяйства как средство транспорта сырьевых (руда, уголь) и инертных материалов (известняк, щебень, глина, песок, мел) от места их добычи до перерабатывающих предприятий. Грузовые подвесные канатные дороги используются на строительстве крупнейших гидроэлектростанций для транспортировки инертных материалов на бетонные заводы.

Канатные дороги являются наиболее экономичными в горных или труднодоступных местностях.

Грузовые подвесные канатные дороги при проектировании, сооружении и эксплуатации должны соответствовать действующим Правилам устройства и эксплуатации грузовых подвесных канатных дорог Госгортехнадзора, СНиП, техническим условиям и Инструкциям по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

По своим основным конструктивным признакам эти дороги подразделяются на одноканатные и двухканатные кольцевого типа. Выбор сооружений дороги (число станций, опор, приводных и натяжных участков) осуществляется в зависимости от ее длины, профиля и производительности.

В одноканатных грузовых подвесных дорогах кольцевого действия применяется один грузонесущий канат, к которому при помощи специальных зажимов прикреплены вагонетки, перемещающиеся вместе с канатом между конечными погрузочной и разгрузочной станциями. На конечных станциях вагонетки отцепляются от каната и дальнейшее движение их по жестким рельсовым путям в пределах станции происходит вручную или самостоятельно.

Преимущественное распространение получили двухканатные грузовые подвесные дороги кольцевого действия, имеющие два каната: несущий, по которому движутся вагонетки, и тяговый, при помощи которого осуществляется движение. Производительность дорог достигает 400–500 т/ч.

Задание на курсовой проект содержит 100 вариантов. Вариант определяется по двум последним цифрам зачетной книжки студента. Например, последние цифры 82. Это означает: транспортируемый материал – уголь, интервал между вагонетками 50 с, производительность 72 ваг/ч, скорость 2,1 м/с, длина дороги 10000 м. Таким образом по предпоследней цифре (8) определяются транспортируемый материал – уголь, интервал между вагонетками, с, производитель-

ность, ваг/ч, скорость движения, м/с, а по последней цифре (2) – длина дороги, м.

Графическая часть проекта включает два листа формата А1. На первом листе вычерчивается схема транспортной грузовой подвесной двухканатной дороги. На втором листе приводится принципиальная схема управления электроприводом канатной дороги.

Пояснительная записка оформляется на листах писчей бумаги формата А4.

### *Задание на курсовой проект*

*Таблица 1*

**Характеристика грузовых подвесных канатных дорог**

<b>Транспортируемый материал</b>	<b>Интервал между вагонетками, с</b>	<b>Производительность, ваг/ч</b>	<b>Скорость движения вагонеток, м/с</b>	<b>Длина дороги, м</b>
Руда	18	200	2,8	20000
	20	180	2,7	10000
Щебень	24	150	2,6	16000
	30	120	2,5	8000
Известняк	35	103	2,4	12000
	40	90	2,3	6000
Уголь	45	80	2,2	36000
	50	72	2,1	18000
Гравий	55	65	2,0	15000
	60	60	1,9	75000

## **1. Характеристика двухканатных дорог**

### *1.1. Общее устройство*

Кольцевые грузовые канатные дороги (рис. 1.1, табл. 1.1) имеют один непрерывно движущийся канат, к которому автоматически присоединяются грузовые тележки. Скорость движения каната чаще всего составляет 1,5–3,0 м/с. Ввиду непрерывного движения тягового каната к системе электропривода кольцевых канатных дорог не предъявляются высокие требования в отношении точности остановки. Однако требуется обеспечение плавности пуска и торможения для предотвращения раскачивания грузовых тележек.

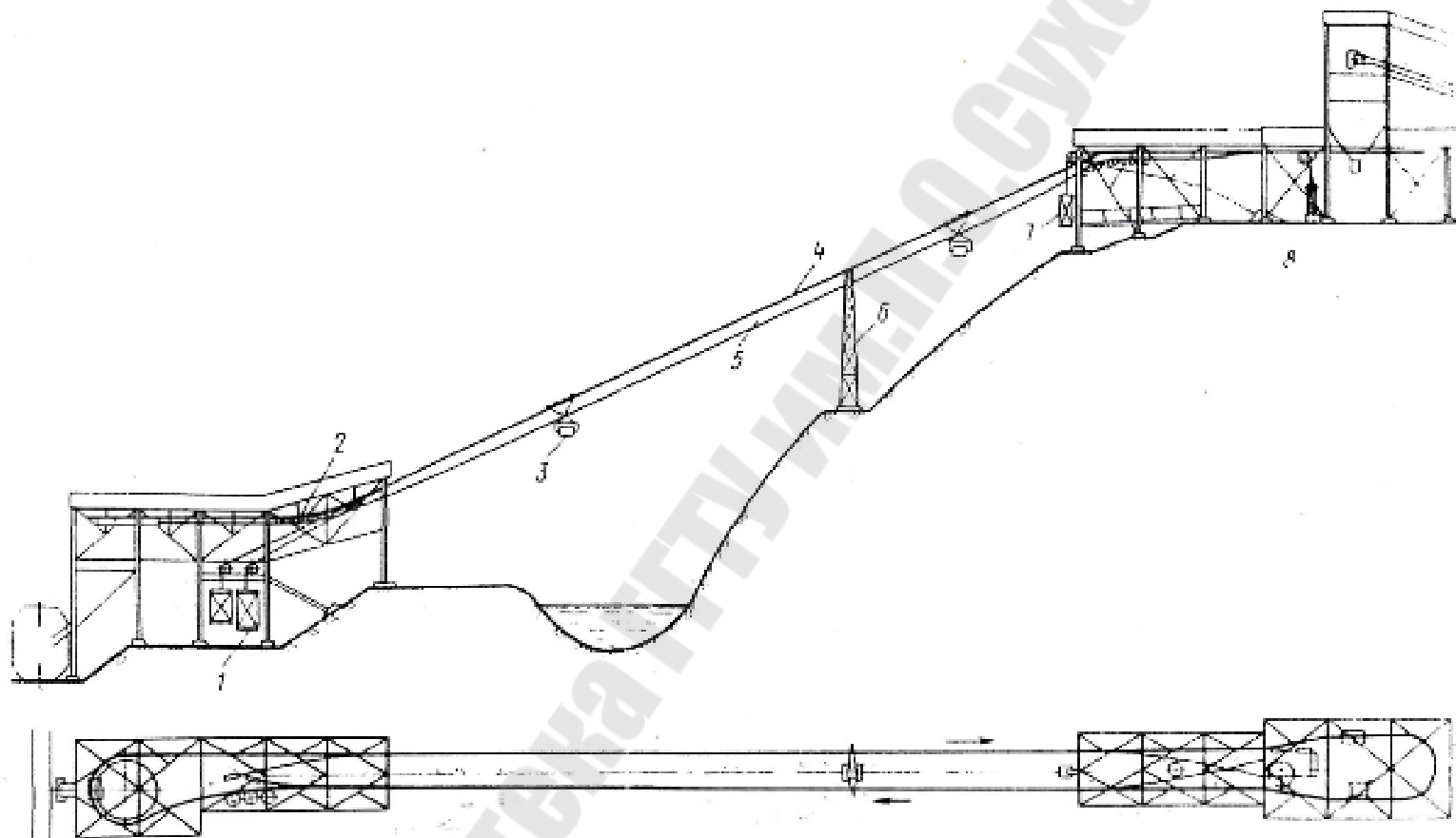


Рис. 1.1. Транспортная грузовая подвесная двухканатная дорога: 1 – противовес несущего каната; 2 – роликовые батареи; 3 – вагонетка; 4 – несущий канат; 5 – тяговый канат; 6 – опора; 7 – противовес; 8 – привод

Таблица 1.1

## Техническая характеристика транспортных грузовых подвесных канатных дорог

Транспортируемый материал	Длина дороги, м	Скорость движения вагонетки, м/с	Производительность, т/ч	Вместимость кузова вагонетки, м <sup>3</sup>	Число сооружений				Масса металлоконструкций, т
					опор	линейных станций	конечных станций	предохранительных мостов	
Руда	11500	2,8	256	1	96	12	2	1	2300
Щебень	8600	2	160	1	77	10	2	2	1600
Известняк	6000	2,8	380	1,6	39	7	2	—	1500
Уголь	18000	2,6	130	1	112	12	2	3	1400
Гравий	7760	1,6	100	1,25	44	5	2	—	750

Грузовые канатные дороги во многих случаях успешно конкурируют с автотранспортом и железными дорогами, имея по сравнению с ними следующие преимущества [1]:

1. Канатная дорога не зависит от профиля местности и позволяет избежать сооружения мостов и эстакад, а также значительных земляных работ. Возможно вести ее по кратчайшей трассе, которая при тяжелых условиях местности (особенно в горных условиях) может быть в несколько раз короче соответствующего железнодорожного или автомобильного пути.

2. Работа канатной дороги не зависит от атмосферных условий; дороги не подвержены снежным заносам и могут работать в самых суровых климатических условиях, например, в районах вечных снегов и на горных перевалах с отметками свыше 4500 м над уровнем моря. Они чувствительны, однако, к действию поперечных ветров, вызывающих отклонение вагонеток, и рассчитываются нормально на работу при давлении ветра до  $196,2 \text{ Н/см}^2$ .

3. Канатная дорога не только осуществляет передачу грузов между двумя определенными пунктами, но и позволяет одновременно поднимать груз на любую высоту, распределяя его в конечных и промежуточных пунктах по складам, бункерам или непосредственно по местам потребления. Погрузочные и разгрузочные станции могут быть расположены на любой высоте (как под землей, так и над землей), наиболее удобной для непосредственной погрузки и разгрузки вагонеток, которые при сыпучих грузах могут происходить автоматически. Тем самым во многих случаях исключается необходимость в специальных перегрузочных устройствах, которые должны сопутствовать наземному рельсовому или безрельсовому транспорту.

4. Канатная дорога в особенности с подвесным рельсовым путем является чрезвычайно гибкой и требует для кривых значительно меньшей площади, чем железная дорога. Это особенно важно при транспортировке грузов на заводской площадке. К тому же возможность разгрузить наземные пути сообщения позволяет часто значительно упростить рельсовую заводскую сеть и маневровую работу на ней и создать более компактное расположение производственных цехов.

В состав ГПКД входят такие сооружения, как погрузочная станция, разгрузочная станция, линейные станции, проходные приводные станции, предохранительные устройства и жесткие переходы [2].

*Погрузочная станция* (рис. 1.2) подает транспортируемый груз конвейерами в бункера, откуда через питатели или дозаторы он загружается в вагонетки. На погрузочной станции устанавливаются: включатели и выключатели; роликовые батареи; шкивы, отводящие тяговый канат к приводу или к натяжной каретке; толкающий конвейер для механизации обгона вагонеток по рельсовым путям и средства автоматической загрузки вагонеток.

*Разгрузочная (конечная) станция* является приемным пунктом, где производится разгрузка транспортируемого материала в бункера. На этой станции устанавливаются те же механизмы, что и на погрузочной станции. Помимо этого для восстановления кузовов вагонеток после разгрузки устанавливается спираль, которая может быть размещена и на погрузочной станции. Существуют проектные решения, при которых вагонетки проходят станции без отцепки тягового каната в выключателе.

*Линейные станции* (рис. 1.3, табл. 1.2) (якорно-натяжные, двойные натяжные и двойные якорные) устанавливаются на дорогах с несколькими участками несущих канатов, длина которых и тип станции определяются проектом. В якорно-натяжных станциях несущий канат жестко закреплен с одной стороны, с другой стороны соединен с натяжным канатом, на конце которого подвешен противовес (ящик), свободно перемещающийся по вертикальным направляющим. Противовесы заполняют бетонными блоками, масса которых определяется по проекту. В двойных натяжных станциях натяжное устройство состоит из двух противовесов с двух сторон. В двойных якорных станциях предусматривается жесткое крепление несущего каната с двух сторон.



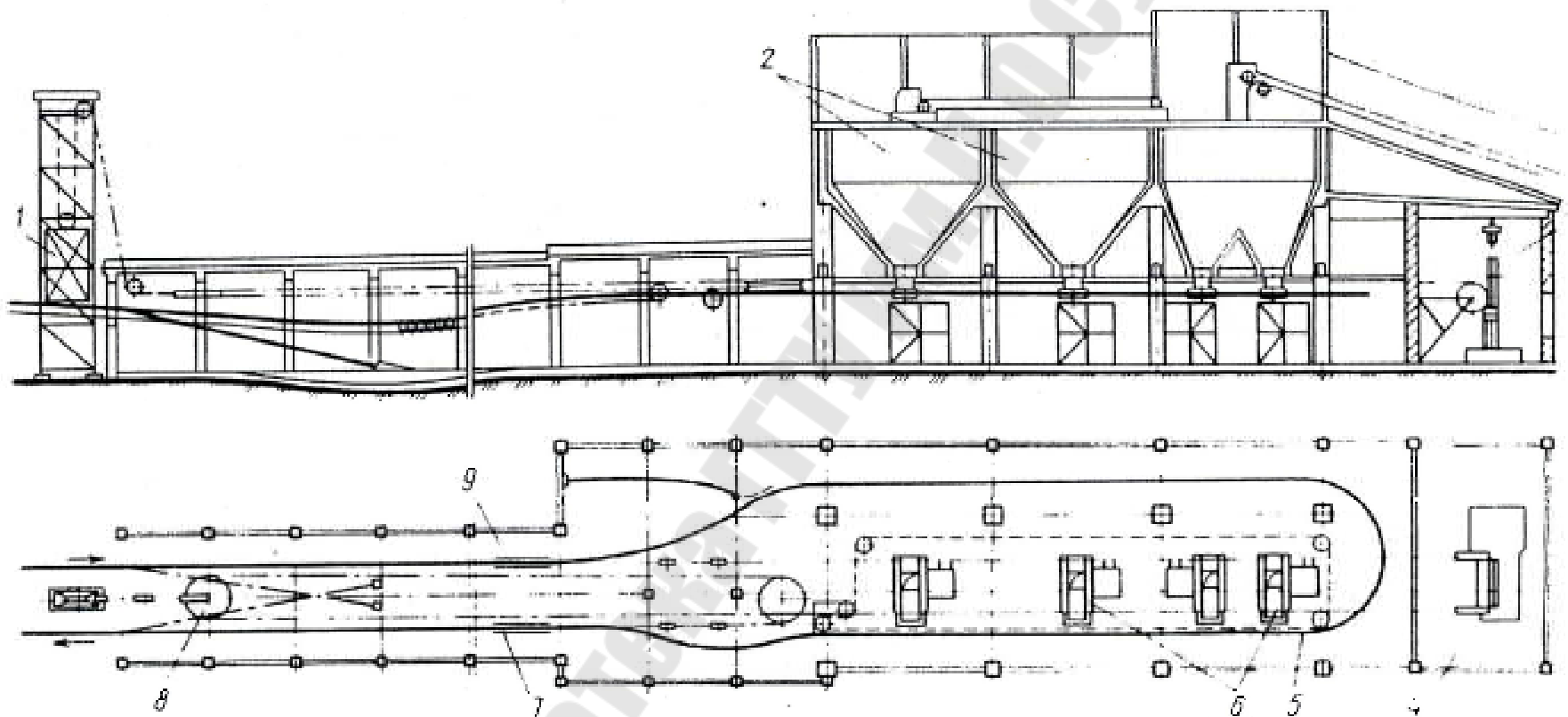


Рис. 1.2. Погрузочная станция: 1 – противовес тягового каната; 2 – бункера; 3 – привод;  
 4 – машинное помещение; 5 – толкающий конвейер; 6 – питатель; 7 – включатель;  
 8 – натяжное устройство тягового каната; 9 – выключатель

