

Организация ремонтной службы



Классификация организации ремонтных работ

По месту работы

- 1) ремонт на месте установки машины;
- 2) ремонт всей машины в РМЦ;
- 3) ремонт "скелета" машины на месте установки, а узлов – в РМЦ

По объему работ:

- 1) подетальный – замена изношенных деталей;
- 2) поузловой – замена отдельных узлов;
- 3) помашинный (поагрегатный) – замена всей машины (агрегата) резервной.

По времени работ:

- 1) равномерно распределенный на весь год;
- 2) сосредоточенный на период остановки технологической установки (остановочный ремонт);
- 3) сосредоточенный на часть года (сезонный ремонт).

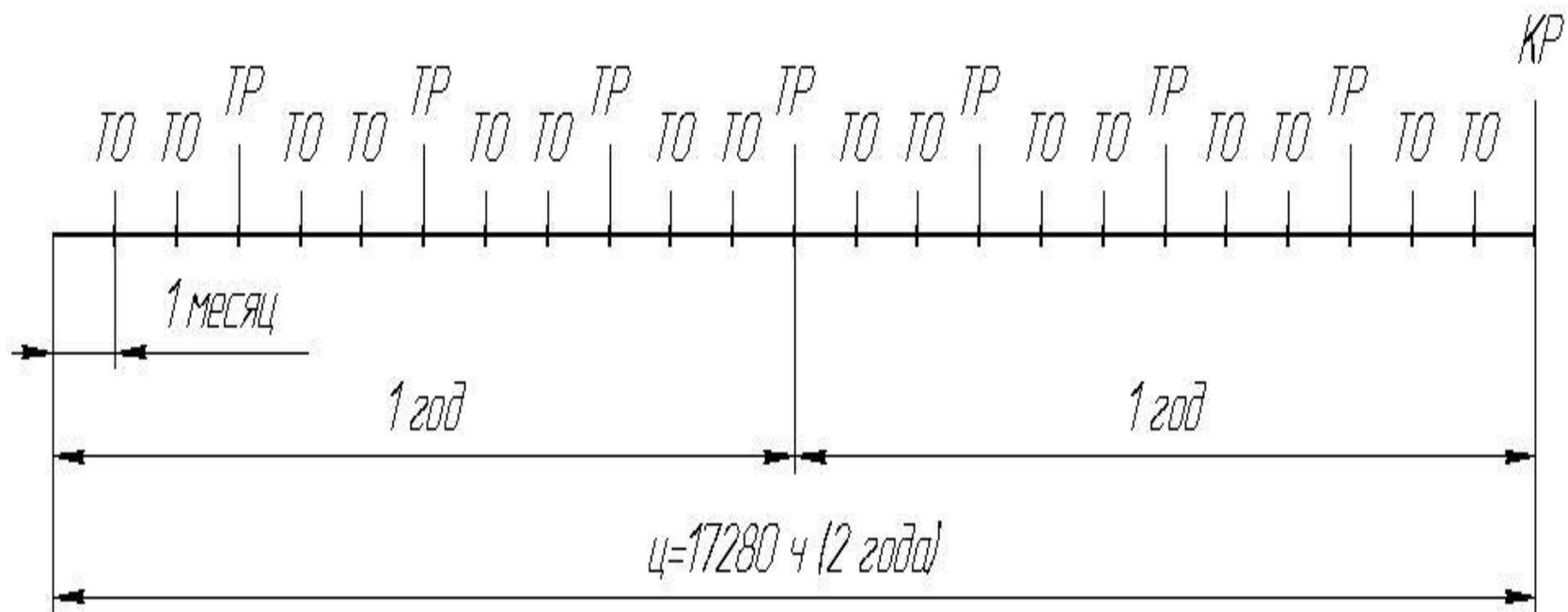
Система технического обслуживания и ремонта (ТОиР)

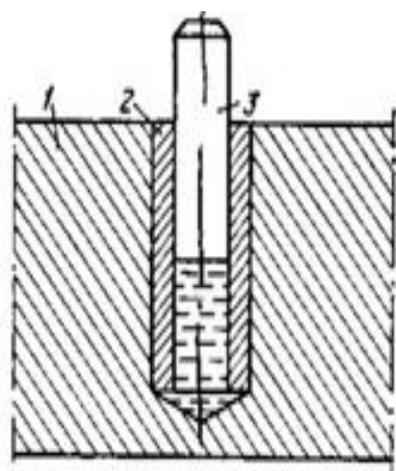
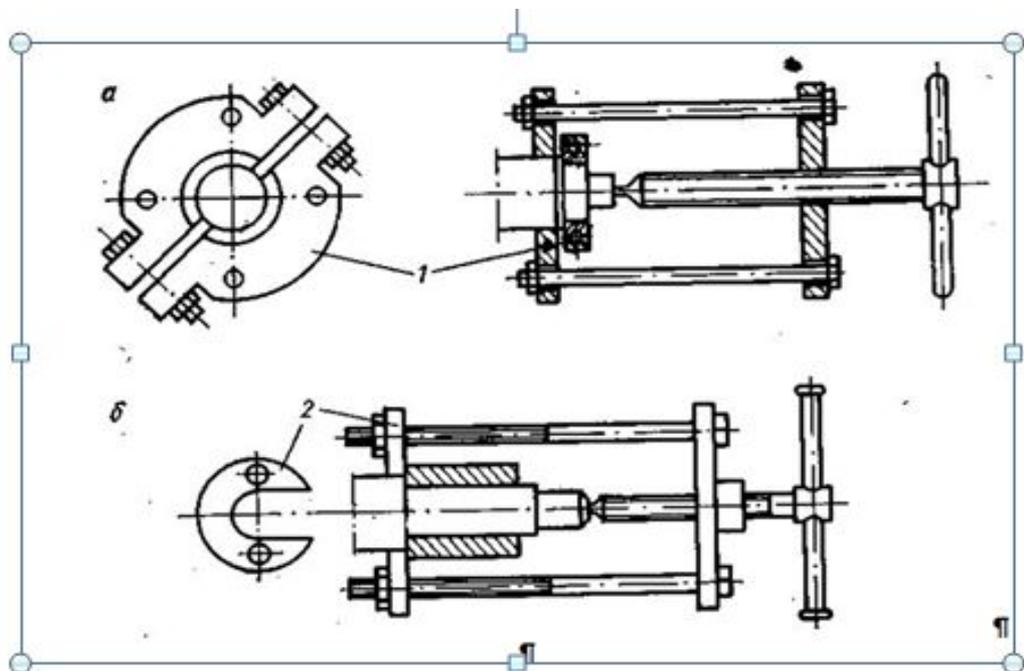


Документация ремонта

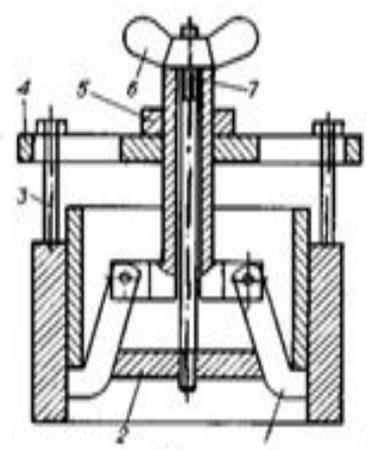
№ п/п	Вид документа	Кто представляет	Кто утверждает	Примечание
1	Годовой график ППР	Руководство цеха (начальник механик)	Главный инженер	Вид ремонта, сроки, нормы, количество рабочих
2	График остановки на капремонт заводов и цехов	Гл. механик Нач. планового отдела	Директор. Вышестоящая организация	Указывается продолжительность простоя за год.
3	План-график ремонта оборудования на месяц	Механик цеха	Начальник цеха	Календарные сроки и вид ремонта

