



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева

Профессор ЕРОХИН М.Н.

Основные характеристики грузоподъемных машин:

- грузоподъёмность;**
- скорости движения различных механизмов;**
- высота подъёма груза;**
- вылет стрелы (или пролёт);**
- масса машины;**
- группы классификаций (режима) кранов и их механизмов.**

ГРУЗОПОДЪЁМНОСТЬ – масса номинального рабочего груза, на подъём которого рассчитана машина (кг, т).

ГРУЗОПОДЪЁМНОСТЬ подразделяют на *полезную, грузоподъёмность, нетто, брутто и промежуточную*.

Полезная грузоподъёмность – это масса груза, поднимаемого грузозахватными устройствами.

Грузоподъёмность нетто – это сумма массы полезной грузоподъёмности и массы съёмных грузозахватных приспособлений.

Грузоподъёмность промежуточная (на канатах) – это сумма массы полезной грузоподъёмности и массы съёмных и несъёмных грузозахватных приспособлений.

Грузоподъёмность брутто – это сумма масс груза, масс съёмных и несъёмных грузозахватных приспособлений и подъёмного средства.

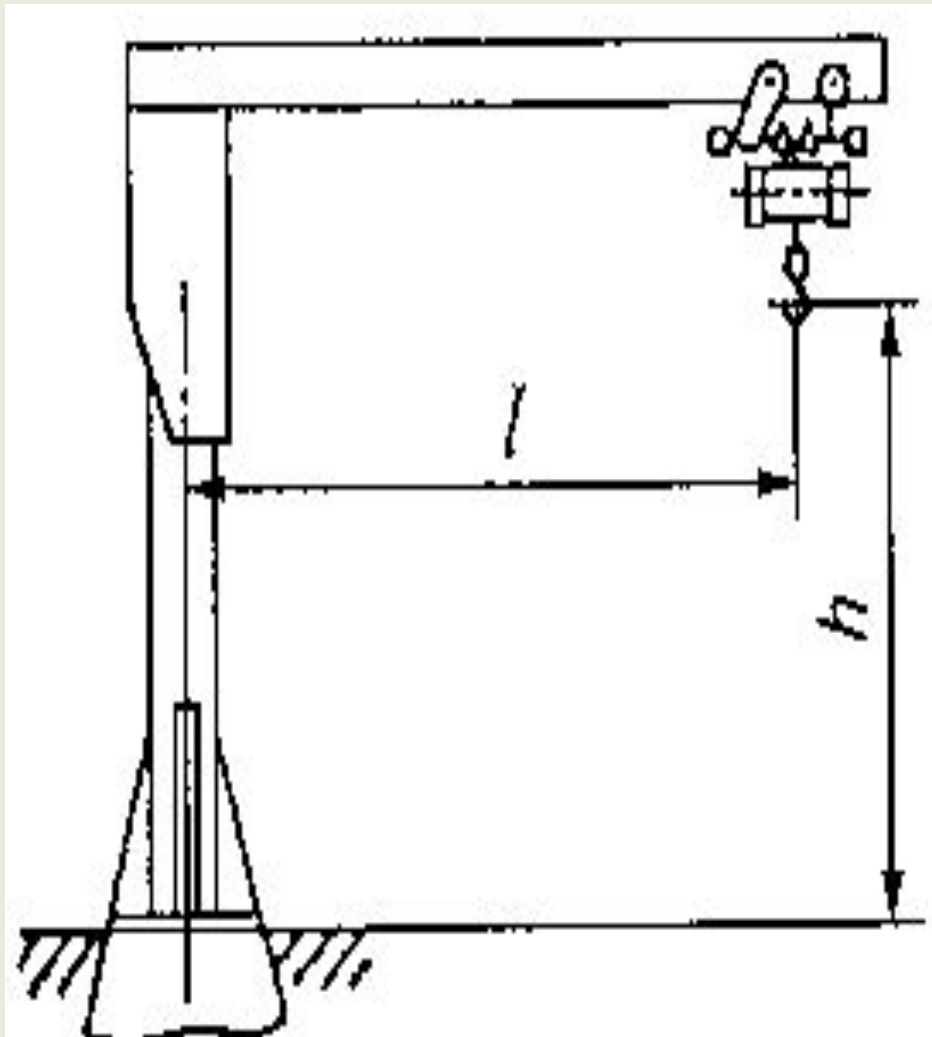
**По грузоподъёмности брутто
проводятся все основные расчёты
элементов металлоконструкции крана,
элементов механизмов
и грузовой устойчивости кранов.**

**Значения грузоподъёмности
нормированы ГОСТ 1575
«Краны грузоподъёмные.
Ряды основных параметров»**

Скорости рабочих движений грузоподъёмных механизмов выбирают из рядов, установленных ГОСТ 1575 с учётом:

- технологических требований;**
- безопасности работы;**
- типа машины;**
- удобства управления;**
- требуемой точности установки груза;**
- пути перемещения.**

Вылет стрелы (l) – расстояние по горизонтали от оси вращения крана до вертикальной оси грузозахватного органа при установке крана на горизонтальной площадке



Высота подъёма груза (h) принимается от уровня пола для крана без нагрузки до грузозахватного органа, находящегося в верхнем положении.

Пролёт крана (L_k)– горизонтальное расстояние между осями рельсов кранового пути.

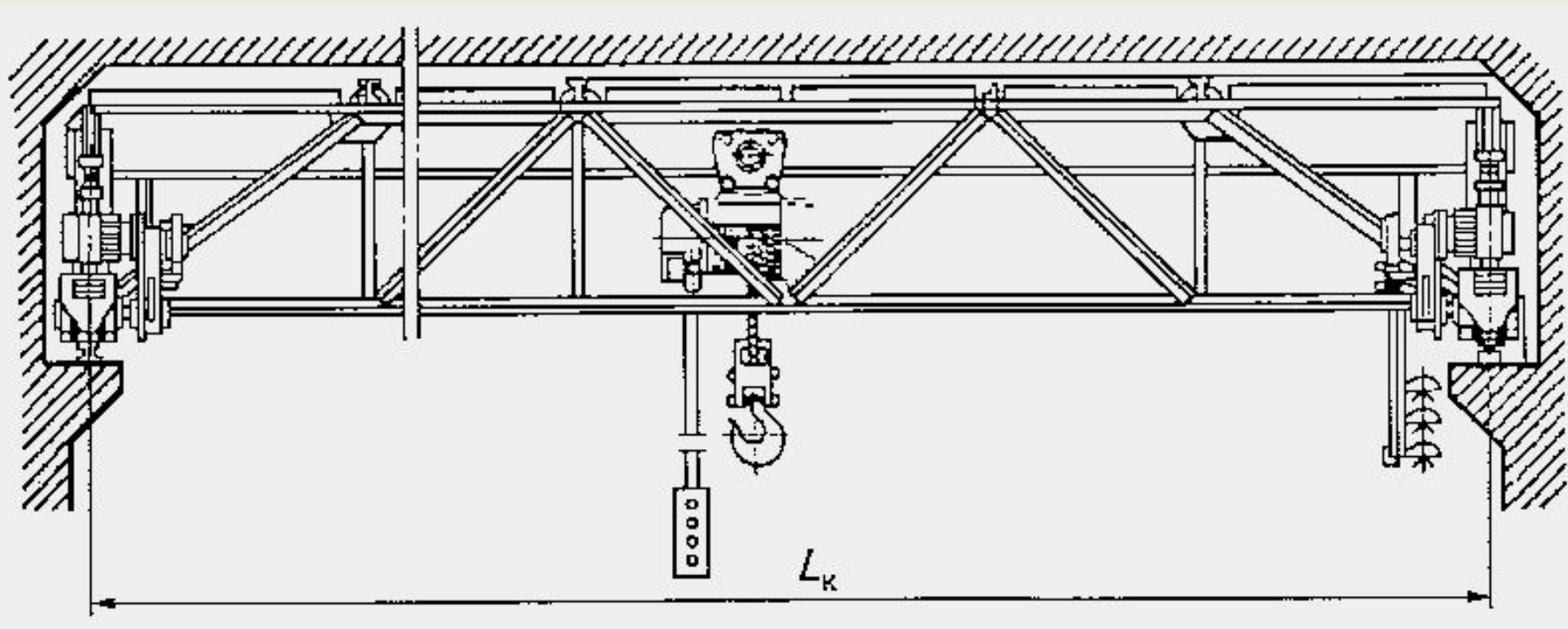


Схема мостового однобалочного крана типа 1, исполнение А: пролёт 13,5...28,5 м.

Определение группы классификации (режима) кранов и механизмов в целом (ИСО 4301/1).

Группа классификации (режима) кранов в целом определяется классом его использования (U₀...U₉) и режимом нагружения (Q₁...Q₄).

Класс использования (U₀...U₉) характеризуется числом циклов в течение заданного срока службы.

Режим нагружения оценивается коэффициентом распределения нагрузок:

$$K_P = \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_i}{C_T} \left(\frac{P_i}{P_{\max}} \right)^m \right],$$

где C_i – среднее число рабочих циклов с частным уровнем массы P_i ;
 C_T – суммарно число рабочих циклов со всеми грузами.

$$C_T = \sum_{i=1}^n C_i$$

P_i – значения частных масс отдельных грузов;
 P_{\max} – масса наибольшего груза, который разрешается поднимать краном $m = 3$.

Число рабочих циклов (число подъемов)

$$n_{\text{ц}} = \frac{3600 \cdot a}{t_{\text{ц}}} K_c \cdot K_n \cdot K_p \cdot K_{\text{т.пр}},$$

где a – число рабочих часов в смену;

$t_{\text{ц}}$ - расчетное время цикла работы крана, с;

K_c - коэффициент неравномерности использования крана по времени в течение смены ($K_c = 0,5 \dots 0,8$);

K_n - коэффициент простоев по организационным причинам. При отсутствии данных $K_n = 0,9$;

K_p - коэффициент простоев на ремонт и техобслуживание ($K_p = 0,95$);

$K_{\text{т.пр}}$ - коэффициент технологических простоев ($K_{\text{т.пр}} = 0,9$);

Расчетное время цикла

Определяют исходя из фактических затрат времени на перемещение груза и возврат грузоподъемного органа к месту загрузки.

$$t_{ц} = \frac{1,2(h + h_1)}{V_n} + 1,35 \left(\frac{S_{кр}}{V_{кр}} + \frac{S_T}{V_T} \right) + t_p,$$

где h и h_1 – высота подъема и опускания груза в начале и в конце цикла, м;
 V_n и V_T – скорости передвижения крана и тележки, м/с;
 $S_{кр}$ и S_T – протяженность хода крана и тележки, м;
 t_p – время ручных операций, с;
 1,2 и 1,35 – учитывают снижение скорости соответственно при подъеме и опускании груза в начале и в конце цикла и при разгоне и торможении крана и тележки.

Группы классификации (режима) кранов в целом (ИСО 4301/1)

Режим нагружения	Коэффи- циент распре- деления нагрузок K_p	Класс использования									
		U_0	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9
		Максимальное число рабочих циклов									
		$1,6 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^4$	$6,3 \cdot 10^4$	$1,25 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	Более $4 \cdot 10^6$
Q1 — легкий	0,125			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2 — умерен- ный	0,250		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
Q3 — тяжелый	0,500	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8		
Q4 — весьма тяжелый	1,000	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8			

Группа классификации (режима) механизмов определяется классом использования механизма (Т0 - Т9) и его режимом нагружения (L1 - L4).

Класс использования механизма (Т0 - Т9) определяется продолжительностью использования механизма (в часах).

Режим нагружения устанавливается коэффициентом распределения нагрузки K_m .