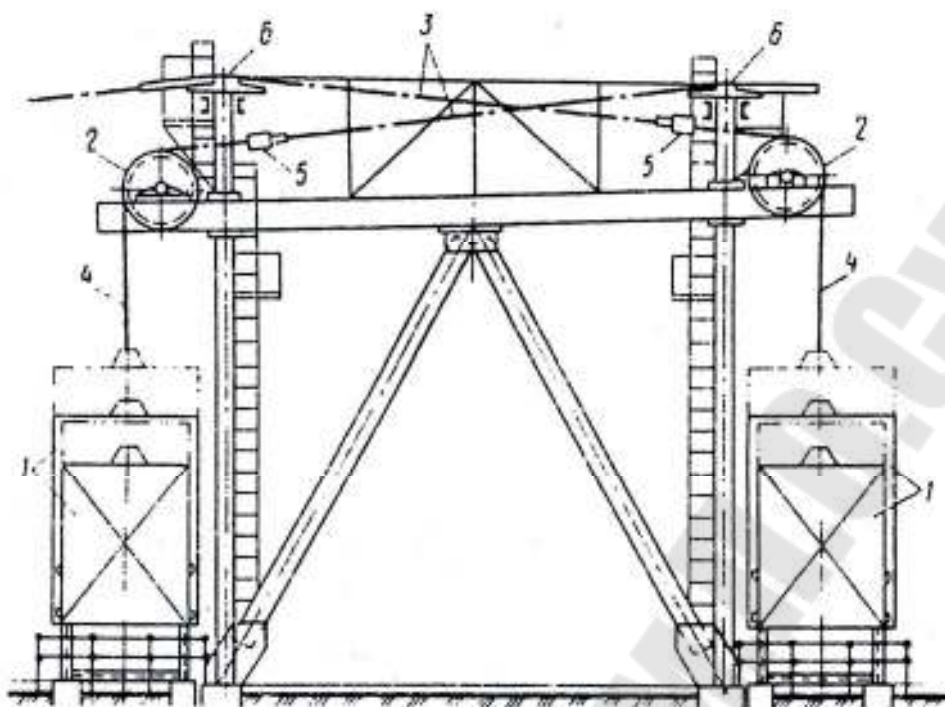


Рис. 1.3. Двойная натяжная станция:  
 1 – противовес; 2 – шкивы; 3 – несущий канат; 4 – натяжной канат;  
 5 – переходные муфты; 6 – отклоняющиеся башмаки

Таблица 1.2

**Техническая характеристика линейных станций**

Наименование станции	Тип	Высота, м	Длина, м	Масса, т	
				металлоконструкций	механического оборудования
<b>Колея 4 м</b>					
Якорно-натяжная	ЯН-412-1	12,5	16	29	7,35
	ЯН-412-2			28,5	
	ЯН-412-3			29,5	
Двойная натяжная	ДН-413-1	13	20	36	13,65
	ДН-413-2			37	
Двойная якорная	ДЯ-406-1	6	6	10,5	0,97
	ДЯ-406-2			11	
<b>Колея 6 м</b>					
Якорно-натяжная	ЯН-613-1	13	21,7	30,5	6,38
	ЯН-613-2			30,5	
	ЯН-613-3			30,6	
Двойная натяжная	ДН-613-1	13	26,6	33,6	11,55
	ДН-613-2	13,6		34,2	
Двойная якорная	ДЯ-606-1	6	6	18,05	1
	ДЯ-606-2	6,3		18,2	

*Примечание.* Станции проектируются в двух исполнениях: с горизонтальным рельсом и с уклоном рельса 5 %.

*Прходные приводные станции* устанавливаются на дорогах большой протяженности с приводами для разделения тяговых участков. В отдельных случаях предусматриваются угловые проходные станции для изменения направления трассы канатной дороги.

Линейные опоры (рис. 1.4, табл. 1.3) предназначены для поддержки несущих канатов, опирающихся на качающиеся башмаки, которые устанавливаются на вершину опоры, а также тяговых канатов на опорных роликах кронштейнов опор. На линейных опорах и станциях устанавливаются монтажные кронштейны для подъема и установки при помощи полиспастов несущих канатов на качающиеся башмаки.

*Предохранительные устройства* применяются в местах прохождения канатной дороги над жилыми массивами, по территории производственных предприятий, в местах пересечения дорог, судоходных рек, выполняются в виде сетей, мостов (табл. 1.4) или шатров (табл. 1.5).

*Жесткие переходы* устанавливаются в местах больших углов перелома несущих канатов, выполняются в виде конструкций, на вершину закреплен выгнутый по радиусу башмак большой длины для укладки несущего каната, под башмаком устанавливается роликовая батарея для тягового каната.

В случае, если предохранительный мост шатрового типа не перекрывает дорогу, длину моста можно увеличить за счет набора секций длиной 6 м с промежуточными вставками настила шириной не более 4 м.

Грузовая двухканатная транспортная кольцевая дорога работает по следующей схеме. Материал с места добычи подается ленточными конвейерами в бункера погрузочной станции и далее ленточными или пластинчатыми питателями (или объемными дозаторами) – в вагонетки. Вагонетки после загрузки при помощи толкающего конвейера поступают к включателю, где автоматически происходит соединение тягового каната с цепным прибором вагонетки. После этого начинается движение сначала по рельсовым путям станции с переходом на несущий канат по направлению к разгрузочной станции. При переходе линейных станций вагонетки движутся по жесткому рельсовому пути. При прохождении промежуточных станций, где происходит отцепление тягового каната в выключателе, вагонетка в пределах станции движется по жестким рельсовым путям при помощи толкающего конвейера или самокатом к включателю, где происходит сцепление тягового каната и дальнейшее движение вагонетки по несущему канату на линию.

Таблица 1.3

**Масса типовых опор грузовых подвесных канатных дорог, кг**

Высота опоры, м	Нормальная				Тяжелая					
	Колея 4 м		Колея 6 м		Колея 4 м			Колея 6 м		
	простая	сетевая	простая	сетевая	простая	Сетевая промежу- точная	сетевая конечная	простая	сетевая промежу- точная	сетевая конечная
7,5	3813	–	4879	–	–	–	–	–	–	–
8	3930	–	5012	–	–	–	–	–	–	–
9,2	4240	–	5248	–	–	–	–	–	–	–
10,5	4468	5443	5514	7132	4817	5932	6590	5890	7798	8928
11,9	4711	5711	5710	7393	5218	6363	7118	6217	8054	9528
13,5	5060	6045	6372	8301	5710	7030	7942	6940	9147	10692
15,2	5413	6508	6840	8810	6482	7687	8569	7308	9590	11234
16,2	5623	6770	6997	9010	6614	7833	8863	8092	10562	12724
17,3	6276	7478	7211	9184	6910	8270	9220	8317	10827	12967
18,4	6522	7697	7586	9605	7197	8540	9600	8623	11176	13369
21	7018	8302	8202	10292	8330	9740	10977	9869	12802	15424
22,3	7312	8714	8754	11223	9140	10637	12710	10320	13197	15945
23,6	7599	9065	9215	11741	9670	11083	12623	10782	13678	16455
25	8068	9419	9454	11957	9792	11500	13217	11154	14172	17135

Таблица 1.4

## Характеристика предохранительных мостов portalного типа (рис. 1.5)

Размеры, мм			Масса, кг, при пролете E, м			
A	B	D	12	18	24	30
<b>Колея C = 4000 м</b>						
11900	6200	7420	15232	19480	21585	25675
13500	6200	9020	16221	20466	22571	26661
15200	6200	10720	16894	21139	23244	27334
17300	6200	12820	17676	21921	24026	28116
<b>Колея C = 6000 м</b>						
11900	8500	7420	19498	24333	29884	36245
13500	8500	9020	20660	25495	31046	37407
15200	8500	10720	21245	26080	31631	37992
17300	8500	12820	22104	26939	32490	38851

*Примечание.* В таблице указаны данные для мостов, установленных с линейной опорой. Мосты могут устанавливаться без линейной опоры в середине пролета. При установке наклонного моста изменяется высота одной из его опор или отметка фундаментов под них.

Таблица 1.5

## Характеристика предохранительных мостов шатрового типа (рис. 1.6)

Размеры, мм				Масса, кг
A	B	C	D	
9000	9000	6000	6400	6535
14000	9000	6000	8335	8335

Промежуточные угловые станции вагонетки могут проходить по жестким рельсовым путям без отключения от тягового каната вокруг установленных горизонтальных роликовых батарей или шкивов с плоскими ободами, дающими свободный проход вагонеток. На разгрузочной станции вагонетки по жестким рельсовым путям подаются к выключателю, где происходит отцепка тягового каната, и дальнейшее движение к месту разгрузки происходит при помощи толкающего конвейера над разгрузочными бункерами. Разгрузка происходит от передвижного открывателя, после чего вагонетка подается к выключателю, где происходит сцепление тягового каната и выход вагонетки на порожняковую сторону линии. Когда вагонетки проходят разгрузочную станцию без отцепки тягового каната, движение происходит по жестким рельсовым путям, а разгрузка – при помощи открывателя над бункерами. В дальнейшем вагонетка движется по жесткому рельсовому пути без отцепки тягового каната в выключателе вокруг шки-

ва диаметром 0,6 м или шкивов с плоскими ободами с пониженной скоростью (1,6–1,75 м/с) и далее со станции на линию.

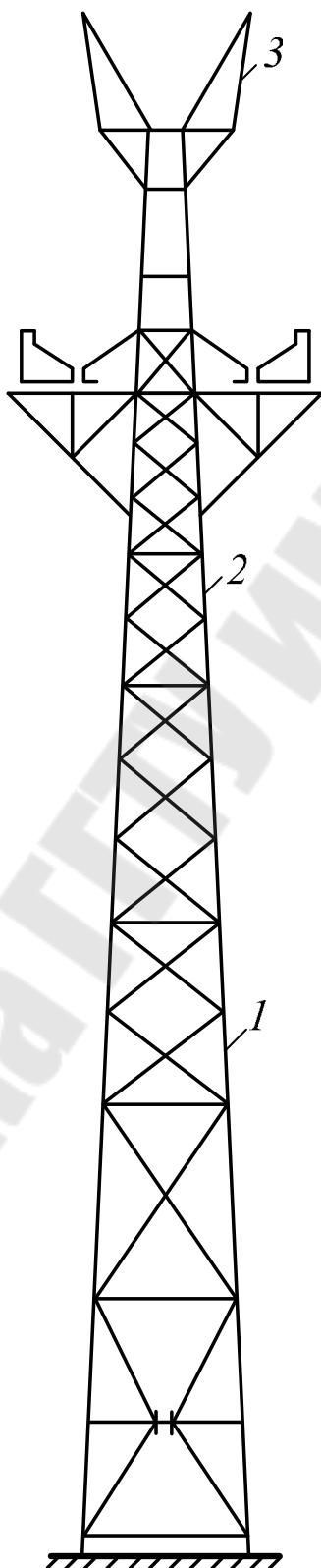


Рис. 1.4. Опора: 1 – подставка; 2 – головка; 3 – монтажный кронштейн

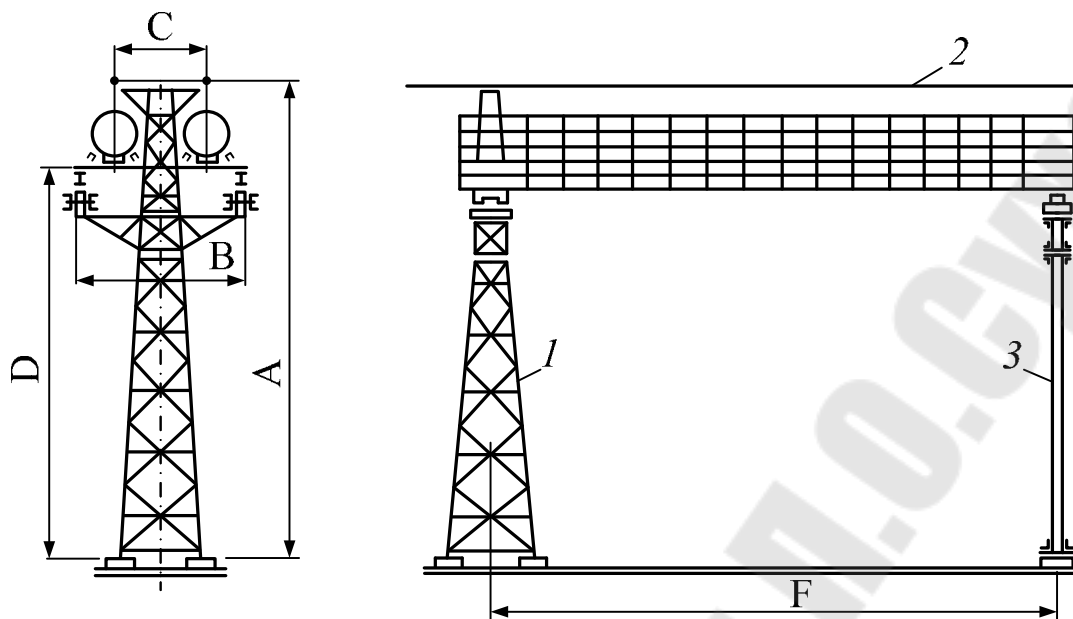


Рис. 1.5. Предохранительный порталный мост: 1 – жесткая опора; 2 – несущий канат; 3 – качающаяся опора

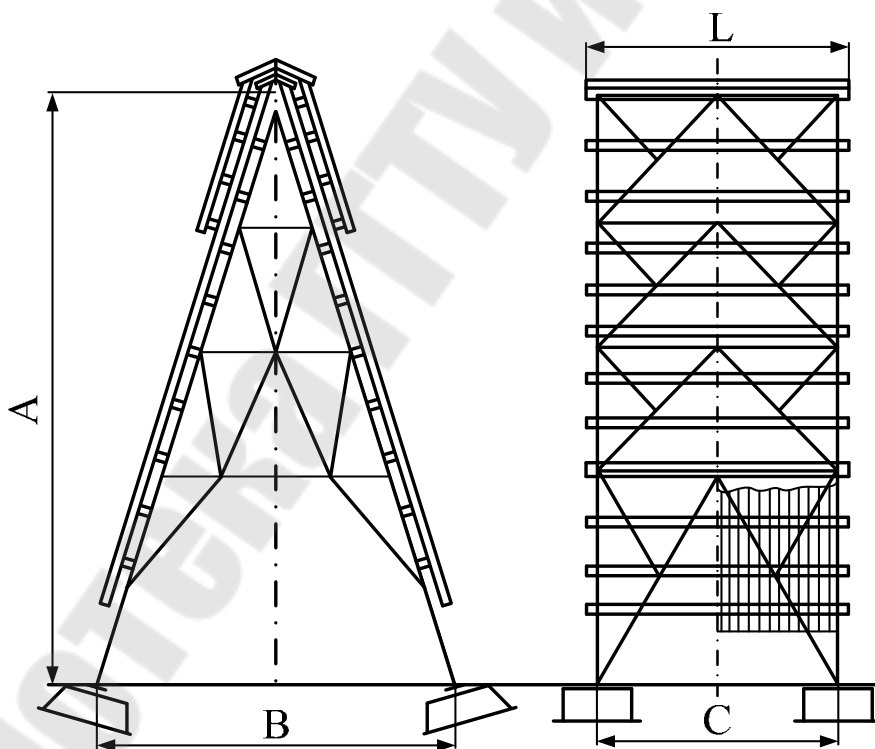


Рис. 1.6. Предохранительный шатровый мост

Отвальные грузовые канатные дороги применяются в угольной, цветной, химической, сланцевой промышленности для удаления в отвал отходов производства. Существует ряд конструктивных разновидностей таких дорог.