4	Титульный список капитального ремонта	Гл. механик <u>Нач. планового отдела</u>	Директор предприятия	Распределение поквартальных средств по видам оборудования
5	Ведомость затрат труда на ППР	Руководство цеха	Отдел гл. механика (ОГМ)	Дифференцированный расчет затрат на ремонт. Общие затраты на ремонт.
6	Ремонтный журнал по учету ППР.	Начальник смены	Механик цеха	Дата проведения ремонта. <u>Инвентарный №</u> оборудования. Исполнитель.
7	Ведомость дефектов	Руководство цеха	Гл. механик	Перечень работ, Перечень материалов. <u>Квалификация исполнителей</u>
8	Ведомость работ <u>капитального</u>	Руководство цеха. <u>Гл. механик</u>	Гл. инженер	Перечень и <u>объем работ</u> . Материалы. Составление сметы работ
9	Акт сдачи <u>ремонтных работ</u>	Руководство технологического цеха	Руководство ремонтного цеха	Подготовленность объекта к ремонту
10	Акт сдачи из <u>ремонтных работ</u>	Руководство ремонтного цеха	Руководство технологического цеха	Соответствие ТУ. Подтверждение качества ремонта





a)



b)

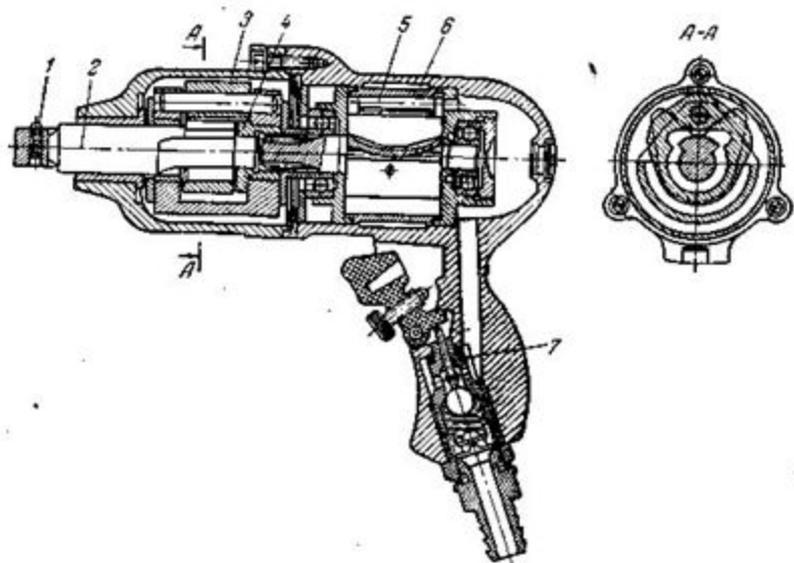


Рис.6.4. – Пневматический гайковерт
 1 – предохранительный шарик; 2 – шпindelь; 3 – ударный механизм; 4 – муфта;
 5 – двигатель; 6 – корпус; 7 – пусковое устройство.

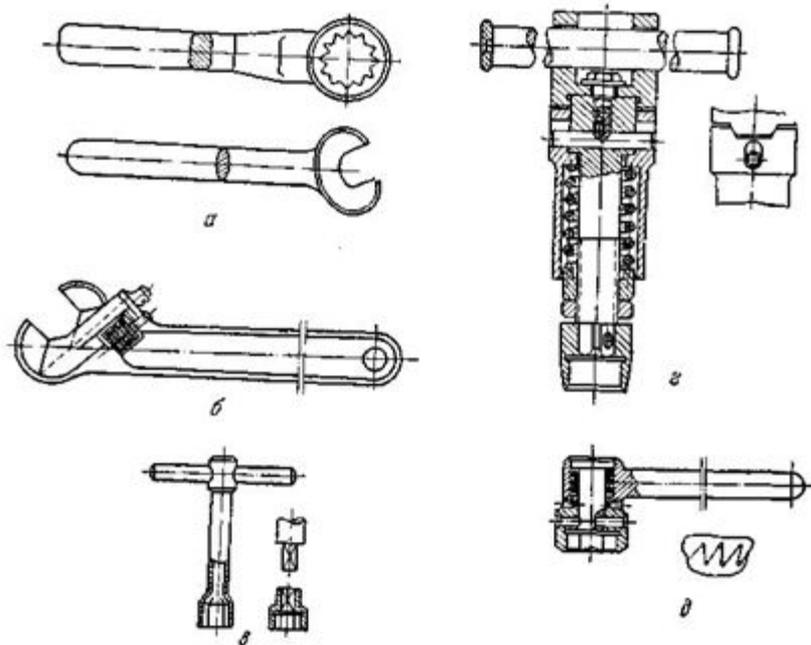


Рис.6.3 – Гаечные ключи
 а – простые; б – универсальные; в – торцовые; г – тарированные; д – предельные

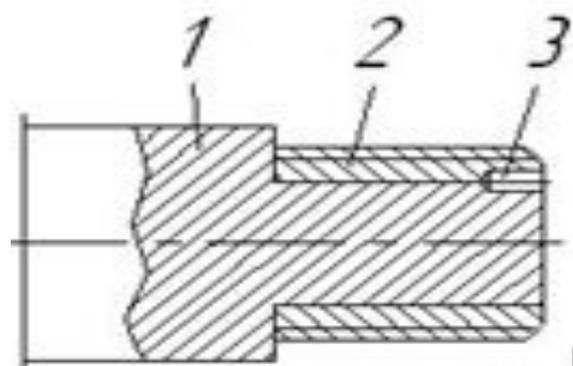
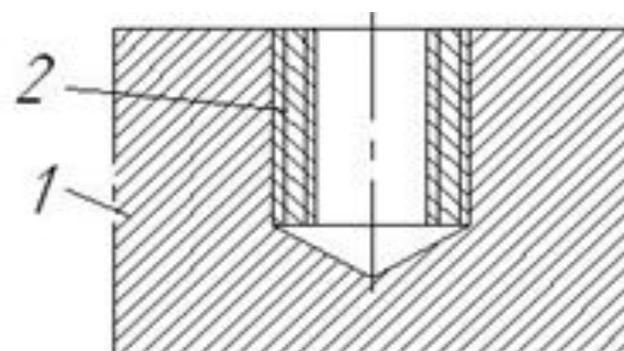
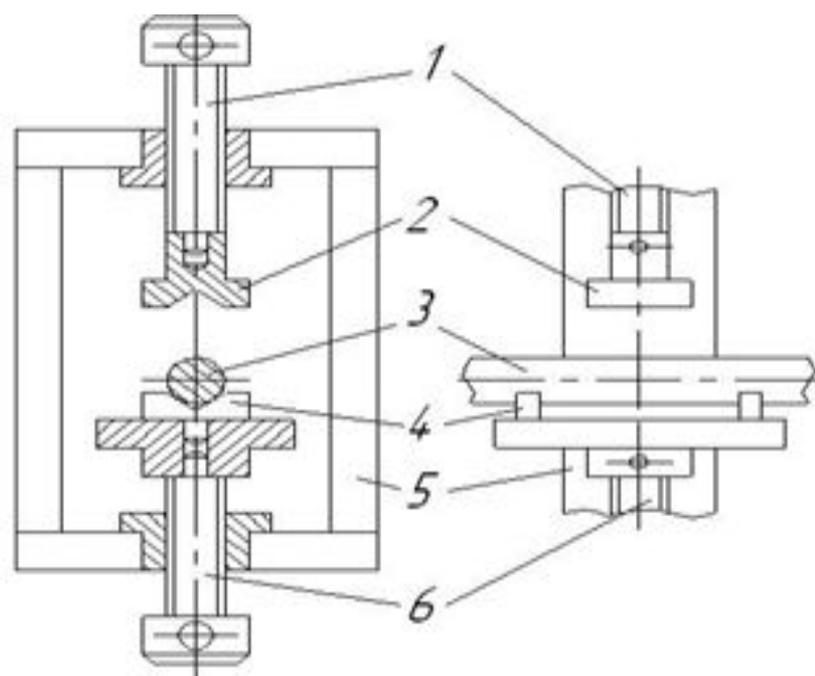