Класс использования механизма отражает интенсивность его использования во время эксплуатации (T)

$$T = T_0 \cdot Z_{\text{дн}} \cdot h,$$

где T_0 – среднесуточное время работы, ч;

$Z_{\text{дн}}$ – число рабочих дней в году, 250 при двух выходных днях, 300 при одном выходном дне, 360 при непрерывном производстве;

h – срок службы механизма (годы).

Определение коэффициента распределения нагрузки K_m

$$K_m = \sum_{i=1}^n \left[\frac{t_i}{t_T} \left(\frac{P_i}{P_{\max}} \right)^m \right]$$

где t_i – средняя продолжительность использования механизма при частных уровнях нагрузки P_i , с;

t_T – общая продолжительность использования механизма при частных уровнях нагрузок, с:

$$t_T = \sum_{i=1}^n t_i;$$

P_i - значения частных нагрузок, кг;

P_{\max} - значение наибольшей нагрузки, приложенной к механизму, кг;

$m = 3$.

Группы классификации (режима) механизмов в целом

Режим нагрузки	Коэффи- циент распре- деления нагрузки K_m	Класс использования									
		T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉
		Общая продолжительность использования, ч									
		200	400	800	1600	3200	6300	12 500	25 000	50 000	100 000
L1 — легкий	0,125			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
L2 — умерен- ный	0,250		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
L3 — тяжелый	0,500	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8		
L4 — весьма тяжелый	1,000	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8			

Типовые крановые механизмы

- **Механизм подъема** в виде лебедки в комбинации с полиспастом;
- **Механизм передвижения**, который производит перемещение крана или какой-либо его части;
- **Механизм изменения вылета**, изменяющий положение грузового крюка относительно остова;
- **Механизм поворота** (перемещения) поворотной части крана.

МЕХАНИЗМЫ ПОДЪЕМА ГРУЗОВ. УСТРОЙСТВО И РАСЧЕТ

**По характеру привода механизмы подъема
могут быть разделены на механизмы
с ручным и механическим приводом**

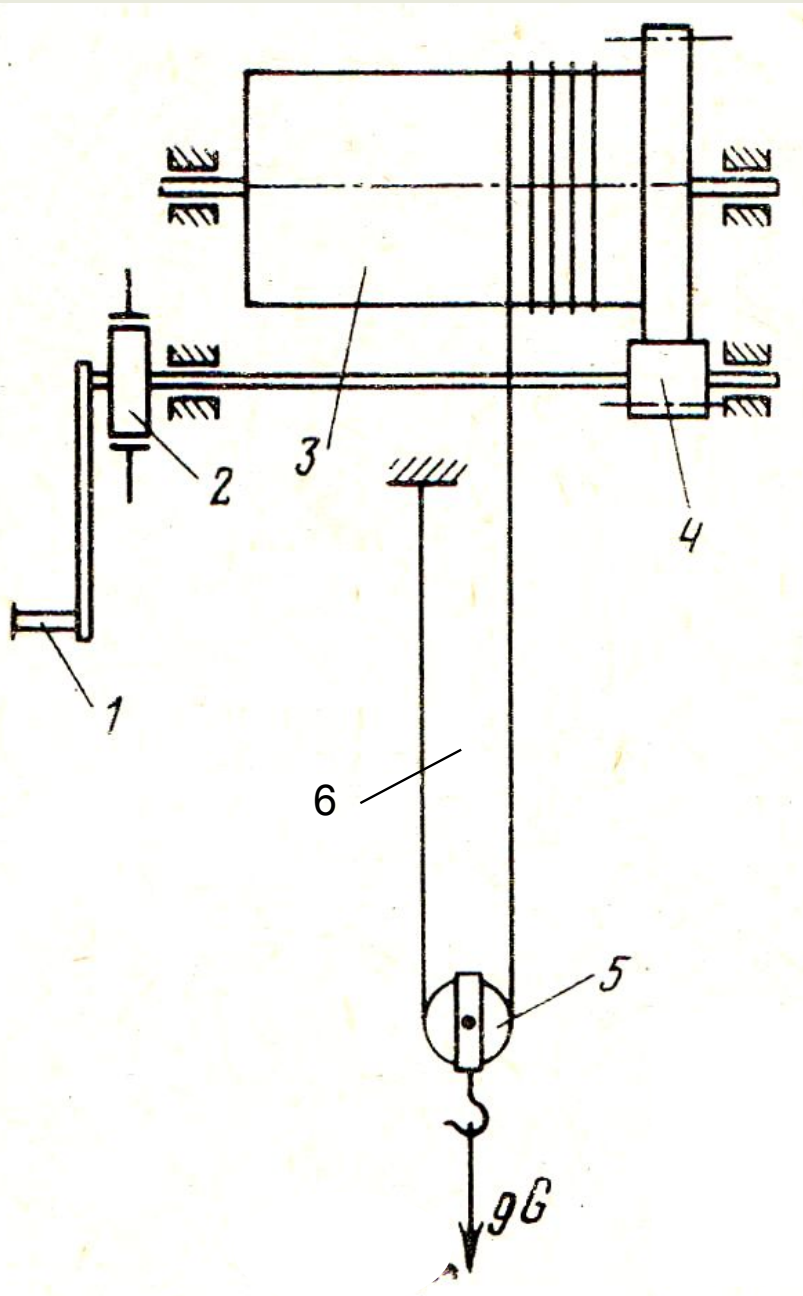
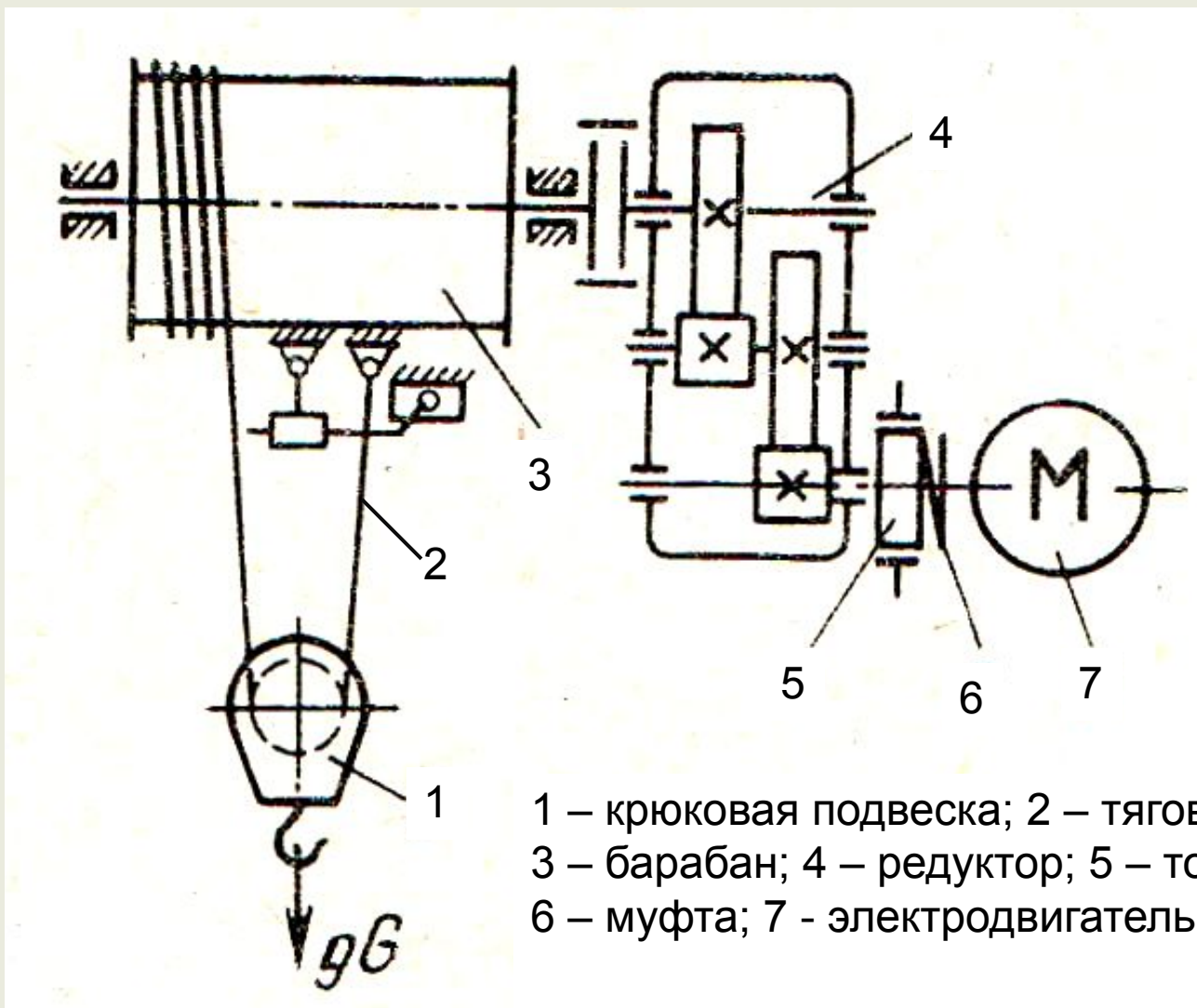


Схема механизма подъема груза с ручным приводом

- 1 – рукоятка;
- 2 – тормоз;
- 3 – барабан;
- 4 – зубчатая передача;
- 5 – крюковая подвеска;
- 6 – тяговый орган

Схема механизма подъема с электроприводом



Общий вид механизма подъема с электроприводом

привод

тормоз

передаточный
механизм

рабочий
(исполнительный)
орган



Исходные данные для проектирования механизма подъема:

- ◆ грузоподъемность, т;
- ◆ высота подъема груза, м;
- ◆ скорость подъема груза, м/с;
- ◆ класс использования механизма.

Алгоритм расчета механизма подъема

1. Выбирают грузозахватный орган.
2. Выбирают по грузоподъемности тип крюковой подвески и кратность полиспаста.
3. Определяют усилие в ветви каната, набегающей на барабан.
4. Определяют для каната величину разрушающей нагрузки и подбирают канат.
5. Определяют размеры барабана и блоков.
6. Определяют потребную мощность двигателя.
7. Определяют общее передаточное число приводного механизма и подбирают электродвигатель.
8. Определяют необходимый тормозной момент и подбирают тормоз.
9. Проверяют электродвигатель по времени пуска и ускорения.
10. Проверяют тормоз по времени торможения и замедлению.

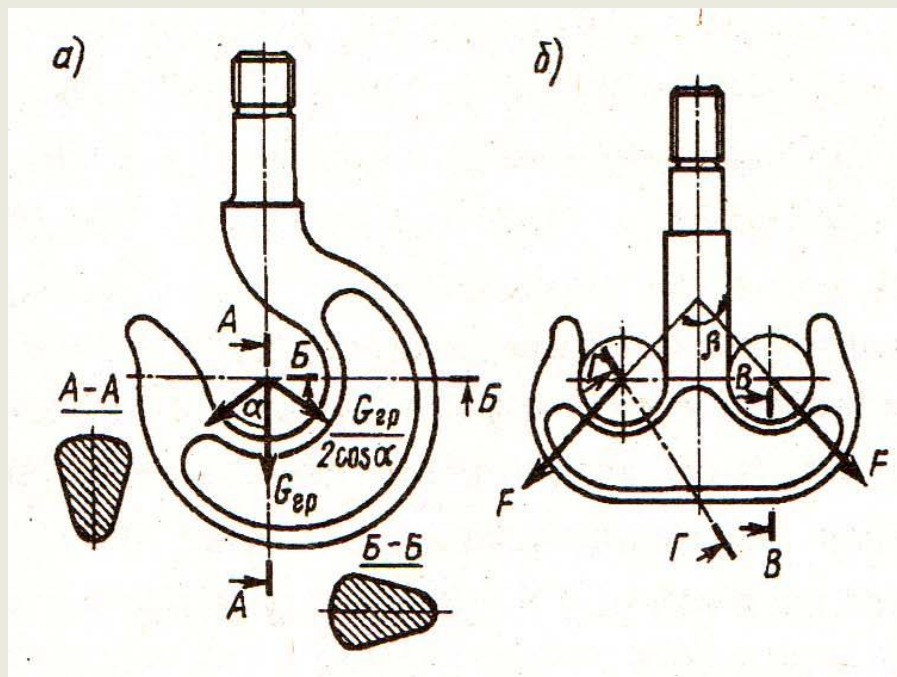
ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ ОРГАНЫ

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ:

- ❖ крюки однорогие и двурогие;
- ❖ грузовые петли

СПЕЦИАЛЬНЫЕ:

- ❖ ковши;
- ❖ захваты;
- ❖ грейферы;
- ❖ электромагниты и др.



