

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

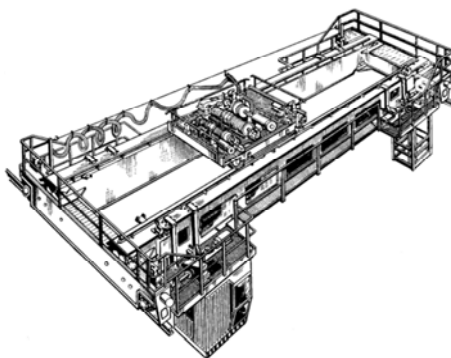
---

Кафедра «Механизация и автоматизация  
дорожно-строительного комплекса»

А. А. Бежик

## ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальности 1-36 11 01  
«Инновационная техника для строительного комплекса»



*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск  
БНТУ  
2022

УДК 621.86/.87

ББК 39.9

Б38

**Р е ц е н з е н т ы:**

заместитель директора, главный инженер ОАО «Управление  
механизации № 12» *В. А. Ракович*;  
кафедра «Лесные машины, дороги и технологии  
лесопромышленного производства» УО «Белорусский  
государственный технологический университет» (зав. кафедрой,  
канд. техн. наук, доцент *С. П. Мохов*)

**Бежик, А. А.**

Б38      Подъемно-транспортные машины : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 11 01 «Инновационная техника для строительного комплекса» / А. А. Бежик. – Минск : БНТУ, 2022. – 69 с.

ISBN 978-985-583-804-4.

Пособие содержит описание устройства и работы подъемно-транспортных машин, их краткие технические характеристики, методические указания по определению технико-эксплуатационных показателей, а также задания к лабораторным работам.

Данное учебно-методическое пособие может быть рекомендовано для студентов других специальностей.

**УДК 621.86/.87**

**ББК 39.9**

**ISBN 978-985-583-804-4**

© Бежик А. А., 2022

© Белорусский национальный  
технический университет, 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Согласно типовому учебному плану специальности 1-36 11 01 «Инновационная техника для строительного комплекса», при изучении учебной дисциплины «Подъемно-транспортные машины» предусматривается выполнение лабораторных работ, целью которых является изучение устройства и работы строительных подъемно-транспортных машин в целом и отдельных механизмов, а также определение основных параметров.

Настоящее пособие предназначено для оказания помощи студентам при выполнении лабораторных работ.

Выполнению лабораторной работы должна предшествовать самостоятельная подготовка, при которой каждый студент по данному пособию знакомится с заданием, методикой его выполнения и описанием устройства и работы машины.

Перед началом лабораторных занятий со студентами проводится инструктаж по технике безопасности. На занятии студенты непосредственно на натурном образце или модели изучают устройство функциональных узлов грузоподъемных и транспортирующих машин, особенности конструкции отдельных механизмов, их взаимное расположение и выполняемые функции. Особое внимание следует обращать на конструкцию изученных механизмов ПТМ и их приводы.

Каждый студент проводит необходимые измерения в соответствии с индивидуальным заданием и составляет отчет по выполненной лабораторной работе. Оформление отчета должно соответствовать стандарту БНТУ на оформление лабораторных работ.

Работа считается выполненной и зачтенной после представления отчета по ней и собеседования, при котором преподаватель, проводивший занятие, оценивает полноту выполнения задания и уровень знаний студента.

# Лабораторная работа № 1

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ

### Задание

1. Изучить структуру условного обозначения и конструкции каната.
2. Изучить конструкцию и определить основные признаки образца стального каната, выданного преподавателем.
3. Вычертить схему поперечного сечения и записать условное обозначение образца стального каната, выданного преподавателем.
4. Описать признаки двух стальных канатов, зная их условные обозначения (табл. 1.1).
5. Описать и вычертить поперечное сечение одного стального каната зная его конструкцию (табл. 1.1).
6. Выбрать направление свивки каната в соответствии с заданной в табл. 1.1 схемой навивки каната на барабан (рис. 1.1).

Таблица 1.1

### Исходные данные

Номер варианта	Условные обозначения и конструкции канатов	Схема навивки каната на барабан по рис. 1.1
1	Канат 12-ГЛ-В-Л-О-Н-Т-1770 ГОСТ 2688-80 Канат 32-Г-І-ОЖ-Н-1370 ГОСТ 2688-80 ЛК-О 6×19(1+9+9)+1 о.с.	г
2	Канат 10,5-Г-В-Н-Т-1570 ГОСТ 3062-80 Канат 2,2-Г-І-Ж-Л-Р-1570 ГОСТ 3062-80 ЛК-О 18×7(1+6)+1 о.с.	в
3	Канат 6,1-Г-В-Л-Н-Т-1570 ГОСТ 3063-80 Канат 7,6-Г-І-Ж-Р-1770 ГОСТ 3063-80 ЛК-Р 6×19(1+6+6/6)+7×7(1+6)	а
4	Канат 7-Г-В-Л-Н-Т-1770 ГОСТ 3064-80 Канат 12-Г-І-ОЖ-Р-1570 ГОСТ 3064-80 ЛК-Р 6×19(1+6+6/6)+1 о.с.	а
5	Канат 15-Г-В-Н-Т-1570 ГОСТ 3066-80 Канат 11-Г-І-ОЖ-Л-Р-1770 ГОСТ 3066-80 ЛК-3 6×25(1+6;6+12)+1 о.с.	б

Окончание табл. 1.1

Номер варианта	Условные обозначения и конструкции канатов	Схема навивки каната на барабан по рис. 1.1
6	Канат 8,4-Г-І-Л-Н-1770 ГОСТ 3067-88 Канат 4-Г-В-Ж-Н-Т-1960 ГОСТ 3067-88 ЛК-З 6×25(1+6;6+12)+7×7(1+6)	в
7	Канат 13-Г-І-Н-1770 ГОСТ 3068-88 Канат 7,2-Г-В-С-Л-Н-Т-1960 ГОСТ 3068-88 ТК 8×16(0+5+11)+9 о.с.	г
8	Канат 16,5-Г-В-Н-Т-1770 ГОСТ 3069-80 Канат 11,5-Г-І-ОЖ-Л-О-Р-1370 ГОСТ 3069-80 ЛК-Р 8×19(1+6+6/6)+1 о.с.	в
9	Канат 13-Г-І-Л-Н-1770 ГОСТ 3070-88 Канат 6,5-Г-В-С-Н-Т-1860 ГОСТ 3070-88 ЛК-О 6×30(0+15+15)+7 о.с.	в
10	Канат 11,5-Г-І-Л-Р-Т-1570 ГОСТ 3071-88 Канат 5,8-Г-В-Ж-Н-2160 ГОСТ 3071-88 ЛК-РО 6×36(1+7+7/7+14)+1 о.с.	г
11	Канат 16,5-Г-І-Л-О-Р-1770 ГОСТ 3077-80 Канат 29-ГЛ-В-Ж-Н-Т-1570 ГОСТ 3077-80 ЛК-РО 6×36(1+7+7/7+14)+7×7(1+6)	г
12	Канат 35-ГЛ-В-Н-Т-1770 ГОСТ 3079-80 Канат 25-Г-І-Ж-Л-О-Н-Т-1370 ГОСТ 3079-80 ЛК-РО 6×31(1+6+6/6+12)+1 о.с.	б
13	Канат 10-ГЛ-В-Н-Т-1960 ГОСТ 3081-80 Канат 38-Г-І-С-Л-О-Р-1370 ГОСТ 3081-80 ЛК-О 6×37(1+6+15+15)+1 о.с.	б
14	Канат 13,5-Г-В-Р-1960 ГОСТ 3083-80 Канат 22,5-Г-І-Ж-Л-О-Н-Т-1570 ГОСТ 3083-80 ЛК-Р 18×19(1+6+6/6)+1 о.с.	а
15	Канат 20-Г-В-О-Р-1960-1 ГОСТ 3085-80 Канат 30-Г-І-Ж-Л-О-Р-1370-2 ГОСТ 3085-80 ТК 8×6(0+6)+9 о.с.	б

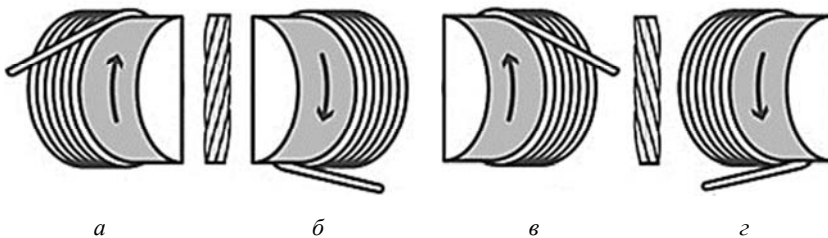


Рис. 1.1. Условия навивки первого слоя каната на барабан

### Теоретические сведения

Стальные канаты используются в грузоподъемных машинах в качестве гибких элементов.

Ниже приведена классификация канатов в соответствии с ГОСТ 3241 «Канаты стальные. Технические условия».

1. По конструкции:

- одинарной свивки (рис. 1.2, *а*) – состоящие из проволок, свитых по спирали в один или несколько concentрических слоев;
- двойной свивки (рис. 1.2, *б*; 1.3) – состоящие из прядей, свитых в один или несколько concentрических слоев;
- тройной свивки (рис. 1.2, *в*) – состоящие из канатов двойной свивки (стренг), свитых в concentрический слой.

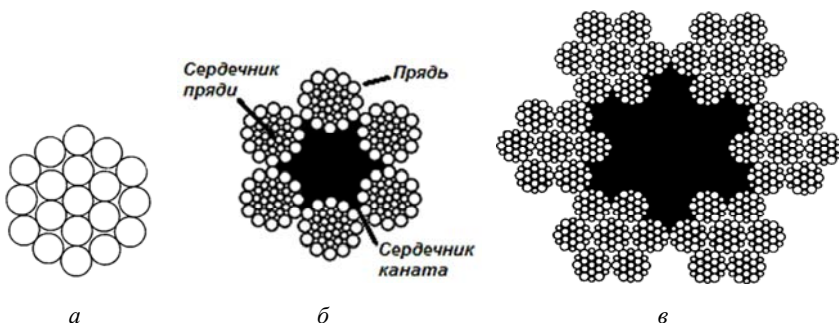


Рис. 1.2. Схемы конструкций стальных канатов:  
*а* – одинарной свивки (спиральные); *б* – двойной свивки;  
*в* – тройной свивки

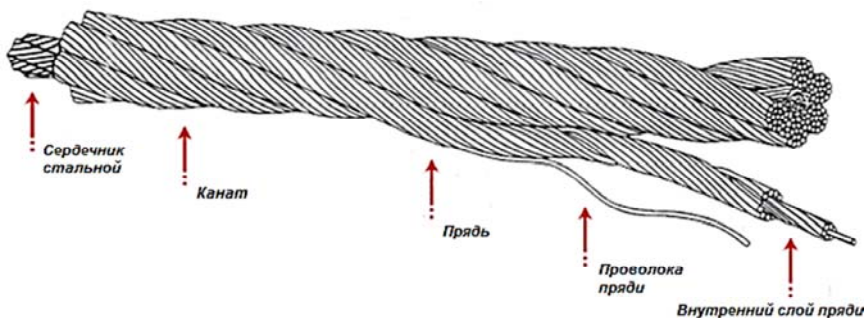


Рис. 1.3. Общая конструкция стальных канатов двойной свивки

2. По форме поперечного сечения: круглые, плоские.

3. По форме поперечного сечения прядей: круглопрядные, фасоннопрядные.

4. По типу свивки прядей и канатов одинарной свивки:

– с точечным касанием проволок между слоями – ТК;

– с линейным касанием проволок между слоями – ЛК;

– с линейным касанием проволок между слоями при одинаковом диаметре проволок по слоям пряди – ЛК-О;

– с линейным касанием проволок между слоями при разных диаметрах проволок в наружном слое пряди – ЛК-Р;

– с линейным касанием проволок между слоями и проволоками заполнения – ЛК-З;

– с линейным касанием проволок между слоями и имеющие в пряди слои с проволоками разных диаметров и слои с проволоками одинакового диаметра – ЛК-РО;

– с комбинированным точечно-линейным касанием проволок – ТЛК;

– с полосовым касанием проволок в прядях – ПК.

*Примечание.* Канаты с полосовым касанием ПК имеют точечное-линейное-полосовое касание проволок в прядях. Пряди типа ЛК преобразуют в пряди типа ПК путем силового обжатия при изготовлении канатов в монолитных или роликовых волоках или многовалковых калибрах. При этом круглые проволоки приобретают фасонное сечение. В прядях ЛК создается уже не линейный, а полосовой контакт ПК, что повышает долговечность таких канатов на 30–50 % и прочность на разрыв на 12–15 %.

5. По материалу сердечника:

– с органическим сердечником из натуральных или химических волокон – ОС;

– с органическим сердечником из твердого полимера – ПС;

– с металлическим сердечником – МС;

– с металлоорганическим сердечником из металла и натуральных или химических волокон – МОС;

– с металлоорганическим сердечником из металла и твердого полимера – МПС.

6. По способу свивки: нераскручивающиеся – Н, раскручивающиеся.

7. По степени уравниваемости: рихтованные – Р, нерихтованные.

8. По направлению свивки каната: левой – Л (рис. 1.4, *а, в*), правой (рис. 1.4, *б, г*).

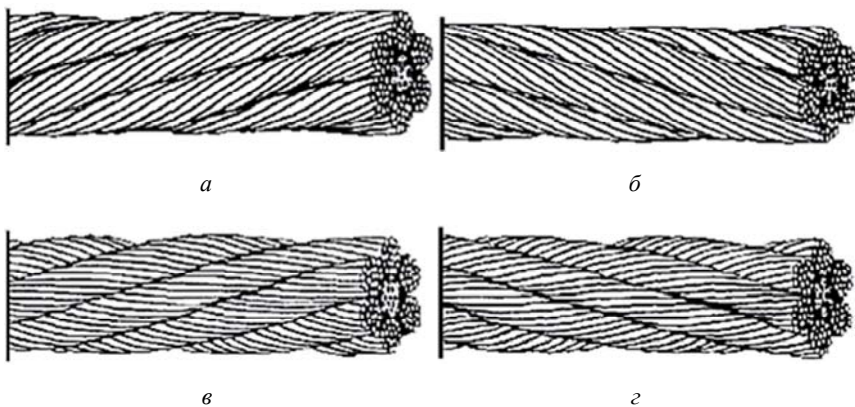


Рис. 1.4. Схемы канатов двойной свивки по направлению свивки и по сочетанию направлений свивки каната и его прядей:  
*а* – левой, односторонней; *б* – правой, односторонней;  
*в* – левой, крестовой; *г* – правой, крестовой

Направление свивки каната определяется:

– для канатов одинарной свивки – направлением свивки проволок наружного слоя;

– для канатов двойной свивки – направлением свивки прядей наружного слоя;

– для канатов тройной свивки – направлением свивки стренг в канат.



9. По сочетанию направлений свивки каната и его элементов в канатах двойной и тройной свивки:

– крестовой свивки (направление свивки каната и направление свивки стренг и прядей противоположны) (рис. 1.4, *в, д*);

– односторонней свивки (направление свивки пряди и направление свивки проволоки в пряди одинаковы) (рис. 1.4, *а, б*) – О;

– комбинированной свивки – К.

10. По степени крутимости:

– крутящиеся (с одинаковым направлением свивки проволок в канатах одинарной свивки, прядей или стренг);

– малокрутящиеся (многослойные многопрядные и одинарной свивки с противоположным направлением свивки элементов по слоям) – МК.

11. По механическим свойствам марок – ВК, В, 1.

12. По виду покрытия:

– поверхности проволок в канате: из проволоки без покрытия, из оцинкованной проволоки: в зависимости от поверхностной плотности цинка – С, Ж, ОЖ;

– поверхности каната или его элементов: без покрытия поверхности, с покрытием поверхности полимерными материалами – П.

13. По назначению: грузоподъемные (марок ВК, В) – ГЛ, грузозыевые – Г.

14. По точности изготовления: повышенной – Т, нормальной.

Схемы поперечного сечения стальных канатов двойной свивки представлены на рис. 1.5.