На отвальных маятниковых грузовых дорогах (рис. 1.7) работают одна или две вагонетки (одно- или двухпутевые дороги), которые двигаются между погрузочной и конечной станциями. Вагонетки с раскрывающимся днищем наглухо прикреплены к тяговому канату. Днище кузова открывается при помощи фрикционного механизма, связанного небольшим канатом с замком вагонетки. Загруженная на погрузочной станции вагонетка автоматически начинает свое движение в сторону конечной станции. После разгрузки в отвальном пролете, дойдя до конечной станции, она начинает обратное движение к погрузочной станции.

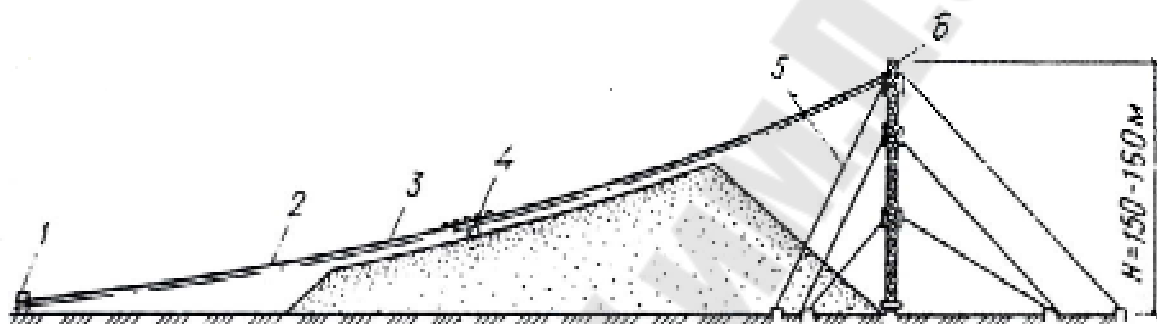


Рис. 1.7. Отвальная маятниковая грузовая подвесная канатная дорога:  
1 – погрузочная станция; 2 – несущий канат; 3 – тяговый канат; 4 – вагонетка;  
5 – расчалочный канат; 6 – конечная станция

Отвальные грузовые дороги с секторным отвалом (рис. 1.8) (дороги кольцевого действия) применяются для отвалов вместимостью свыше 3 млн т. Отвал образуется между стационарной поворотной станцией высотой 40 м и конечной передвижной станцией высотой 60 м, движущейся по рельсовым путям при помощи лебедки по мере заполнения отвала. Работа на погрузочной станции производится в том же порядке, как и на транспортных дорогах кольцевого действия. Разгрузка вагонеток от передвижного опрокидывателя осуществляется в отвальном пролете.

Отвальные грузовые дороги со стационарными конечными станциями. Эти дороги кольцевого действия осуществляются в двух исполнениях. Первое исполнение, когда отвал образуется между конечной станцией высотой 120 м и якорно-натяжной станцией высотой 70 м (рис. 1.9, а, табл. 1.6) или между опорами высотой 40–100 м якорно-натяжной и конечной станциями. Второе исполнение, когда отвал образуется между конечной станцией высотой 14–16 м и опорами высотой 40–100 м на расчалках (рис. 1.9, б, табл. 1.6). Загрузка



вагонеток на погрузочной станции происходит в том же порядке, как и в описанных ранее транспортных дорогах кольцевого действия, разгрузка – от передвижного опрокидывателя в отвальных пролетах, на конечных станциях передвижение вагонеток – вокруг обводного шкива без отцепки от тягового каната.

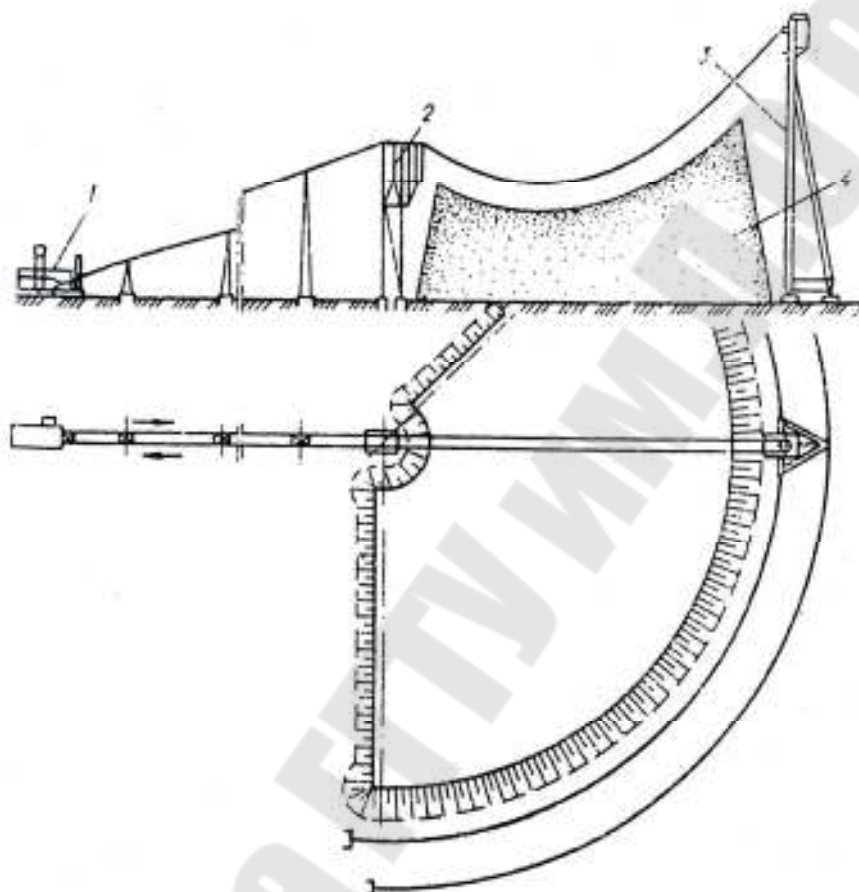


Рис. 1.8. Отвальная кольцевая грузовая канатная дорога с секторным отвалом: 1 – погрузочная станция; 2 – поворотная станция; 3 – конечная передвижная станция; 4 – отвал

В ГПКД в зависимости от их назначения используются следующие канаты: *несущие* (табл. 1.7), по которым передвигаются груженные и порожние вагонетки – спиральные канаты нераскручивающейся конструкции с верхним слоем зетобразной проволоки марки В (ГОСТ 3090–73, 7675–73, 7676–73); *тяговые* (табл. 1.8), осуществляющие движение вагонеток – канаты прядевой конструкции с органическим сердечником, двойной правой свивки, нераскручивающиеся (ГОСТ 3077–80 и по ГОСТ 2688–80); *натяжные* – соединяющие несущие канаты с противовесами – канаты прядевой конструкции с органическим сердечником, тройной правой свивки (ГОСТ 3089–80); *расчалочные* – обеспечиваю-

щие устойчивое положение опор и станции высотой 40–150 м – канаты с металлическим сердечником, двойной свивки, нераскручивающиеся (ГОСТ 3068–74); *сетевые* – для укладки сетей предохранительных мостов – канаты одинарной свивки, из оцинкованной проволоки, не раскручивающиеся (ГОСТ 3064–80). Во всех канатах применяется проволока марки В.

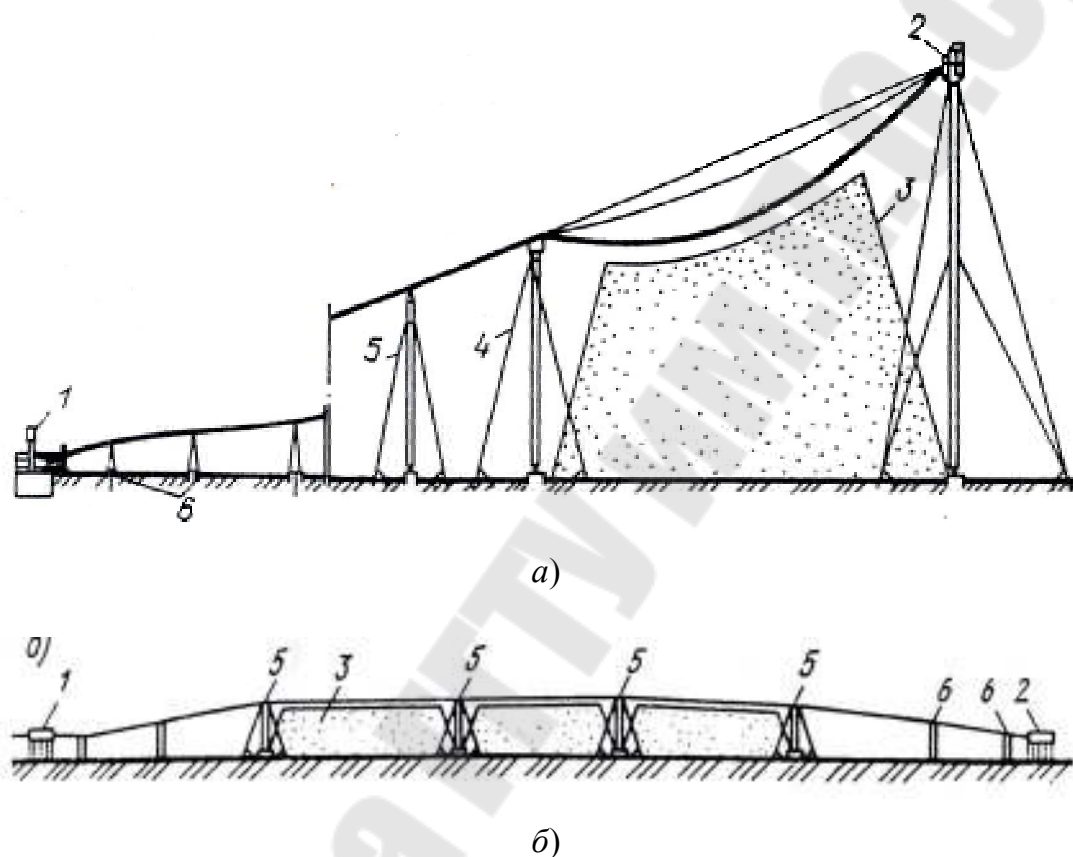


Рис. 1.9. Отвальная кольцевая грузовая канатная дорога:  
*а* – первое исполнение; *б* – второе исполнение: 1 – погрузочная станция;  
 2 – конечная станция; 3 – отвал; 4 – якорно-натяжная станция;  
 5 – опора на расчалках; 6 – типовые опоры

В ГПКД применяется следующее оборудование, состав которого определяется проектом. Привод (рис. 1.10, табл. 1.9) предназначен для приведения в движение вагонеток при помощи тягового каната через систему шкивов. Привод тормозной имеет два тормоза, по одному на быстроходном валу (рабочий) и на приводном валу (предохранительный). Привод силовой имеет один колодочный тормоз на быстроходном. На раме привода устанавливается дополнительный микропривод для обеспечения малой скорости при проведении пусконаладочных и ремонтных работ.

Таблица 1.6

**Техническая характеристика отвальных грузовых канатных дорог  
для транспортировки фосфогипса**

Дли- на, м	Скорость движения вагонетки, м/с	Производитель- ность, т/ч	Вместимость кузова вагонетки, м <sup>3</sup>	Число опор	Станции	Масса металлоконстр- укций опор и станций, т
<b>Дороги с высокой конечной станцией</b>						
1015	2	106	1	2 (2) <sup>1</sup>	Погрузочная, якорно-натяжная высотой 70 м, конечная обводная высотой 120 м	425
3250	2	200	1,25	13 (4)	Якорно-натяжная высотой 70 м, угловая <sup>2</sup>	1160
2415	2	73	1	13 (2)	Двойная натяжная <sup>2</sup>	650
2200	2	108	1	4 (2)	Проходная высотой 120 м <sup>2</sup>	650
<b>Дороги хребтового типа с низкой конечной станцией</b>						
6700	2,5/1, 6	177	1	44 (8)	Угловая приводная, угловая проходная, три якорно-натяжных высотой 12–14 м <sup>3</sup>	1050
2100	2	186	1,25	3 (5)	Двойная натяжная <sup>3</sup>	600
1550	2	160	1	3 (5)	Погрузочная, конечная обводная	

<sup>1</sup>В скобках указаны опоры высотой 40–100 м на расчалках.

<sup>2</sup>Помимо данных станций, относятся также станции, указанные для дороги длиной 1015 м.

<sup>3</sup>Помимо данных станций, относятся также станции, указанные для дороги длиной 1550 м.