Рис.6.5 Пресс для правки валов
 1, 6 – подвижные винты; 2, 4 – призмы; 5 - рама

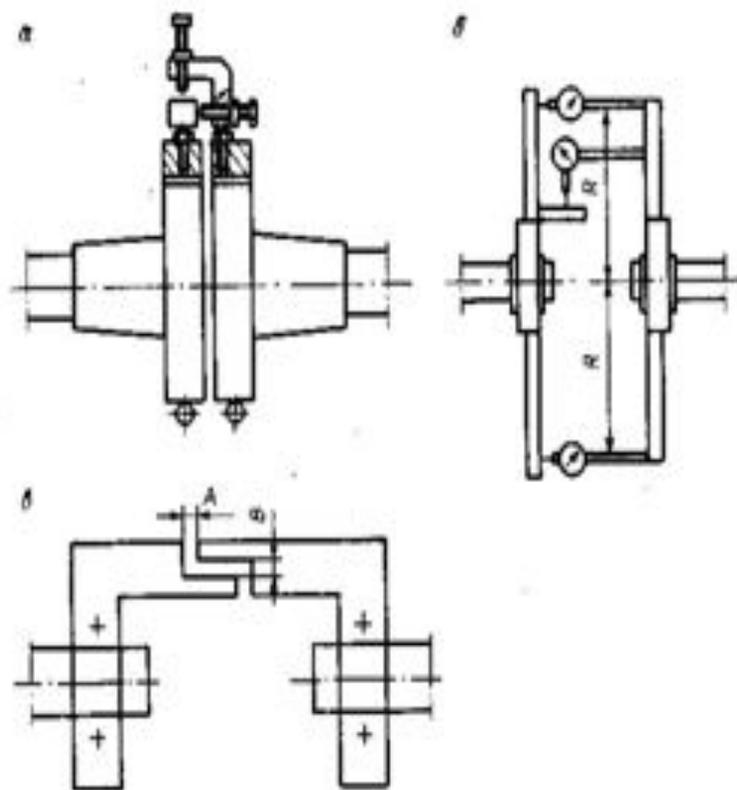
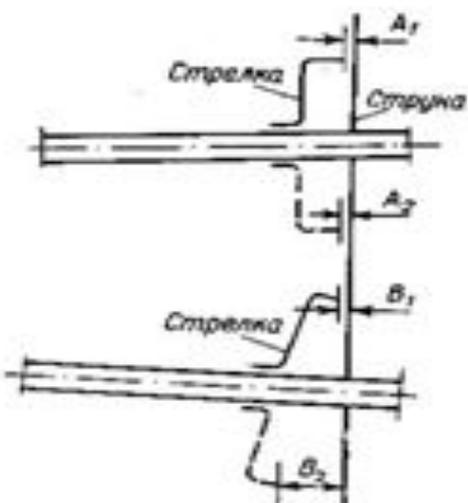
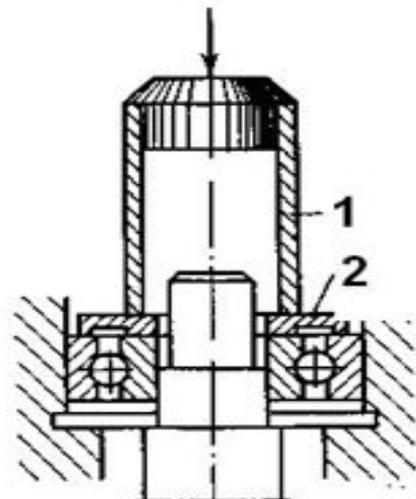