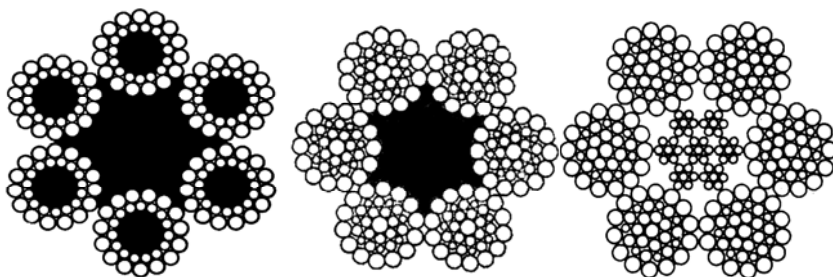


Рис. 1.5. Схемы поперечного сечения стальных канатов (начало)

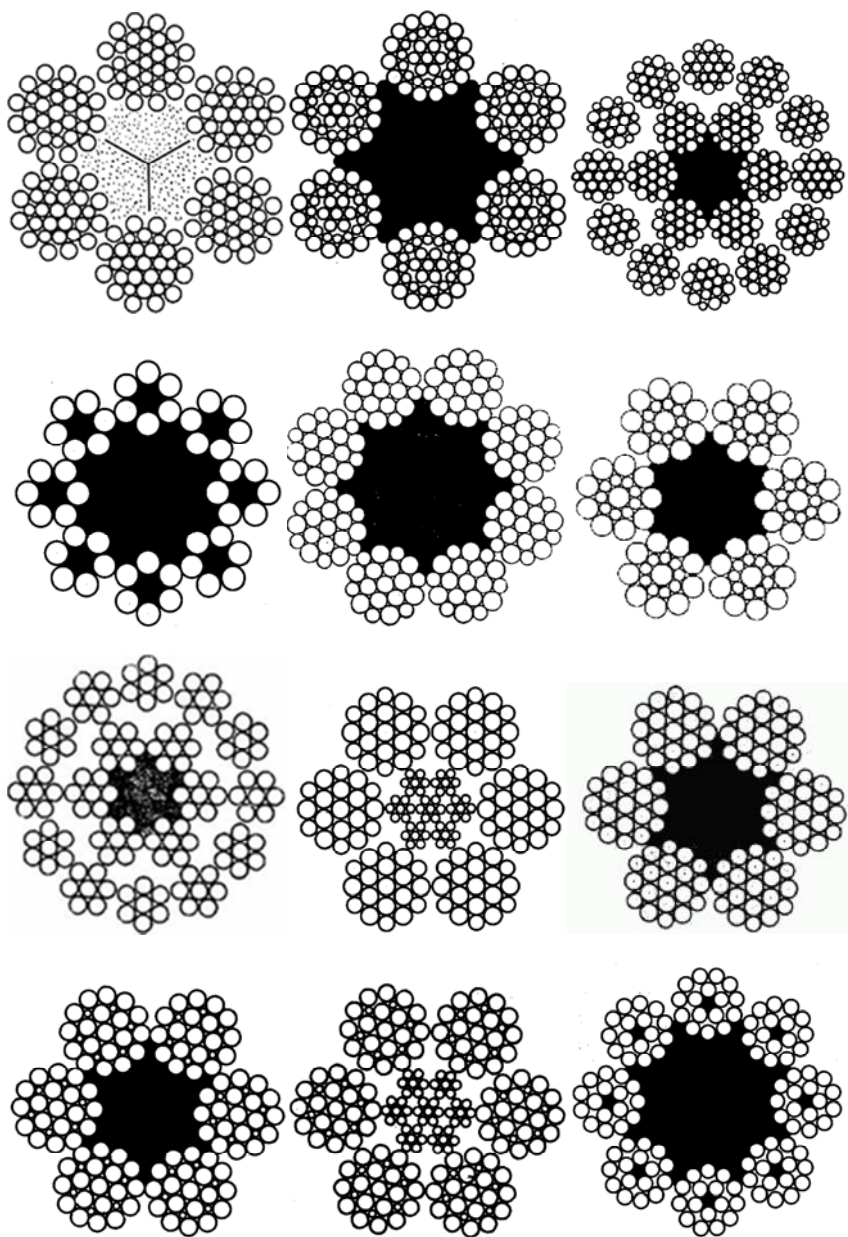


Рис. 1.5. Схемы поперечного сечения стальных канатов (конец)

## Структура условного обозначения стальных канатов:

Канат	12	-	ГЛ	-	В	-	ОЖ	-	Л	-	О	-	Н	-	Р	-	МК	-	Т	-	1770	ГОСТ 2688-80
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13										

- где 1 – наименование изделия;
- 2 – диаметр каната, мм;
- 3 – назначение каната:  
 ГЛ – грузоподъемной;  
 Г – грузовой;
- 4 – механические свойства марок: ВК, В, I;
- 5 – вид покрытия поверхности проволоки:  
 нет обозначения – из проволоки без покрытия;  
 ОЖ – из оцинкованной проволоки для особо жестких агрессивных условий работы;  
 Ж – для жестких агрессивных условий работы;  
 С – для средних агрессивных условий работы;  
 П – с покрытием из полимерных материалов;
- 6 – направление свивки каната:  
 нет обозначения – правое;  
 Л – левое;
- 7 – сочетание направлений свивки каната и его элементов:  
 нет обозначения – крестовой;  
 О – односторонняя;  
 К – комбинированная;
- 8 – способ свивки:  
 нет обозначения – раскручивающийся;  
 Н – нераскручивающийся;
- 9 – степень уравниваемости:  
 нет обозначения – нерихтованный;  
 Р – рихтованный;
- 10 – степень крутимости:  
 нет обозначения – крутящийся;  
 МК – малокрутящийся;
- 11 – точности изготовления:  
 нет обозначения – нормальная;  
 Т – повышенная;
- 12 – маркировочная группа, Н/мм<sup>2</sup>;
- 13 – обозначение стандарта на выбранный тип каната.

При отсутствии обозначения соответствующий пункт опускается. В характеристике каната указывают все признаки в соответствии с классификацией.

Примеры условного обозначения каната:

1. Канат 12-ГЛ-В-Л-О-Н-Т-1370 ГОСТ 2688-80 (канат диаметром 12 мм, грузоподъемного назначения, из проволоки без покрытия, марки В, левой односторонней свивки, нераскручивающийся, нерихтованный, повышенной точности, маркировочной группы 1370 Н/мм<sup>2</sup>).

2. Канат 32-Г-І-ОЖ-Н-1370 ГОСТ 2688-80 (канат диаметром 32 мм, грузового назначения, марки І, оцинкованный по группе ОЖ, правой крестовой свивки, нераскручивающийся, нерихтованный, нормальной точности, маркировочной группы 1370 Н/мм<sup>2</sup>).

Конструкция каната:

1.  $6 \times 19(1+9+9)+1$  о.с. – означает, что канат состоит из 6 прядей по 19 проволок в каждой. В скобках дается раскладка по количеству проволок по слоям в одной пряди, начиная от центра. В данном случае имеется одна центральная проволока, 9 проволок в первом слое и 9 проволок во втором слое пряди; 1 о.с. – означает, что имеется 1 органический сердечник.

2.  $6 \times 19(1+6+6/6)+7 \times 7(1+6)$  – дробь 6/6 указывает на то, что в этом слое имеется 6 проволок одного диаметра и 6 проволок другого диаметра;  $7 \times 7(1+6)$  – сердечник каната стальной.

### **Дополнительные указания к выполнению работы**

1. Визуально определить конструкцию поперечного сечения стального каната (рис. 1.5), выданного преподавателем, диаметры проволок в пряди относительно друг друга и число проволок по слоям, вид покрытия поверхности проволок, направление свивки каната (рис. 1.4), сочетание направлений свивки каната и его элементов (рис. 1.4).

2. Проверить нераскручиваемость каната. В нераскручивающихся канатах двойной свивки пряди могут раскручиваться на расстоянии не более одного шага свивки от конца каната или не более пяти шагов свивки таким образом, чтобы их можно было легко вернуть в прежнее положение. Металлические сердечники при этом могут быть раскручивающимися.

3. Замерить штангенциркулем диаметр каната (канат должен быть в ненагруженном состоянии), как показано на рис. 1.6.

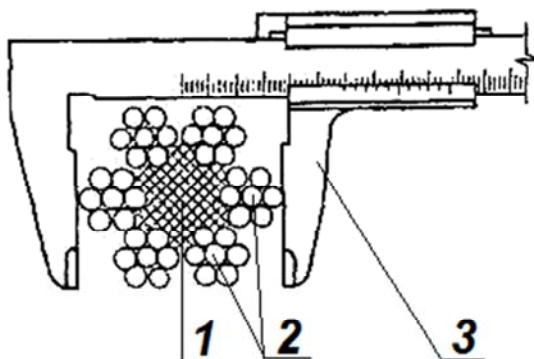


Рис. 1.6. Схема измерения диаметра каната:  
 1 – сердечник каната; 2 – пряди каната; 3 – штангенциркуль

4. Проверить степень уравновешенности каната. Для этого канат длиной, равной 50 его диаметров, свободно располагают на горизонтальной поверхности и измеряют максимальное отклонение оси каната от прямой, проведенной между его концами. Отклонение должно быть не более:

- 10 диаметров – для канатов с органическим сердечником;
- 15 диаметров – для канатов с металлическим сердечником и канатов одинарной свивки.

5. Выполнить п. 3 задания.

6. Выполнить п. 4 и 5 задания.

7. Выполнить п. 6 задания, воспользовавшись табл. 1.2.

Таблица 1.2

Направление свивки каната в зависимости от условий работы

Направление укладки витков каната на барабан	Направление движения каната	Требуемое направление свивки каната
Слева направо	На барабан	Правое
Справа налево	Под барабан	Правое
Справа налево	На барабан	Левое
Слева направо	Под барабан	Левое

## Лабораторная работа № 2 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РАБОТЫ ОДНОРОГОВОГО КРЮКА

### Задание

1. Изучить классификацию, конструкцию и условные обозначения крюков.
2. Изучить работу однорогого крюка.
3. Определить напряжения, действующие в изогнутой части однорогого крюка в соответствии с вариантом задания (табл. 2.1).

Таблица 2.1

### Исходные данные

№ варианта	Номер заготовки крюка	Грузоподъемность, т	Диаметр зева крюка $D$ , мм	Диаметр хвостовика $d_1$ , мм	Резьба $d_2$ , мм	$S$ , мм	$b_1$ , мм	$h_0$ , мм	$L$ , мм	
									Тип А	Тип Б
1	4	0,5	30	17	M16	22	18	26	85	110
2	5	0,63	32		M16	24	20	28	90	120
3	6	0,8	36	20	M20	26	22	32	105	130
4	7	1,0	40		M20	30	24	36	120	140
5	8	1,25	45	25	M24	33	26	40	130	160
6	9	1,6	50		M27	36	30	45	145	180
7	10	2,0	55	30	M30	40	34	52	165	220
8	11	2,5	60		35	M33	45	38	55	180
9	12	3,2	65	40	M36	50	40	65	195	375
10	13	4,0	75	45	M42	55	48	75	250	410
11	14	5,0	85	50	M48	65	54	82	280	475
12	15	6,3	95	55	M52	75	60	90	310	520
13	16	8,0	110	60	M56	85	65	100	340	580
14	17	10,0	120	70	M64	90	75	115	415	600
15	18	12,5	130	75	Трап. 70×10	100	80	130	440	630

### Теоретические сведения

Ниже приведены классификация и конструкция крюков в соответствии с ГОСТ 34680-2020 «Краны грузоподъемные. Крюки кованые и штампованные. Технические требования».

Крюки категории I – однорogie крюки, конструкции заготовок которых соответствуют показанным на рис. 2.1. Заготовки крюков категории I разделяют по типам: А – с коротким хвостовиком; Б – с длинным хвостовиком. Каждый тип изготавливают без прилива и с приливом (N).

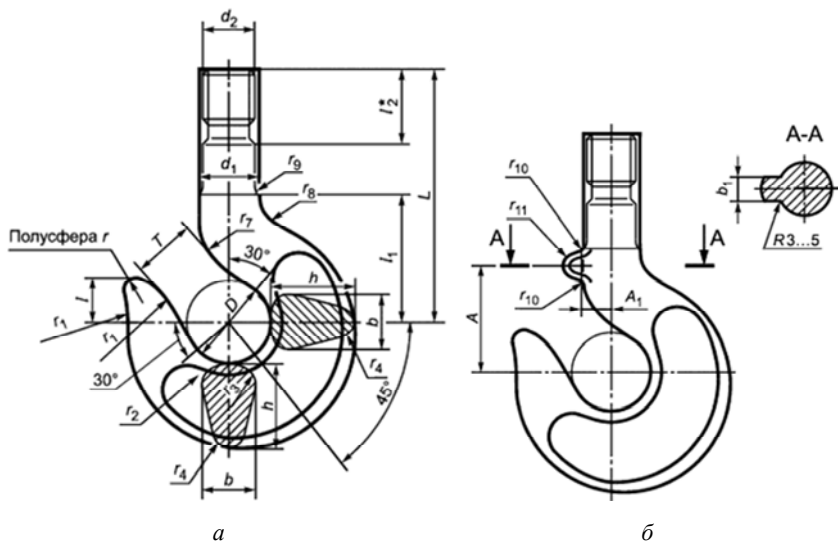


Рис. 2.1. Заготовки однорogie крюков категории I:  
*a* – без прилива; *б* – с приливом

Крюки категории II – двурogie крюки. Заготовки крюков категории II разделяют по типам: А – с коротким хвостовиком; Б – с длинным хвостовиком.

Крюки категории III – однорogie кованые и штампованные крюки, конструкции заготовок которых соответствуют показанным на рис. 2.2 и 2.3. Заготовки крюков категории III разделяют на три основных класса прочности в зависимости от величины предела текучести стали: М – 235 МПа; Р – 315 МПа; Т – 490 МПа; и два дополнительных класса: S – 390 МПа; V – 620 МПа. Крюки изготавливают без прилива и с приливом (N).

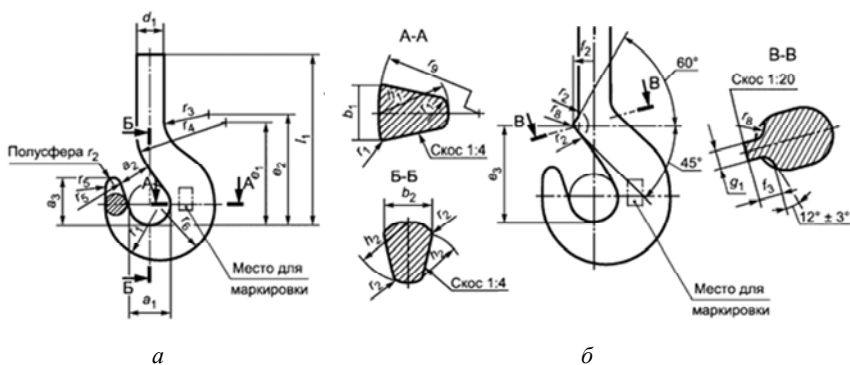


Рис. 2.2. Заготовки кованных однорогих крюков категории III от № 006 до № 250 включительно:  
*a* – без прилива; *б* – с приливом

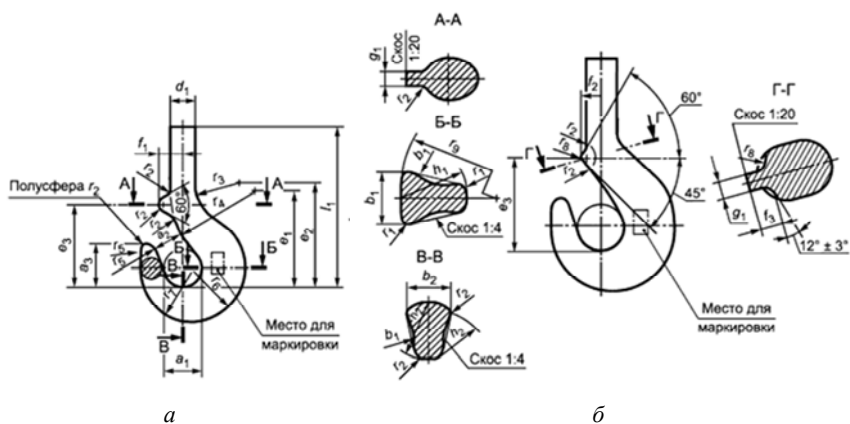


Рис. 2.3. Штампованные заготовки однорогих крюков категории III в исполнении N от № 006 до № 40 включительно:  
*a* – номера заготовок от № 006 до № 8 (прилив находится на хвостовике крюка);  
*б* – номера заготовок от № 10 до № 40 (аналогично кованным крюкам в исполнении N)

Крюки категории IV – двурогие кованные и штампованные крюки. Заготовки крюков категории IV разделяют на три основных класса прочности в зависимости от величины предела текучести стали: М – 235 МПа; Р – 315 МПа; Т – 490 МПа; и два дополни-



тельных класса: S – 390 МПа; V – 620 МПа. Крюки категории IV изготавливают без прилива и с приливом (N).

Каждый крюк должен быть маркирован. Способ нанесения маркировки должен обеспечить ее сохранность в течение всего срока службы крюка.

Маркировка должна содержать:

1-я строка – товарный знак или наименование производителя.

2-я строка – категорию крюка, номер заготовки и класс прочности (последнее для крюков III и IV категорий).

3-я строка – номер плавки (полный или условный).

4-я строка – порядковый (заводской) номер крюка по системе нумерации предприятия-изготовителя (для крюков, предъявляемых к приемке-сдаче в индивидуальном порядке).

5-я строка – год изготовления (последние две цифры).

6-я строка – контрольный размер (в предусмотренных случаях).

Каждый крюк или партия крюков, транспортируемые отдельно от грузоподъемных механизмов, должны сопровождаться документом (паспортом), устанавливающим соответствие крюков требованиям настоящего стандарта и содержащим:

- условное обозначение заготовки крюка или готового крюка;
- наименование или товарный знак предприятия-изготовителя;
- адрес предприятия-изготовителя и контактные телефоны, а также другие контактные данные (адрес интернет-сайта, адрес электронной почты и т. п.);

- количество крюков в партии;

- год и месяц выпуска;

- сертификат на материал заготовок;

- результаты проверок и испытаний;

- обозначение настоящего стандарта.

Примеры условного обозначения однорогого крюка:

- категории I, № 10, типа А (с коротким хвостовиком), без прилива:

*Крюк однорогий I-10-А ГОСТ 34680;*

- категории I, № 20, типа Б (с длинным хвостовиком), исполнения N (с приливом):

*Крюк однорогий I-20-Б-N ГОСТ 34680.*

Крюки являются основными универсальными и наиболее распространенными грузозахватными приспособлениями. К ним при помощи стропов различных конструкций или многообразных спе-

специализированных грузозахватных устройств можно подвешивать всевозможные грузы.