Таблица 1.7

**Техническая характеристика несущих канатов**

Конструкция каната	Диаметр каната, м	Ориенти- ровочная масса 100 м смазан- ного каната, кг	Разрывное усилие, кН, не менее, при маркиро- вочной группе, МПа		
			1176	1274	1372
Закрытый, с одним слоем зетобразной проволоки и сердеч- ником типа ТК	30,5	525	724,7	785,5	845,7
	32	574	792,3	858,5	924,1
	34	630	870,2	942,8	1014,3
	35,5	681	940,8	1019,2	1097,6

Окончание табл. 1.7

Конструкция каната	Диаметр каната, м	Ориенти- ровочная масса 100 м смазан- ного каната, кг	Разрывное усилие, кН, не менее, при маркиро- вочной группе, МПа		
			1176	1274	1372
Закрытый, с одним слоем клиновидной и одним слоем зет- образной проволоки и сердечником типа ТК	38,5	869	1190,7	1293,6	1391,6
	40,5	965	1233	1435,7	1543,5
	42,5	1047	1435,7	1558,2	1675,8
	45	1162	1597,4	1729,7	1862
	47	1263	1734,6	1876,7	2023,7
	51	1456	1999,2	2165,8	2332,4
Закрытый, с двумя слоями клиновид- ной и одним слоем зетобазной проволо- ки и сердечником типа ТК	50	1470	2013,9	2180,5	2347,1
	52	1583	2170,7	2352	2528,4
	54	1704	2337,3	2528,4	2724,4
	55	1728	2366,7	2567,6	2763,6
	60	2064	2832,2	3067,4	3302,6
	65	2367	3248,7	3518,2	3807,7
	70	2767	3797,5	4116	4429,6

Таблица 1.8

#### Техническая характеристика тягового каната

Диаметр каната, мм	Ориенти- ровочная масса 1000 м сма- занного каната, кг	Разрывное усилие, кН, не менее, при маркировочной группе, МПа		
		1568	1666	1764
20,5	1550	210,5	223,5	230,5
22	1745	236,5	251	259
23	1950	264,5	281	289,5
25	2390	324,5	344,5	355,5
28	2880	391	415,5	428
30,5	3410	463,5	492	507,5
32,5	3990	541,5	575,5	593

*Подвижной состав* – типовые вагонетки грузоподъемностью (брутто) 2000 кг для канатных дорог производительностью 200–250 т/ч и 3200 кг для канатных дорог производительностью 425–450 т/ч. Вагонетка состоит из четырехколесной тележки, подвески и опрокидывающего кузова (рис. 1.11, табл. 1.10). Тележки, предназначенные для автоматического обвода шкивов на станциях, изготавливаются с обводными роликами.

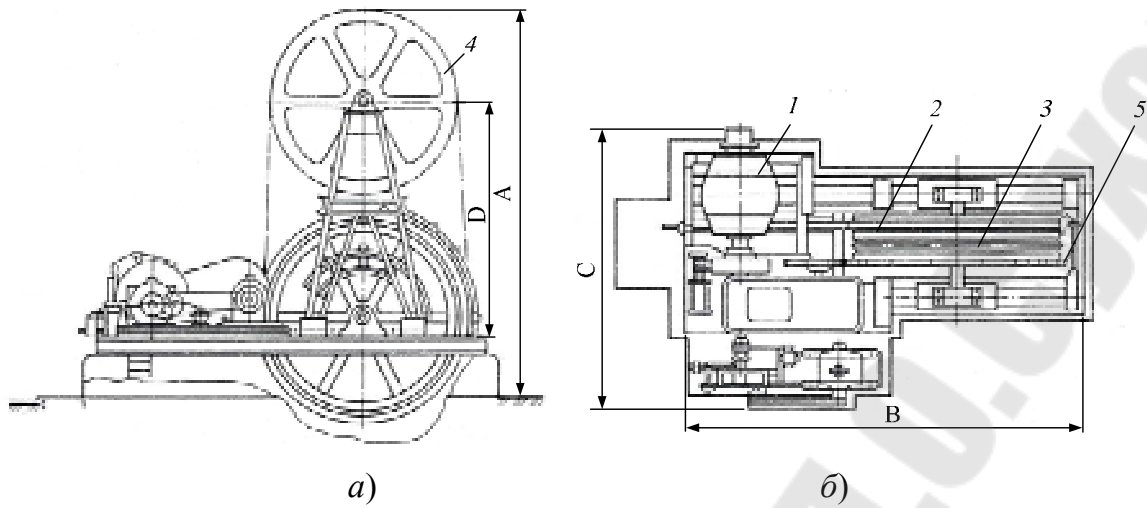


Рис. 1.10. Привод: а – вид спереди; б – вид сверху: 1 – электродвигатель; 2 – аварийный тормоз; 3 – двухжелобчатый шкив; 4 – контршкив; 5 – открытая пара зубчатых колес; 6 – редуктор; 7 – микропривод

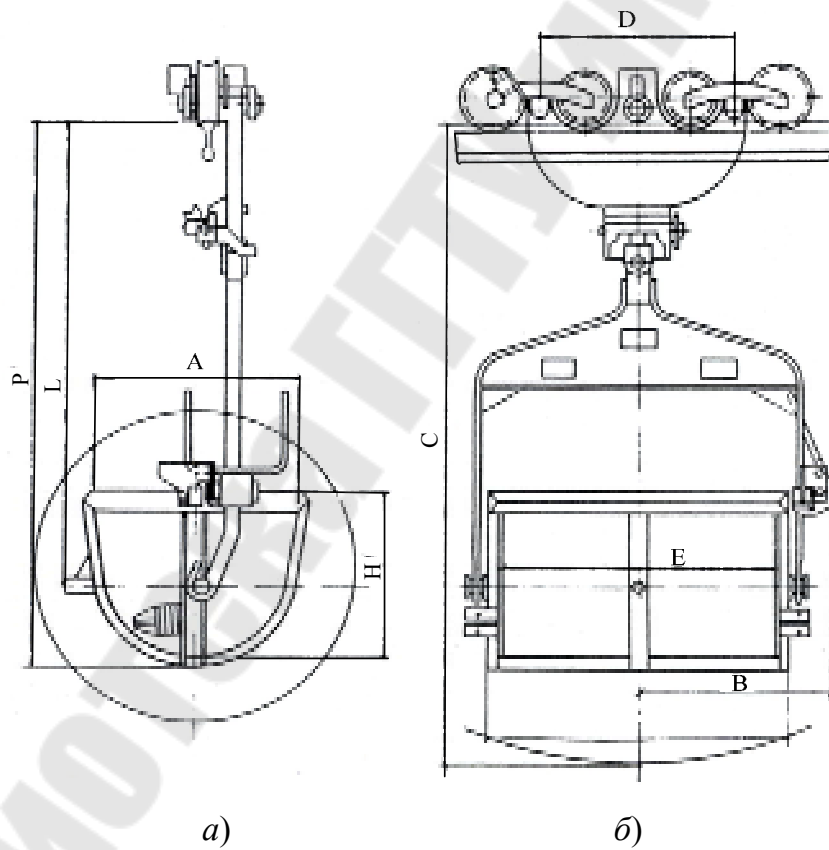


Рис. 1.11. Вагонетка:  
а – вид сбоку; б – вид спереди

Таблица 1.9

## Техническая характеристика приводов

Тип привода	Диаметр приводного шкива, мм	Диаметр контршкива, мм	Скорость привода, м/с			Мощность электродвигателя, кВт		Максимальные габаритные размеры, мм (рис. 1.10)				Масса, т
			основного в режиме		микропривода	основного	микропривода	А	В	С	D	
			силовом	тормозном								
П-1600-С	1600	1250	0,8–2,8	–	0,42–0,59	20–55	20	3175	3270	2668	1850	4,0–4,92
П-1600-Т	1600	1250	—	1,25–2,8	0,42–0,59	20–55	20	3175	3270	2668	1850	5,05–5,45
П-2000-С	2000	1750	1,25–2,8	–	0,46–0,65	40–75	22	4095	3746	2576	2380	0,33–6,62
П-2000-Т	2000	1750	–	1,25–2,8	0,46–0,65	40–75	22	4095	3746	2576	2380	7,15–7,4
П-2500-С	2500	2250	1,6–3,15	–	0,43–0,55	75–125	30	4965	4980	3463	2930	10,45–11,09
П-2500-Т	2500	2250	–	1,6–3,15	0,43–0,55	75–125	30	4965	4980	3463	2930	11,75–12,6

*Примечание.* Индекс С обозначает силовой режим работы привода, при остановке которого невозможен обратный ход вагонетки. Индекс Т – тормозной режим работы привода, при остановке которого возможен обратный самопроизвольный ход вагонетки.

Таблица 1.10

## Техническая характеристика вагонеток (рис. 1.11)

Тип	Вместимость кузова, м <sup>3</sup>	Размеры, мм								Масса вагонетки, кг
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	<i>P</i>	<i>E</i>	
2000 и 2000Р с обводными роликами	0,63	895	838	2662	840	710	1965	2309	1200	605
	0,8	970	888	2823	840	770	2075	2449	1300	625
	1	1045	938	2886	840	830	2075	2474	1400	645
	1,25	1125	988	3077	840	895	2190	2599	1500	680
	1,6	1225	1058	3180	840	970	2230	2680	1640	720
	2	1320	1118	3380	840	1050	2350	2834	1760	765
2000У с удли- ненной под- веской 3200	0,8	970	888	2987	840	770	2246	2620	1300	595
	1	1045	938	3125	840	830	2326	2725	1400	620
	1,25	1125	988	3296	840	895	2420	2829	1500	650
	0,8	970	906	3178	1000	770	2400	2774	1300	910
	1	1045	956	3283	1000	830	2440	2839	1400	950
	1,25	1125	1006	3475	1000	895	2560	2969	1500	990
	1,6	1225	1076	3586	1000	970	2600	3059	1640	1020
	2	1320	1136	3785	1000	1050	2720	3204	1760	1090

*Оборудование несущих канатов.* Сюда относятся:

– шкивы натяжных устройств (рис. 1.12, табл. 1.11), предназначенные для укладки натяжного каната, к концу которого подвешен противовес; анкерные устройства, состоящие из якорных плит с подушками и домкратных устройств и осуществляющие жесткое крепление несущего каната (заякоривание); качающиеся башмаки (рис. 1.13, табл. 1.12), установленные на головках опор и предназначенные для укладки на них несущих канатов;

– противовес (металлические ящики), создающий постоянное натяжение несущего каната, обычно заполненный бетонными блоками;

– башмаки жесткого перехода, предназначенные для опирания несущего каната при больших перегибах несущего каната;

– муфты: линейные (диаметром 82–150 мм и длиной 580–820 мм) для соединения в пролетах несущих канатов диаметром 30,5–70 мм, переходные (диаметром 170–230 мм и длиной 340–560 мм) для соединения несущих и натяжных канатов; концевые (диаметром 150–180 мм, длиной 265–290 мм) для соединения натяжных канатов диаметром 59,5 и 70 мм с противовесами.

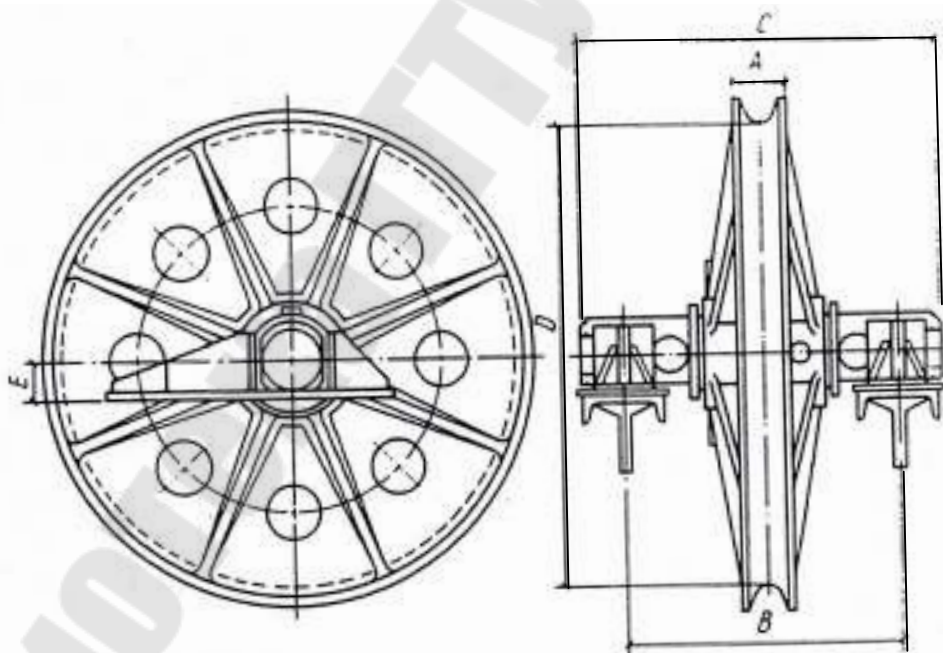


Рис. 1.12. Шкив натяжного устройства несущего каната



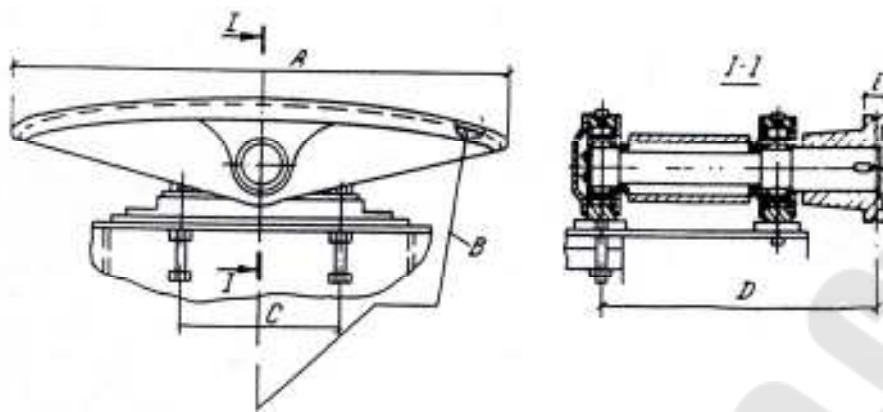


Рис. 1.13. Качающийся башмак

Таблица 1.11

**Техническая характеристика шкивов натяжного устройства несущего каната (рис. 1.12)**

Диаметр $D$ , мм	Размеры, мм				Масса, кг
	$A$	$B$	$C$	$E$	
1200	120	700	950	97,5	740
1600	130	700	950	130	890

Таблица 1.12

**Техническая характеристика качающихся башмаков (рис. 1.13)**

Диаметр $D$ , мм	Размеры, мм					Масса, кг
	$A$	$B$	$C$	$D$	$E$	
30–36	1245	4000	370	700	50	220
38–51	1245	4000	370	700	70	280
45–51	1500	5000	370	700	70	480
55–60	1520	6300	370	920	90	720
65–70	1600	8000	530	1050	100	900

*Оборудование тягового каната:*

– каретка натяжная с выключающими устройствами (рис. 1.14, табл. 1.13), предназначенная для обеспечения натяжения тягового каната. Рама каретки передвигается на канатах по швеллерам. На раме установлен шкив для обвода тягового каната, на концах направляющих швеллеров установлены концевые выключатели. Установленные на раме отводки выключают привод в крайних положениях каретки. К раме крепится натяжной канат, который через шкив соединен с противовесом; шкивы вертикальные (рис. 1.15, табл. 1.14), направляющие движе-

ние тягового каната по вертикали, а также в плоскости, расположенной под углом к вертикали до  $45^\circ$ ;

- шкивы горизонтальные (рис. 15, б, табл. 1.14), направляющие движение тягового каната по горизонтали;

- противовесные металлические ящики, служащие для натяжения тягового каната;

- шкивы обводные (диаметр по ободу 4960 и 5960 мм), вокруг которых происходит автоматический обвод вагонеток, без отцепки тягового каната, на проходных линейных и разгрузочных (конечных) станциях;

- роликовые батареи вертикальные и горизонтальные, вогнутые и выпуклые, предназначенные для направления движения тягового каната в вертикальной или горизонтальной плоскостях. Тип роликовой батареи и число роликов определяется проектом;

- ролики на опорах одинарные или спаренные установлены на кронштейнах опор, служат для опирания и направления движения тягового каната;

- башмаки жесткие, симметричные или несимметричные, установленные на сетевых опорах и служащие для опирания сетевых канатов на предохранительных сетях.