◆ крюки:

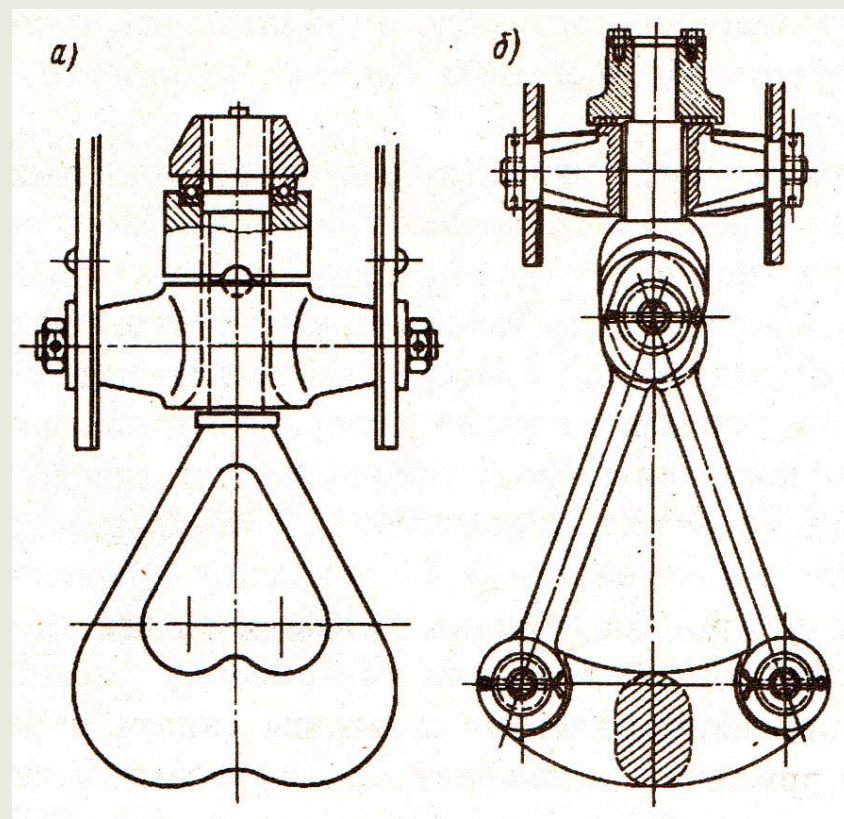
а) однорогие

б) двурогие

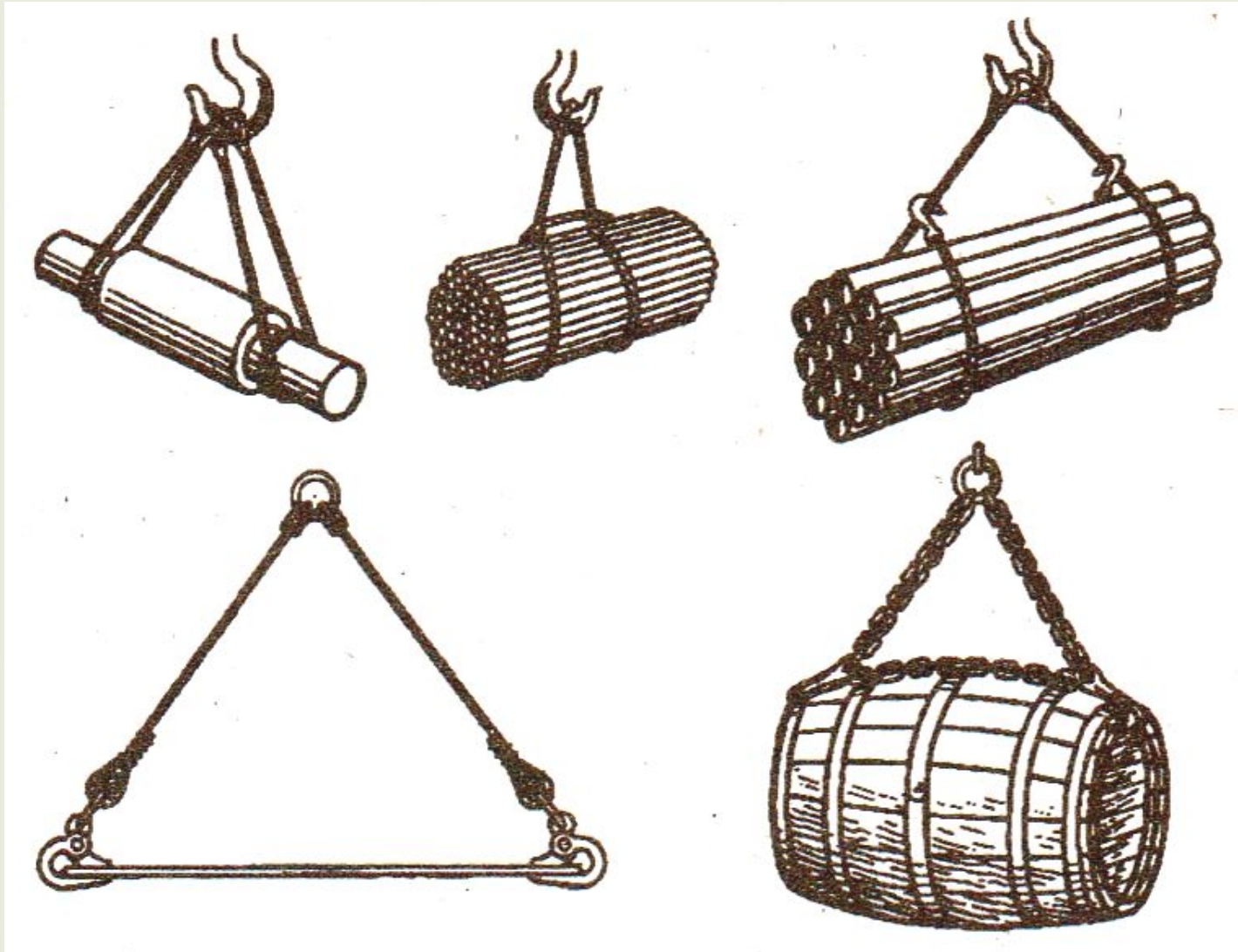
◆ грузовые петли:

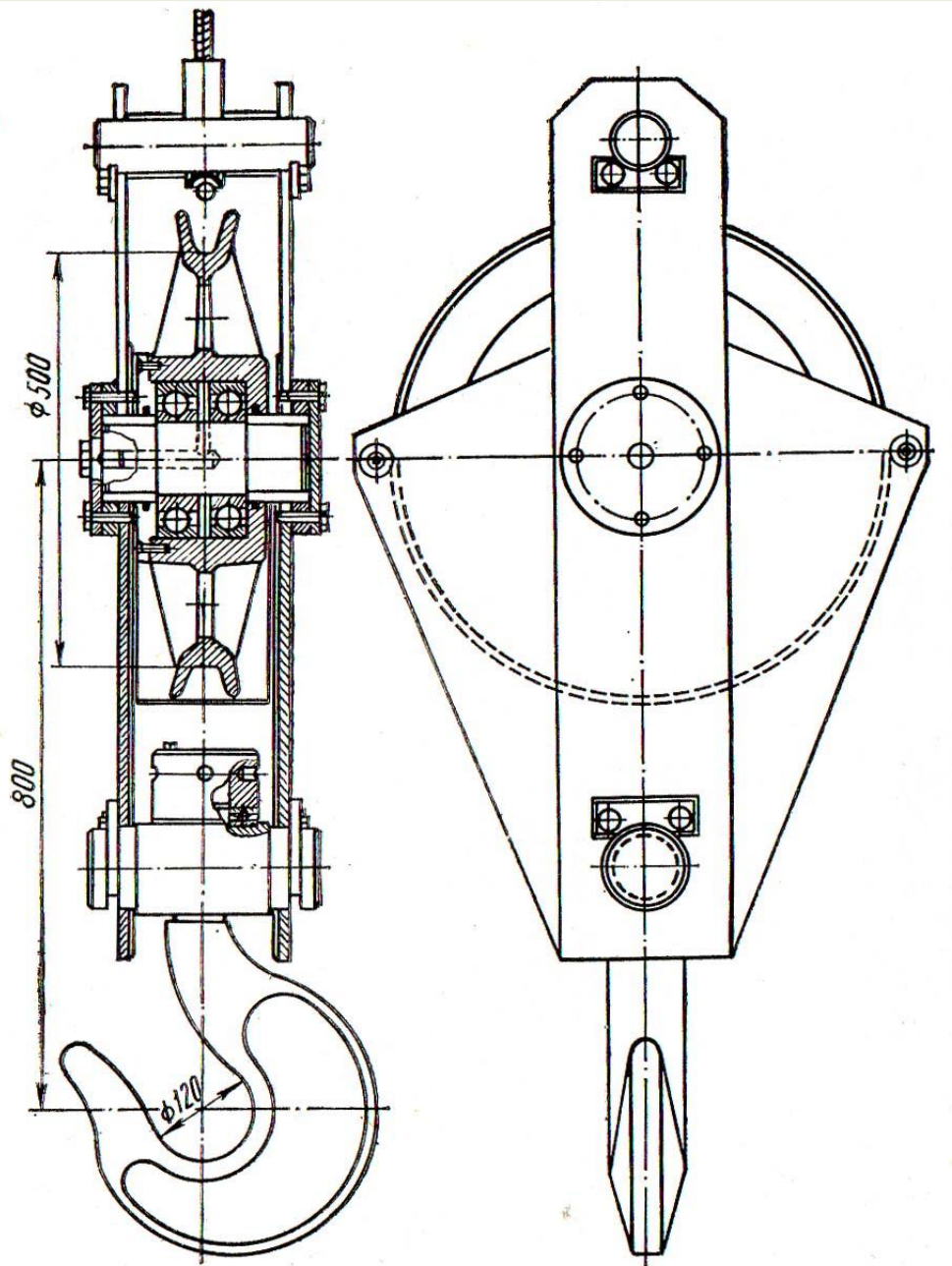
а) цельнокованные

б) составные



Захват груза стропами





Крюковая подвеска

Крюковые (грузовые) подвески

Блок

Щека

Траверса

Крюк



Блок

Траверса

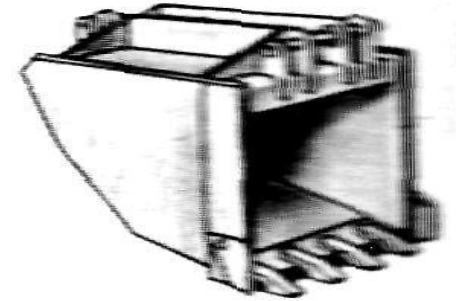
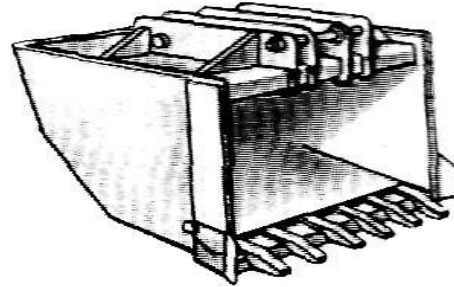
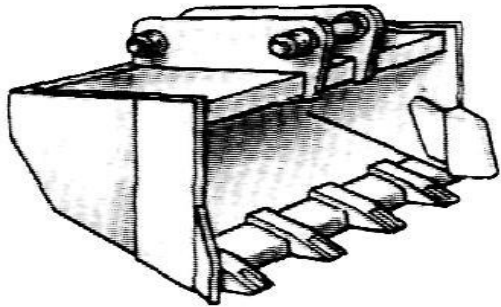
Крюк