Крюк грузоподъемной крановой установки обычно крепится к подвижной блочной обойме полиспаста, вместе с которой представляет крюковую подвеску.

Каждый крюк должен иметь клеймо завода-изготовителя и паспорт с указанием грузоподъемности и характеристикой материала, из которого он изготовлен. Обычно грузовые крюки изготавливают из низкоуглеродистой стали марки 20 с последующей термообработкой.

Как правило, крюки выбирают по паспорту, исходя из заданной грузоподъемности. При подъеме груза, не соответствующего стандартной грузоподъемности, следует проверять несущую способность грузового крюка расчетом. Расчет заключается в определении напряжений в сечениях крюка: в крепежном участке (хвостовике) и в его изогнутой части (зеве).

По своей форме грузовые крюки относятся к криволинейным стержням большой кривизны, поэтому рассчитывать напряжение нужно с учетом кривизны:

– в горизонтальном сечении – на совместное действие растяжения и изгиба;

– в вертикальном сечении – на совместное действие растяжения, изгиба и среза.

Во время эксплуатации нужно следить за состоянием крюка и его крепления в обойме. Крюки, имеющие отгиб рога, поверхностные трещины или большой износ, следует заменить. Крюки в процессе эксплуатации периодически испытывают на перегрузку, превышающую номинальную на 25 %.

Расчетными сечениями однородного крюка являются сечения *I-I*, *II-II*, *III-III* (рис. 2.4).

В сечении *I-I* крюк рассчитывают на растяжение:

$$\sigma_p = \frac{4Q}{\pi d_{\text{вн}}^2} \leq [\sigma_p],$$

где  $Q$  – вес поднимаемого крюком груза, Н;

$d_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр резьбы, мм;

$[\sigma_p]$  – допускаемое напряжение на растяжение, для стали 20  $[\sigma_p] = 145$  МПа.

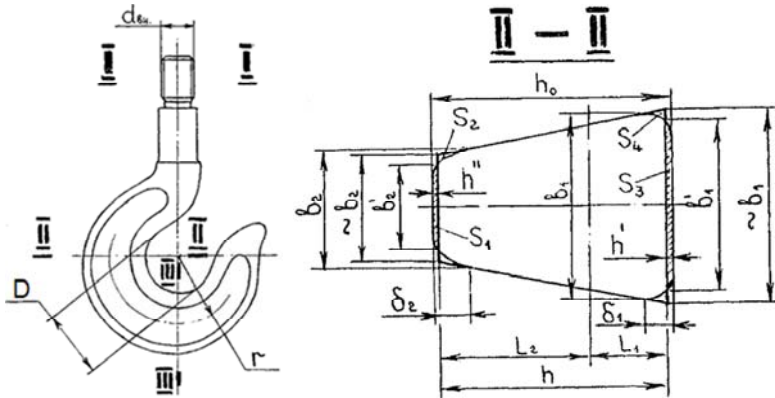


Рис. 2.4. Расчетная схема крюка

Сечения II-II и III-III находятся на криволинейном участке крюка и их приближенно рассчитывают по формулам прямого бруса на растяжение и изгиб. При уточненном расчете пользуются формулами кривого бруса. Если изогнутая часть крюка имеет трапециевидную форму, то для определения напряжений необходимо построить трапецию, равновеликую площади расчетного сечения. При этом используют геометрические размеры:  $h_0$ ;  $b_1$ ;  $b_2$ ;  $b'_1$ ;  $b'_2$ ;  $\delta_1$ ;  $\delta_2$ .

Для построения равновеликой трапеции можно воспользоваться следующей зависимостью:

$$S_1 = 2S_2;$$

$$b'_2 h'' = (\delta_2 - h'') \frac{b_2 - b'_2}{2}.$$

Размеры  $b_1$  и  $b_2$  с незначительной погрешностью считают основаниями трапеции. Отсюда:

$$h'' = \frac{\delta_2 (b_2 - b'_2)}{b_2 + b'_2}.$$

Приняв  $S_3 = 2S_4$ , найдем:

$$h' = \frac{\delta_1 (b_1 - b'_1)}{b_1 + b'_1}.$$

Тогда высота трапеции:

$$h = h_0 - (h' + h'').$$

Положение нейтральной оси сечения определяется размерами  $L_1$  и  $L_2$ :

$$L_1 = \frac{b_1 + 2b_2}{b_1 + b_2} \cdot \frac{h}{3};$$

$$L_2 = h - L_1.$$

Напряжение в растянутых волокнах (точка) сечения  $II-II$  определяют по формуле:

$$\sigma_{Bi} = \frac{gQ_i L_1}{FK \frac{D}{2}},$$

где  $D$  – размер зева крюка;

$F$  – площадь сечения:

$$F = \frac{b_1 + b_2}{2} h,$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий форму сечения и величину кривизны бруса. Для трапециевидного сечения:

$$K = \frac{2r}{(b_1 + b_2)h} \left\{ \left[ b_2 + \frac{b_1 - b_2}{h} (r + L_1) \right] \ln \frac{r + L_1}{r - L_2} - (b_1 - b_2) \right\} - 1,$$

где  $r$  – радиус кривизны нейтральной оси:

$$r = \frac{D}{2} + L_2.$$

Напряжение в сжатых волокнах (точка) рассматриваемого сечения определяют по формуле:

$$\sigma_{Ai} = \frac{gQ_i L_2}{FK(h + 0,5D)}.$$

Сечение крюка II-II обычно выполняют таким, чтобы напряжения сжатия  $\sigma_A$  и напряжения растяжения  $\sigma_B$  по абсолютной величине были одинаковы. В этом случае конструкция крюка будет оптимальной с точки зрения полного использования ее несущей способности. Таким условиям наиболее полно удовлетворяет сечение трапецевидной формы, когда большее основание трапеции повернуто внутрь зева крюка.

### Дополнительные указания к выполнению работы

1. Снять размеры контрольного сечения крюка.
2. Пользуясь формулами, построить равновеликую трапецию сечения.
3. Вычислить величину коэффициента  $K$ .
4. Пользуясь формулами, определить расчетную величину напряжений  $\sigma_A^p$  и  $\sigma_B^p$  при различных значениях  $Q$ . Полученные данные занести в табл. 2.2.

Таблица 2.2

### Напряжения в сечении крюка при различных нагрузках

Нагрузка $Q, Н$	Напряжения расчетные		Напряжения экспериментальные		Отклонения расчетных и экспериментальных данных	
	$\sigma_A^p,$ Н/м <sup>2</sup>	$\sigma_B^p,$ Н/м <sup>2</sup>	$\sigma_A^3,$ Н/м <sup>2</sup>	$\sigma_B^3,$ Н/м <sup>2</sup>	$\frac{\sigma_A^p - \sigma_A^3}{\sigma_A^p} 100 \%$	$\frac{\sigma_B^p - \sigma_B^3}{\sigma_B^p} 100 \%$

5. Определить с помощью тензоаппаратуры экспериментальные значения напряжений  $\sigma_A^3$  и  $\sigma_B^3$  при в точках  $A$  и  $B$ , нагружая крюки заданными значениями  $Q$ . Сравнить экспериментальные результаты крюков.

## Лабораторная работа № 3 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ

### Задание

1. Изучить общее устройство, принцип работы и особенности конструкции колодочных тормозов с короткоходовым электромагнитом и электрогидравлическим толкателем.
2. Вычертить схемы тормозов и описать их устройство и работу.
3. Определить величину тормозного момента заданного механизма и подобрать тормоз (табл. 3.1).
4. Отрегулировать тормоз по величине тормозного момента и отходу колодок.

Таблица 3.1

### Исходные данные

№ вар.	Показатели	Обозначение	Вариант					
			1	2	3	4	5	6
1	Тип механизма	–	Подъема груза			Передвижения крана		
2	Вес поднимаемого груза, Н	$G$	$5 \cdot 10^4$	$10 \cdot 10^4$	$15 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$10 \cdot 10^4$	$15 \cdot 10^4$
3	Кратность полиспаста	$a$	2	2	3	–	–	–
4	Частота вращения ротора двигателя, об/мин	$n_{дв}$	895	750	700	850	870	870
5	Группа режима работы механизма	–	М3	М5	М6	М3	М5	М6
6	Маховый момент ротора двигателя, Н·м <sup>2</sup>	$G_{дв} \cdot D_{дв}^2$	4,4	18,6	30,0	1,02	2,34	2,34
7	Передаточное число привода	$u$	32,42	40,17	50,94	23,35	31,50	20,49
8	Диаметр барабана, м	$D$	0,3	0,4	0,4	–	–	–
9	КПД привода	$\eta$	0,9	0,9	0,9	0,85	0,85	0,85
10	Вес крана, Н	$G_{кр}$	–	–	–	$20,8 \cdot 10^4$	$24 \cdot 10^4$	$28 \cdot 10^4$
11	Скорость передвижения крана, м/с	$v_{кр}$	–	–	–	1,26	1,3	1,3
12	Диаметр ходовых колес, м	$D_к$	–	–	–	0,4	0,5	0,56

## Теоретические сведения

### *Устройство и работа колодочных тормозов грузоподъемных машин*

Тормозами называют устройства, предназначенные для затормаживания подъемного, ходового и поворотного механизмов в грузоподъемных машинах. Их действие основано на плавном защемлении вращающихся шкивов, установленных на затормаживаемых валах, с помощью неподвижных колодок с фрикционными накладками.

Торможение механизма колодочными тормозами осуществляется при прижатии неподвижных колодок к шкиву, жестко установленному на валу механизма (рис. 3.1). Тормоз состоит из рамы 1, на которой шарнирно установлены стойки 2 и 3, к которым шарнирно прикреплены колодки 4 с фрикционными накладками 5.

Перемещение рычагов производится системой, состоящей из поперечного штока 6 и хомута 7, укрепленного на стойке 2, находящегося под действием усилия пружины 8. Размыкание тормоза (отвод колодок) производится специальным тормозным электромагнитом или электрогидравлическим толкателем. Для обеспечения равномерного развала обеих стоек служит упорный болт 9.

*Электромагнит* (рис. 3.1, а) состоит из неподвижного ярма 10 с катушкой 11, закрепленных на стойке 2, и поворотного якоря 12. При растормаживании на катушку подается напряжение, якорь притягивается к катушке, нажимает на шток тяги 6, сжимает пружину и разводит концы стоек 2 и 3.

*Электрогидравлический толкатель* (рис. 3.1, б) является независимым механизмом, состоящим из гидроцилиндра одностороннего действия 13, под поршень 14 которого нагнетается масло крыльчаткой 15 центробежного насоса, приводимого от электродвигателя 16. Шток 17 гидроцилиндра шарнирно связан с угловым рычагом 18, установленным на стойке 3. Корпус 19 гидротолкателя через приболченный к нему корпус двигателя шарнирно связан с рамой тормоза.

В корпус 19, а также в пространство между статором и ротором двигателя заливают масло, которое используется как рабочая жидкость для гидроцилиндра и охлаждающая для двигателя. При включенном двигателе масло из надпоршневой полости насосом подается в подпоршневую, создаваемое маслом давление перемещает поршень со штоком вверх и тормоз растормаживается. При выключении

ченном двигателе пружина 8 через треугольный рычаг 18 возвращает поршень в исходное положение, масло перетекает из подпоршневой полости в надпоршневую и тормоз затормаживается.

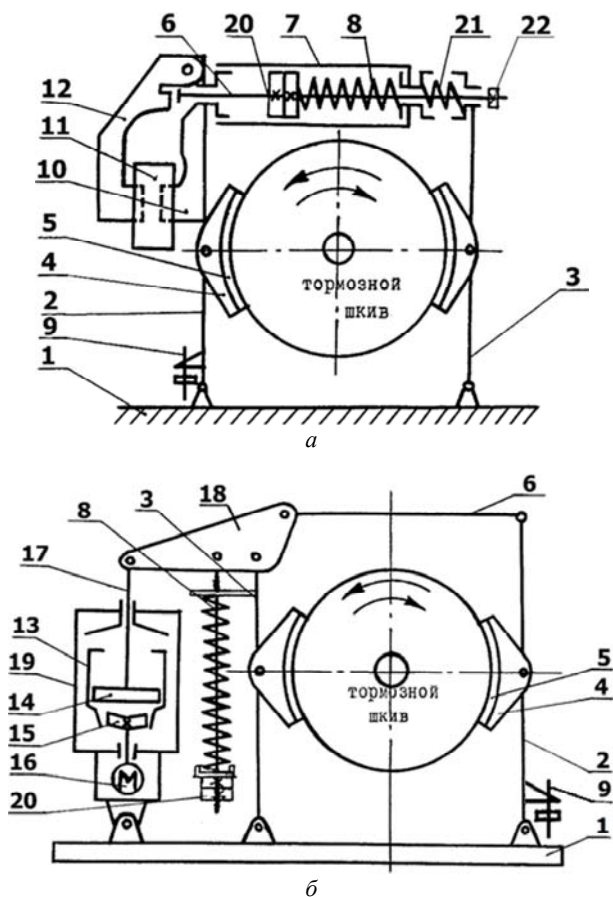


Рис. 3.1. Схема колодочного тормоза:

*а* – с короткоходовым электромагнитом; *б* – с электрогидравлическим толкателем;

- 1 – рама; 2, 3 – стойки; 4 – колодки; 5 – фрикционные накладки;
- 6 – поперечный шток; 7 – хомут; 8, 21 – пружины; 9 – упорный болт;
- 10 – неподвижное ярмо; 11 – катушка; 12 – поворотный ярко;
- 13 – гидроцилиндр одностороннего действия; 14 – поршень;
- 15 – крыльчатка центробежного насоса; 16 – электродвигатель;
- 17 – шток гидроцилиндра; 18 – треугольный рычаг;
- 19 – корпус гидротолкателя; 20, 22 – гайки



Для обеспечения плавного и надежного торможения должен быть установлен номинальный ход якоря (табл. 3.2), отрегулированы равномерный отход колодок и установочная длина пружины (табл. 3.3).

Таблица 3.2

Номинальный ход якоря, мм

Род тока	ТК-100	ТК 200/100	ТК-200	ТК-300/200	ТК-300
Переменный ток	5,5	5,5	7	7	–
Постоянный ток	1,2	1,2	2	2	2,5

Таблица 3.3

Номинальная установочная длина главной пружины тормоза, мм

Тормоз	Тормозной момент, Н·м	Для электромагнитов переменного тока	Для электромагнитов постоянного тока
ТК-100	10	49	51
	150	46,5	47,5
	250	43	44,5
ТК-200/100	25	124	125
	30	122,5	123,5
	35	121	122
	40	120	121
ТК-200	60	112,5	116,5
	80	108	112
	100	103	107
	120	98	102
	140	93,5	97
	160	88,5	92,5

Установка номинального хода якоря (толкателя) производится путем перемещения штока *b* (рис. 3.1) при вращении хвостовика. Замер хода якоря производится калибром на ключе или нормальным мерительным инструментом. В тормозах с клапанным электромагнитом (на переменном токе) замер производят по геометрической оси, соединяющей центры верхних заклепок на якоре и яр-

ме, в тормозах со штоковым магнитом (на постоянном токе) – в любом месте зазора между якорем и корпусом, а в тормозах с гидротолкателем – непосредственно по подъему штока толкателя.

Установка равномерного отхода колодок производится винтом 9.

Установочная длина главной пружины выбирается в зависимости от тормозного момента (табл. 3.3) и регулируется гайками 20.

### ***Расчет механизма подъема груза***

Механизмы подъема груза должны снабжаться тормозами нормально замкнутого типа, автоматически размыкающимися при включении привода. Величина тормозного момента  $M_T$  (Н·м), развиваемого тормозом, должна обеспечить удержание груза в неподвижном состоянии на весу с определенным коэффициентом запаса торможения  $k$ .

$$M_T \geq kM_{ст}^T,$$

где  $M_{ст}^T$  – статический момент от груза при торможении;

$k$  – коэффициент запаса торможения, принимается по «Правилам обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов» [1] (табл. 3.4).

Таблица 3.4

#### **Коэффициент запаса торможения**

Группа классификации механизма	$k$	Группа классификации механизма	$k$
M1	1,5	M5	1,5
M2	1,5	M6	2,0
M3	1,5	M7	2,0
M4	1,5	M8	2,5

Статический момент от груза при торможении определяется по формуле

$$M_{ст}^T = \frac{GD\eta}{2au}.$$

По табл. 3.5 подбирают тормоз по величине  $M_T$ .

Таблица 3.5

Основные параметры тормозов

Тип тормоза	Диаметр тормозного шкива, мм	Наибольший тормозной момент, Н·м	Тип тормоза	Диаметр тормозного шкива, мм	Наибольший тормозной момент, Н·м
ТКТ-100 ТКП-100	100	20	ТКТ-300 ТКП-300	300	500
ТКТ-200/100 ТКП-200/100	200	40	ТКТГ-160	160	100
ТКП-200	200	160	ТКТГ-200	200	200
ТКТ-300/200 ТКП-300/200	300	240	ТКТГ-320	320	800

Фактическое замедление при торможении определяется по формуле

$$\varepsilon_{\text{ф}} = \frac{v}{t_T}, \text{ м/с}^2,$$

где  $v$  – скорость подъема груза, м/с:

$$v = \frac{\pi D n_{\text{дв}}}{60 i a},$$

где  $t_T$  – время торможения (при опускании груза), с:

$$t_T = \frac{1,2(G_{\text{дв}} D_{\text{дв}}^2) n_{\text{дв}}}{95,5(M_T - M_{\text{СТ}}^T)} + \frac{G v^2 \eta}{n_{\text{дв}}(M_T - M_{\text{СТ}}^T)}.$$

Замедление  $\varepsilon_{\text{ф}}$  при торможении желательно иметь в пределах следующих величин, м/с<sup>2</sup>: монтажные краны – 0,1; краны механо-сборочных цехов – 0,2; грейферные краны – 0,8.