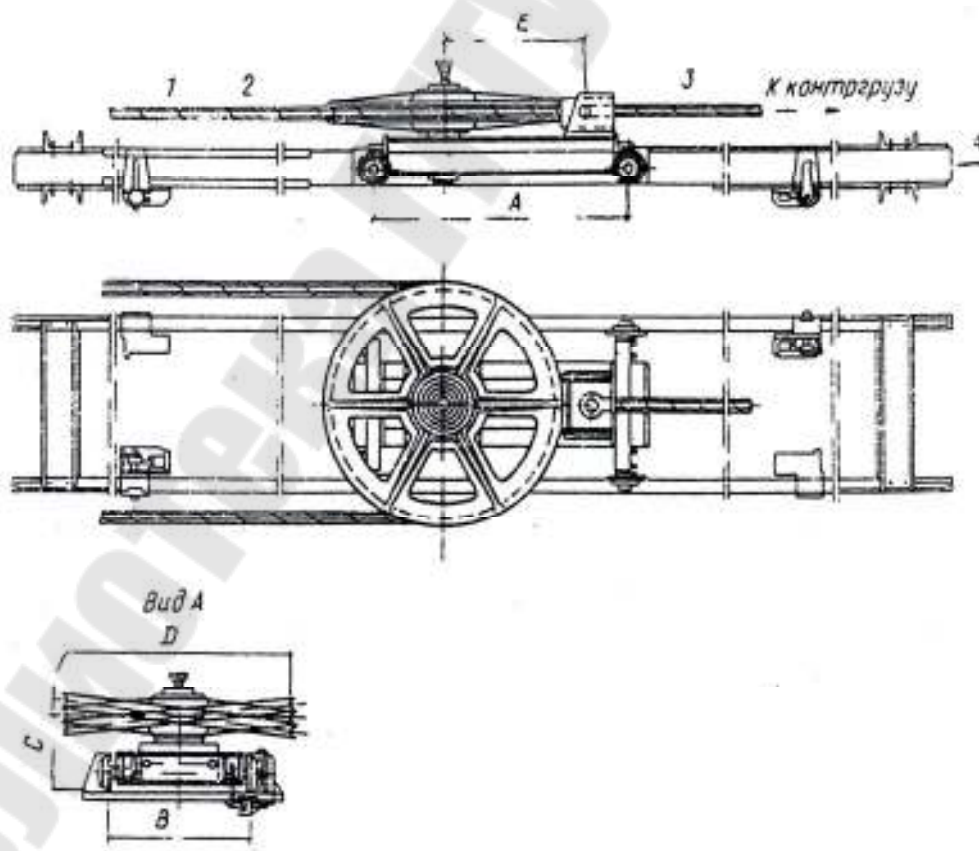
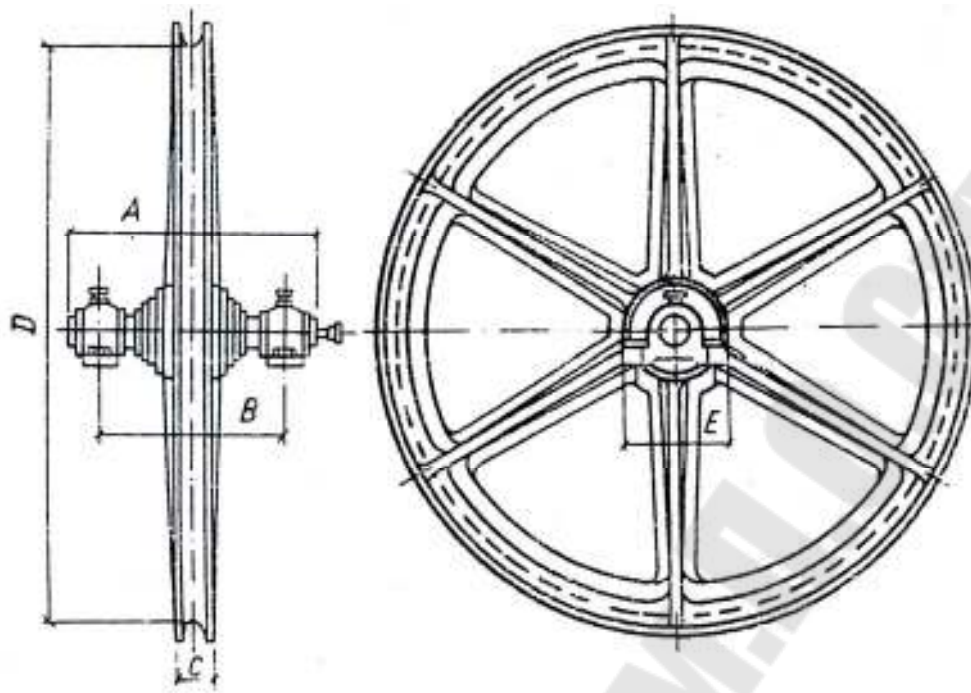
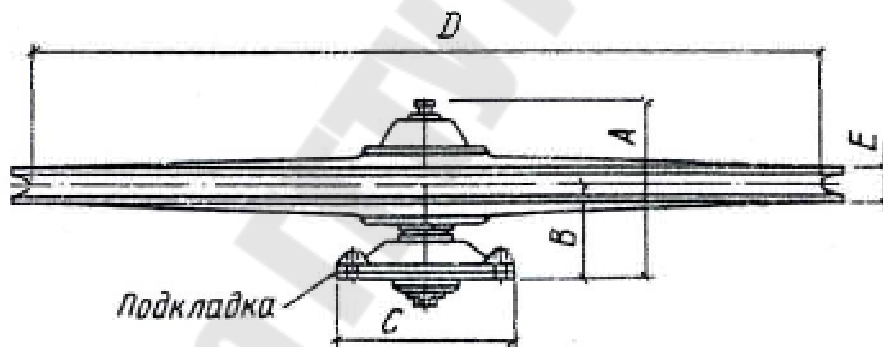


Рис. 1.14. Натяжная каретка тягового каната:

1 – выключающее устройство; 2 – тяговый канат; 3 – натяжной канат



a)



б)

Рис. 1.15. Шкивы тягового каната:  
а – вертикальный; б – горизонтальный

Таблица 1.13

Техническая характеристика натяжной каретки тягового каната (рис. 1.14)

Диаметр шкива $D$ , мм	Размеры, мм				Диаметр тягового каната, мм	Масса, кг
	$A$	$B$	$C$	$E$		
1600	1610	800	424	1020	25,5	798
2000	1830	800	431	1040	32,5	995

Техническая характеристика шкивов тягового каната

Диаметр шкива $D$ , мм	Размеры, мм				Масса, кг
	$A$	$B$	$C$	$E$	
<b>Вертикальные (рис. 1.15, а)</b>					
1000	370	290	80	220	160
1250	510	410	80	280	254
1600	580	500	90	320	495
2000	640	540	100	370	685
<b>Горизонтальные (рис. 1.15, б)</b>					
1250	425	240	500 × 500	80	340
1600	533	310	720 × 720	90	735
2000	601	300	820 × 820	100	1050

## Оборудование станций:

- рельсовые пути из двухголовчатого рельса высотой 160 мм, по которым происходит движение вагонеток в пределах станции или на тупиковые или ремонтные пути. Рельсовые пути подвешиваются к сварным башмакам, закрепленным на надрельсовых балках;
- выключатели, на которых производится автоматическое отцепление тягового каната от прибывшей на станцию вагонетки;
- включатели (рис. 1.16), на которых производится автоматическое сцепление тягового каната с выходящей на линию вагонеткой;
- башмаки отклоняющие с эластичным переходом, устанавливаемые на входе и выходе станции, предназначенные для обеспечения плавного перехода вагонеток с несущего каната на рельсовые станционные пути или с рельсового пути на несущий канат;
- стрелки ручные и электрические, прямые или боковые, предназначенные для соединения участков тупиковых и ремонтных путей с участками основных станционных путей;
- загрузочные устройства – питатели ленточные или пластинчатые, объемные дозаторы (рис. 1.17), затворы, предназначенные для загрузки вагонеток, транспортируемым материалом;
- толкающий конвейер (рис. 1.18), обеспечивающий механизацию передвижения вагонеток на станциях от выключателя до места загрузки и далее к включателю;

- открыватели и опрокидыватели стационарные и передвижные, используемые для опрокидывания кузовов вагонеток;
- спираль (рис. 1.19), предназначенная для восстановления кузовов порожних вагонеток в рабочее положение и устанавливаемая на погрузочной и разгрузочной станциях;
- ловители не включившихся вагонеток;
- устройства для смазки и очистки тягового каната.

Длина дорог, состоящих из ряда приводных участков, нередко составляет несколько десятков километров, а в отдельных случаях доходит до 100 км. Длина приводного участка лимитируется диаметром тягового каната, который ограничивается конструкцией сцепных приборов вагонетки. Она зависит от производительности и профиля дороги и достигает 6–12 км, а в отдельных случаях при малой производительности и горизонтальном профиле 15–20 км. На промежуточных приводных (или тягово-натяжных станциях) вагонетки отключаются от тягового каната.

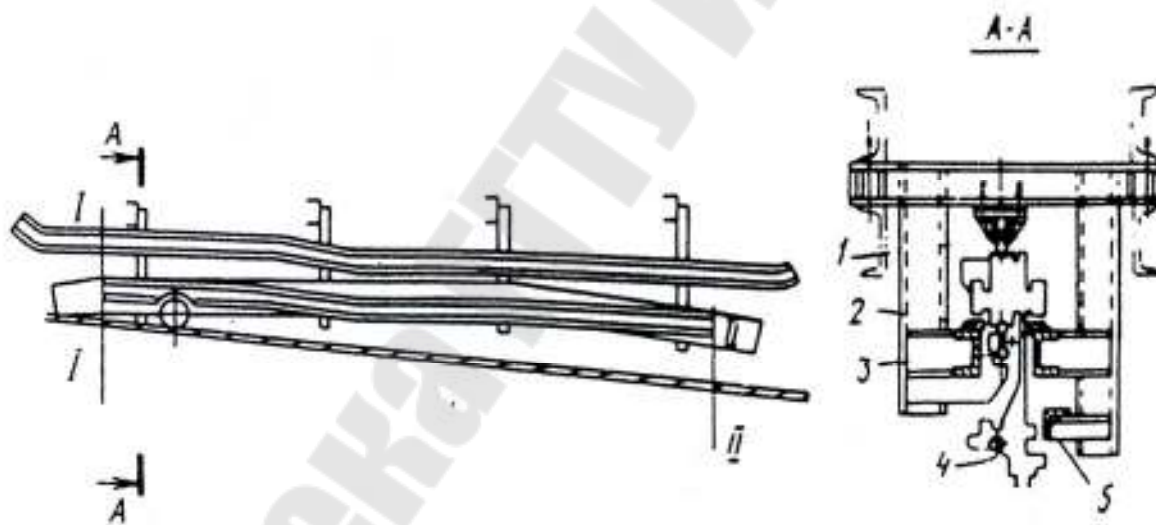


Рис. 1.16. Включатель: 1 – контррельс; 2 – шина; 3 – рельс; 4 – ось каната; 5 – направляющая; I – I – начало рельса; II – II – конец рельса

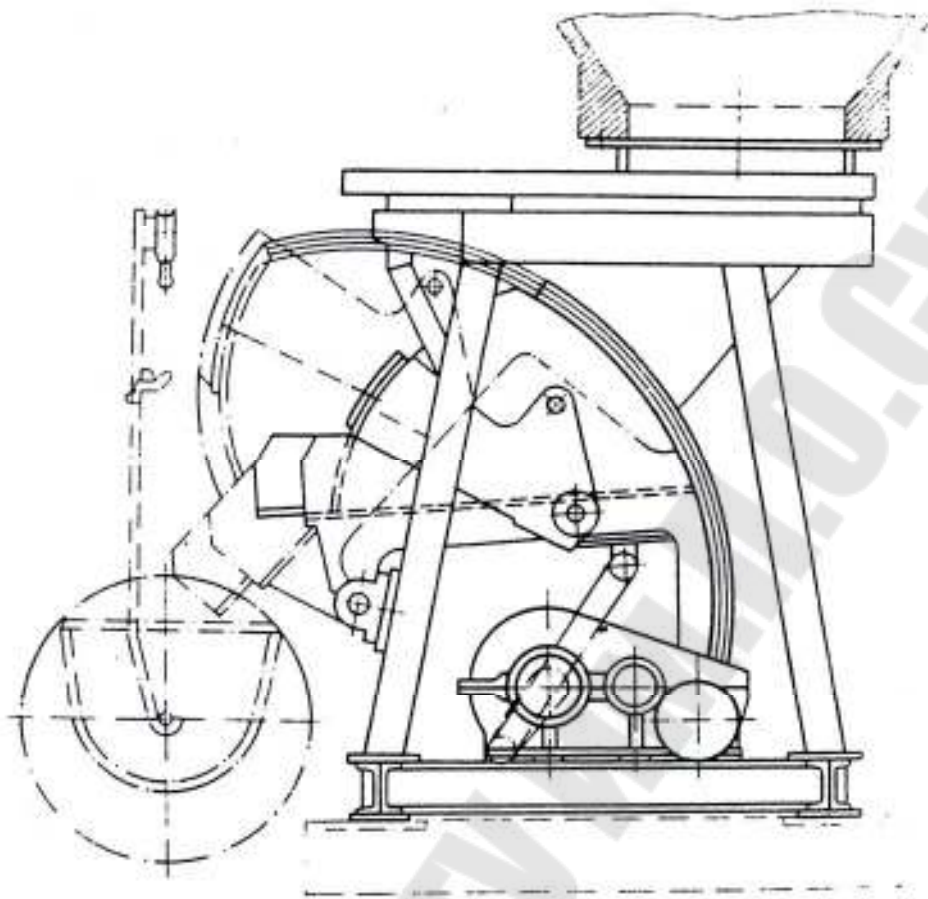


Рис. 1.17. Объемный дозатор

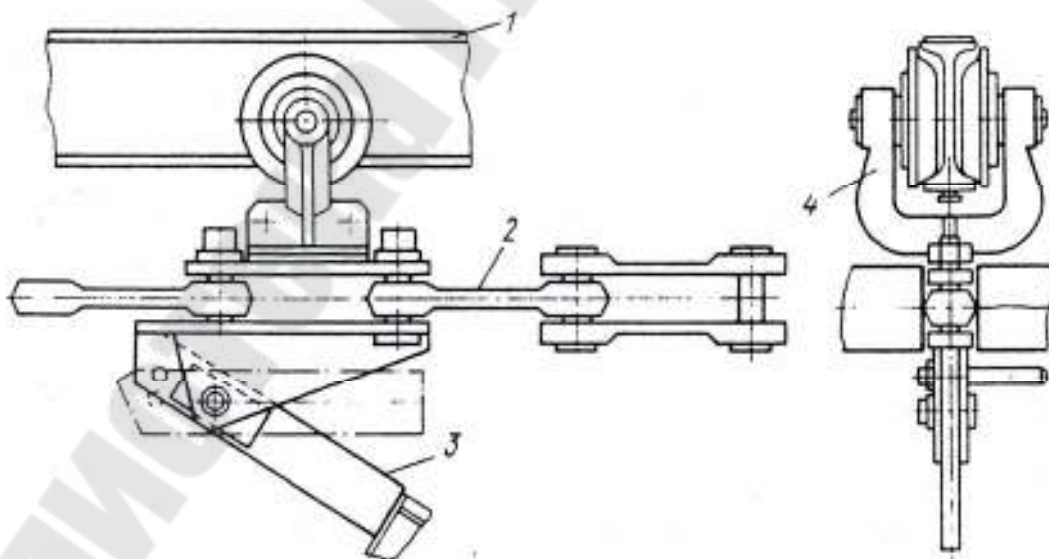


Рис. 1.18. Толкающий конвейер: 1 – монорельс; 2 – цепь разборная; 3 – толкатель; 4 – каретка