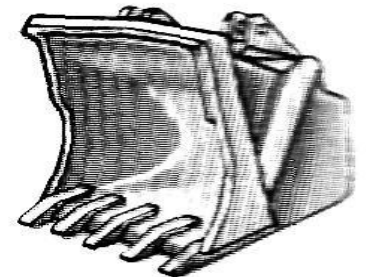
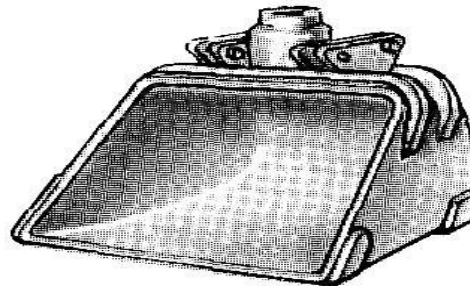
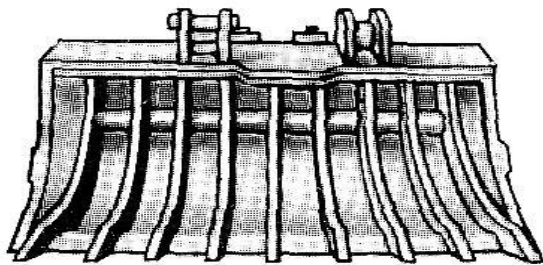
Нормальная подвеска

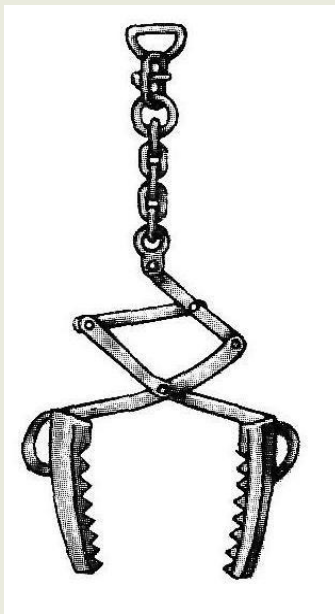
Укороченная подвеска

Ковши обратных лопат



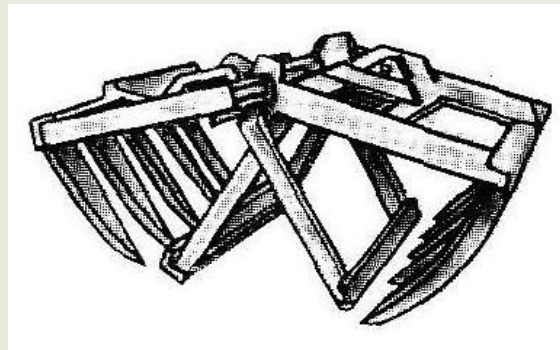
Ковши для зачистных и погрузочных работ



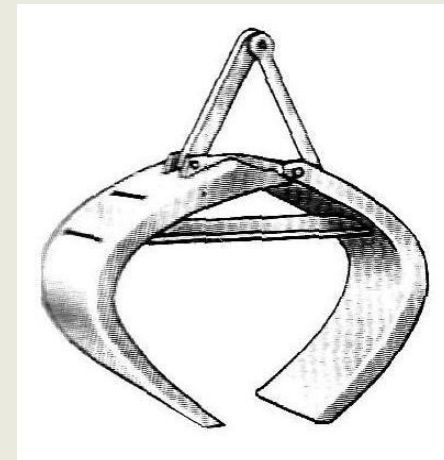


**Захват для тарных
и штучных грузов**

ЗАХВАТЫ

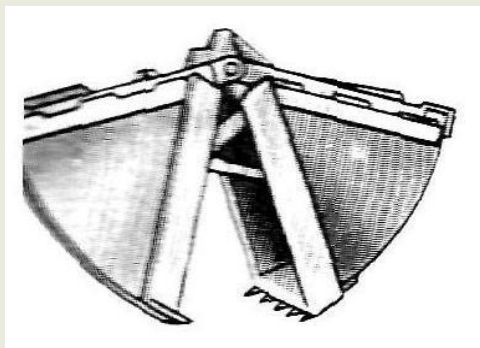


Захват

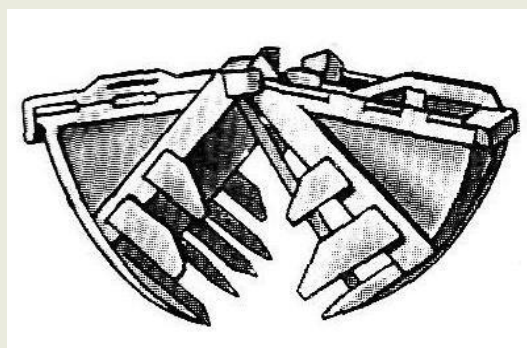


Захват для бревен

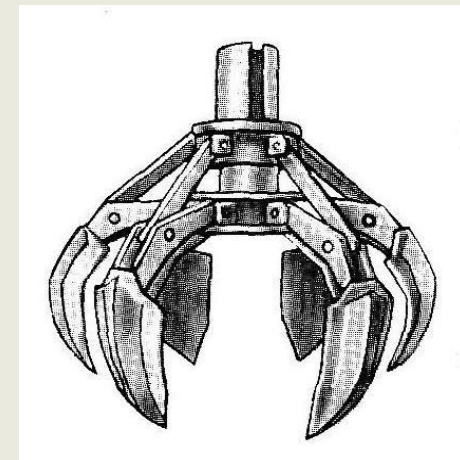
ГРЕЙФЕРЫ



Двухчелюстные грейферы



Многочелюстной грейфер



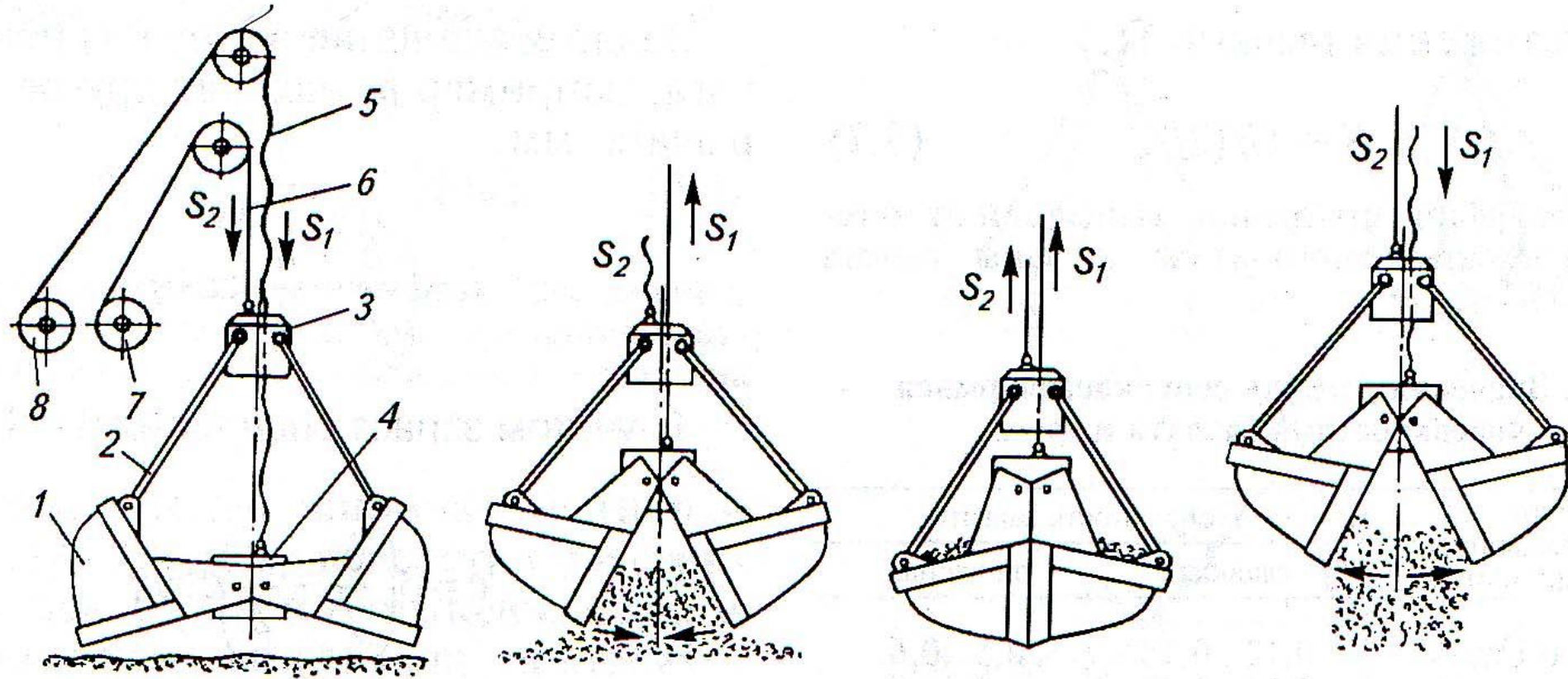
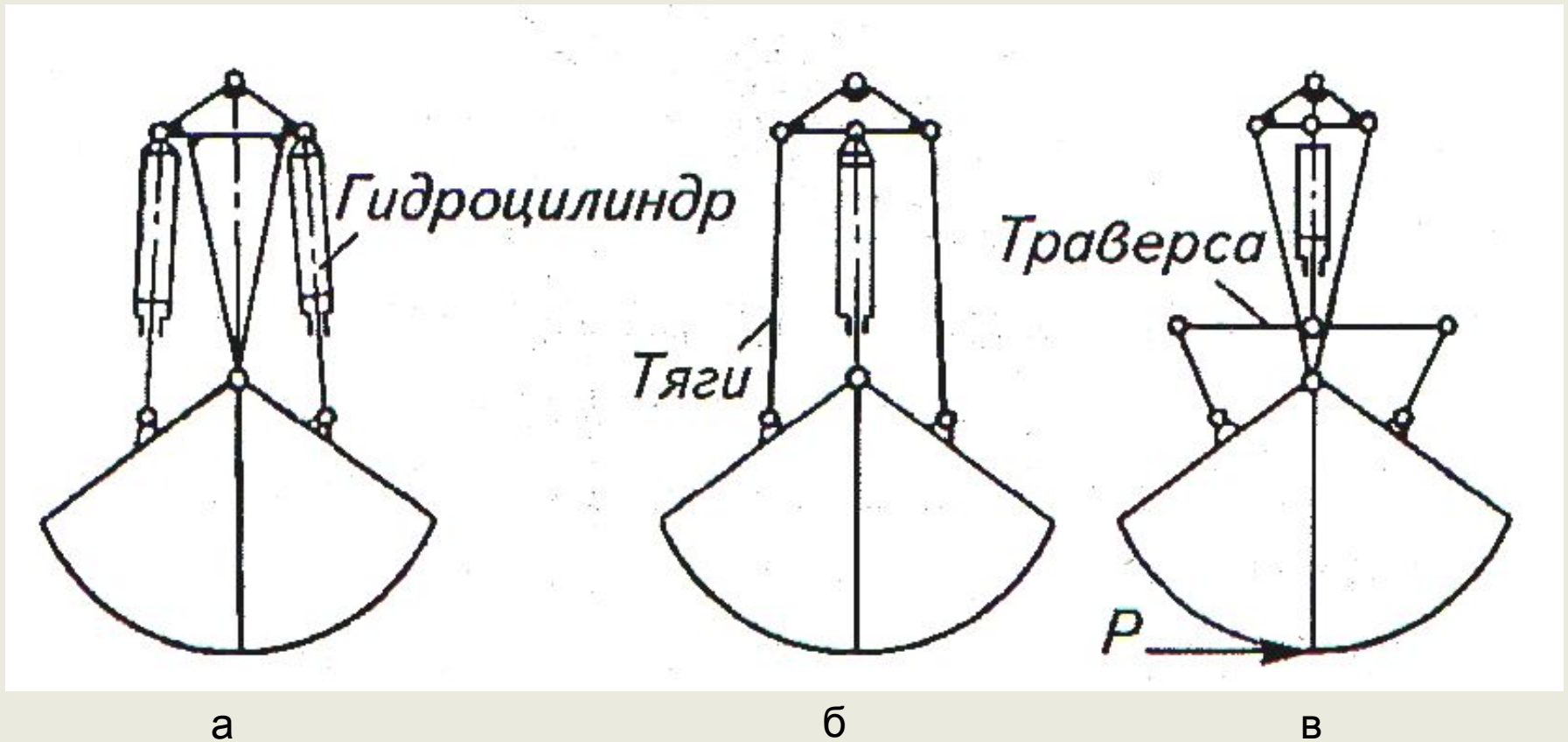