При невыполнении рекомендаций регулируют тормоз на расчетный тормозной момент за счет изменения длины рабочей пружины и вновь проверяют фактическое замедление при торможении.

### Расчет механизма передвижения

Тормоз при наибольшем допускаемом тормозном моменте должен обеспечивать торможение без возможности юза колес.

Максимальная допустимая величина замедления, при которой обеспечивается заданный запас сцепления ходовых колес с рельсом,  $m/c^2$ :

$$\varepsilon_{\max}^T = \left\{ \left[ \frac{m}{n} \left( \frac{f}{k_{\text{сц}}} - \frac{fd_k}{D_k} \right) + (2\mu + fd_k) \frac{1}{D_k} \right] - \frac{W_B}{G_{\text{кр}}} \right\} g,$$

где  $m$  – число приводных колес,  $m = 8$ ;

$n$  – общее число ходовых колес,  $n = 4$ ;

$\varphi$  – коэффициент сцепления ходовых колес с рельсом,  $\varphi = 0,15$ ;

$k_{\text{сц}}$  – запас сцепления,  $k_{\text{сц}} = 1,2$ ;

$f$  – приведенный к цапфе вала коэффициент трения в подшипниках опор колес  $f = 0,015-0,1$ ;

$d_k$  – диаметр цапфы колес, м;  $d_k = (0,15-0,2)D_k$ ;

$\mu$  – коэффициент трения качения колеса по рельсу, м;  $\mu = 0,0003-0,0012$ ;

$W_B$  – ветровая нагрузка, Н;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Время торможения крана без груза, с:

$$t_{\min}^T = \frac{v_{\text{кр}}}{\varepsilon_{\max}^T}.$$

Соппротивление передвижению крана при торможении без груза, Н:

$$W_{\text{тр}}^T = \frac{G_{\text{кр}}}{D_k} (2\mu + fd_k).$$

Момент статических сопротивлений, приведенных к тормозному валу, Н·м:

$$M_{\text{ст}}^T = \frac{W_{\text{тр}}^T D_k \eta}{2u}.$$

Наибольший допустимый тормозной момент, исходя из условия обеспечения торможения колес без скольжения по рельсам, Н·м:

$$M_T \leq \frac{G_{кр} D_k}{2u} \left( \varphi - \frac{2\mu + f d_k}{D_k} \right) \eta.$$

Выбираем тормоз из табл. 3.4 с тормозным моментом  $M_T$ .  
Фактическое время торможения, с:

$$t_{\phi}^T = \frac{1,2(G_{дв} D_{дв}^2) n_{дв}}{95,5(M_T + M_{ст}^T)} + \frac{G_{кр} v_{кр}^2 \eta}{n_{дв} (M_T + M_{ст}^T)}.$$

Проверяем соблюдение условия:

$$t_{\phi}^T > t_{\min}^T.$$

При несоблюдении условия регулируют тормоз на меньший тормозной момент или принимают другой тормоз, после чего вновь проверяют выполнение вышеприведенного условия.

## Лабораторная работа № 4 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА БАШЕННОГО КРАНА СЕРИИ КБ

### Задание

1. Изучить устройство башенного крана серии КБ и принцип работы его механизмов.
2. Вычертить и кратко описать схемы: общий вид крана, запосовка канатов и механизм поворота крана.
3. Изучить рабочий процесс крана и методику определения производительности.
4. Определить производительность крана в соответствии с вариантом задания (табл. 4.1).

Таблица 4.1

### Исходные данные

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средняя масса поднимаемого элемента $Q$ , т	1	1,5	4	5	6	1,8	3	1,4	7	8
Высота подъема $H$ , м	20	30	40	25	35	40	22	32	35	38
Длина пути передвижения грузовой тележки $S_T$ , м	10	14	12	10	8	12	14	20	10	8
Длина пути передвижения крана по рельсам $S_K$ , м	15	10	8	12	15	20	14	10	20	18
Угол поворота платформы $\alpha$ , град.	100	90	120	150	180	90	120	135	180	160
Время наводки и установки $t_y$ , мин	0,7	1,0	2,0	1,5	1,2	1,6	2,0	0,9	1,3	1,5
Время зацепки и отцепки монтируемого элемента $t_z$ , мин	3	5	6	2,5	3,5	5,5	4	7	4,5	5

### Теоретические сведения

#### *Устройство и работа башенного крана серии КБ*

Башенные краны широко применяются в жилищном, коммунальном, промышленном и других видах строительства для выпол-

нения монтажных работ, подачи строительных материалов и изделий на сооружаемые объекты.

Кран серии КБ (рис. 4.1) выполнен на рельсовом ходу и состоит из ходовой рамы 1 с кронштейнами 2 и ходовыми тележками 3, поворотной платформы 4 с размещенными на ней грузовой 5 и стреловой 6 лебедками, механизмом поворота 7, противовесом 8, башни с распоркой 9 и навесной кабиной 10, балочной стрелой 11 с грузовой тележкой 12 и механизмом 13 ее передвижения.

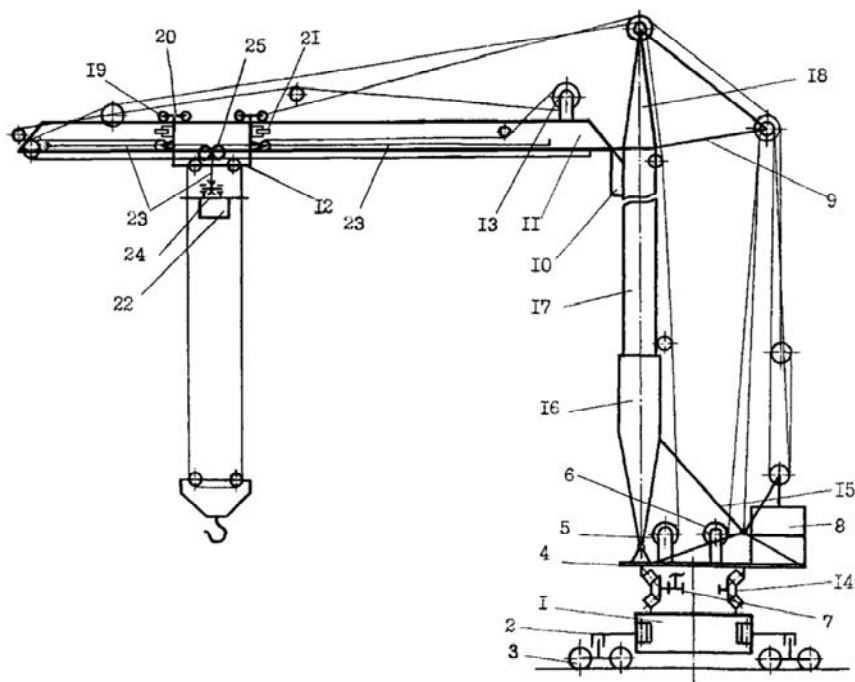


Рис. 4.1. Общий вид башенного крана серии КБ:

- 1 – ходовая рама; 2 – кронштейны; 3 – ходовые тележки;
- 4 – поворотная платформа; 5 – грузовая лебедка; 6 – стреловая лебедка;
- 7 – механизм поворота; 8 – противовес; 9 – распорка; 10 – кабина;
- 11 – балочная стрела; 12 – грузовая тележка; 13 – механизм перемещения грузовой тележки; 14 – роликовое опорно-поворотное устройство;
- 15 – подкос; 16 – портал; 17 – секции; 18 – головок; 19 – ролики;
- 20 – балансиры; 21 – боковые ролики; 22 – упор ограничителя высоты подъема;
- 23 – канат; 24 – блоки на упоре; 25 – блоки на тележке

Ходовая рама 1 крана представляет собой сварное кольцо коробчатого сечения, которое проушинами шарнирно соединено с четырьмя диагонально расположенными кронштейнами 2. Кронштейны через цапфы опираются на ходовые тележки, две из которых ведущие. Шарнирное соединение кронштейнов с ходовой рамой и тележками, которые выполнены балансирными, облегчает прохождение крана по закруглениям рельсового пути.

Для предотвращения угона крана в нерабочем состоянии ветром тележки снабжены противоугонными захватами. Поворотная платформа 4 опирается на ходовую раму 1 с возможностью вращения в горизонтальной плоскости. Это соединение осуществлено с помощью роликового опорно-поворотного устройства 14, выполняющего роль подшипника для вращения поворотной платформы.

Составная телескопическая башня решетчатой сварной конструкции, выполненная из труб, установлена на поворотной платформе шарнирно и удерживается в вертикальном положении посредством подкосов 15. Башня состоит из портала 16, секций 17, головка 18, распорки 9 и механизма выдвижения. Удлинение башни осуществляется снизу на необходимую высоту по мере возведения строящегося объекта.

В верхней части башни крепится кабина 10 и выполненная из труб стрела 11. Стрела имеет направляющие для перемещения грузовой тележки в виде продольных уголков.

Стрела состоит из четырех секций и может иметь длину 20, 25, 30 м. Для увеличения высоты подъема груза стрела длиной 20 и 25 м может устанавливаться под углом  $30^\circ$  и  $50^\circ$ . Грузовая тележка 12 опирается на направляющие стрелы четырьмя парами роликов 19, которые для равномерного распределения нагрузок соединены с рамой тележки балансирными 20. Для устранения перекосов при движении тележка снабжена четырьмя боковыми роликами 21.

Привод крана выполнен много моторным, индивидуальным, с питанием электродвигателей от сети трехфазного переменного тока и содержит пять механизмов: грузовой, стреловой, передвижения тележки (тележечный), поворота платформы и передвижения крана по рельсам.

Каждый механизм снабжен отдельным реверсивным двигателем. На кране установлены три электрические реверсивные лебедки: грузовая, стреловая и тележечная.

*Грузоподъемный механизм* крана (рис. 4.2) состоит из лебедки 1, каната 2, закрепленного на барабане лебедки и огибающего неподвиж-



ный блок 3 на головке башни, неподвижные блоки 4 и 5 на головной части стрелы, неподвижные блоки 6 и 7 на раме 8 грузовой тележки, подвижные блоки 9 и 10 крюковой подвески 11, содержащей крюк 12. Грузовой канат образует двукратный грузовой полиспаст 13. Второй конец грузового каната прикреплен к стреле через ограничитель грузоподъемности 14, который автоматически отключает грузовую лебедку при превышении установленной грузоподъемности.

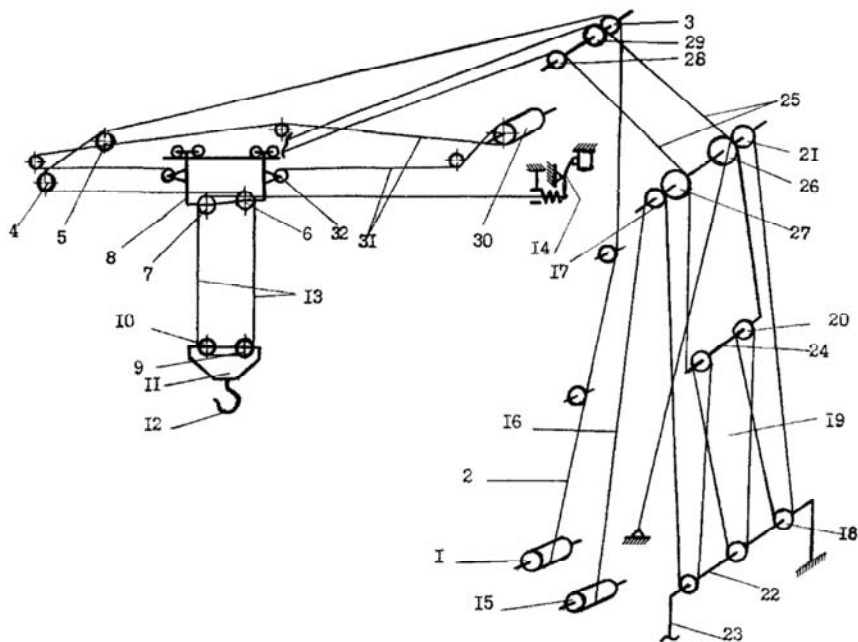


Рис. 4.2. Схема запасовки канатов:

- 1 – лебедка; 2 – канат; 3 – неподвижный блок на головке башни;
- 4, 5 – неподвижные блоки на головной части стрелы; 6, 7 – неподвижные блоки на раме грузовой тележки; 8 – грузовая тележка; 9, 10 – подвижные блоки крюковой подвески; 11 – крюковая подвеска; 12 – крюк; 13 – двукратный грузовой полиспаст; 14 – ограничитель грузоподъемности; 15 – лебедка;
- 16 – канат; 17, 21 – неподвижные блоки на распорке башни;
- 18 – блоки неподвижной обоймы стрелового полиспаста; 19 – стреловой полиспаст; 20 – блоки подвижной обоймы стрелового полиспаста;
- 22 – неподвижная обойма стрелового полиспаста; 23 – оттяжки;
- 24 – подвижная обойма блоков стрелового полиспаста; 25 – стреловой расчал;
- 26, 27 – блоки на распорке башни; 28, 29 – блоки на головке башни;
- 30 – лебедка; 31 – тележечные канаты; 32 – натяжное устройство

Грузовая лебедка выполнена двухдвигательной. Электродвигатели соединены последовательно с ведущим валом редуктора и включаются автоматически в зависимости от массы поднимаемого груза. Для подъема груза массой до 2 т со скоростью 58 м/мин включается один из двигателей. Для подъема груза массой более 2 т со скоростью 40 м/мин включается другой двигатель, имеющий меньшую частоту вращения.

*Стрелоподъемный механизм* крана (рис. 4.2) состоит из лебедки 15, каната 16, закрепленного на барабане лебедки и огибающего неподвижный блок 17 на распорке башни, три блока 18 неподвижной обоймы 22 и два блока 20 подвижной обоймы 24 стрелового полиспаста 19. Второй конец стрелового каната 16 закреплен на поворотной платформе. Неподвижная обойма 22 стрелового полиспаста крепится к поворотной платформе через две оттяжки 23. Подвижная обойма 24 стрелового полиспаста 19 соединена со стрелой посредством стрелового расчала 25, состоящего из двух канатов, которые огибают блоки 26 и 27 на распорке башни и блоки 28 и 29 на головке башни. Стреловой полиспаст четырехкратный.

Стреловая унифицированная лебедка крана имеет обычную типовую конструкцию.

Замкнутый канатный привод передвижения грузовой тележки 8 состоит из лебедки 30 (рис. 4.2), установленной на стреле, тележечных канатов 31 и натяжного устройства 32, снабженного храповыми остановами для натяжения тележечных канатов. Тележечные канаты левыми концами закреплены на натяжном устройстве 32 с противоположных сторон тележки, а правыми концами – с противоположных сторон лебедки 30.

При вращении лебедки по часовой стрелке тележка перемещается вправо и вылет груза уменьшается, против часовой стрелки – тележка перемещается влево и вылет груза увеличивается.

Кран снабжен ограничителем высоты подъема груза (рис. 4.1). Упор 22 ограничителя подвешен к стреле посредством каната 23, огибающего два блока 24 на упоре и два блока 25 на тележке. Левый конец каната 23 прикреплен к передней части стрелы, а правый – к рычагу конечного выключателя, расположенного на задней части стрелы. Натяжением каната 23 под действием веса упора 22 конечный выключатель замыкает цепь питания электродвигателя грузовой лебедки. При подъеме груза на максимальную высоту крюковая

подвеска приподнимает упор 22. При этом канат 23 перестает действовать на конечный выключатель, который обесточивает двигатель. Подъем груза автоматически прекращается.

Устройство для вращения поворотной платформы крана (рис. 4.3) состоит из механизма поворота и опорно-поворотного устройства. Механизм поворота осуществляет принудительное вращение поворотной платформы, а опорно-поворотное устройство является для нее подвижной опорой (подшипником).

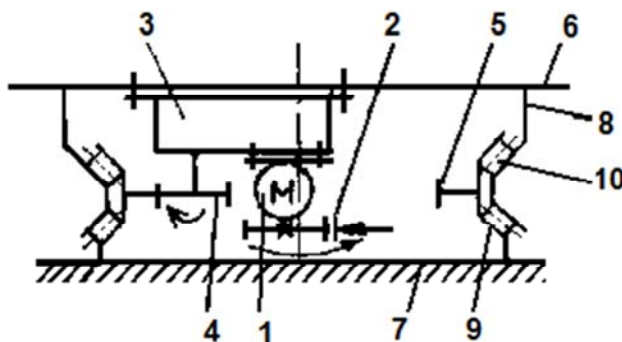


Рис. 4.3. Схема механизма вращения поворотной платформы:

- 1 – электродвигатель; 2 – колодочный тормоз;
- 3 – трехступенчатый цилиндрический редуктор; 4 – шестерня;
- 5 – зубчатый венец; 6 – поворотная платформа; 7 – ходовая рама;
- 8 – наружная обойма; 9 – внутренняя обойма; 10 – тела качения (ролики)

На кране серии КБ установлен унифицированный механизм поворота. Механизм состоит из установленных в одном блоке электродвигателя 1, колодочного тормоза 2, трехступенчатого цилиндрического редуктора 3 и шестерни 4, закрепленной на ведомом валу редуктора. Шестерня 4 зацеплена с внутренними зубьями зубчатого венца 5, который выполнен как одно целое с внутренней обоймой 9 опорно-поворотного устройства. Корпус редуктора 3 прикреплен к поворотной платформе. Электродвигатель 1 имеет фланцевое крепление к редуктору.