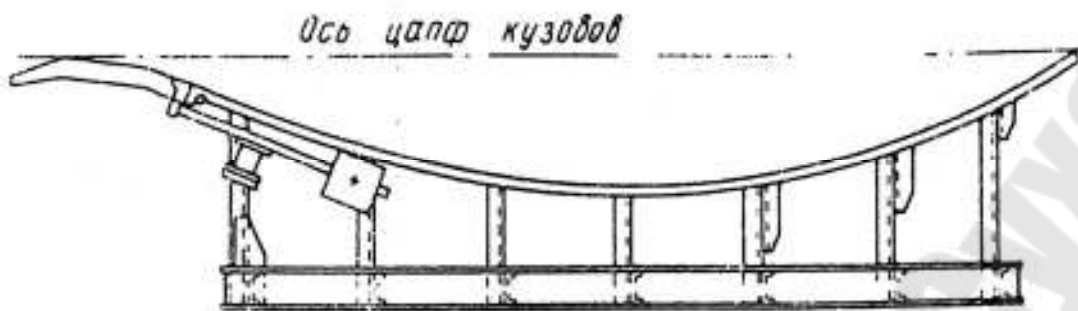


Рис. 1.19. Спираль для восстановления кузовов порожних вагонеток

Трасса дороги обычно прямая, соединяющая конечные станции, однако ее можно осуществить и в виде ломаной линии с помощью угловых станций (которыми могут являться и промежуточные приводные станции), где несущие канаты прерываются и заменяются на кривой рельсами. Угловые станции могут проходиться вагонетками автоматически без разъединения с тяговым канатом, который огибает блоки с плоским ободом, допускающий проход зажимов вагонеток. Для ограждения наземных путей сообщения и населенных местностей под канатной дорогой располагают защитные устройства – предохранительные мосты или сети.

Профиль дороги допускает крутые подъемы и спуски, предельная величина которых зависит от силы зажатия тягового каната в сцепном приборе вагонеток. Современные конструкции сцепных приборов допускают углы наклона до  $45^\circ$ . При достаточной глубине местности возможно осуществить свободные пролеты без опор протяжением свыше 1500 м, а при маятниковом движении – до 3000 м.

### 1.2. Производительность дороги

Производительность двухканатных дорог с кольцевым движением обычно составляет 300–2500 кН/ч, а в отдельных случаях 300–4000 кН/ч. Разработаны канатные дороги с более высокой производительностью. Путем устройства нескольких (от двух до четырех) параллельных дорог, которые могут иметь общие опоры и станции, суммарная производительность может достигать 10000 кН/ч и более (например, 9000 кН/ч Волгоградгидрострой, четыре дороги).

Часовая производительность дороги  $G$  при интервале между вагонетками по времени  $t$  (секунд) и полезной грузоподъемности вагонетки  $Q_0$  составит:

$$G = \frac{3600}{t} Q_0, \quad (1.1)$$

а расстояние между вагонетками на линии при скорости движения  $v$ :

$$l = tv. \quad (1.2)$$

Часовая производительность определяется исходя из потребной суточной производительности с учетом коэффициента неравномерности работы дороги, который по данным справочной литературы рекомендуется принимать 1,1 при одно- и двухсменной работе и 1,2 – при трех и четырехсменной работе.

Интервал по времени обычно составляет  $t = 60\text{--}24$  секунд (выпуск со станции 60–150 ваг/ч). При больших производительностях  $t$  доходит до 20 секунд, а в единичных случаях  $t = 18$  секунд (180–200 ваг/ч), в этих условиях работа станции становится весьма напряженной и необходима полная механизация перемещения вагонеток по рельсовым путям, автоматическая погрузка и автоматический выпуск их на линию. Дальнейшей задачей является усовершенствование погрузочных и распределительных устройств для возможности еще большего сокращения интервала.

Полезная грузоподъемность вагонетки в зависимости от производительности дороги составляет обычно 2500–12000 Н, а при больших производительностях или перевозке тяжелых предметов доходит до 15000–25000 Н. Особо тяжелые или длинные грузы (преимущественно лесные материалы) могут перевозиться на двух спаренных вагонетках, и полезная грузоподъемность в этом случае достигает 30000–40000 Н.

Величина полезной грузоподъемности вагонетки связана с грузоподъемностью ходовой тележки (вес подвешенных к ней частей – подвески с кузовом и грузом) и уменьшается при грузах с малым насыпным весом, так как при этом возрастает объем, а следовательно, и вес кузова. Грузоподъемность двухколесных ходовых тележек составляет до 10000 Н, а четырехколесных – до 20000, реже до 30000 Н; она ограничивается величиной давления на колесо, которое обуславливает диаметр несущего каната. При вагонетках с тележками грузоподъемностью 20000 Н в зависимости от рода груза можно получить производительность дороги до 250–300 т/ч.

При заданной производительности дороги величина полезной грузоподъемности вагонетки  $Q_0$  существенно влияет на стоимость сооружения дорог. Поэтому ее следует выбирать путем сопоставления вариантных решений с учетом режима работы погрузочной и разгрузочной станций, способов и возможного числа пунктов погрузки и



разгрузки вагонеток. Уменьшение величины  $Q_0$  позволяет облегчить несущие канаты, однако, с другой стороны, возрастают количество, вес и стоимость подвижного состава. Кроме того, при этом увеличиваются провесы и углы перегиба на опорах и сокращается предельная длина натяжного участка несущего каната.

При грузовых сцепных приборах минимум величины  $Q_0$  лимитируется условиями сцепления вагонетки с тяговым канатом, так как в данном случае допустимый угол подъема пути зависит от веса порожнего кузова. Помимо этого при малых значениях  $Q_0$  и больших натяжениях тягового каната на линии порожних вагонеток возникают затруднения в устранении опасности вырывания каната из зажима при проходе вогнутых батарей.

Скорость движения вагонеток в основном зависит от двух факторов: наличия сцепных приборов и автоматического обхода кривых. При существующих типах сцепных приборов и отсутствии автоматического обхода кривых она выбирается в пределах  $v = 2,5-3,8$  м/с; верхний предел ограничивается плавностью автоматического включения и выключения вагонеток. При глухом креплении вагонетки к тяговому канату (дороги с маятниковым движением) скорость движения достигает 6–10 м/с в условиях отсутствия соединительных муфт у несущих канатов.

В случае автоматического обхода вагонетками кривых скорость движения понижается для предотвращения опасности схода вагонеток с рельсового пути под действием центробежной силы и удара ходовых частей при входе и выходе с кривой.

При обходе вагонеткой отдельных блоков диаметром 4–6 м скорость движения выбирается обычно в пределах 1,3–1,8 м/с, максимум 2,0 м/с в зависимости от диаметра блока и величины жесткой базы ходовых частей вагонетки; для четырехколесных вагонеток диаметр блока должен быть не менее 5,0 м.

В случае автоматического обхода батареи блоков, расположенных на кривой большого радиуса (15–60 м), скорость движения назначается более высокой и доходит до 2,5–3 м/с.

Наибольшая допустимая скорость движения при автоматическом обходе горизонтальных кривых следующая: блоки диаметром 5,0 м – скорость движения не более 1,6 м/с; блоки диаметром 6,0 м – скорость движения не более 2,0 м/с; батареи блоков с радиусом рельсового пути 15 м и более – скорость движения не более 3,3 м/с.

Скорость движения существенно отражается на стоимости сооружения и эксплуатации дороги, в особенности при ее большой длине

и высокой производительности. С увеличением скорости уменьшается количество подвижного состава, погонная нагрузка на несущий канат, а следовательно, провесы, нагрузки на опоры и натяжение тягового каната. В связи с этим можно уменьшить высоту опор, число натяжных станций несущего каната, а также сократить количество промежуточных приводных станций, имеющих обслуживающий персонал.

Вопрос о повышении скорости движения имеет весьма существенное значение для развития канатных дорог; в этом направлении ведутся научно-исследовательские работы.

С увеличением производительности дорог приобретает особую важность изыскание путей повышения долговечности несущих канатов.

## 2. Защитные устройства

Основным назначением защитных устройств – предохранительных мостов и сетей – является ограждение расположенного под ними пространства от возможного падения кусков груза из вагонеток. Однако обычно ставится условие, чтобы они служили также защитой на случай аварийного падения всей вагонетки.

При большом протяжении ограждаемой поверхности, и в особенности при большой высоте несущего каната, сети получаются дешевле мостов, однако следует учитывать также увеличение высоты опор из-за провеса сетей.

Во время падения вагонетки кузов, подвеска и ходовая тележка теряют взаимную связь и падают с одинаковой скоростью, не оказывая давления друг на друга. Сначала происходит удар наиболее тяжелой части – кузова, а подвеска и тележка достигнут моста (сетки) несколько позже, когда действие удара кузова будет уже закончено. Кроме того, во время падения часть содержимого кузова высыпается. Поэтому при расчете предохранительных мостов и сетей за расчетную величину падающего груза  $Q$  принимают вес кузова вагонетки плюс 75 % веса содержимого. При расчете на удар следует учитывать возможность наличия на мосту или сети снега или гололеда.

### 2.1. Предохранительные мосты

Предохранительные мосты выполняются металлическими или деревянными и имеют различные формы и размеры в зависимости от условий пересечения. В тех случаях, когда они служат ограждением от падения только отдельных кусков груза, падение небольших масс

не будет оказывать существенного влияния на прочность моста, который может быть сделан невысоким даже при высоком расположении несущих канатов.

При расчете предохранительного моста на возможность падения вагонетки высота падения будет играть значительную роль для прочности сооружения. Поэтому необходимо по возможности приблизить ограждающую платформу моста к габариту вагонетки (на канате), сохраняя минимальный зазор между ними в размере 0,3 м. С этой целью по краям моста ставят одну или две опоры для несущего каната, а пролетное строение часто делают наклонным. При длине моста свыше 20 м целесообразно устройство промежуточных опор.

Предохранительные мосты большой длины иногда снабжаются подвесным рельсовым путем, по которому происходит движение вагонеток. Они могут быть выполнены также в виде висячих мостов. Для смягчения удара в зоне падения ставится двойной или тройной настил с зазорами между слоями. Кроме того, пролетное металлическое строение полезно выполнять на пружинных опорах, частично поглощающих энергию удара. Ширина моста принимается из условия, чтобы вагонетка с учетом поперечного отклонения ее на  $14^\circ$  не выходила за пределы мостового настила. При большой высоте несущего каната над землей применяют мосты с остроугольным верхом. Секция такого моста длиной 6,0 м требует затраты 70 кН металла и  $18 \text{ м}^3$  дерева.

Таблица 2.1

**Вес предохранительного моста**

Виды мостов	Длина моста, м	Вес, т	
		пролетного строения	полный при высоте 9 и 15 м
Однопролетный	10	2,4	8,5 10,5
	15	4,5	10 12,5
	20	7	13 15,5
Двухпролетный	30	9	24 28
	40	14	29 32

## 2.2. Предохранительные сети

Общее устройство сети показано на рис. 2.1. Сеть представляет собой металлическую проволочную сетку с ячейками такой величины, чтобы они не пропускали кусков перевозимого груза за исключением небольших частиц, падение которых не может нанести никакого

вреда. При мелких материалах для увеличения прочности ставят также двойную сетку, в этом случае рекомендуется поверх сетки  $100 \times 100$  мм укладывать сетку с ячейками от 20 до 40 мм. В особых случаях, когда требуется полная непроницаемость, поверх сетки (или взамен ее) может быть уложено волнистое железо.

Сеть поддерживается сетевыми канатами, которые через 3–4 м соединяются между собой поперечинами из уголков или швеллеров. Сети следует делать корытообразной формы, так как при более дешевых плоских сетях существует опасность скатывания вагонетки на землю. Ширина сети  $B$ , согласно литературным данным, должна превышать колею дороги не менее чем на 4 метра; кроме того, в больших пролетах (более 250 м) следует проверить, чтобы вагонетки не выходили за границу сети при отклонении их под действием ветра рабочего состояния.

Расстояние между средними канатами (рис. 2.1, *a*) назначается  $e \geq 1300$  мм при металлических и  $e \geq 350$  мм при деревянных опорах.

В качестве сетевых канатов применяются спиральные канаты открытого типа (желательно оцинкованные диаметром 25–45 мм) с толщиной проволоки не менее 3 мм. Загнутые края корытообразной сети окаймляются бортовыми канатами диаметром около 10 мм или круглой сталью. Количество сетевых канатов – 4 или 3 в зависимости от нагрузки и колеи дороги: сети с двумя канатами применяются только при колее менее 2,5 м и вагонетках малого веса. Кроме того, в деревянных опорах центральная стойка препятствует расположению среднего каната. При трех канатах средний канат испытывает большую нагрузку (от равномерно распределенной нагрузки), чем крайние. Расстояние между канатами при четырехканатной сети зависит от конструкции опоры и выбирается таким образом, чтобы собственный вес сети распределялся между ними поровну, а удар от вагонетки приходился посередине между двумя канатами.

Для уменьшения ударной нагрузки расстояние между сетью и габаритом вагонетки должно быть минимальным с учетом необходимого зазора между ними в размере 0,5 м.