Схема работы двухканатного грейфера

1 – челюсти; 2 – тяги; 3 – верхняя головка; 4 – нижняя головка;
 5 – замыкающий канат; 6 – подъемный канат; 7, 8 – барабаны;
 S_1 и S_2 – усилия в замыкающем и подъемном канатах.



Схемы механизмов грейферов с гидроприводом

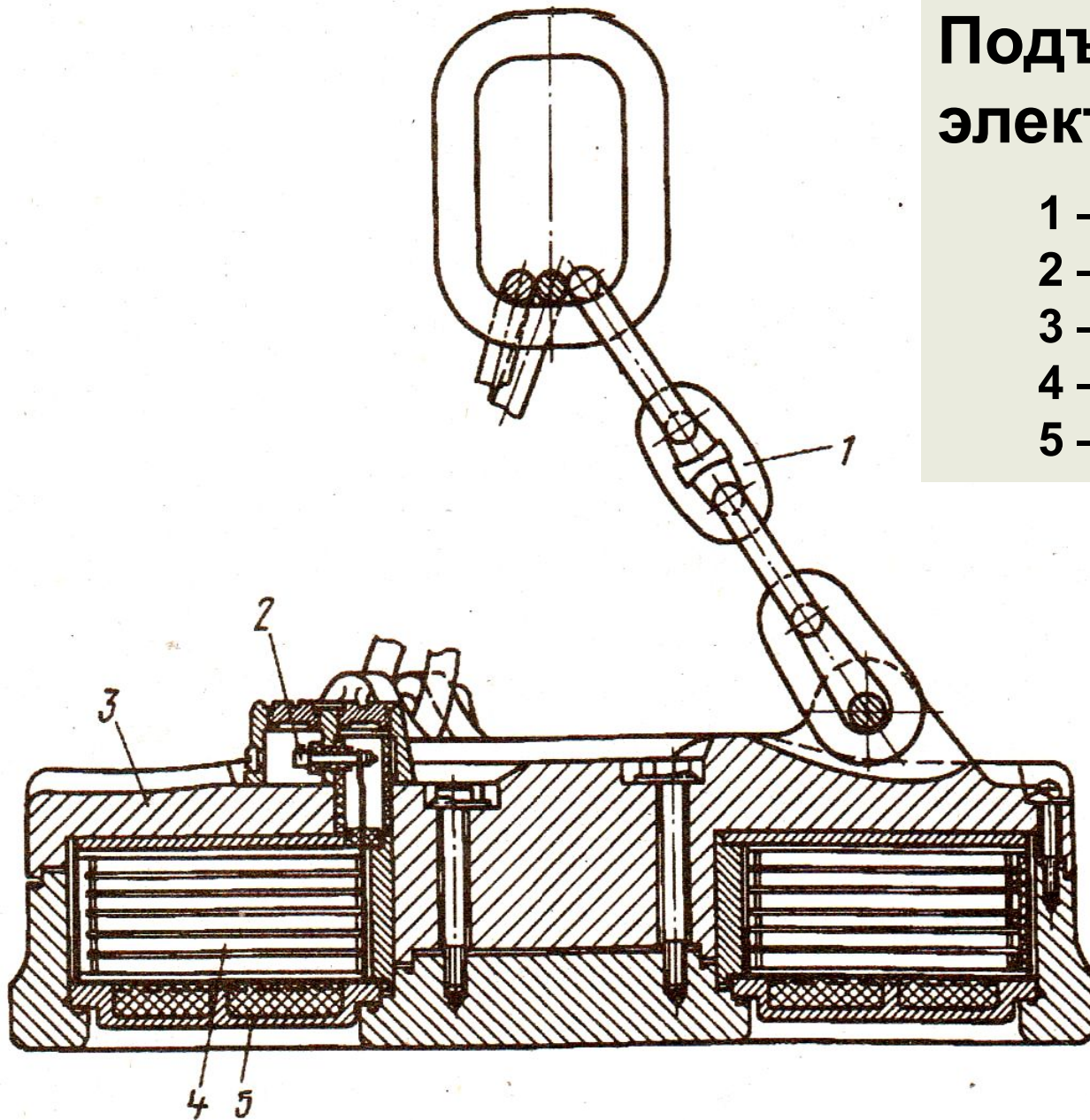
а – с приводом от 2-х гидроцилиндров;

б – от одного цилиндра;

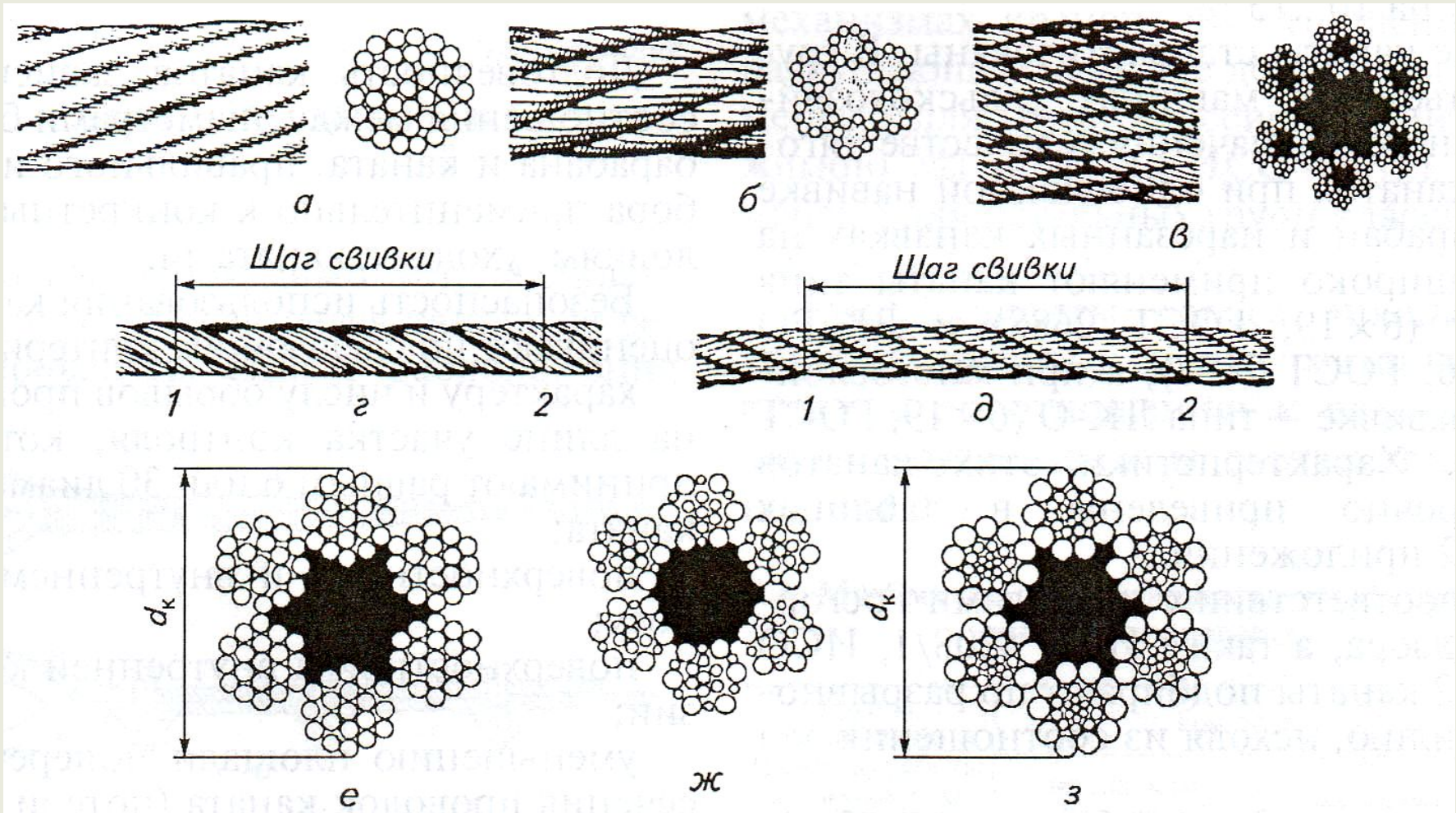
в – от одного гидроцилиндра через подвижную траверсу и тяги.

Подъемный электромагнит:

- 1 – цепь;
- 2 – контактная коробка;
- 3 – корпус;
- 4 – обмотка;
- 5 – защитный лист