Поворотная платформа 6 установлена на ходовой раме 7 посредством роликового двухрядного опорно-поворотного устройства. Оно, как и обычный подшипник качения, состоит из двух обойм (колец): наружной 8, внутренней 9 и двух рядов тел качения (роли-

ков) 10 между обоями. Причем наружная обойма 8 соединена с поворотной платформой 6, а внутренняя обойма 9 вместе с зубчатым венцом 5 соединена с ходовой рамой 7. При вращении поворотной платформы ходовая рама, обойма 9 и венец 5 остаются неподвижными, а относительно их совершает горизонтальное вращение поворотная платформа вместе с наружной обоймой 8, перекатывающейся на роликах по внутренней неподвижной обойме 9.

При включенном электродвигателе 1 через редуктор 3 приводится во вращение шестерня 4, которая, обкатываясь по зубьям венца 5, совершает планетарное движение и увлекает во вращение сам механизм поворота, а вместе с ним и поворотную платформу 6.

### ***Определение производительности башенного крана серии КБ***

Рабочий процесс строительных кранов осуществляется циклично. Основными операциями рабочего цикла являются: зацепка груза; подъем груза; перемещение груза в горизонтальной плоскости посредством передвижения грузовой тележки по стреле крана по рельсам и поворота поворотной платформы; наводка груза и установка его в проектное положение; отцепка груза; опускание крюка; перемещение крюка в горизонтальной плоскости к месту очередной зацепки.

Для сокращения времени цикла и повышения производительности крана широко используется совмещение операций: подъем или опускание крюка с поворотом; поворот с перемещением крюка в горизонтальном направлении и др.

Суммарное время рабочего цикла крана может быть подсчитано по формуле:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{м}} + t_{\text{р}},$$

где  $t_{\text{м}}$  – машинное время, мин:

$$t_{\text{м}} = A \left( \frac{H}{v_1} + \frac{H}{v_2} + \frac{2S_{\text{т}}}{v_{\text{т}}} + \frac{2S_{\text{к}}}{v_{\text{к}}} + \frac{2\alpha}{360n_{\text{п}}} \right),$$

где  $v_1$  – скорость подъема, м/мин;  $v_1 = 58$  и  $40$  (при массе груза до  $2$  и свыше  $2$  т, соответственно);

$v_2$  – скорость опускания крюка, м/мин;  $v_2 = 65$ ;

$v_T$  – скорость передвижения грузовой тележки, м/мин;  $v_T = 23$ ;

$v_K$  – скорость передвижения крана, м/мин;  $v_K = 18$ ;

$n_{\Pi}$  – частота вращения поворотной платформы, об/мин;  $n_{\Pi} = 0,6$ ;

$A$  – коэффициент, учитывающий совмещение операций, который принимается в зависимости от угла поворота (табл. 4.2);

$t_p$  – время ручных операций, мин.:

$$t_p = t_3 + t_y.$$

Таблица 4.2

Коэффициент, учитывающий совмещение операций  
при работе крана

Угол поворота платформы $\alpha$ , град.	90	100	120	135	150	160	180
Коэффициент $A$	0,90	0,88	0,83	0,80	0,77	0,74	0,70

Сменная эксплуатационная производительность крана определяется по формуле:

$$П_{\text{см}} = \frac{60t_{\text{см}}Qk_{\text{в}}}{T_{\text{ц}}}, \text{ Т/см},$$

где  $t_{\text{см}} = 8,2$  – средняя продолжительность смены при пятидневной рабочей неделе, ч;

$k_{\text{в}}$  – коэффициент использования крана по времени работы. При монтажных работах  $k_{\text{в}} = 0,7-0,9$ .

## Лабораторная работа № 5 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА БЫСТРОМОНТИРУЕМОГО БАШЕННОГО КРАНА

### Задание

1. Изучить общее устройство крана.
2. Изучить схему монтажа крана.
3. Изучить схему запасовки грузового каната.
4. Изучить схему запасовки тягового каната.
5. Изучить схему запасовки монтажного каната.
6. Вычертить схему общего вида башенного крана.
7. Вычертить схему запасовки каната (по заданию преподавателя).

### Теоретические сведения

Быстромонтируемым башенным краном называют кран с оперативным временем монтажа не более 30 мин. Конструкция таких кранов обеспечивает их установку в рабочее состояние и перевод в транспортное положение с помощью собственных механизмов без разборки на отдельные узлы и сборочные единицы. Они могут устанавливаться стационарно на фундаменте или специальной крестовине с пригрузами бетонными блоками, выполняться на самоходном шасси, прицепными, на рельсовом ходу.

Монтаж и демонтаж крана заключается в раскладывании башни и стрелы и переводе башни в вертикальное положение – перед началом работ, складывании стрелы и телескопировании башни с переводом в транспортное положение – после окончания работы на строительном объекте.

На рис. 5.1 приведен общий вид быстромонтируемого башенного крана. Кран может устанавливаться на бетонных блоках стационарно или на рельсовый путь.

Кран состоит из несущей рамы 1 и балок 2, образующих опорную крестовину, опорно-поворотного устройства 3, поворотной платформы 4, на которой смонтированы башня 5 с кабиной управления 6 и стрелой 7, противовеса 8, лебедок механизмов и механизма поворота.

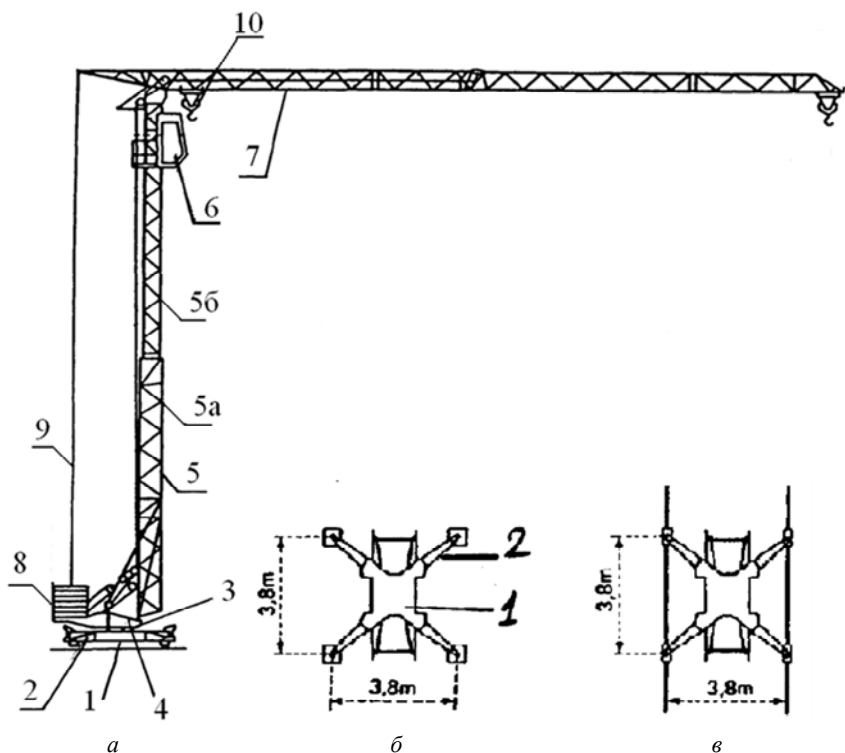


Рис. 5.1. Общий вид башенного крана:

*a* – общий вид крана на рельсовом пути;

*б* – стационарная установка основания крана;

*в* – установка основания крана на рельсовом пути;

1 – несущая рама; 2 – балки; 3 – опорно-поворотное устройство;

4 – поворотная платформа; 5 – башня; 5а – корневая секция башни;

5б – выдвижная секция башни; 6 – кабина управления; 7 – стрела;

8 – противовес; 9 – тяга; 10 – грузовая каретка

Балки 2 – выдвижные, при монтаже крана они выдвигаются из направляющих несущей рамы, при демонтаже – вдвигаются. На конце балок крепятся опорные башмаки – при стационарном варианте – или ходовые тележки – при установке крана на рельсовый путь.

Башня крана состоит из корневой секции 5а, шарнирно прикрепленной к кронштейну поворотной платформы, и выдвижной секции 5б, телескопируемой канатным полиспастом.

Стрела шарнирно прикреплена к башне. Она состоит из двух шарнирно соединенных между собой секций. В горизонтальном положении стрела удерживается посредством тяги 9. Стрела имеет треугольное сечение, нижние пояса фермы одновременно являются ездовыми балками, по которым перемещается грузовая каретка 10. В смонтированном положении стрела устанавливается горизонтально. При необходимости увеличения высоты подъема груза она может устанавливаться и под углом.

Устойчивость крана обеспечивается плитами противовеса 8.

Кабина закреплена в верхней части выдвижной секции башни. Оператор управляет краном с переносного радиопульта, находясь в кабине или вне ее.

Показанный на рис. 5.1 быстромонтируемый кран предназначен для малоэтажного строительства. Основные эксплуатационные показатели крана: грузоподъемность – 1–3 т; максимальная высота подъема: при горизонтальной стреле – 20 м, при поднятой стреле – 33,8 м; вылет максимальный – 30 м.

Кран имеет следующие механизмы: механизм подъема груза, механизм передвижения грузовой тележки, механизм поворота.

Особенностью конструкции быстромонтируемых кранов является то, что грузовой барабан и монтажный барабан установлены соосно и приводятся во вращение от одного механизма. Специальное устройство позволяет возможность раздельного вращения барабанов.

*Схема запасовки грузового каната* показана на рис. 5.2. Канат закреплен на грузовом барабане 1 и, обходя поочередно блоки 3, 4, 5, 6 и 7, закрепляется на стреле.

Грузовая тележка крана передвигается с помощью канатной тяги. Тяговая лебедка 1 (рис. 5.3) установлена вверху в выдвижной секции башни. На барабане лебедки закреплены концы двух канатов – короткий 2 и длинный 8. Короткий канат, обойдя блок 3, закрепляется на каретке 4. Длинный канат 8 после закрепления на барабане поочередно огибает блоки 7, 9, 6 и 5 закрепляется со второй стороны каретки.

Блок 10 и барабан 11 посредством блока 9 осуществляют натяжение длинного каната тяговой лебедки при изменении высоты башни.

Установка башни в вертикальное положение и выдвижение башни осуществляется одним канатом, закрепленным на монтажном барабане (рис. 5.4).



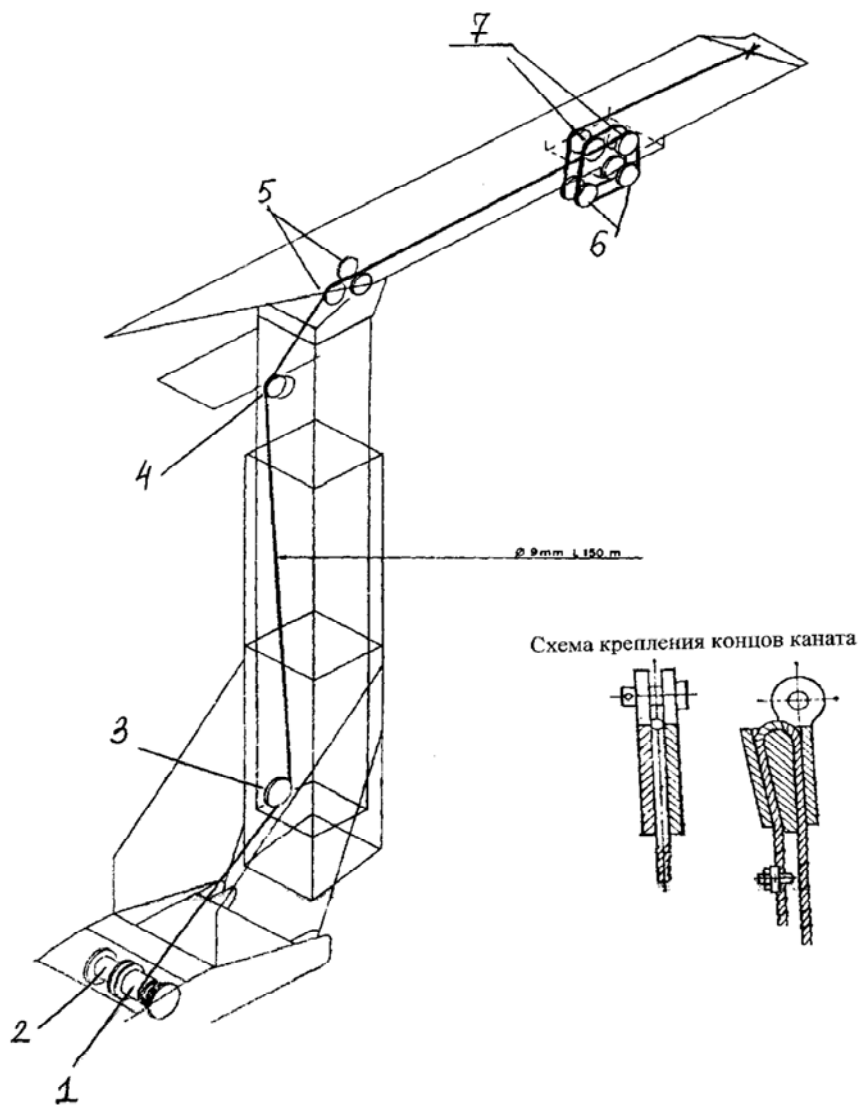


Рис. 5.2. Схема запаски грузового каната:  
 1 – грузовой барабан; 2 – монтажный барабан; 3, 4, 5 – обводные блоки;  
 6 – блоки подвижной обоймы полиспаста;  
 7 – блоки неподвижной обоймы полиспаста

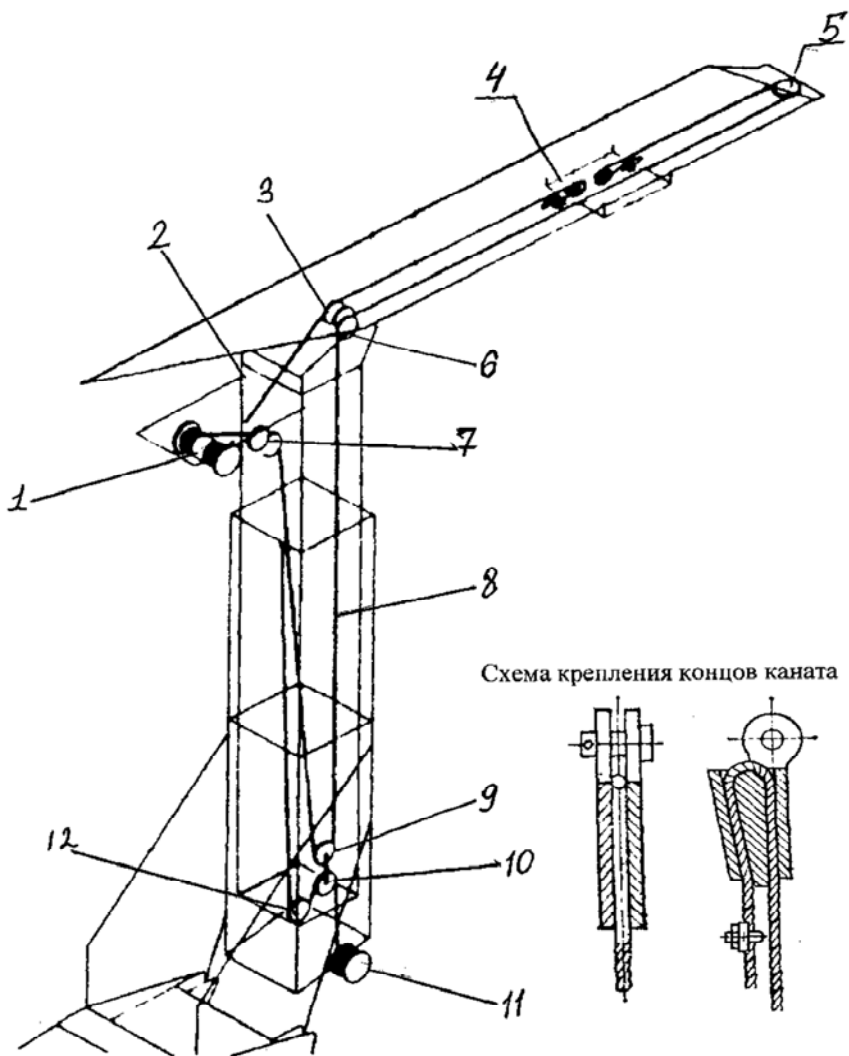


Рис. 5.3. Схема запаски каната передвижения грузовой тележки:  
 1 – тяговая лебедка; 2 – короткий канат; 3, 5, 6, 7, 9 – обводные блоки;  
 4 – каретка; 8 – длинный канат; 10, 12 – блоки; 11 – барабан

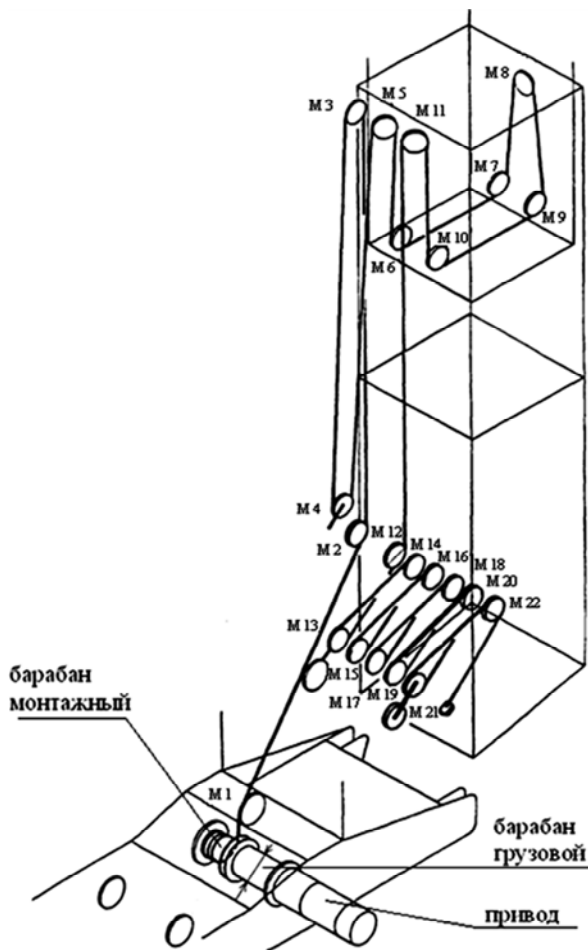


Рис. 5.4. Схема запаски каната телескопирования башни и установки башни

Блоки *M3*, *M5*, *M11* и *M8* полиспаста телескопирования закреплены в верхней части корневой секции башни, а блоки *M6*, *M7*, *M9* и *M10* – в нижней части выдвижной секции башни. Блоки *M12–M22* образуют полиспаст подъема башни.