При больших пролетах дороги с целью уменьшить провес сети прибегают иногда к установке дополнительных промежуточных опор, которые служат только для поддержки сетевых канатов.

Если расстояние между опорами дороги значительно превышает длину ограждаемого пересечения, сетку можно расположить только в части пролета.

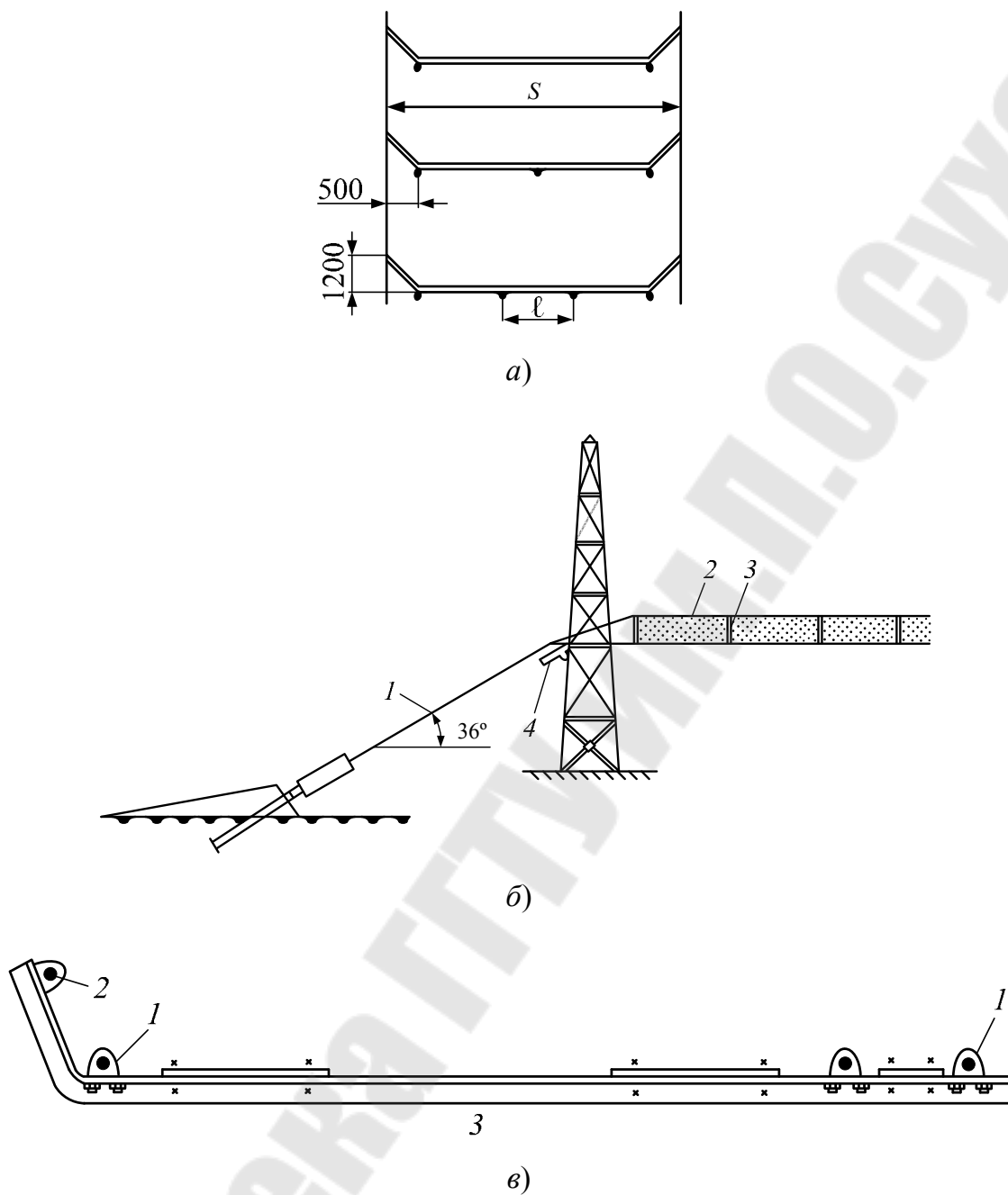


Рис. 2.1. Предохранительные сети: а – схемы сетей; б – общий вид; в – поперечный разрез: 1 – сетевой канат; 2 – бортовой канат, или стержень; 3 – поперечина; 4 – сетевой опорный башмак

Сетевые канаты поддерживаются на опорах сетевыми башмаками. Концы канатов обычно отводятся к поверхности земли и анкеруются в отдельных фундаментах. Встречающееся изредка устройство сетевого каната с противовесом значительно усложняет опору, не давая существенного смягчения действия удара.

Сетевые канаты должны быть рассчитаны с учетом нагрузки от снега или гололеда; нагрузка от снега берется пониженной с учетом

просыпания через ячейки сетки. По литературным данным, рекомендуется принимать: для одинарной сетки  $100 \times 100$  мм снеговую нагрузку 15 % от нормативной, гололед  $150 \text{ Н/м}^2$  сети; для двойной сетки (нижней  $100 \times 100$  мм и верхней  $20 \times 20$  мм) снеговую нагрузку 35 % от нормативной, гололед –  $300 \text{ Н/м}^2$ .

Подбор сетевого каната производится из условия ограничения его провеса  $f_{\max}$ , который, если позволяют габариты, назначается  $f_{\max} = (0,05-0,06) \times l$ , где  $l$  – пролет сети.

### 3. Электрооборудование и автоматизация двухканатных дорог

#### 3.1. Расчет мощности двигателя канатной дороги

Методика расчета мощности двигателя канатной дороги сводится к определению статических и динамических усилий в тяговом канате, нахождению окружного усилия и выбору мощности двигателя. Для определения усилий в тяговом канате участки кольцевой двухканатной дороги разбивают по характерным точкам перелома продольного профиля на отдельные участки для каждой ветви каната (рис. 3.1). Величину сопротивления на отдельном отрезке участка можно найти из выражения

$$F = (n \cdot m_{\text{в}} \cdot q + m_{\text{к}} \cdot l \cdot q)(c \cdot \cos \gamma \pm \sin \gamma) + \sum F_{\text{р.ш.н}}, \quad (3.1)$$

где  $n$  – число вагонеток на данном участке;  $m_{\text{в}}$  – масса вагонетки (порожней или груженой), кг;  $m_{\text{к}}$  – масса одного метра тягового каната, кг/м;  $l$  – длина участка, м;  $c$  – коэффициент сопротивления движению тележек,  $c = 0,0065-0,003$ . На наклонных участках дороги при тормозном режиме выбирается наименьшая величина, при двигательном – наибольшая.

В формуле (3.1) знак «–» перед  $\sin \gamma$  принимается при опускающихся вагонетках, знак «+» – поднимающихся.

Сопротивление  $\sum F_{\text{р.ш.н}}$  движению, обусловленное наличием роликов, шкивов и направляющих, зависит от диаметра роликов и шкивов и может быть найдено по формулам:

– для шкивов диаметром более 1000 мм:

$$F_{\text{ш}} = [2\mu_1(d/D)\sin \alpha / 2 + 0,1 \frac{d_{\text{к}}^2 + 0,03}{D - 0,1}] F_{\text{т.к}} + \mu_2 \frac{d}{D} - m_{\text{в}}q; \quad (3.2)$$

– для роликов и шкивов диаметром менее 1000 мм:

$$F_{p,ш} = [2\mu_1(d/D) \sin \alpha / 2 + 0,1 \frac{d_k^2 + 0,03}{D - 0,1}] F_{т.к}; \quad (3.3)$$

– для роликовых горизонтальных батарей с роликами диаметром 560 мм и для батарей вертикальных роликов:

$$F_{p,r} = [2\mu_1(d/D) \sin \beta / 2 + 0,1 \cdot b_0 \frac{d_k^2 + 0,03}{D - 0,1}] F_{т.к}. \quad (3.4)$$

В этих выражениях:

$\mu_1$  – коэффициент трения в цапфах для отдельных роликов или шкивов, принимаемый 0,02;

$d/D$  – отношение диаметра цапфы к диаметру шкива;

$\alpha$  – угол обхвата ролика или шкива тяговым канатом, град;

$\beta$  – угол обхвата канатом всей батареи, град;

$b_0$  – поправочный коэффициент к коэффициенту жесткости каната, зависящий от угла  $\beta$  и отношения  $d_k/D$ ;

$d_k$  – диаметр каната, м;

$\mu_2$  – коэффициент трения при осевой нагрузке, равный 0,02;

$m_{ш}$  – масса шкива, кг;

$F_{т.к}$  – усилие в тяговом канате, Н.

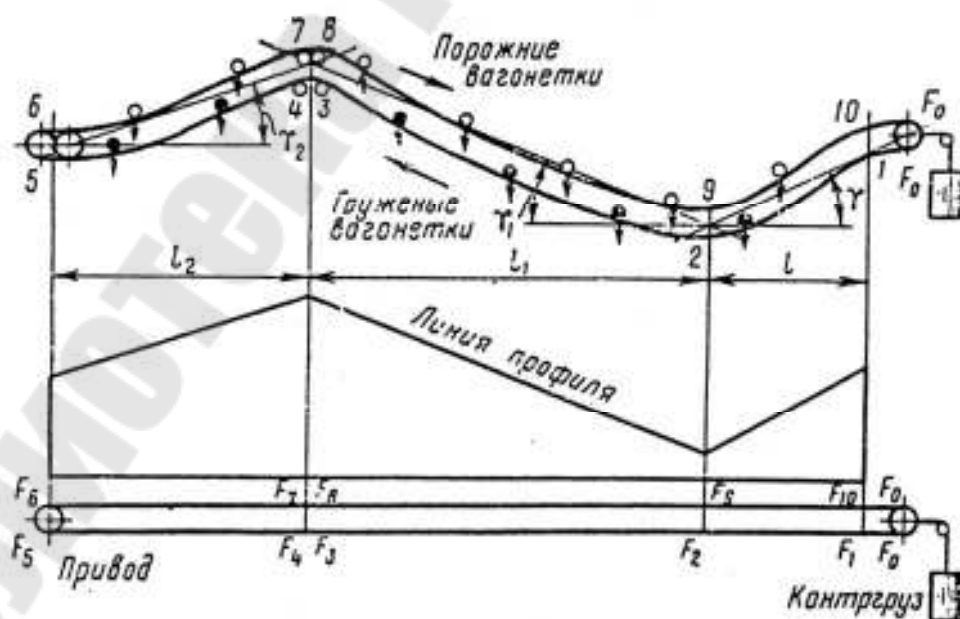


Рис. 3.1. Расчетная схема для определения мощности двигателя канатной дороги

Максимальное усилие в тяговом канате по нормам не должно превышать 82000 Н, минимальное – для любого участка дороги принимается

$F_{т.к \min} \geq 400m_k$ . Более точно выбор тягового усилия производится из условий надежности сцепления каната с приводным шкивом и величины максимального провеса.

После нахождения величины сопротивлений  $F$  на каждом участке определяется абсолютная величина алгебраической суммы всех сопротивлений на станциях и на линии:

$$F_{\Sigma} = F_0 + F_1 + F_2 + \dots + F_n, \quad (3.5)$$

где  $F_{\Sigma}$  – окружное усилие.

При этом соблюдается последовательность обхода кольца каната по направлению, совпадающему с направлением тягового каната.

Величина  $F_0$ , определяющая натяжение каната у контргруза, предварительно принимается  $(600-1000)m_k$ .

Аналогичный расчет величины окружного усилия проводится также и для случая неравномерного выпуска вагонеток на линию. При работе на неавтоматических станциях с устройствами для равномерного выпуска вагонеток на линию, выключающих привод дороги при невыходе вагонеток со станции в течение заданного времени  $t$ , учитывается пропуск в выпуске вагонеток на время  $2t$ .

Статическая мощность двигателя определяется для наиболее неблагоприятных режимов расчетной загрузки линии при  $F_{\Sigma} = F_{\max}$ . Коэффициент полезного действия для дорог с тормозным режимом принимается равным  $n = 0,95$ , с силовым режимом –  $n = 0,85$ .

В некоторых случаях для определения мощности двигателя находят статические нагрузки на участках без учета потерь в блоках и роликах, имеющих небольшую величину ( $F_{р.ш.н} = 10-12 \%F$ ). Затем двигатель проверяется на возможность плавного пуска из условия допустимого ускорения.

### *3.2. Автоматическое управление канатными дорогами*

Выбор схемы управления электроприводом канатной дороги определяется режимом ее работы. В зависимости от уклона трассы и загрузки в течение работы режим работы двигателя изменяется. В случае подъема грузов электропривод работает в двигательном режиме, при опускании – в генераторном с рекуперацией энергии в сеть.

Знакопеременная нагрузка заставляет работать электропривод то в двигательном, то в генераторном режимах.



При работе канатной дороги на подъем применяется относительно простая схема управления приводом (рис. 3.2). Пуск двигателя осуществляется посредством командоконтроллера КК и кнопки «пуск» дороги. Выведение ступеней сопротивления производится в функции независимой выдержки времени (реле 1РУ–8 РУ) с контролем по току статора двигателя.

Для этого в цепи статора включается токовое реле РТ, имеющее контакты в цепи реле ускорения. Таким образом, переход с одной ступени на другую происходит при определенной величине тока. Для повышения надежности работы дороги режим пуска контролируется электромагнитными реле постоянного тока, получающими питание от выпрямителей ВП.

В схеме управления электроприводом предусматривается максимальная защита РМ и защита от недопустимого увеличения скорости РЦ, для чего в цепь управления включены контакты центробежного реле. Для затормаживания электропривода устанавливается электромагнитное тормозное устройство ЭТ. Для контроля за понижением напряжения обычно имеется нулевая защита (реле РН), в цепь которой заводятся все блокировки (БЦ). Для пуска электропривода канатной дороги нажимается кнопка «пуск», возбуждается реле времени тормоза Т, которая своими контактами включает катушку электромагнита УВ тормозного устройства, освобождается вал двигателя АД, и он приходит в движение. Работа схемы управления пуском канатной дороги весьма проста и не требует пояснений.

Работа канатной дороги на спуск несколько отличается от работы на подъем. Пуск дороги может производиться простым поднятием тормозных колодок. При достижении двигателем скорости, близкой к синхронной, реле скорости подключает его к сети. Однако в этом случае режим пуска зависит от надежности работы реле скорости. Поэтому для пуска применяется обычная контакторно-релейная схема, работающая с независимой выдержкой времени. После пуска электропривода двигатель работает в генераторном режиме с отдачей энергии в сеть. Особые условия предъявляются к схеме управления приводом в режиме торможения. При мгновенной остановке канатной дороги весь запас кинетической энергии должен быть погашен в тормозном устройстве, что усложняет механическую часть тормозов и снижает надежность их работы. Во избежание этого на канатных дорогах применяется динамическое торможение, а тормозные колодки накладываются при понижении скорости до  $10\% \omega_{ном}$ .