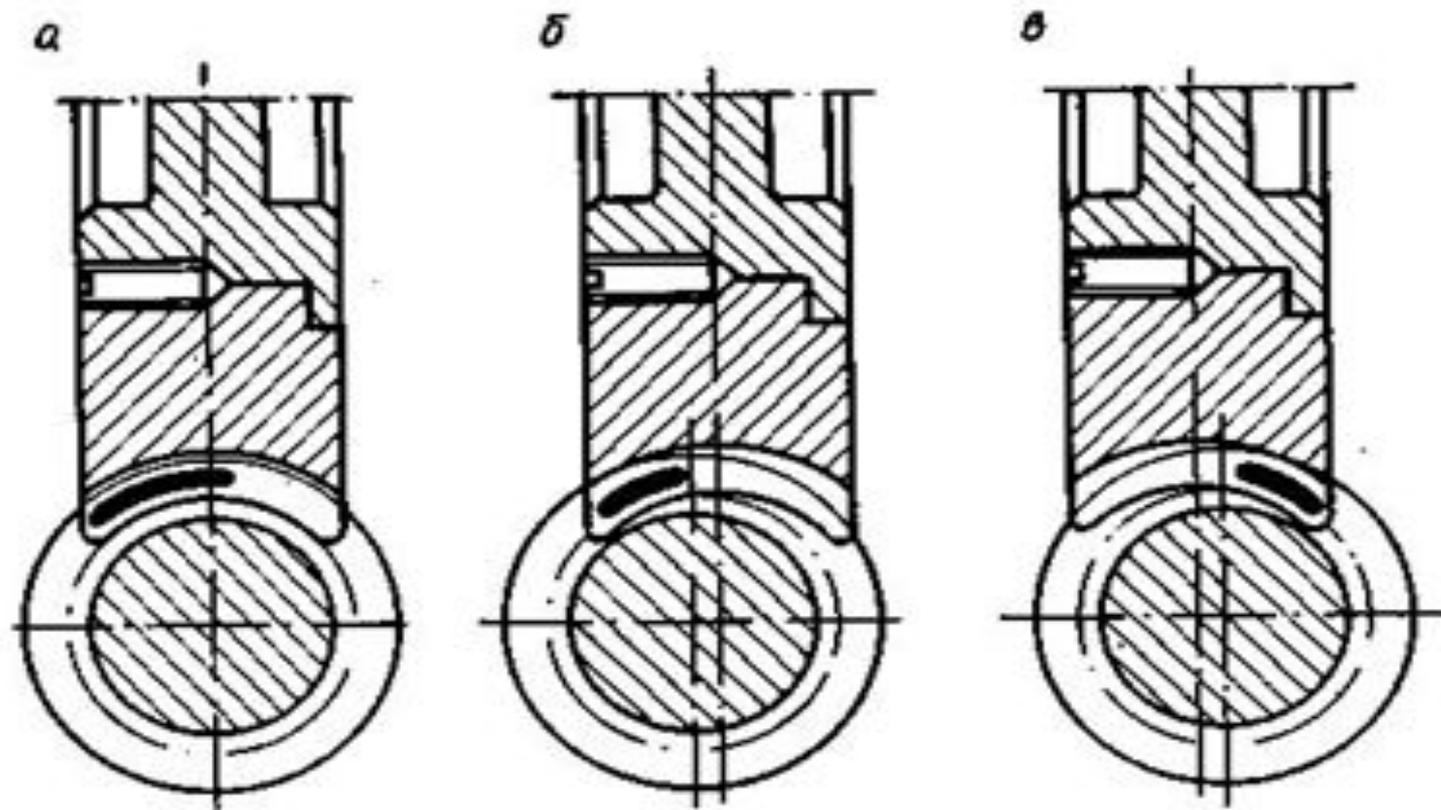
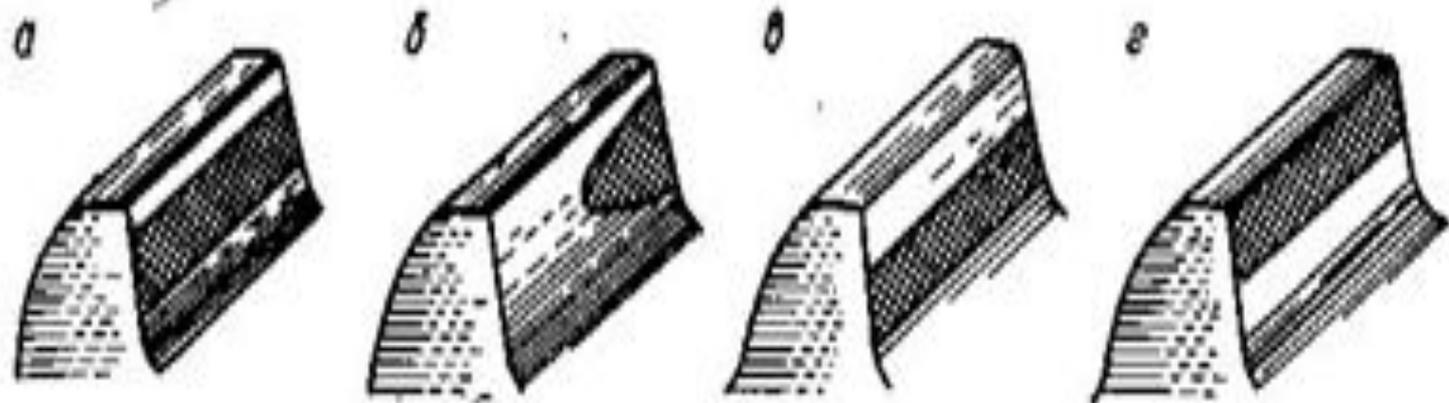
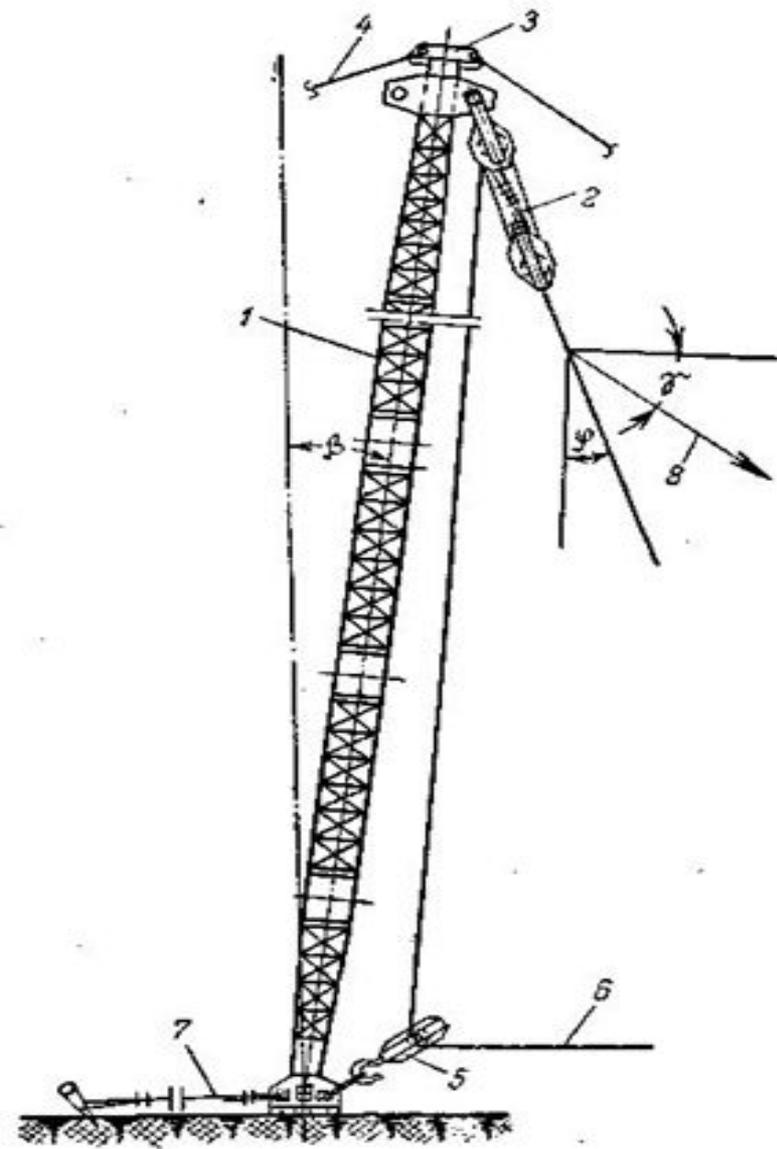
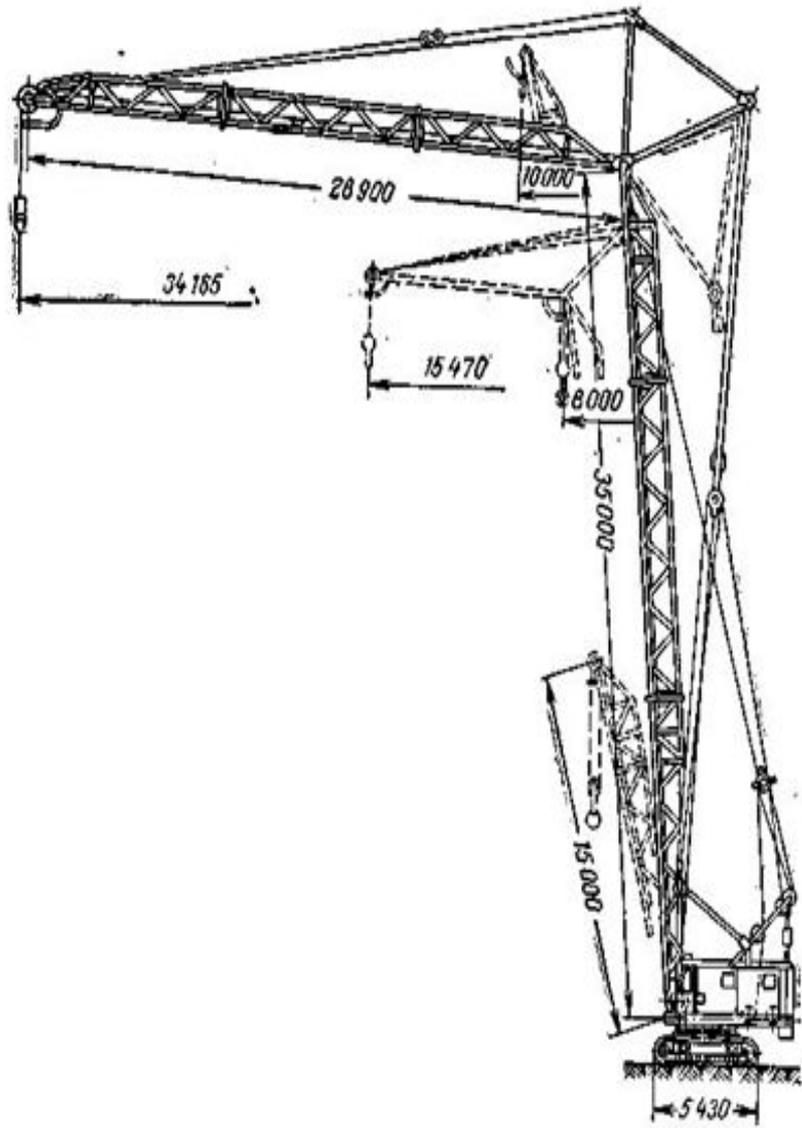