Схема запаски каната оттяжки и удержания стрелы показана на рис. 5.5.

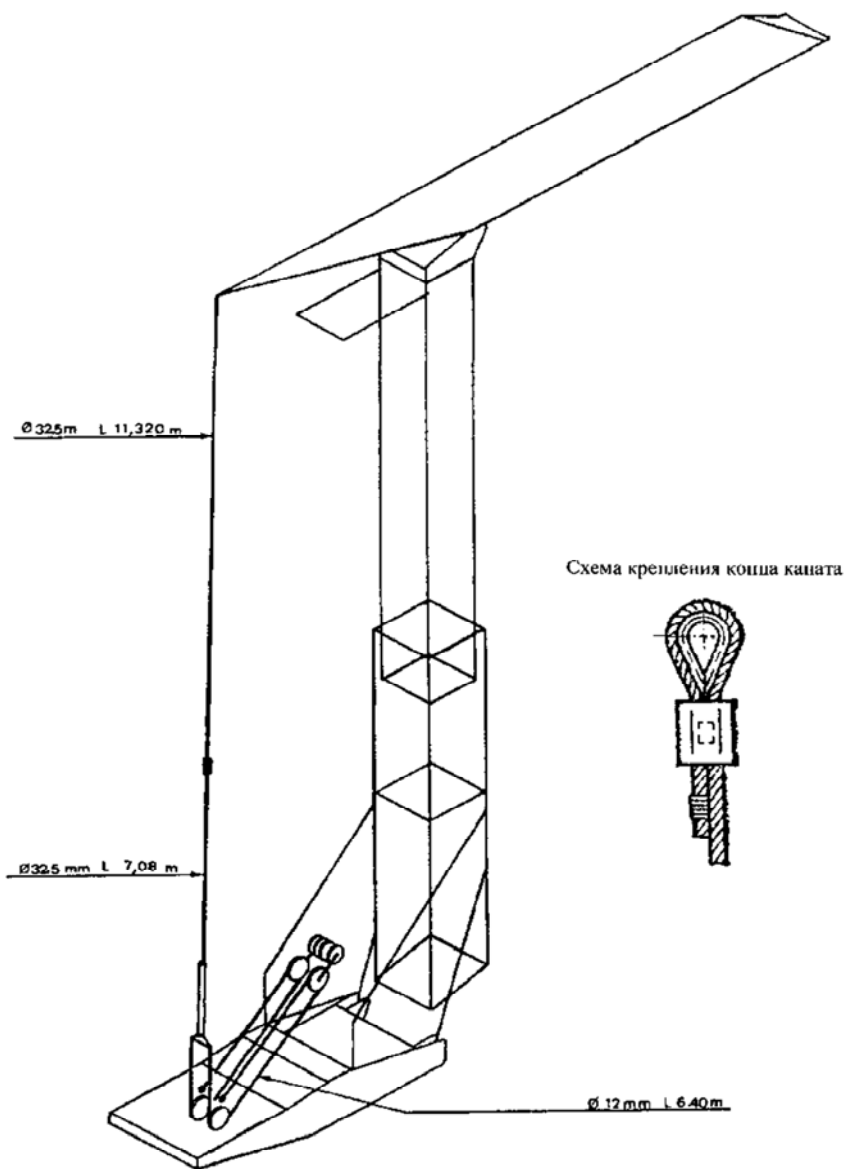


Рис. 5.5. Схема запасовки каната оттяжки и удержания стрелы

При монтаже крана и переводе его из транспортного положения в рабочее кран подключается к электропитанию, барабан грузового каната фиксируется с помощью специального приспособления и включается вращение монтажного барабана. При этом канатно-блочной системой осуществляется одновременно подъем башни, телескопирование ее секций и подъем стрелы. По мере выдвижения башни увеличивается длина тяги 9 (рис. 5.1), удерживающий стрелу в горизонтальном положении.

После установки башни в вертикальное положение и ее полного выдвижения монтажный барабан стопорится фиксатором, а грузовой барабан разблокируется. Перевод крана из транспортного положения в рабочее заканчивается.

При демонтаже крана все операции осуществляются в обратной последовательности. Опускание верхней секции башни и перевод ее в горизонтальное положение происходит под действием силы тяжести башни и стрелы.

## Лабораторная работа № 6 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА МАЧТОВОЙ ПОДЪЕМНОЙ ПЛАТФОРМЫ

### Задание

1. Изучить устройство платформы и принцип ее работы.
2. Изучить механизм подъема платформы.
3. Вычертить кинематическую схему механизма подъема.

### Теоретические сведения

Подъемная платформа применяется как мачтовая рабочая площадка с одной или двумя мачтами. Она предназначена для перевозки людей вместе с инструментами, а также материалов для работы на высоте и другого необходимого оборудования.

Применима для всех видов работ: монтажа, завершающих работ, штукатурки и окрашивания зданий и промышленных объектов. Устанавливается как внутри, так и снаружи зданий. Платформа перемещается вверх и вниз при помощи кнопок на пульте управления, на котором находится также кнопка аварийной остановки.

Платформа имеет основы, мачту и боковые помосты, которые присоединены к главному помосту (рис. 6.1).

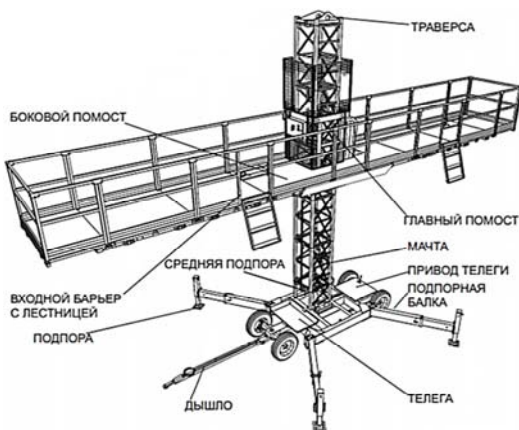


Рис. 6.1. Подъемная платформа

Телега состоит из сварной рамы с четырьмя колесами и четырьмя выдвигаемыми опорами, которые отклоняются. Они применяются для устойчивого положения мачты. Привод телеги облегчает передвижение машины на площадке стройки. Мачта состоит из секций решетчатой конструкции, которые монтируются одна над другой при помощи сегментных болтов (винтов). Выполнены секции из горячеоцинкованной стали. Высота секции составляет 1,25 м, масса – 82 кг. Собранная из секций мачта должна опираться на стену с максимальным интервалом 18 м. На одной стороне секции мачты находится зубчатая рейка привода платформы (рис. 6.2).

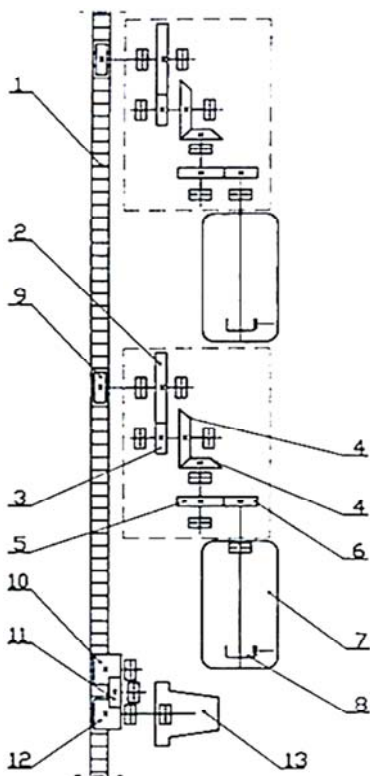


Рис. 6.2. Кинематическая схема механизма подъема:

1 – зубчатая рейка; 2 – шестерня; 3 – вал-шестерня; 4 – конусный состав;  
5, 6 – шестерня; 7 – электродвигатели; 8 – автоматический тормоз,  
нормально замкнутый; 9, 10, 11, 12 – шестерня; 13 – захватное устройство

Для узких и тесных строительных площадок спроектирована специальная мини-основа. Соединив две одномоачтовые подъемные платформы при помощи шарниров, можно получить двухмачтовую платформу. Это обеспечивает еще более высокую надежность и позволяет увеличить длину платформы с 13,75 м до 31,4 м. Кроме того, таким образом можно увеличить грузоподъемность с 2000 кг до 4200 кг.

Мачтовая подъемная платформа спроектирована таким образом, чтобы монтаж был легким и быстрым. Перед эксплуатацией необходимо произвести монтаж в следующем порядке:

- 1) монтаж телеги;
- 2) болтовое соединение первой секции мачты;
- 3) монтаж приводного механизма;
- 4) монтаж главной платформы;
- 5) монтаж системы кулачков;
- 6) монтаж конечных выключателей.

Технические характеристики платформ представлены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

### Технические параметры платформ

Технические данные	SC4000	SC4000
	одномоачтовая	двухмачтовая
Макс. длина платформы, м	13,75	31,4
Грузоподъемность, кг	2000	4200
Макс. свободная высота с полностью выдвинутыми аутригерами, м	15	15
Макс. высота с анкерровкой сверху, м	25	25
Макс. высота с анкерровкой мачты, м	100	100
Расстояние между анкерами, м	18,5	18,5
Макс. аутригерная нагрузка, кН	60	60
Макс. транспортный вес, кг	4000	8000
Скорость подъема, м/мин	6,0	6,0
Высота мачтовых секций, мм	1256	1256
Масса мачтовых секций, кг	82	82
Устройства безопасности:		
– механический тормоз безопасности;	+	+
– аварийная остановка и концевые выключатели;	+	+
– электромагнитный тормоз;	+	+
– реле аварийного тока	+	+



## Лабораторная работа № 7 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ БАШЕННЫХ КРАНОВ

### Задание

1. Изучить устройство и принцип работы ограничителей поворота, передвижения, высоты подъема груза и грузоподъемности.
2. Вычертить и кратко описать схемы установки датчика ограничителя на кране КБ-403Б, структурную и принципиальную электрические схемы ограничителя грузоподъемности.

### Теоретические сведения

Грузоподъемные машины с электрическим приводом снабжены устройствами, автоматически останавливающими механизм подъема груза при подходе грузозахватного устройства к верхнему допустимому положению, механизм подъема стрелы при подходе к ее верхнему упору, механизм передвижения крана и механизм передвижения грузовой тележки при подходе к концевым упорам.

Ограничители конечных положений механизмов представляют собой систему, состоящую из конечного выключателя и воздействующего на него устройства.

*Ограничитель высоты подъема груза* (рис. 7.1) состоит из концевого выключателя 1, рычага 3 с грузом 5, удерживаемым от падения тросом 6. Размыкающий контакт концевого выключателя находится в цепи контактора, осуществляющего включение двигателя механизма подъема, или в цепи защиты крана.

При подъеме груза до предельного верхнего уровня крюковая подвеска 4 поднимает рычаг с грузом, что приводит к размыканию контакта 2, отключению подъемного двигателя и замыканию тормоза.

*Ограничитель поворота* (рис. 7.2) состоит из конечного выключателя ВУ-250, вал которого через встроенный в выключатель редуктор (с передачей 1/50) с помощью шестерни 3 связан с зубчатым венцом 2 опорно-поворотного шарикового круга. Конечный выключатель крепится на кронштейне к поворотной платформе 1. Вращение крана вызывает поворот вала конечного выключателя и размыкание контактов выключателя при достижении валом

определенного положения. Регулируют ограничитель изменением положения кулачковых шайб в выключателе ВУ-250.

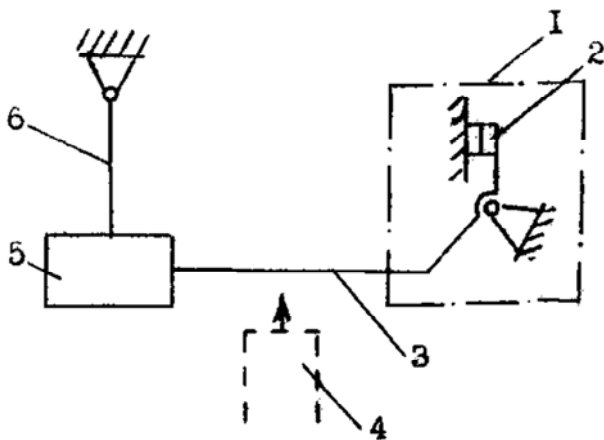


Рис. 7.1. Ограничитель высоты подъема:  
 1 – концевой выключатель; 2 – контакт; 3 – рычаг;  
 4 – крюковая подвеска; 5 – груз; 6 – трос

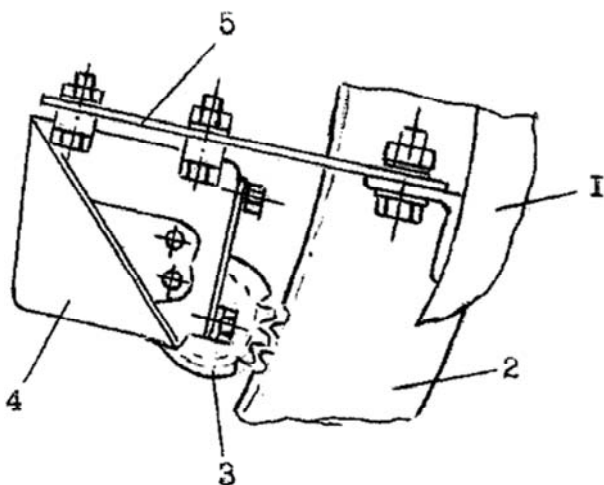


Рис. 7.2. Ограничитель поворота с приводным конечным выключателем:  
 1 – поворотная платформа; 2 – зубчатый венец опорно-поворотного устройства;  
 3 – шестерня; 4 – конечный выключатель; 5 – кронштейн

Ограничитель передвижения крана и тележек (рис. 7.3, а) состоит из концевого выключателя 1 и профилированной линейки 2. В ограничителях хода кранов концевой выключатель установлен на кране, а линейка – на основании кранового пути; в ограничителях хода тележек концевой выключатель расположен на пролетном строении крана, линейка – на тележке. При подходе крана к крайнему допустимому положению ролик концевого выключателя наезжает на скошенную часть линейки, в результате чего размыкается контакт концевого выключателя и отключается механизм передвижения. Отключающая линейка применяется с конечным выключателем КУ-701, имеющим возвратное устройство, под действием которого рычаг выключателя, будучи выведен из рабочего положения, возвращается в это положение после снятия нагрузки.

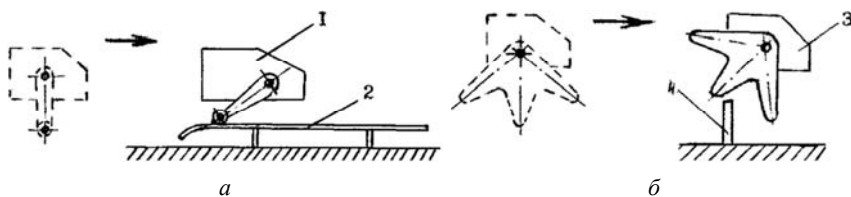


Рис. 7.3. Ограничители передвижения:  
 а – с отключающей линейкой; б – с отключающим упором;  
 1 – конечный выключатель КУ-701; 2 – линейка;  
 3 – конечный выключатель КУ-704; 4 – упор

Отключающий упор (рис. 7.3, б) применяется вместе с конечным выключателем КУ-704, не имеющим возвратного устройства. Рычаг этого выключателя может находиться в трех положениях: рабочем и двух отключенных. Рычаг поворачивается в отключенное положение и возвращается в рабочее при обратном движении крана с помощью упора.