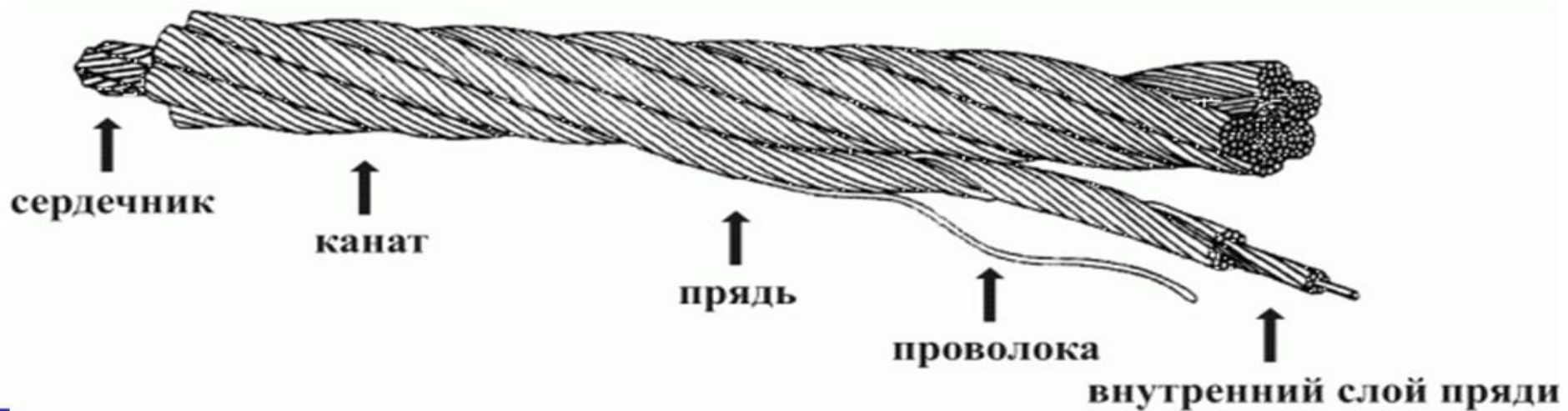
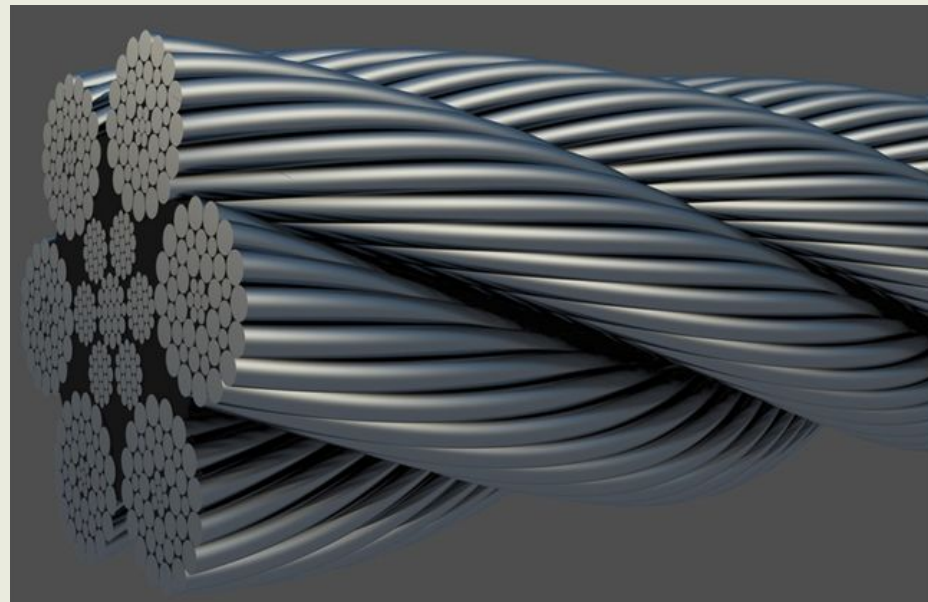


СТАЛЬНЫЕ КАНАТЫ



а – одинарной свивки; б – двойной свивки; в – тройной свивки; г – параллельной свивки; д – крестовой свивки; е – типа ЛК-О; ж – типа ЛК-Р; з – типа ЛК-РО;
 d_k – диаметр каната.

СТАЛЬНЫЕ КАНАТЫ



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДБОРУ КАНАТОВ

Все канаты стандартизованы.

В грузоподъемных машинах с.-х. назначения при однослойной навивке на барабан и нарезанных канавках на нем широко применяют канаты типа ЛК-Р (6х19, ГОСТ-2688) и ЛК-РО (6х36, ГОСТ-7668), при многослойной навивке – типа ЛК-О (6х19, ГОСТ-3077).

В соответствии с правилами Госгортехнадзора, а также ИСО4308/1, ИСО4308/2 канаты подбирают по разрывному усилию ($S_{\text{разр}}$):

$$S_{\text{разр}} \geq z_p S_{\text{max}'}$$

где $S_{\text{max}'}$ - наибольшее натяжение тяговой ветви каната;
коэффициент запаса прочности, определяемый в зависимости от группы классификации механизма по ИСО4301/1.

z_p -

НАИБОЛЬШЕЕ НАТЯЖЕНИЕ ТЯГОВОЙ ВЕТВИ КАНАТА

$$S_{\max} = \frac{G}{aK_n \eta_{\text{бл}}^m},$$

где G – сила тяжести поднимаемого груза, Н;

$$G = Qg;$$

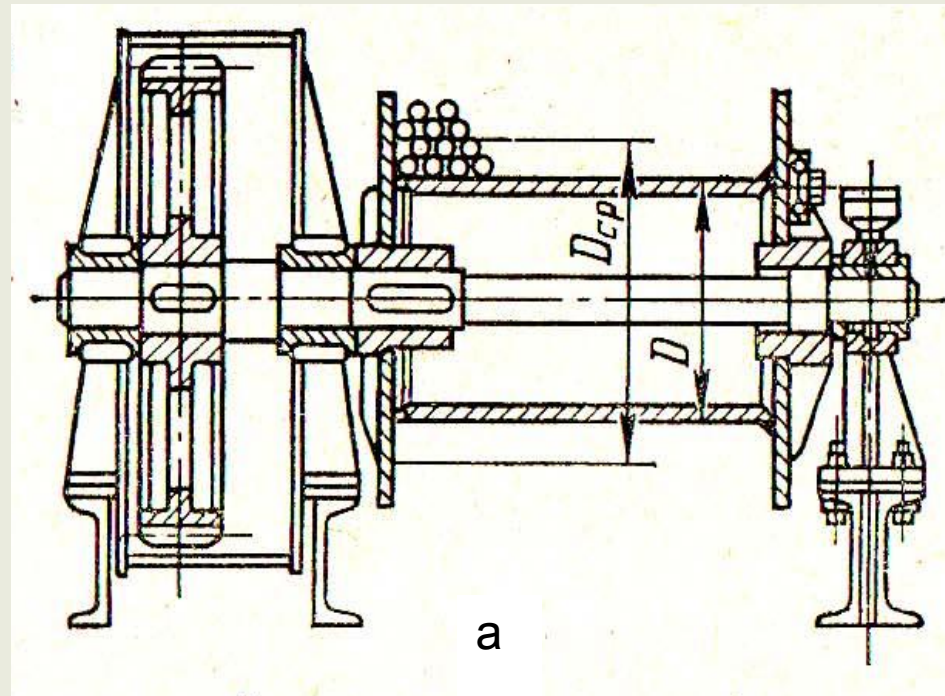
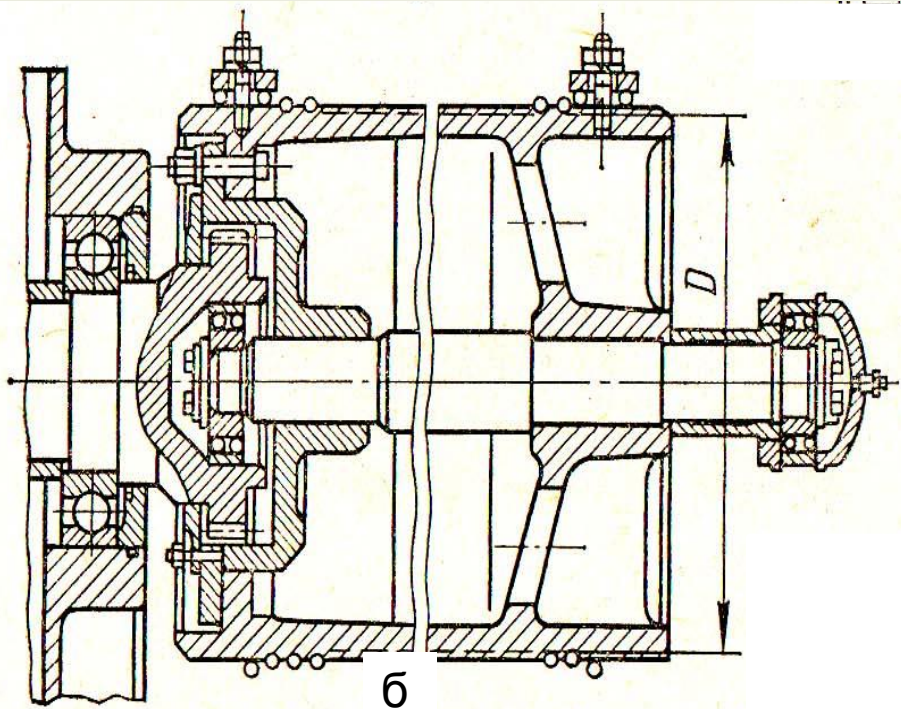
a – число полиспастов (одинарный, сдвоенный);

K_n – кратность полиспаста;

$\eta_{\text{бл}}$ – КПД блока;

m – число блоков.

БАРАБАНЫ



а – с многослойной навивкой каната;

б – с однослойной навивкой каната.

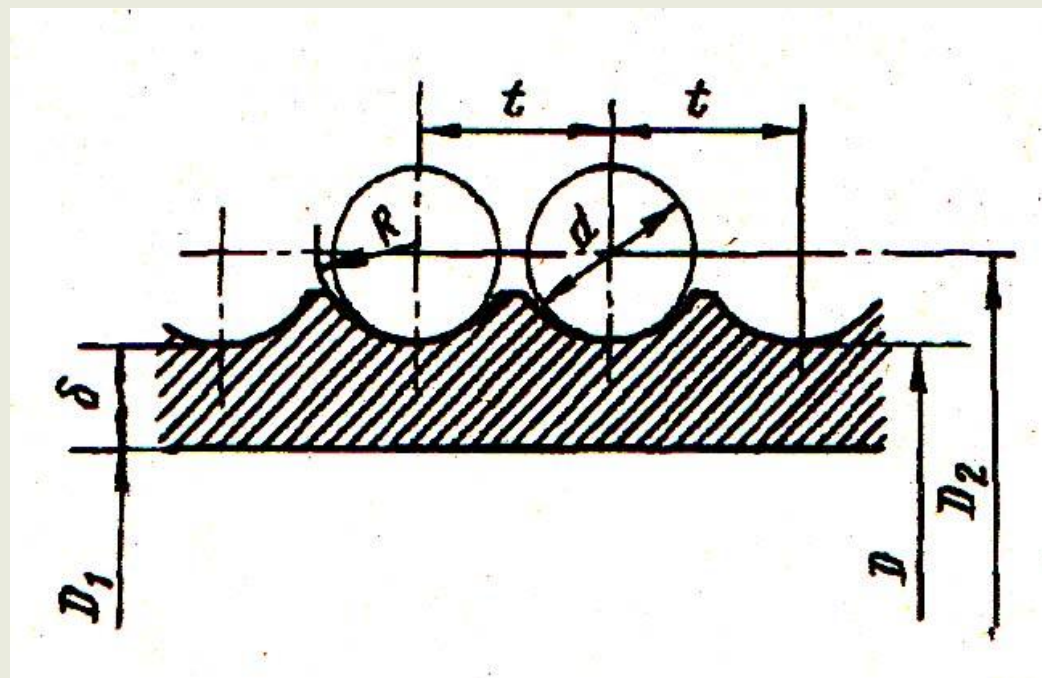
ПРОФИЛЬ КАНАВКИ ДЛЯ КАНАТА ПРИ ОДНОСЛОЙНОЙ НАВИВКЕ

$$\delta = 0,02D_1 + 6...10\text{ мм} \geq 8\text{ мм}$$

$$D_1 \geq h_1 d_{\text{кан}},$$

где h_1 – коэффициент выбора диаметра барабана;

$d_{\text{кан}}$ – диаметр каната.



$t = d_{\text{кан}} + (2...3\text{ мм})$ – шаг нарезки витков на барабане, мм.

Определение рабочей длины барабана при однослойной навивке канатов

$$L_{\bar{\sigma}} = Z \cdot p$$

Общее число витков на барабане $Z = Z_p + Z_3 + Z_d$;

Рабочее число витков $Z_p = \frac{L_{кан}}{\pi D_{\bar{\sigma}}}$,

где $L_{кан} = H \cdot K_{II}$; H – высота подъема груза.

$Z_3 = 1,5 \dots 2$ – число витков, необходимое для закрепления каната на барабане;

$Z_d = 1,5$ – дополнительное число витков, рекомендуемое Госгортехнадзором для разгрузки крепления каната;

p – шаг навивки каната на барабан (см. справочник)

Расчет барабана на прочность

Стенки барабана испытывают напряжения сжатия, кручения и изгиба.