Рис. 6.7 Проверка соосности вала.

5 Проверка параллельности валов





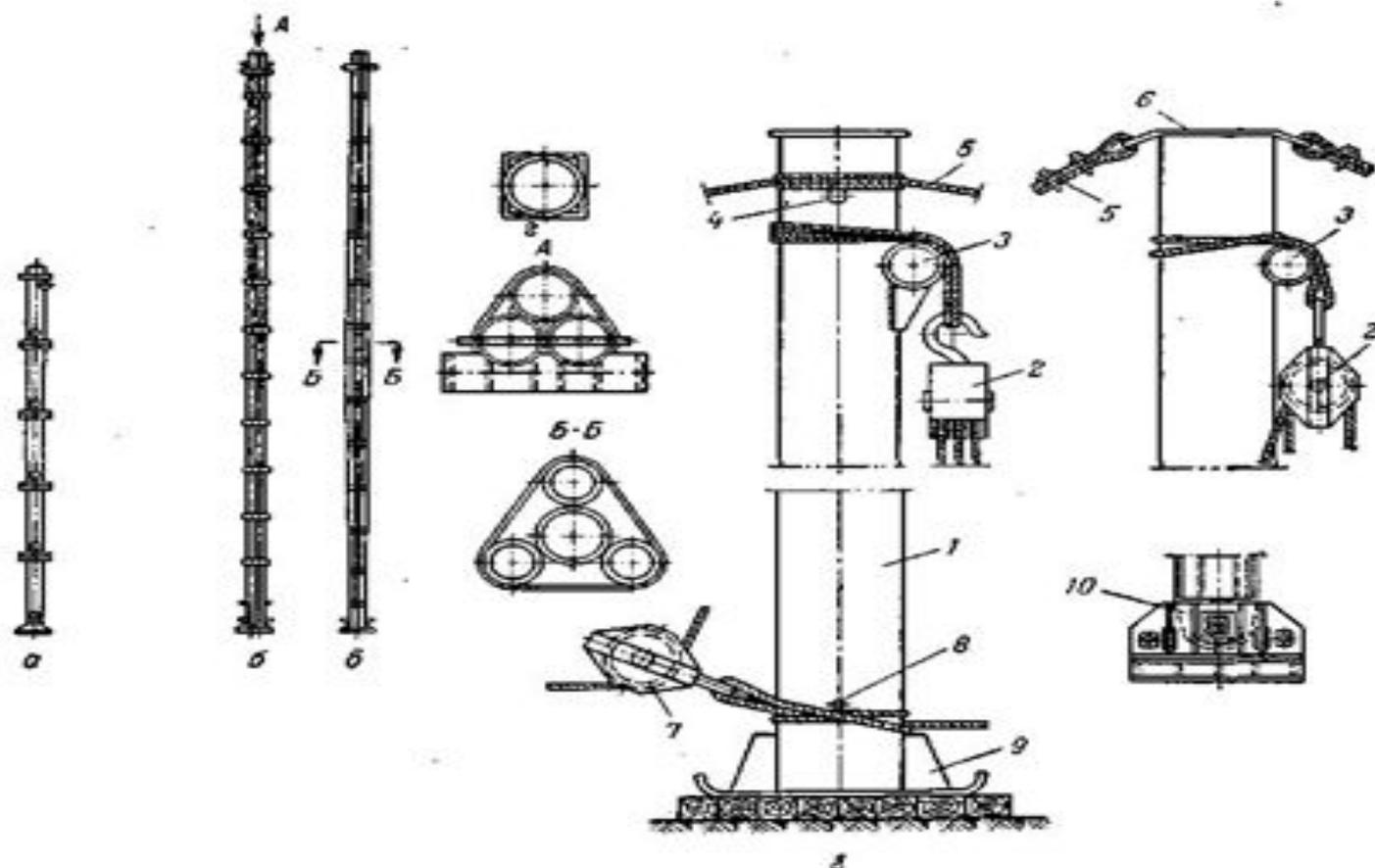


Рис.2.3 Трубчатые мачты

- а – однотрубчатая; б – трехтрубчатая; в – сигарообразная;
 г – укрепление трубы ребрами жесткости;
 1 – мачта; 2 – полиспаст; 3 – поперечная труба; 4 – штырь для удержания вант;
 5 – ванты; 6 – паук для вант; 7 – отводной блок;
 8 – штырь для крепления отводного блока; 9 – неподвижная опора; 10 – поворотная опора.