Концевой выключатель ограничителя хода башенного крана или тележки должен быть установлен так, чтобы он срабатывал на расстоянии не менее полного пути торможения от крана до упора.

Регулирование ограничителей передвижения заключается в установке отключающих линеек или упоров.

*Ограничители грузоподъемности.* Для защиты кранов КБ-403Б от перегрузки при подъеме груза, превышающего допустимый для

данного вылета, используют электромеханический ограничитель грузоподъемности ОГП-1.

Схема установки датчика ограничителя грузоподъемности на кране КБ-403Б показана на рис. 7.4.

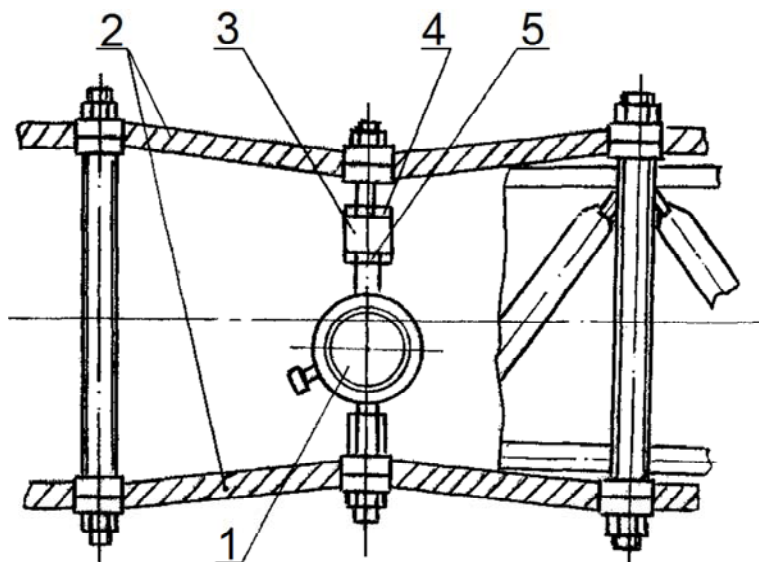


Рис. 7.4. Установка датчиков ограничителя ОГП-1:

1 – датчик усилия; 2 – расчал стрелы; 3 – стяжная гайка; 4, 5 – контргайки

Датчик усилия 1 является динамометром, преобразующим посредством рычажной системы и потенциометра усилие динамометрического кольца в пропорциональный электрический сигнал. Датчик усилия 1 установлен в стреловом расчале 2. Необходимое соотношение между усилием в стреловом расчале и усилием, действующим на датчик, устанавливается с помощью регулировочной стяжной гайки 3, фиксируемой контргайками 4 и 5. Датчик усилия помещен в металлическом корпусе водозащищенного исполнения.

В кабине управления крана установлены релейный блок и панель сигнализации. Структурная схема ограничителя дана на рис. 7.5.

Релейный блок предназначен для сравнения электрических сигналов от датчика усилия и выдачи соответствующих команд приборам панели сигнализации и исполнительным органам крана.

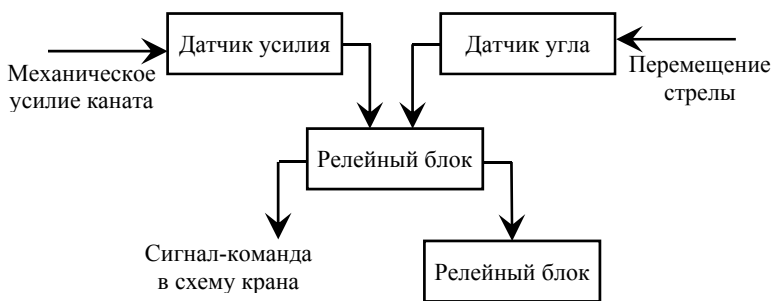


Рис. 7.5. Структурная схема ограничителя грузоподъемности ОГП-1

Панель сигнализации является индикаторным устройством, позволяющим наблюдать по шкале миллиамперметра степень загрузки крана, а по сигнальным лампам – включенное состояние исполнительного устройства.

Электрическая схема ограничителя грузоподъемности ОГП-1 крана КБ-403Б приведена на рис. 7.6. Схема предусматривает шесть различных характеристик, переключаемых в зависимости от ветрового района и высоты крана. Характеристики устанавливаются с помощью переключателя на релейном блоке.

Ограничитель ОГП-1 питается постоянным током напряжением 12 В от блока питания, для чего включают тумблер *S1* на релейном блоке. При отсутствии груза на крюке или при работе с допустимым по массе грузом поляризованное реле нагрузки *KP*, включенное в диагональ моста, находится под током и его замыкающий контакт закрыт. На реле *K1* подано питание. Реле *K2* обесточено, так как контакт *K1* в цепи его катушки разомкнут. На реле *K3* подано питание, и его замыкающий контакт закрыт, что обеспечивает нормальную работу цепи управления крана. На панели сигнализации горит зеленая лампа *H2*.

При перегрузке крана, вызванной подъемом груза, превышающего грузоподъемность крана, или опусканием стрелы с грузом, превысившим грузоподъемность на данном вылете, появление недопустимого усилия в датчике усилия сопровождается изменением сопротивления потенциометра *R1* и обесточиванием реле *KP*. Замыкающий контакт *KP* отключается и отключает реле *K1*.

Замкнувшийся контакт *K1* включает катушку реле *K2*. Размыкающий контакт *K2* размыкает с выдержкой времени 1,3–1,5 с цепью ка-

тушки реле  $K3$ . Контакт  $K3$  в цепи линейного контактора крана размыкается, запрещая подъем груза и опускание стрелы. Замыкающий контакт  $K2$  включает аварийную красную лампу  $H1$  панели сигнализации. При опускании груза или подъеме стрелы усилие в стреловом расчале уменьшается, и схема ОГП-1 возвращается в исходное состояние.

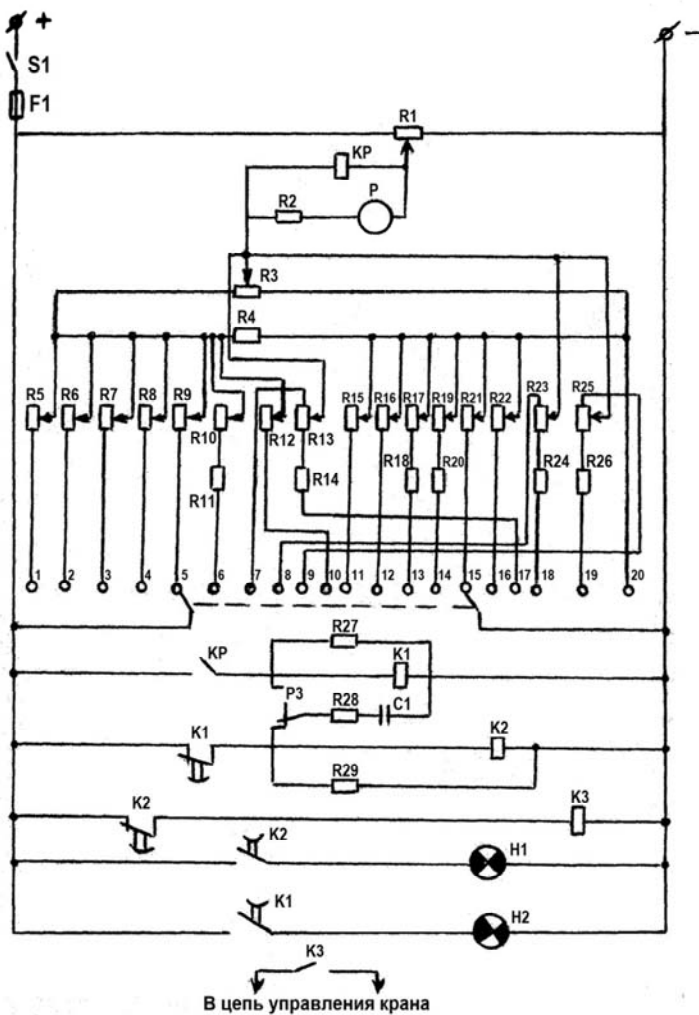


Рис. 7.6. Принципиальная электрическая схема ограничителя грузоподъемности ОГП-1

**Лабораторная работа № 8**  
**ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ЛЕНТОЧНЫХ**  
**КОНВЕЙЕРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯГОВОЙ**  
**СИЛЫ КОНВЕЙЕРА**

**Задание**

1. Изучить общее устройство и принцип работы ленточного конвейера.
2. Изучить типы и устройство сборочных единиц конвейера.
3. Вычертить конструктивную схему конвейера.
4. По исходным данным определить ширину ленты конвейера и подобрать ленту из числа стандартных величин.
5. Произвести тяговый расчет конвейера и определить тяговую силу конвейера и мощность привода в соответствии с заданным вариантом (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Исходные данные

№ вар.	Транспортируемый материал	Производительность $Q$ , т/ч	Угол естественного откоса в движении град.	Плотность материала $\rho$ , т/м <sup>3</sup>	Горизонтальная длина участков, м		Угол наклона $\beta$ , рад	Скорость транспортирования $v$ , м/с
					$L_1$	$L_2$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Песок влажный	200	35	1,6	20	40	$\pi / 9$	2,8
2	Цемент	250	30	1,4	22	38	$\pi / 10$	0,9
3	Коке	300	30	0,5	22	40	$\pi / 10$	1,4
4	Песок сухой	350	30	1,4	20	38	$\pi / 12$	2,4
5	Уголь рядовой	400	40	0,7	12	32	$\pi / 12$	1,6
6	Глина сухая	200	40	1,1	20	48	$\pi / 12$	2,5
7	Земля грунтовая сухая	250	30	1,3	18	45	$\pi / 11$	1,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Камень крупно- кусковой	300	30	1,8	10	35	$\pi / 12$	2,5
9	Руда железная	350	35	2,8	18	34	$\pi / 16$	2,2
10	Щебень	400	35	1,5	15	40	$\pi / 18$	2,0

### Теоретические сведения

#### *Устройство и работа ленточного конвейера*

Ленточный конвейер (рис. 8.1) имеет станину 1, на концах которой устанавливаются два барабана: передний 2 – приводной – и задний 3 – ведомый. Запнутая лента 4 огибает эти барабаны и по всей длине поддерживается опорными устройствами, называемыми роlikоопорами, рабочей (верхней) ветви 5 и холостой (нижней) ветви 6, укрепленными на станине 1. Иногда вместо роликoв применяют настил. Лента натянута с определенным натяжением на барабаны и приводится в движение при принудительном вращении барабана 2 приводом 7 под действием сил трения, возникающих между барабаном и лентой.

Транспортируемый материал подается на ленту через одну или несколько загрузочных воронок 8, размещенных над конвейером. Груз перемещается, как правило, на верхней ветви ленты и выгружается на переднем барабане 2 через разгрузочную воронку 9 или в промежуточных пунктах при помощи разгрузочного устройства 10. Наружная поверхность ленты очищается от налипших частиц груза очистным устройством 11, установленным у переднего барабана 2. Постоянное натяжение ленты осуществляется натяжным устройством 12.

В качестве тягового и несущего органа конвейера служит прорезиненная или стальная лента.

Прорезиненная лента (рис. 8.2) имеет тяговый каркас, покрытый со всех сторон эластичным защитным наполнителем. Тяговый каркас воспринимает усилия в ленте, а наполнитель предохраняет каркас от воздействия влаги, механических повреждений и истирания и образует над каркасом верхнюю (грузонесущую) 1 и нижнюю (опорную)



2 обкладку. В качестве заполнителя применяют резиновые смеси с синтетическим каучуком или пластмассы. По типу каркаса различают резинотканевые (рис. 8.2, а) и резинотросовые (рис. 8.2, б) ленты.

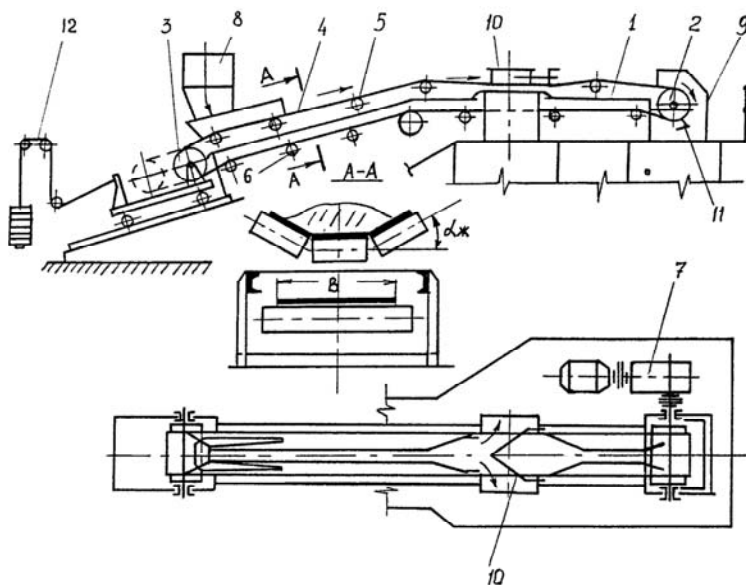


Рис. 8.1. Общий вид конвейера:

- 1 – станина; 2 – приводной барабан; 3 – ведомый барабан;  
 4 – замкнутая лента; 5 – роlikоопоры рабочей (верхней) ветви;  
 6 – роlikоопоры холостой (нижней) ветви; 7 – привод; 8 – загрузочная воронка;  
 9 – разгрузочная воронка; 10 – разгрузочное устройство;  
 11 – очистное устройство; 12 – натяжное устройство

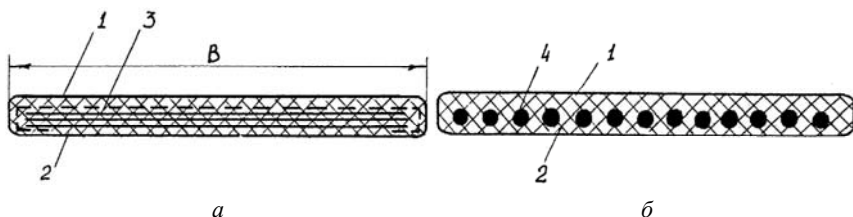


Рис. 8.2. Поперечное сечение прорезиненной ленты:

- а – резинотканевой; б – резинотросовой;  
 1 – верхняя (грузоносущая) обкладка; 2 – нижняя (опорная) обкладка;  
 3 – прокладки; 4 – стальные тросы

У резиноканевых лент тяговым каркасом служат прокладки 3 из различных тканей, расположенные послойно с резиновыми прослойками. Концы ленты соединяются при ее монтаже вулканизацией, скобами, шарнирами, внахлестку заклепками или сшиваются сыромятными ремнями. Наиболее надежным является соединение вулканизацией.

Резинотросовые ленты в качестве тягового каркаса имеют стальные тросы 4, уложенные в один ряд вдоль ленты. Концы такой ленты соединяют только методом вулканизации.

Стальные ленты бывают сплошные, изготавливаемые из высокоуглеродистой или нержавеющей стали, и плетеные сетчатые из стальной проволоки диаметром 1,5–5,0 мм.

В качестве опорных устройств наиболее часто применяются роlikоопоры различных типов и конструкций. Роlikоопоры для верхней ветви ленты (см. рис. 8.1), как правило, желобчатые на двух, трех и пяти роliках. Двухроliковые опоры применяют в передвижных, а трех и пятироliковые – в стационарных конвейерах, причем пятироliковые – при ширине ленты более 1600 мм.

Нижние роlikоопоры (см. рис. 8.1) чаще всего прямые, состоящие из одного длинного роliка и стоек.

Роliки изготавливаются из стальной или пластмассовой трубы и устанавливаются на оси на подшипниках качения. Стойки для роliков изготавливают из уголков, выполняют литыми, сварными или штампованными и укрепляют на станине конвейера на болтах. Применяются и другие типы роlikоопор.

Привод конвейера (см. рис. 8.1) состоит из барабана, редуктора, электродвигателя и муфт. В наклонных конвейерах устанавливают также стопорное устройство (останов) и тормоз, препятствующие в случае выключения двигателя самопроизвольному движению ленты под действием силы тяжести. Количество приводных барабанов – от одного до трех. Наиболее часто применяют однобарабанные приводы как наиболее простые. Для компактности привода иногда электродвигатель встраивают в приводной барабан.

Для обеспечения нормального натяжения ленты на приводном барабане используют винтовые и грузовые (тележечные и вертикальные) натяжные устройства. Винтовые натяжные устройства применяют при длине конвейера до 50 м и устанавливают в конце его. Ось концевого барабана устанавливают в ползунах, размещен-

ных в направляющих и перемещенных посредством винтовой пары. Ход натяжки принимают не менее 1–1,5 % от длины конвейера.

Грузовое тележечное натяжное устройство (рис. 8.3) применяют при длине конвейера 60–100 м и устанавливают в конце конвейера. Натяжной барабан опирается на тележку, которая соединяется с грузом или непосредственно, или через полиспасть.