При $L_{\sigma} \leq 3D_1$ напряжения изгиба и кручения составляют 10...15% напряжений сжатия.

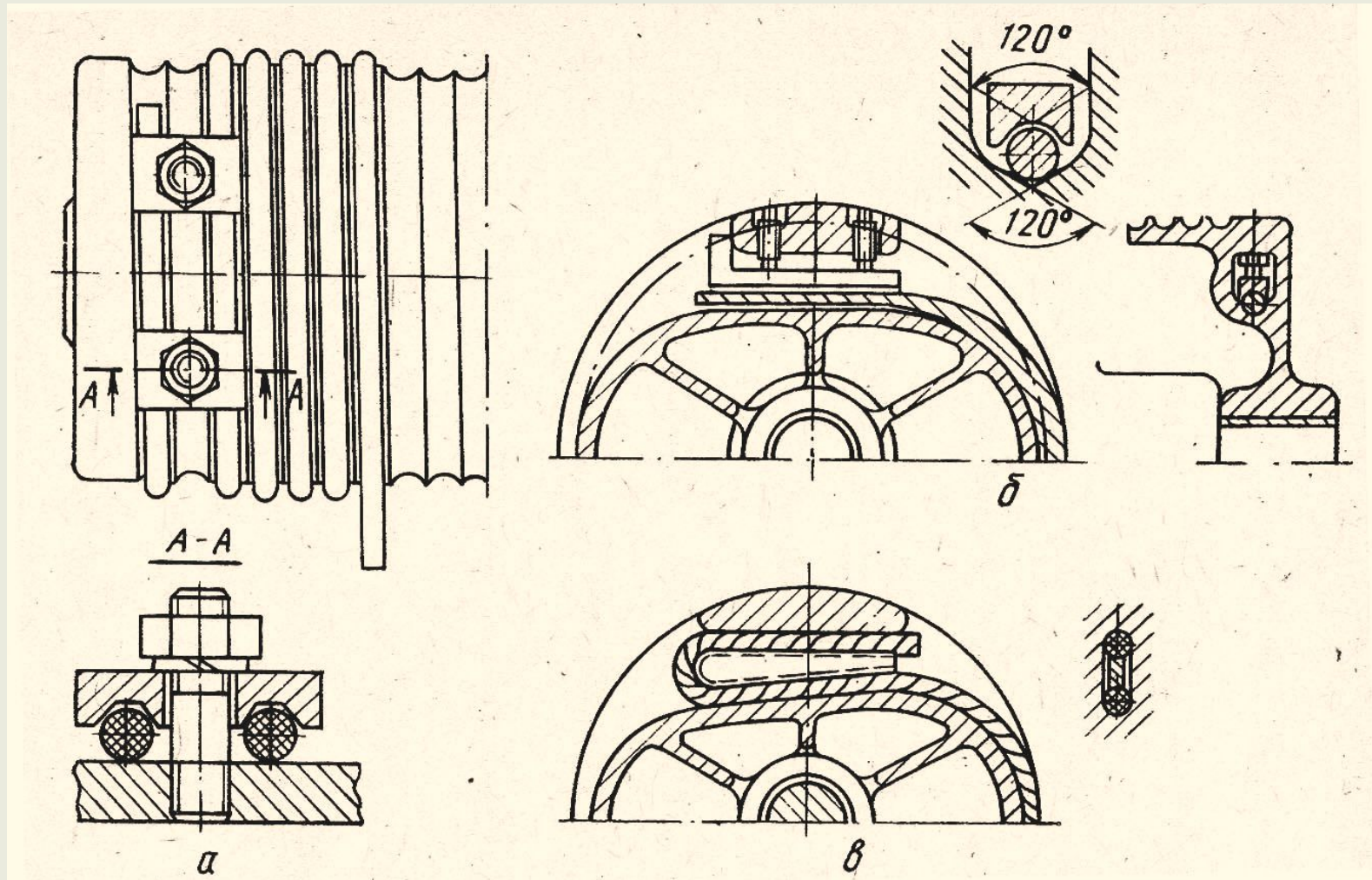
В этом случае достаточен расчет на сжатие:

$$\sigma_{сж} = \frac{S_{\max}}{t\delta} \leq [\sigma_{сж}],$$

где $[\sigma_{сж}]$ - допустимые напряжения материала барабана, МПа;

t – шаг нарезки витков на барабане, мм.

Крепление каната на барабане



а – наружными планками; б – прижатой планкой; в – клиновое крепление.

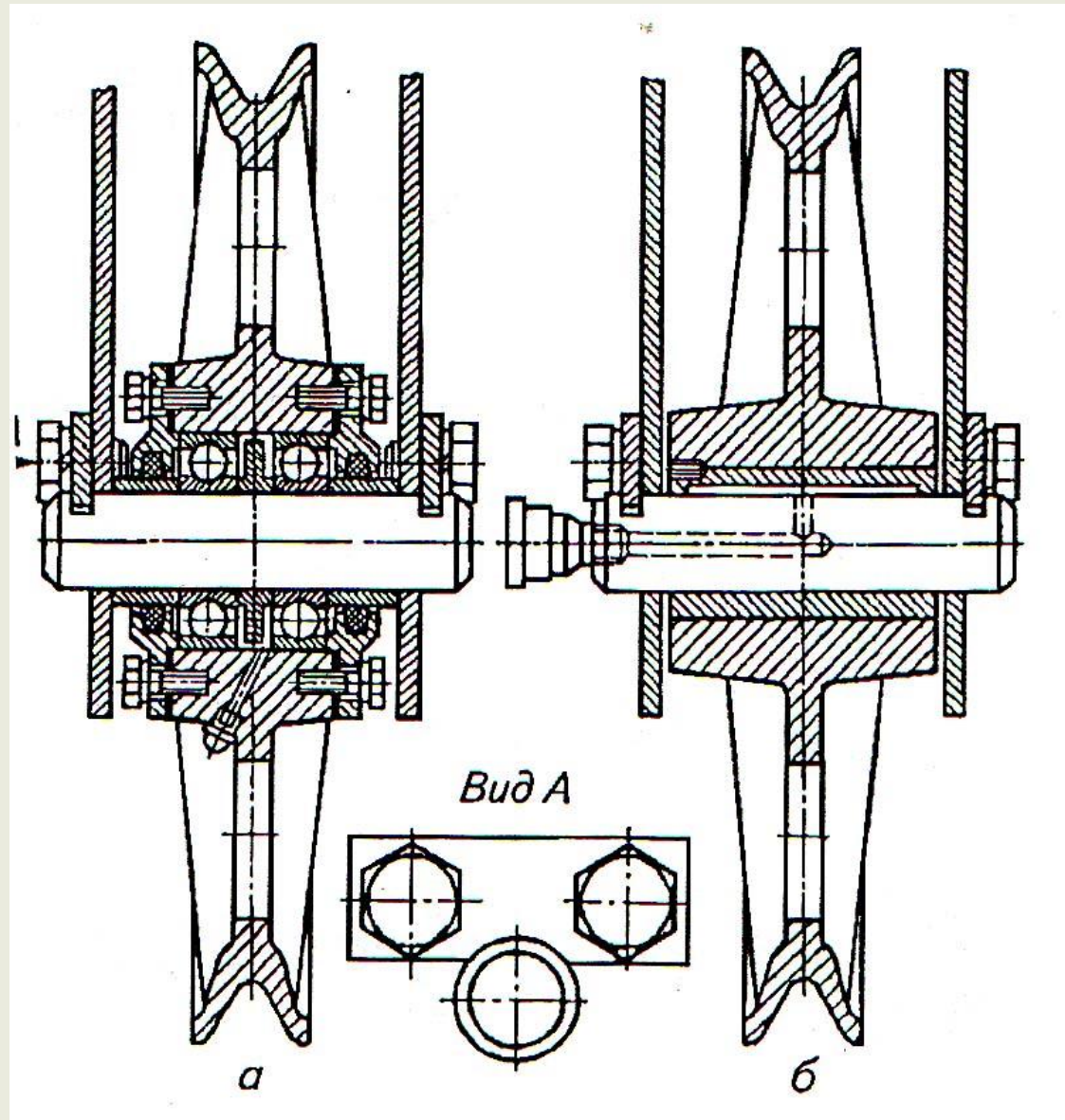
КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА