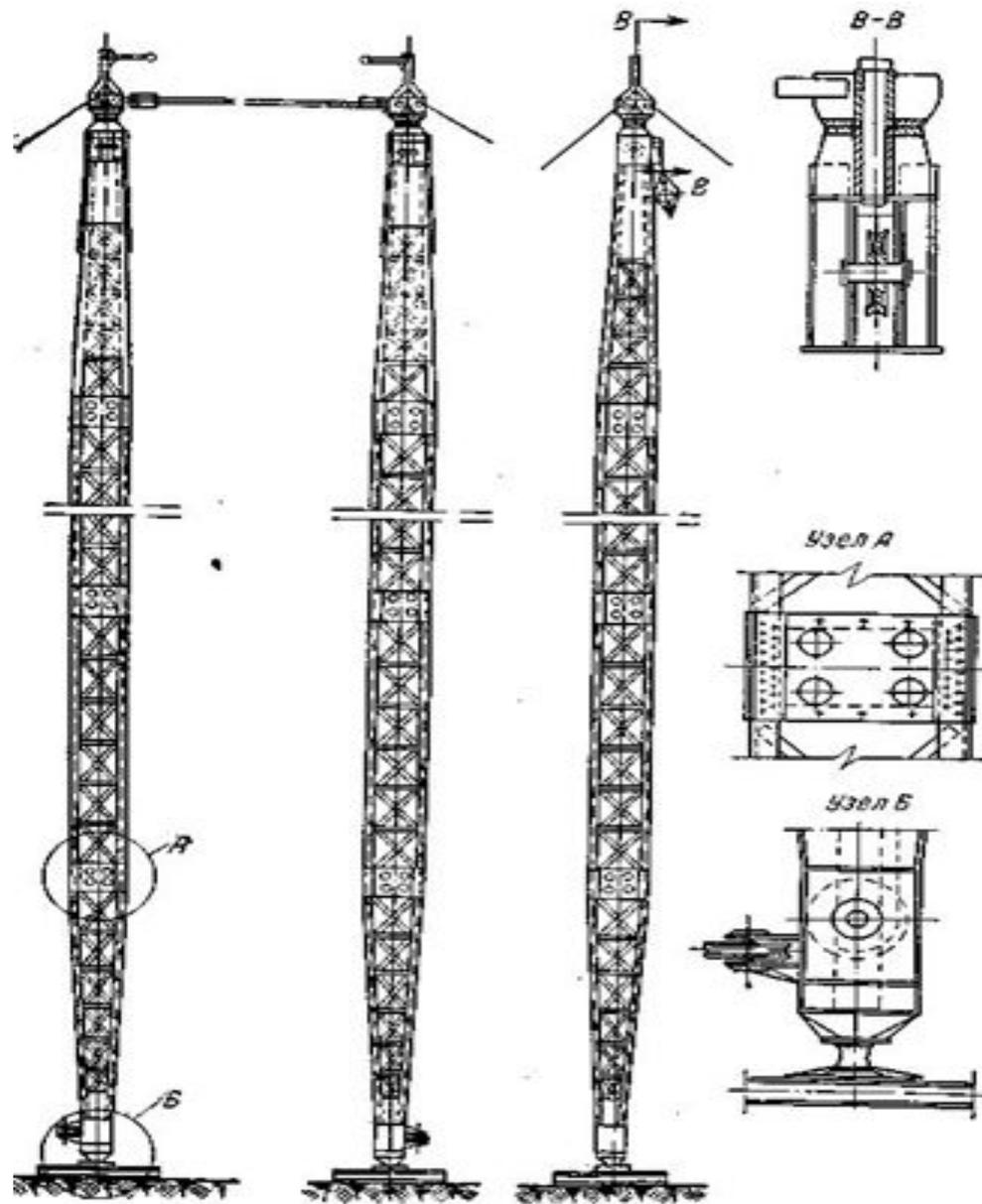


Рис.2.4.Решетчатые мачты

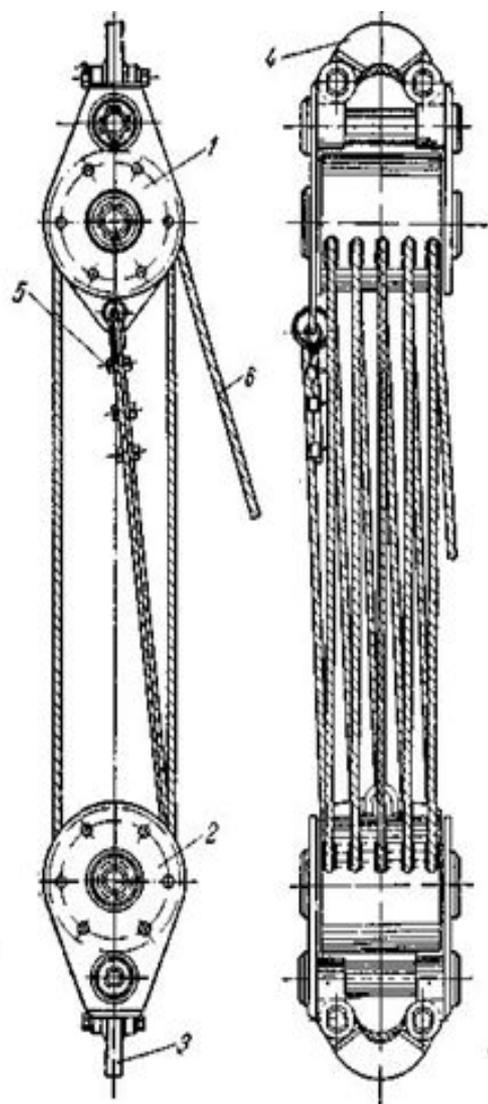


Рис.2.6 Общий вид полиспаста:

1 – неподвижный блок; 2 – подвижный блок; 3, 4 – серги;
 5 – неподвижный конец троса; 6 – сбегающая ветвь троса.

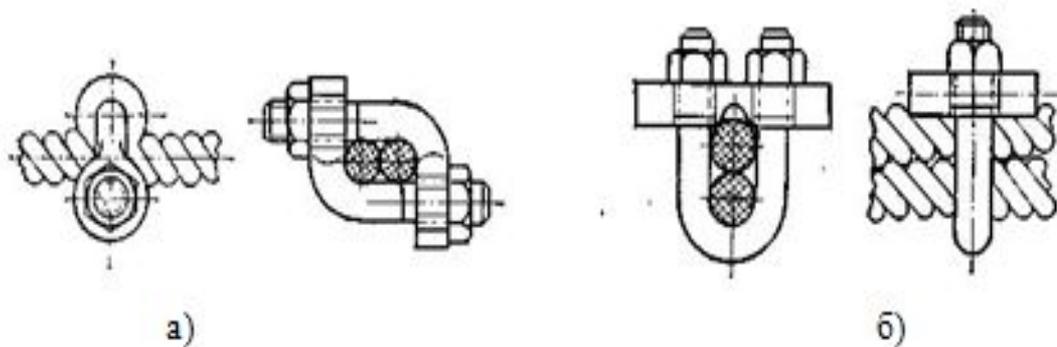


Рис.2.7 Виды зажимов

а – зажим из одинаковых элементов; б – зажим из скобы и планки

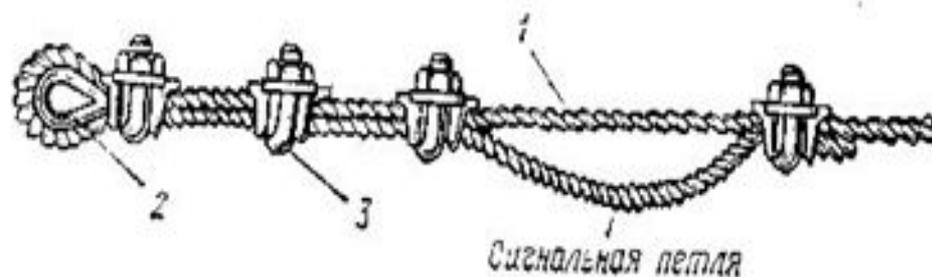
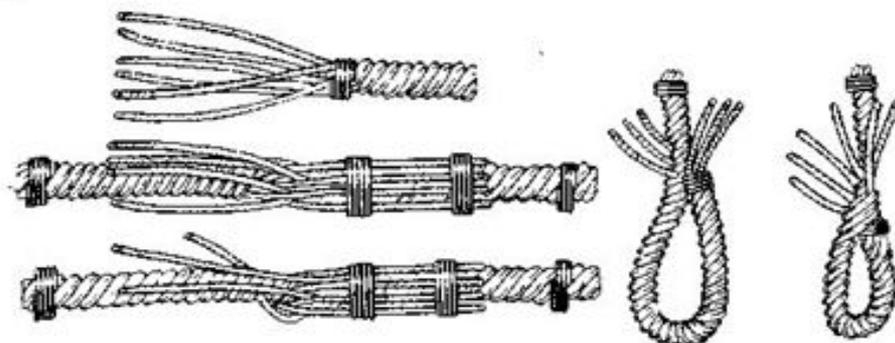


Рис.2.8 Изготовление стропы установкой зажимов

1 – трос; 2 – коуш; 3 – зажим.