Постоянный ток подается к статору двигателя от полупроводниковых выпрямителей. Торможение осуществляется уменьшением со-



## **4. Техника безопасности при монтаже грузовых подвесных канатных дорог**

### *4.1. Общие требования*

При производстве работ по монтажу ГПКД должны выполняться требования правил по технике безопасности (ТБ), указанные в СНиП III-4-80, «Правилах устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» Госгортехнадзора, «Инструкции по технике безопасности при монтаже лифтов и канатных дорог» ВСН 33-74 ММСС, в ППР.

Знание СНиП, правил и инструкций по ТБ обязательно для всех работников монтажных организаций, выполняющих монтаж ГПКД.

К монтажу ГПКД допускаются рабочие не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, а также обучение и инструктаж по безопасным методам труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-79. Каждый вновь принятый рабочий должен пройти вводный инструктаж, а при направлении на объект производства работ – инструктаж на рабочем месте.

Проведение вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте оформляется в соответствующем журнале.

Монтажные работы разрешается вести при наличии утвержденного ППР, в котором должны быть указаны специальные требования по ТБ, по санитарно-гигиеническому обслуживанию работающих.

Все работающие и находящиеся на строительной площадке должны носить защитные каски.

До начала монтажа руководитель работ должен проверить наличие и состояние лесов, подмостей и ограждений, наличие у рабочих защитных средств, исправного инструмента и необходимой оснастки, освещенность рабочих мест, наличие предупредительных табличек и плакатов, надежность звуковой, световой сигнализации или радиотелефонной связи.

При работе на территории действующих предприятий руководитель монтажных работ совместно с администрацией предприятия и генеральным подрядчиком обязан разработать мероприятия, обеспечивающие безопасное производство работ, и оформить акт-допуск по форме, указанной в приложении 3 к СНиП III-4-80.

При наличии работ с повышенной опасностью руководитель монтажных работ оформляет и выдает бригаде наряд-допуск на производство работ (приложение 4 к СНиП III-4-80). Перечень работ, на

которые необходимо выдавать наряд-допуск, должен быть утвержден главным инженером монтажной организации.

Учитывая разбросанность объектов монтажа на канатных дорогах (линейные станции, опоры), соблюдение правил по ТБ требует особой ответственности как со стороны инженерно-технических работников, так и самих рабочих. Это относится также к погрузочно-разгрузочным работам на приобъектном складе и местах монтажа, а также к транспортировке металлоконструкций, оборудования и канатов. При работе в горных условиях и в сильно пересеченной местности в ППР должны быть специальные указания, с которыми знакомят всех работающих при инструктаже на рабочем месте.

Монтаж металлоконструкций опор и станций ГПКД должен производиться методами с применением монтажно-такелажной оснастки, полностью соответствующими ППР, с которыми должны быть ознакомлены все работающие.

Строповку элементов конструкций необходимо производить стропами, грузоподъемность которых соответствует весу элемента, с учетом наклона ветвей стропа. Соответствие проекту выданных для монтажа стропов проверяется перед строповкой мастером или прорабом. Запрещается применение стропов, не имеющих маркировочного кольца и не прошедших очередное испытание.

Перед подъемом металлоконструкций опор и станций прораб или мастер должны проверить наличие согласно ППР всей испытанной монтажно-такелажной оснастки, канатов и приспособлений. На монтаже должны быть выданы испытанные пояса и каски.

Перед подъемом прораб или мастер должны тщательно проверить наличие всех болтовых соединений, их закрепление на всей оснастке и поднимаемых конструкциях. Необходимо также проверить наличие всех зажимов и их соответствие проекту.

Перед окончательным подъемом металлоконструкций опор и станций вся монтажно-такелажная оснастка должна пройти комплексное опробование, после чего руководителем работ дается разрешение на подъем. Результаты опробования должны быть оформлены актом.

#### *4.2. Монтаж механического оборудования и канатов*

Так как большая часть оборудования на станциях располагается выше уровня пола станции, то необходимо соблюдать строгий порядок при монтаже и не допускать нахождения рабочих в зоне принимаемого оборудования до его полной установки и закрепления. До

начала монтажа рельсовых путей и механического оборудования должны быть настланы постоянные деревянные полы и устроены все лестницы и переходы согласно проекту, а в местах монтажа отклоняющихся башмаков и эластичных переходов на входах и выходах станций устанавливаются надежные постоянные площадки с ограждениями высотой 1 м согласно ППР.

Перед подъемом оборудования для подачи его на уровень пола станции и на места установок нужно тщательно проверять подвеску талей, полиспастных блоков или других подъемных средств. Места подвески талей и блоков определяются в ППР. Горизонтальное перемещение оборудования на станциях может производиться только при наличии постоянного настеленного пола, выдерживающего эту нагрузку. Строповка полиспастов за элементы металлоконструкций станций должна быть предварительно согласована с проектной и строительными организациями. Рабочие-монтажники в момент перемещения оборудования должны находиться вне зоны нахождения полиспастов.

При монтаже стрелок, включателей и выключателей и другого оборудования, имеющего острые кромки, необходимо подъемный канат предохранять от перетирания. При сверлении на высоте отверстий для крепления оборудования, в надрельсовых балках, башмаках, направляющих и рельсах рабочие-монтажники должны привязываться предохранительными поясами и находиться на надежных инвентарных лестницах или стремянках, которые должны соответствовать безопасному ведению работ. Электросверлилки должны быть низковольтные [3].

Во избежание несчастного случая все посторонние предметы, могущие повредить, заклинить или затормозить канат при раскатке должны быть заранее убраны с трассы. При раскатке рабочим разрешается находиться на расстоянии не менее 3 м от каната и стропов, нахождение посторонних лиц запрещается.

Места пересечения канатом железнодорожных путей, время и сроки (график) проведения раскатки должны быть согласованы монтажной организацией с местной дистанцией пути железной дороги. Все рабочие на этом участке должны пройти специальный инструктаж. Пересечение железной дороги и подъем каната должны быть точно оговорены во времени и все монтажные работы выполнены в его пределах, по истечении которого рабочие должны быть немедленно выведены с железнодорожных путей.

Монтажные и верхолазные работы на открытом воздухе при ветре более 6 баллов, при гололедице, сильном снегопаде и дожде

прекращаются. Подъем металлоконструкций опор и станций при возникновении ветра силою более 6 баллов также прекращается и конструкции надежно закрепляются.

Рабочие места и монтажная площадка должны быть достаточно освещены. По нормам для монтажа металлоконструкций полагается одна лампа 500 Вт на каждые 85 м<sup>2</sup>, для сборки механизмов – одна такая же лампа на 40 м<sup>2</sup>.

#### *4.3. Монтаж канатных дорог в горных условиях*

При разработке организации работ по монтажу канатной дороги в горной местности особое внимание должно быть уделено обеспечению безопасных условий работы для всего монтажного персонала, а также водителей, участвующих в перевозке рабочих и в подаче всего монтируемого оборудования и средств монтажа на место работ.

При этом необходимо иметь в виду, что наиболее опасными являются:

- работа на крутых склонах гор или на небольших монтажных площадках, стесненных крутыми склонами или обрывами;
- передвижение рабочих между объектами монтажа по горным тропам;
- затаскивание металлических конструкций и узлов оборудования по склонам гор к месту монтажа;
- раскатка несущих и тяговых канатов, вытяжка слабины и окончательное натяжение;
- перевозка рабочих по горным дорогам вдоль трассы монтируемой канатной дороги.

Руководитель монтажа ГПКД должен тщательно изучить на месте все условия и составить рабочий план мероприятий, в котором должны быть уточнены все положения по ТБ, предусмотренные в ППР и дополнительно намечены практические меры по обеспечению безопасности работ, а также указаны маршруты безопасного продвижения людей и грузов на подходах и по трассе монтируемой канатной дороги.

Все работающие ИТР и рабочие должны быть подробно ознакомлены с этими мероприятиями и маршрутами, для чего проводится инструктаж. Кроме этого каждый рабочий инструктируется по соблюдению следующих обязательных условий:

- все люди, работающие в горных условиях, должны пройти тщательный медосмотр и иметь специальные разрешения на производство работ;

– в опасных местах и по горным тропам передвигаться можно только группой в несколько человек;

– необходимо знать места горных камнепадов и укрытия от них в районе трассы, монтируемой ГПКД, быть особенно внимательным и осторожным;

– помнить, что возникновение камнепадов опасно после дождей и в солнечную погоду после снегопадов;

– необходимо остерегаться снежных лавин, знать возможные места их потока и переходить эти места только в утреннее или вечернее время, т. е. в часы, наименее опасные для возникновения обвалов в горах.

Горные тропы и проходы, расположенные на уступах, откосах и косогорах с уклоном более 20°, надлежит оборудовать стремянками или лестницами с перилами. На крутых склонах гор разрешается работать только на специально спланированных площадках или же на эстакадах.

При затаскивании по склонам гор металлоконструкций, оборудования, монтажно-такелажной оснастки следует обращать особое внимание на безопасное ведение этих работ. Все члены бригады, выполняющие их, должны строго соблюдать следующие требования:

– перед началом работ получить подробный инструктаж на рабочем месте, а также изучить порядок и схему затаскивания;

– точно выполнять указания бригадира и ИТР, руководящих этой работой;

– при сопровождении затаскиваемых предметов находиться сбоку от них, вне зоны возможного падения камней;

– не вставать и не садиться на затаскиваемые предметы;

– не допускать перегрузки полиспастов или монтажного каната из-за возможных препятствий на пути затаскиваемого предмета, в противном случае производить немедленную остановку подъемных средств (лебедки, трактора);

– в случае заклинивания затаскиваемых предметов во время движения не производить работу по их освобождению при помощи ломов или рычагов до полной остановки;

– не держаться руками за монтажный канат или полиспаст с целью облегчения подъема в гору.

#### *4.4. Сварочные работы*

Электростроительные работы должны производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.0030–75, «Правилами пожарной безопасности при производстве сварочных и других работ на объек-

тах народного хозяйства» и «Правилами пожарной безопасности при производстве строительно-монтажных работ».

К сварке элементов конструкций канатных дорог допускаются слесари-монтажники, имеющие удостоверение на право производства сварочных работ.

Перед началом работ необходимо заземлить корпуса сварочной аппаратуры, проверить исправность изоляции сварочных проводов, плотность соединения всех контактов.

Электросварочная установка должна присоединяться к источнику питания через рубильник, предохранители или автоматический выключатель. При прокладке или перемещении сварочных проводов необходимо защищать от механического повреждения, соприкосновения с водой, маслом, стальными канатами и горячими трубопроводами.

В качестве обратного провода, присоединяемого к свариваемым элементам, не допускается использовать провода сети заземления, трубы санитарно-технических сетей, металлических конструкций зданий, технологическое оборудование.

Электросварочные работы необходимо производить в сухой брезентовой спецодежде, рукавицах и специальной обуви с использованием защитного щитка со светофильтром.

Газовые баллоны должны храниться в специальных сухих и проветриваемых помещениях, должны быть предохранены от ударов и прямых солнечных лучей. При эксплуатации, хранении и перемещении кислородных баллонов должны быть обеспечены меры против соприкосновения баллонов и рукавов со смазочными материалами.

При проведении сварочных работ запрещается:

- приступать к работе при неисправной аппаратуре;
- производить сварку свежеекрашенных конструкций и ремонт сварочной аппаратуры, находящейся под напряжением;
- оставлять на рабочем месте включенный в сеть сварочный трансформатор;
- производить сварочные работы на открытом воздухе во время дождя, грозы, снегопада.



## Литература

1. Дукельский, А. И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны / А. И. Дукельский. – М. : Машиностроение, 1966.
2. Автоматизация типовых технологических процессов и установок / А. М. Корятин [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 1988.
3. Монтаж лифтов и канатных дорог : справ. монтажника / А. И. Обухов [и др.]. – М. : Стройиздат, 1983. – 278 с.

## Приложения

### 1. Перечень нормативно-технической документации

СНиП III-3–81. Приемка в эксплуатацию законченных строительных объектов. Основные положения.

СНиП III-4–80. Техника безопасности в строительстве.

СНиП III-18–75. Металлические конструкции.

СНиП III-31–78. Технологическое оборудование Основные положения.

ВСН 333–74 ММСС. Инструкция по технике безопасности при монтаже лифтов и канатных дорог.

ВСН 413–80 ММСС. Инструкция по монтажу подъемно-транспортного оборудования.

Правила устройства и безопасной эксплуатации грузовых подвесных канатных дорог (ГПКД). – Госгортехнадзор.

Инструкция по надзору за изготовлением подъемных сооружений. – Госгортехнадзор.

## **2. Перечень подъемного, такелажного и газосварочного оборудования, ручного и контрольно-измерительного инструмента и приборов, применяемых при монтаже канатных дорог**

*Подъемное и такелажное оборудование:* подъемные краны, лебедки электрические, лебедки рычажные, домкраты реечные, винтовые и гидравлические, отводные и полиспастные блоки, стропы инвентарные, зажимы для канатов одно- и многоболтовые, канаты стальные, канаты пеньковые, специальная монтажная оснастка.

*Газосварочное оборудование:* сварочные агрегаты, сварочные трансформаторы, редукторы кислородные, горелки, электрододержатели, щитки электросварщика, защитные очки, светофильтры, сварочный кабель, рукава, паяльные лампы.

*Ручной инструмент:* комплект инструмента для счаливания каната, комплект приспособлений для заливки муфт, тиски параллельные слесарные, станок ножовочный, полотна ножовочные для резки каната, сверла разные, ключи гаечные разные, кернеры, напильники, плоскогубцы, клещи, зубила, молотки металлические и деревянные, кувалды, топор, лопата, лом, отвес строительный, шприц штыковой, щетки стальные.

*Контрольно-измерительные приборы и инструменты:* нивелир, теодолит, индикатор, рулетки стальные, щупы разные, метр металлический складной, угольники плоские и бортовые, металлическая линейка, уровень строительный.

## Содержание

Предисловие.....	3
1. Характеристика двухканатных дорог .....	4
2. Защитные устройства.....	34
3. Электрооборудование и автоматизация двухканатных дорог.....	38
4. Техника безопасности при монтаже грузовых подвесных канатных дорог .....	43
Литература .....	49
Приложения .....	50

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Хабибуллин Дамир Абдулхаевич**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУЗОВЫХ ПОДВЕСНЫХ КАНАТНЫХ ДОРОГ**

**Методические указания  
к курсовой работе по дисциплине  
«Автоматизированный электропривод типовых  
производственных и транспортных механизмов»  
для студентов специальности 1-53 01 05  
«Автоматизированные электроприводы»  
дневной и заочной форм обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

Редактор *Н. Г. Мансурова*  
Компьютерная верстка *М. В. Аникеенко*

Подписано в печать 24.11.11.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Ризография. Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 3,27.

Изд. № 39.

E-mail: [ic@gstu.by](mailto:ic@gstu.by)

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Издательский центр учреждения образования  
«Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.  
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.