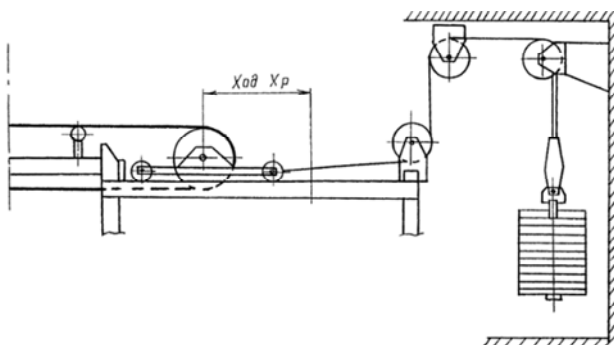


Рис. 8.3. Схема грузового тележечного натяжного устройства

Вертикальное грузовое натяжное устройство (рис. 8.4) устанавливают на обратной ветви ленты в средней части конвейера или непосредственно после приводного барабана. Барабан с натяжным грузом подвешивают на свисающей вниз холостой ветви.

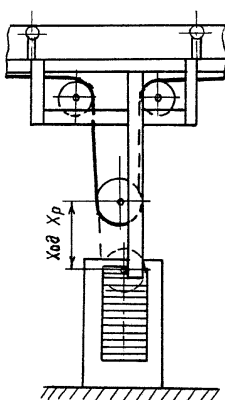


Рис. 8.4. Схема вертикального грузового натяжного устройства

Конструкция загрузочного устройства зависит от характеристики транспортируемого груза и способа его подачи на конвейер. Штучные грузы подаются при помощи спусков или укладываются непосредственно на конвейер, а насыпные – при помощи загрузочной воронки и направляющего лотка, которые формируют поток груза и направляют его на середину ленты.

Разгрузка конвейера производится с концевого барабана или на трассе конвейера при помощи плужковых или барабанных разгрузателей. Плужковый разгрузатель (рис. 8.5) состоит из разгрузочного 2 и зачистного 3 щитов, установленных под углом 30–45° к продольной оси ленты, опорного стола 4, приемной воронки 5 и подъемного механизма 1.

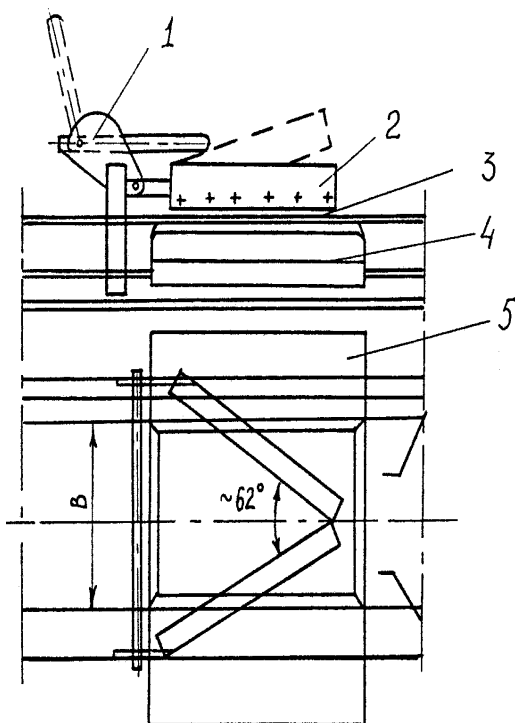


Рис. 8.5. Плужковый разгрузатель:  
1 – подъемный механизм; 2 – разгрузочный щит;  
3 – зачистной щит; 4 – опорный стол; 5 – приемная воронка

В рабочем положении разгрузатель опирается на ленту и сдвигает с нее груз в разгрузочную воронку, в нерабочем положении он приподнят. Различают двусторонние и односторонние стационарные и передвижные разгрузатели.

Барабанный разгрузатель (рис. 8.6) представляет собой тележку, несущую на себе роlikоопоры 5, барабаны 1 и 2, на которые заправляются ленты конвейера, воронку 3 и привод 6. Он передвигается по рельсам и приводится в движение от ленты конвейера через барабан 2 или от отдельного электродвигателя.

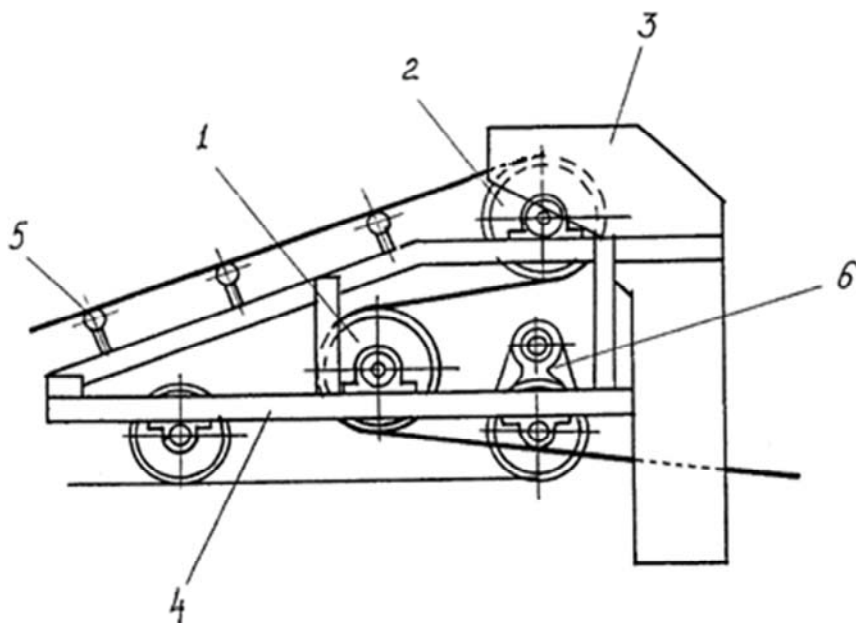


Рис. 8.6. Барабанный разгрузатель:

1, 2 – барабаны; 3 – воронка; 4 – рама; 5 – роlikоопоры; 6 – привод

Разгрузатель работает следующим образом (рис. 8.7): транспортируемый груз сбрасывается с верхнего барабана в воронку 2 и направляется ею вправо или влево или одновременно в обе стороны от конвейера 3.

Для очистки наружной (грузонесущей) поверхности ленты от прилипших частиц груза применяют одинарные или двойные

скребки (при сухих и влажных грузах) и вращающиеся щетки (при липких грузах). Рабочий элемент скребков и щеток – износостойкая резина, копровые нити, пластмасса. Щетки прижимаются весом груза. Щетки приводятся во вращение от электродвигателя или непосредственно через клиноременную передачу от вала барабана. Очистные устройства устанавливаются у барабана, с которого происходит разгрузка конвейера.

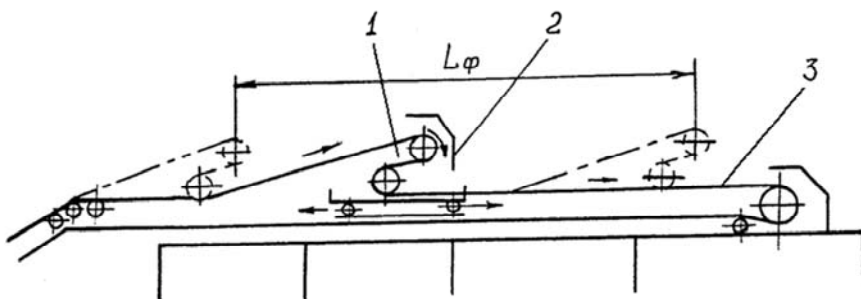


Рис. 8.7. Схема работы барабанного разгрузителя:  
1 – барабанный разгрузитель; 2 – воронка; 3 – конвейер

### ***Тяговый расчет конвейера***

1. Определяем ширину ленты:

$$B = 1,1 \left( \sqrt{\frac{Q}{v\rho K K_{\beta}}} + 0,05 \right), \text{ м,}$$

где  $K$  – коэффициент производительности, зависящий от формы ленты (табл. 8.2). При выборе формы роликоопор следует иметь в виду, что плоскую ленту для транспортирования насыпных грузов следует принимать лишь для коротких конвейеров при малой скорости ленты ( $v \leq 1$  м/с);

$K_{\beta}$  – коэффициент производительности, зависящий от угла наклона конвейера (табл. 8.3).

Таблица 8.2

Коэффициенты производительности,  
зависящие от формы ленты

Форма ленты	Угол наклона боковых роликов, град.	Угол откоса насыпного груза на ленте, град.	
		15	20
Плоская	–	240	325
Желобчатая на двухроликовой опоре	15	450	535
	20	470	550
Желобчатая на трехроликовой опоре	30	550	625
	36	585	655

Примечание. Угол естественного откоса насыпного груза на ленте принимают равным половине угла естественного откоса этого груза в движении.

Таблица 8.3

Коэффициенты производительности,  
зависящие от угла наклона конвейера

Угол наклона конвейера, град.	$K_B$	Угол наклона конвейера, град.	$K_B$
До 10	1	16	0,92
12	0,97	18	0,89
14	0,95	20	0,85

Вычисленное значение  $B$  следует округлить до ближайшей большей стандартной ширины ленты (ГОСТ 20-82) из числа:  $B = 500-650$  мм (3-5);  $B = 800$  мм (3-6);  $B = 1000$  мм (4-8);  $B = 1200$  мм (4-8);  $B = 1400$  (6-10);  $B = 1600$  мм (7-10);  $B = 1800$  мм (8-12);  $B = 2000$  мм (10-12) и выбрать ленту (в скобках приведено число прокладок ленты).

2. В зависимости от ширины ленты и характеристики транспортируемого груза по имеющимся в литературе рекомендациям выбираем тип роликоопор, диаметр роликов, расстояние между роликоопорами рабочей и холостой ветви, диаметры барабанов.

3. Определяем погонную массу груза на ленте:

$$q = \frac{Q}{3,6v}, \text{ кг/м.}$$

4. Определяем погонную массу движущихся частей конвейера:

а) рабочей ветви:

$$q_k^p = q_l + q_p^p, \text{ кг/м};$$

б) холостой ветви:

$$q_k^x = q_l + q_p^x, \text{ кг/м},$$

где  $q_l$  – погонная масса ленты. В первом приближении можно принять  $q_l = (25-35)B$ , кг/м;

$q_p^p$  и  $q_p^x$  – погонная масса вращающихся частей роlikоопор рабочей и холостой ветви конвейера соответственно, кг/м. Значение можно ориентировочно принять из табл. 8.4.

Таблица 8.4

Погонная масса вращающихся частей роlikоопор в зависимости от ширины ленты, кг/м

Ветвь конвейера	Ширина ленты, мм								
	400	500	650	800	1000	1200	1400	1800	2000
Рабочая	8,4	10	10,2	16,4	21	24,2	42	58,4	132,5
Холостая	2,5	3,2	4,4	7,8	9,2	11,1	16,7	23,8	52,5

5. Производим тяговый расчет конвейера методом обхода по контуру. Тяговый расчет заключается в определении максимального и минимального натяжений ленты с последующим определением тягового усилия и мощности привода. По методу обхода по контуру натяжение в каждой последующей точке конвейера равно натяжению в предыдущей точке плюс сопротивление на участке между рассматриваемыми точками.

На рис. 8.8 изображена схема наклонно-горизонтального конвейера. Головной барабан конвейера является одновременно и ведущим. Определение натяжения и общего сопротивления передвижения ленты можно начать с т. 1 (точки сбегания ленты с приводного барабана).



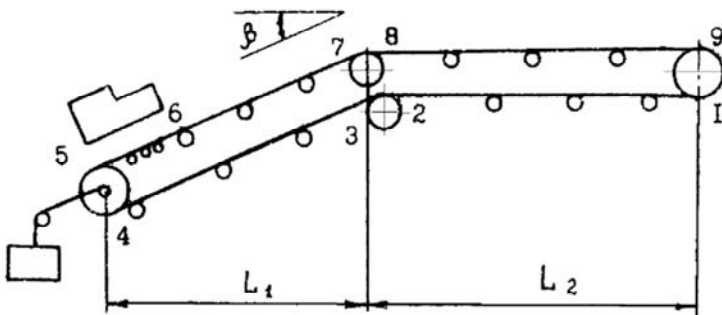


Рис. 8.8. Расчетная схема конвейера

Натяжение ленты в т. 1 обозначим  $F_{сб} = F_1$ . На участке 1–2 действуют распределенные сопротивления.

Натяжение ленты в т. 2:

$$F_2 = F_1 + W_{1-2}, \text{ Н,}$$

где  $W_{1-2}$  – распределенные сопротивления на участке между точками 1–2, Н:

$$W_{1-2} = 9,81(q_{л} + q_{п}^x)L_2\omega,$$

где  $\omega = 0,04$  – коэффициент сопротивления.

Натяжение ленты в т. 3:

$$F_3 = F_2(1 + \varepsilon_1), \text{ Н,}$$

где  $\varepsilon_1$  – коэффициент увеличения сопротивления. Для данного случая можно принять  $\varepsilon_1 = 0,03$ .

Натяжение ленты в т. 4:

$$F_4 = F_3 + W_{3-4}, \text{ Н,}$$

где  $W_{3-4}$  – сопротивление на участке между точками 3 и 4, Н:

$$W_{3-4} = 9,81(q_{л} + q_{п}^x)L_1\omega - 9,81q_{л}L_1\text{tg}\beta.$$

Натяжение ленты в т. 5:

$$F_5 = F_4(1 + \varepsilon_2), \text{ Н,}$$

где  $\varepsilon_2 = 0,06$ .

Натяжение в т. 6:

$$F_6 = F_5 + W_{\text{п}}, \text{ Н,}$$

где  $W_{\text{п}}$  – сопротивление на погрузочном участке, Н:

$$W_{\text{п}} \approx \frac{\varphi Qv}{3,6},$$

где  $\varphi = 1,3-1,5$  – коэффициент, учитывающий трение груза о стенки загрузочного бункера.

Натяжение в т. 7:

$$F_7 = F_6 + W_{6-7}, \text{ Н,}$$

где  $W_{6-7}$  – сопротивления на участке между точками 6 и 7, Н:

$$W_{6-7} = 9,81(q + q_{\text{л}} + q_{\text{п}}^{\text{п}})L_1\omega - 9,81(q + q_{\text{л}})L_1\text{tg}\beta.$$

Натяжение в т. 8:

$$F_8 = F_7(1 + \varepsilon_1), \text{ Н.}$$

Натяжение в т. 9:

$$F_9 = F_8 + W_{8-9}, \text{ Н,} \tag{8.1}$$

где  $W_{8-9}$  – сопротивление на участке между точками 8 и 9, Н:

$$W_{8-9} = 9,81(q + q_{\text{л}} + q_{\text{п}}^{\text{п}})L_2\omega.$$

Вспользуемся формулой Эйлера, связывающей натяжение набегающей  $F_9$  и сбегающей  $F_1$  ветвей ленты:

$$F_9 = F_1 e^{f\alpha}, \quad (8.2)$$

где  $f$  – коэффициент трения между барабаном и лентой, можно принять  $f = 0,25$ ;

$\alpha$  – угол обхвата лентой приводного барабана. При отсутствии отклоняющего барабана  $\alpha = \pi$ .

Значение  $F_1$  получается совместным решением уравнений (8.1) и (8.2).

Далее, зная численное значение  $F_1$ , находим численные значения силы натяжения во всех остальных восьми точках ( $F_2$ – $F_9$ ).

6. Тяговая сила конвейера:

$$F_0 = F_9 - F_1, \text{ Н.}$$

7. Мощность на приводном валу конвейера:

$$N_0 = \frac{F_0 v}{1000}, \text{ кВт.}$$

8. Необходимая мощность двигателя:

$$N = \frac{k N_0}{\eta}, \text{ кВт,}$$

где  $k$  – коэффициент запаса,  $k = 1,1$ – $1,35$ ;

$\eta$  – КПД привода. Можно принять  $\eta = 0,96$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов : утв. Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 22.12.18. – Минск : Центр охраны труда и промышленной безопасности, 2019. – 249 с.
2. Вайнсон, А. А. Подъемно-транспортные машины : учебник для вузов по специальности «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» / А. А. Вайнсон. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1989. – 536 с.
3. Александров, М. П. Грузоподъемные машины : учебник для вузов / М. П. Александров – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана : Высшая школа, 2000. – 552 с.
4. Кузьмин, А. В. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин / А. В. Кузьмин, Ф. Л. Марон. – Минск : Высшая школа, 1983. – 349 с.
5. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Подъемно-транспортные машины» для специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (по направлениям)» / сост. А. А. Бежик // Репозиторий БНТУ [Электронный ресурс]. – Минск : БНТУ, 2021. – Режим доступа: <http://rep.bntu.by/handle/data/93481>. – Дата доступа: 13.08.2022.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
<i>Лабораторная работа № 1. Изучение конструкций</i> стальных канатов.....	4
<i>Лабораторная работа № 2. Изучение конструкции</i> и работы одностороннего крюка.....	14
<i>Лабораторная работа № 3. Изучение устройства</i> колодочных тормозов.....	22
<i>Лабораторная работа № 4. Изучение устройства</i> и рабочего процесса башенного крана серии КБ.....	30
<i>Лабораторная работа № 5. Изучение устройства</i> быстромонтируемого башенного крана .....	38
<i>Лабораторная работа № 6. Изучение устройства</i> мачтовой подъемной платформы.....	46
<i>Лабораторная работа № 7. Изучение устройства</i> ограничителей башенных кранов.....	49
<i>Лабораторная работа № 8. Изучение устройства</i> ленточных конвейеров и определение тяговой силы конвейера .....	55
Литература .....	68

Учебное издание

**БЕЖИК** Александр Александрович

## **ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ**

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальности 1-36 11 01  
«Инновационная техника для строительного комплекса»

Редактор *Н. Ю. Казакова*  
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 14.10.2022. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 4,07. Уч.-изд. л. 2,44. Тираж 100. Заказ 550.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.