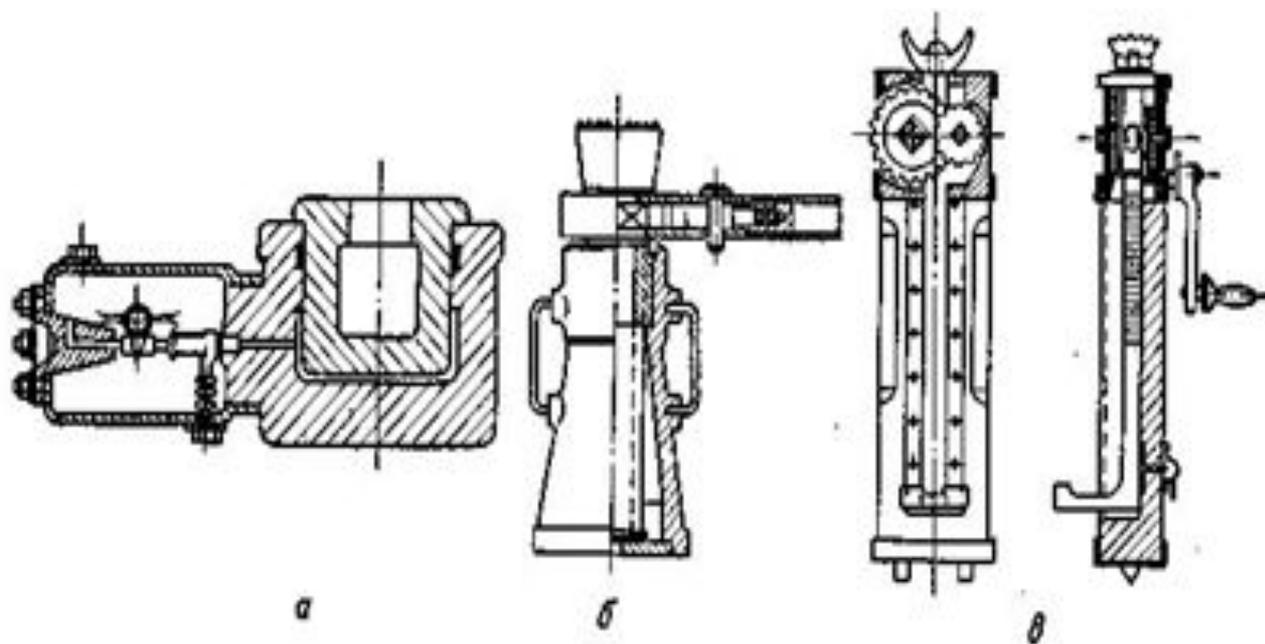
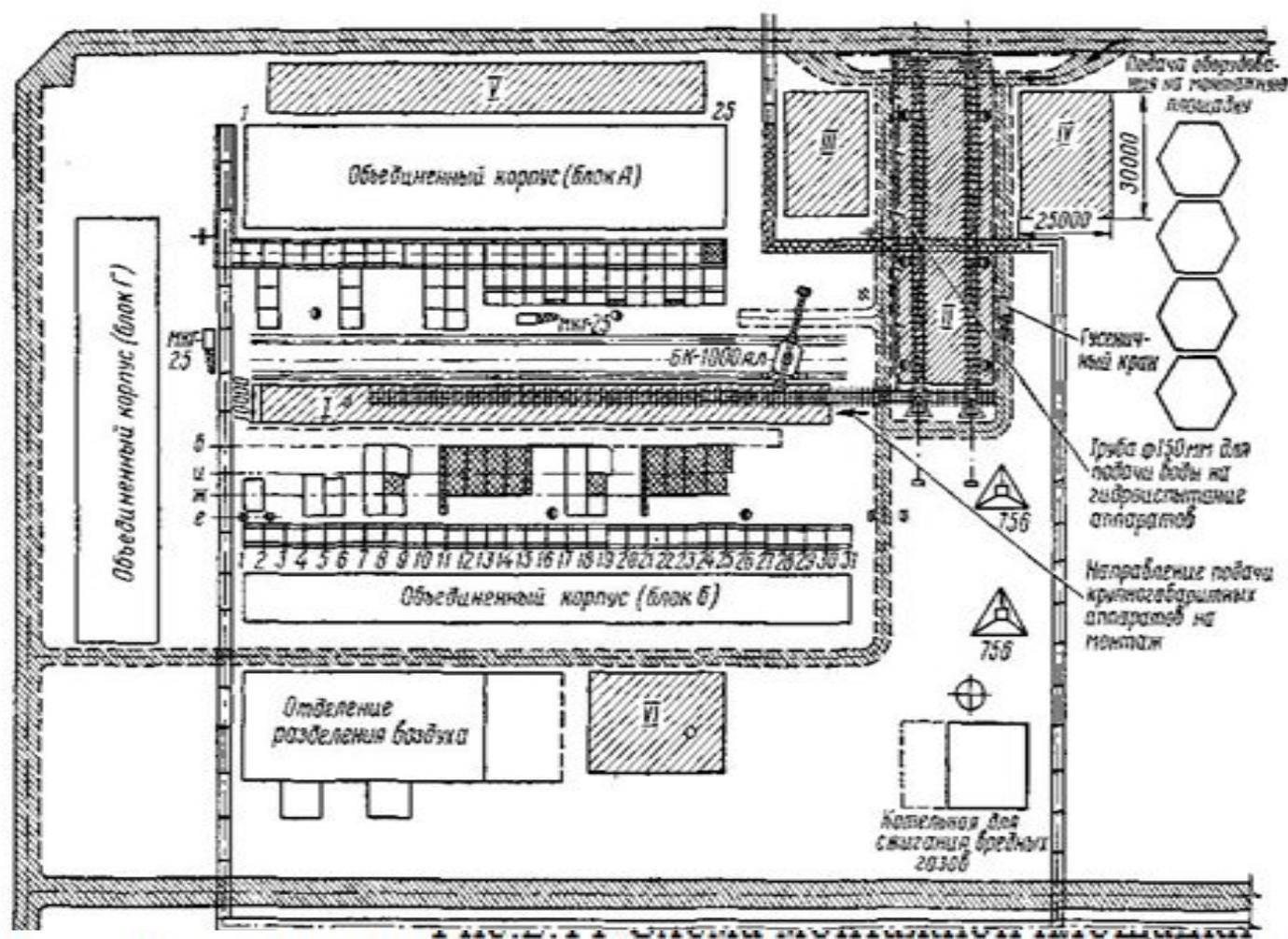


Рис.2.10. Домкраты
а – гидравлический; б – винтовой; в – реечный.



- I – зона подачи в монтаж оборудования блоков А и Б объединенного корпуса;
- II – зона укрупненной сборки негабаритного оборудования блока Б;
- III – зона складирования оборудования и узлов трубопроводов блока А;
- IV, V, VI – зоны складирования металлоконструкций и узлов трубопроводов.

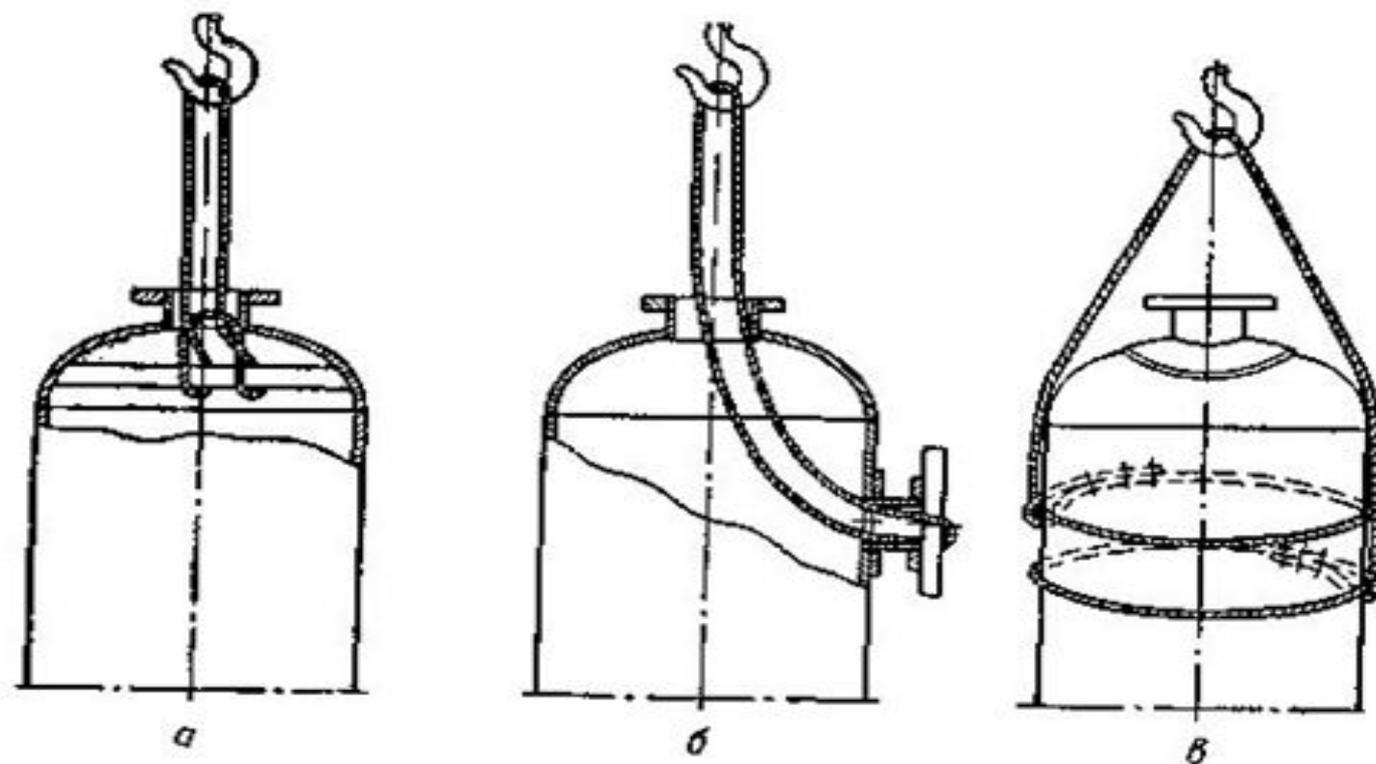
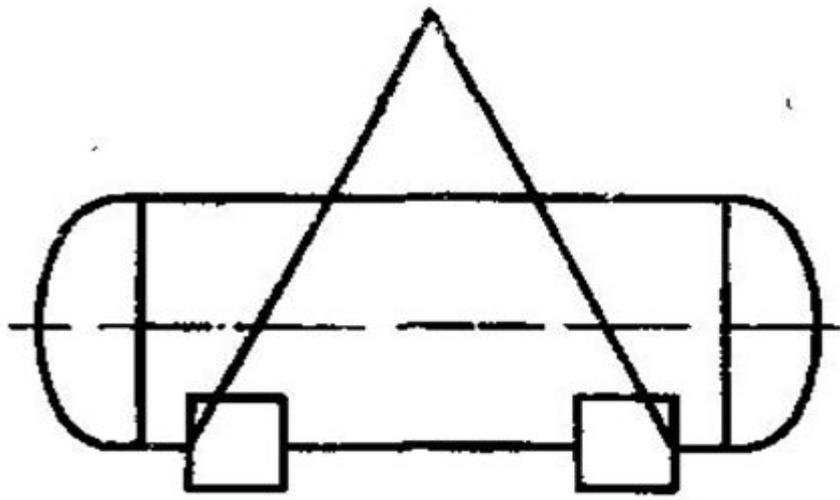