Канатные барабаны для сдвоенных полиспастов



Конструкции блока в сборе

а – на подшипниках качения;
б – на подшипниках скольжения



Профиль ручья блока

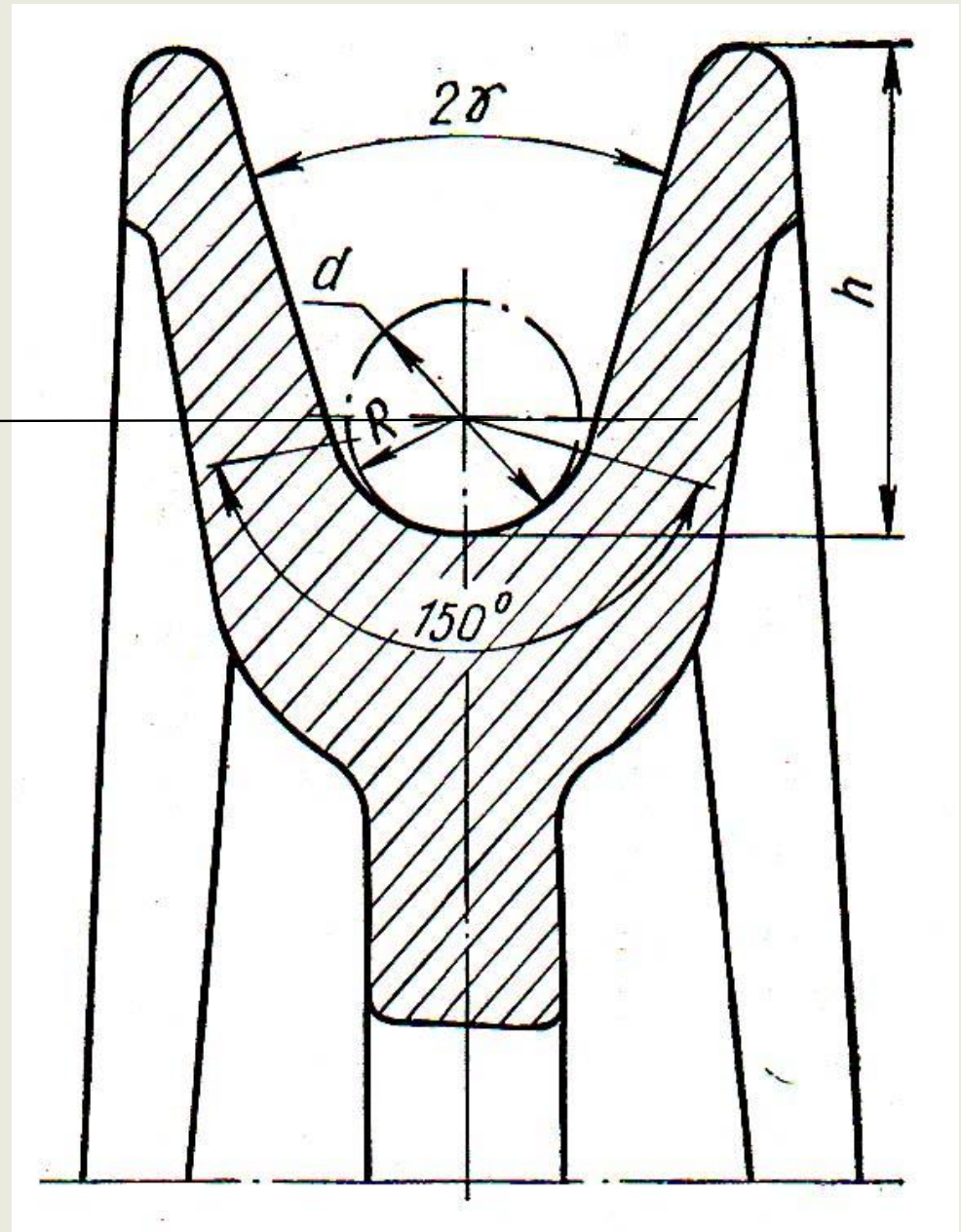
$$D_2 \geq h_2 d_{\text{кан}}$$

$$D_3 \geq h_3 d_{\text{кан}}$$

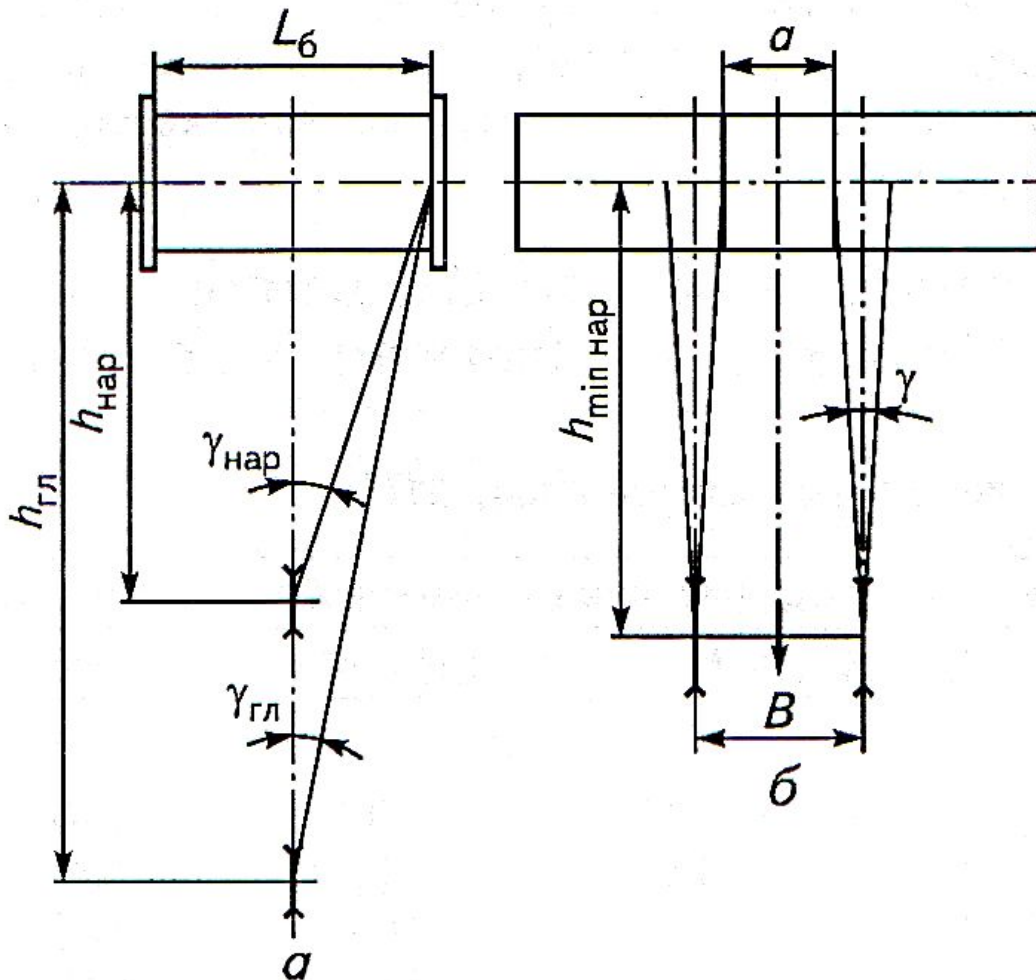
D

D_2 , D_3 – диаметры основного
и уравнительного блоков

h_2 , h_3 – коэффициенты
выбора диаметров блоков



Схемы к определению допустимых углов набегания каната на барабан



Для барабанов с винтовой канавкой:

$$h_{нар} = L_{б} / (2 \operatorname{tg} 6^{\circ});$$

Для гладких барабанов:

$$h_{гл} = L_{б} / (2 \operatorname{tg} 2^{\circ});$$

Длина ненарезанной части барабана для сдвоенного Полиспаста:

$$a_{\max} = B - 2h_{\min нар} \operatorname{tg} \gamma.$$

ПОЛИСПАСТЫ

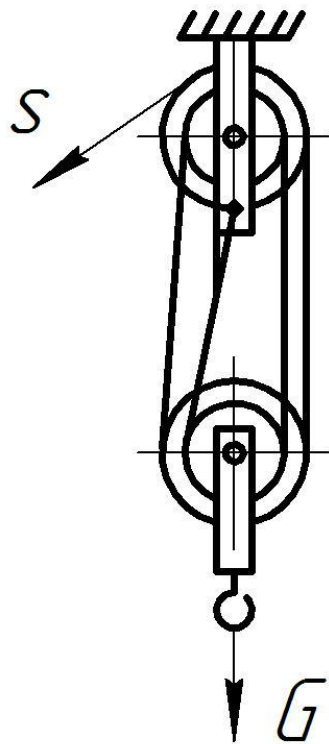
ПОЛИСПАСТ – система подвижных и неподвижных блоков, соединенных гибкой связью (канатом).

- силовые (для увеличения силы);
- скоростные (для увеличения скорости).

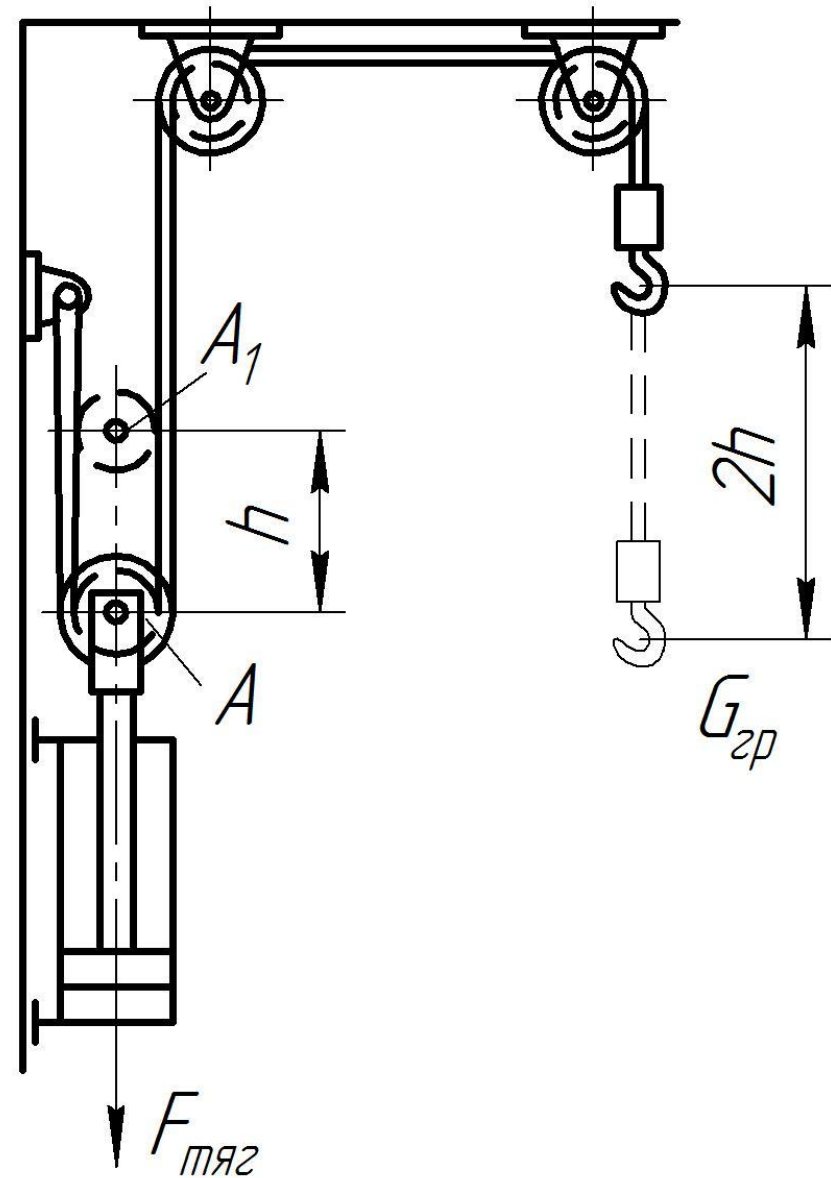
Основные характеристики:

- ❖ силового полиспаста - кратность полиспаста - отношение числа грузовых ветвей к тяговым ветвям;
- ❖ скоростного полиспаста – передаточное число – отношение высоты подъема груза (H) к высоте подъема тягового органа (l).

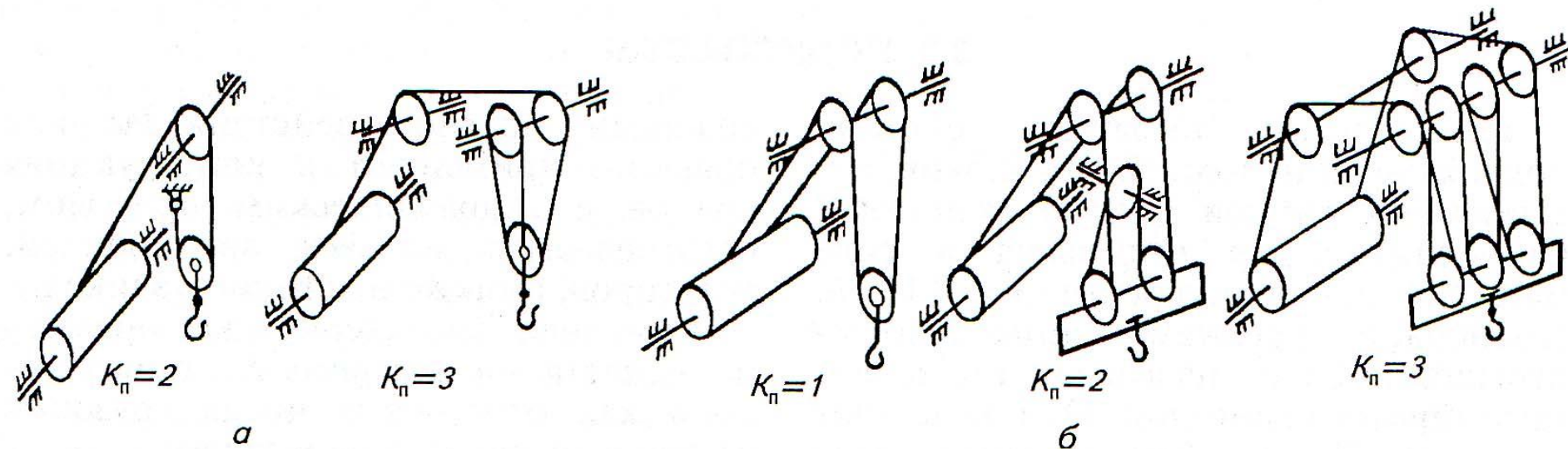
Силовой



Скоростной



СХЕМЫ ПОЛИСПАСТОВ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ



а – одинарные; б – двойные

Одинарные полиспасты применяют в поворотных кранах.

Сдвоенные полиспасты применяют в кранах (мостовых, козловых и др.), где предусмотрено непосредственная навивка каната на барабан.

Сдвоенные полиспасты предотвращают вращение груза при подъеме и обеспечивают его подъем строго по вертикали.