Рис.2.12. Способы строповки крупных вертикальных аппаратов
а – привязка к поперечине, прикрепленной внутри аппарата;
б – привязка к поперечине прикрепленной к торцу фланца бокового штуцера;



Способ строповки горизонтального аппарата

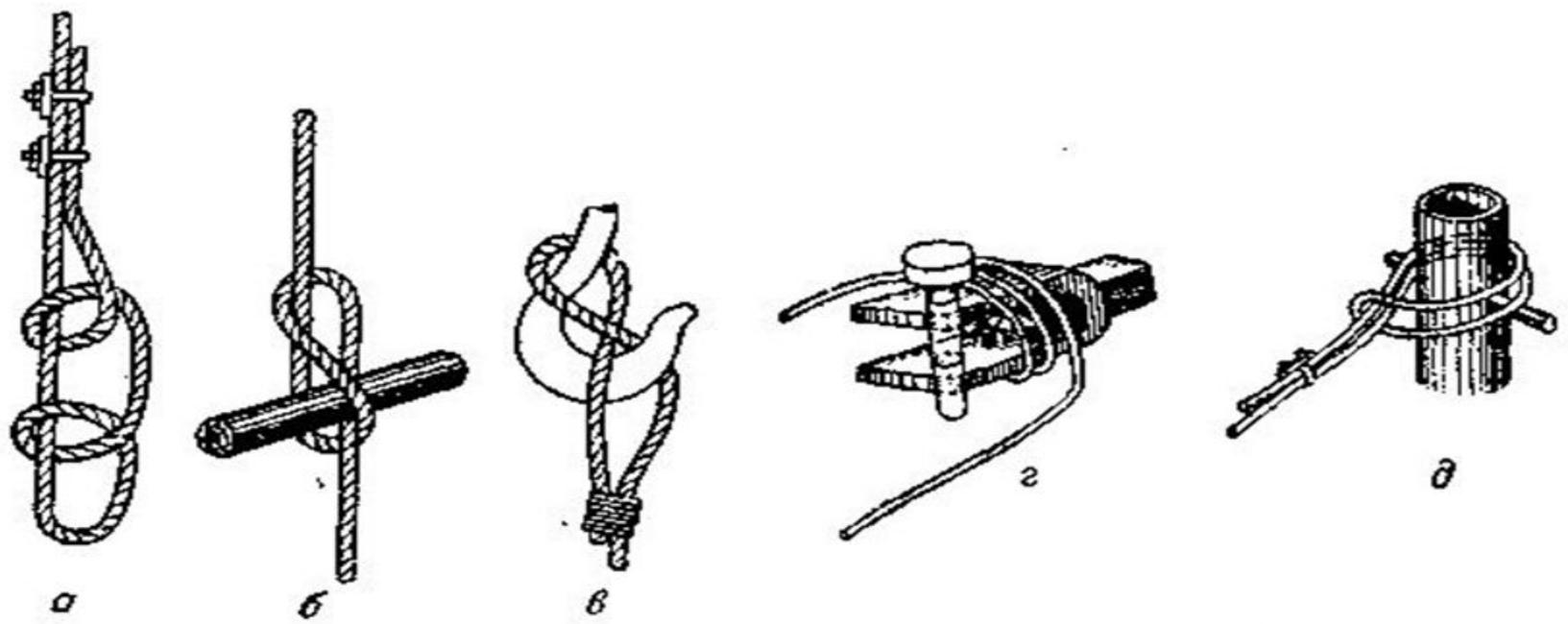


Рис.2.14 Схема крепления троса

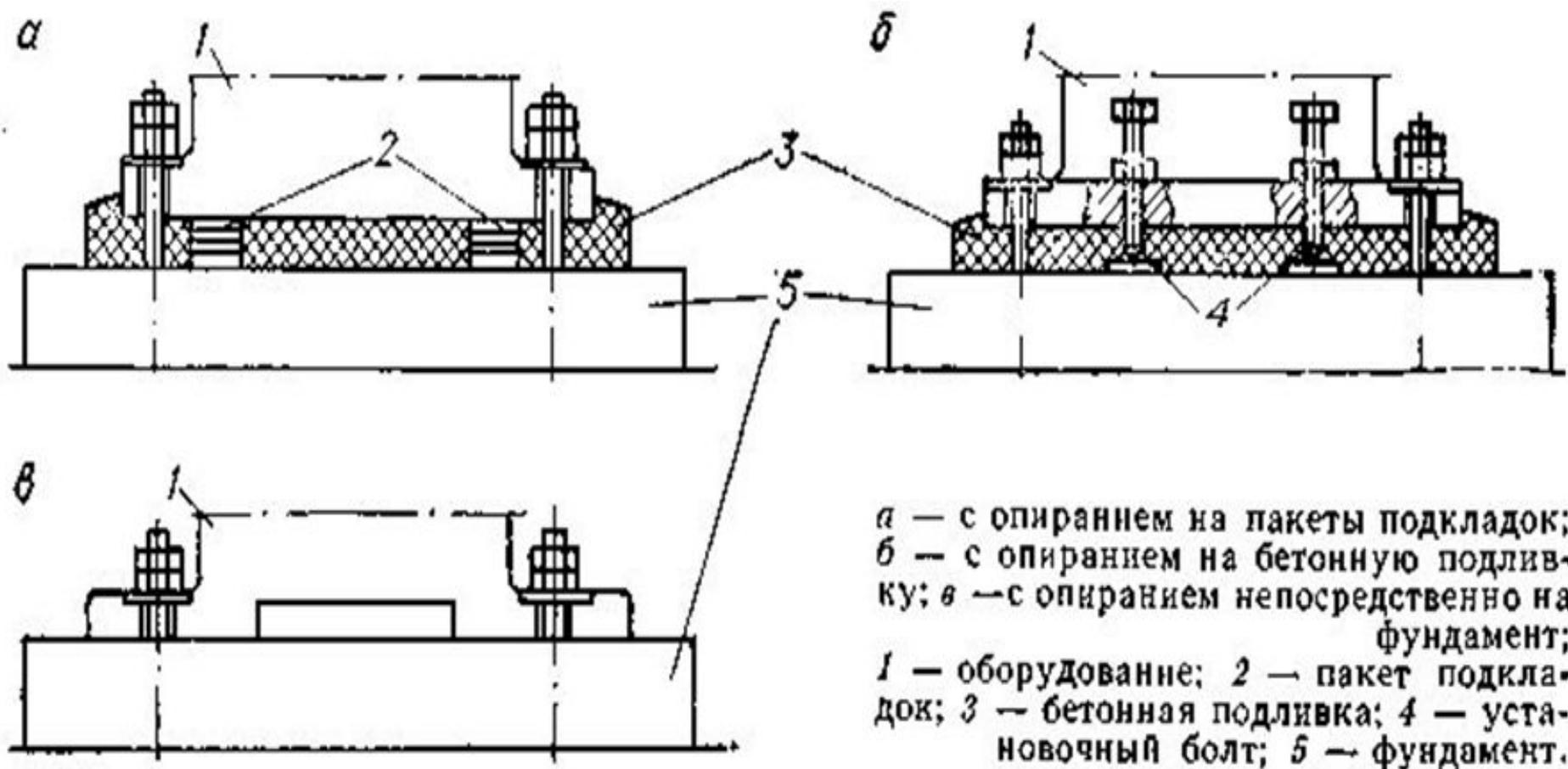


Рис.2.15 Способы опирания оборудования на фундамент

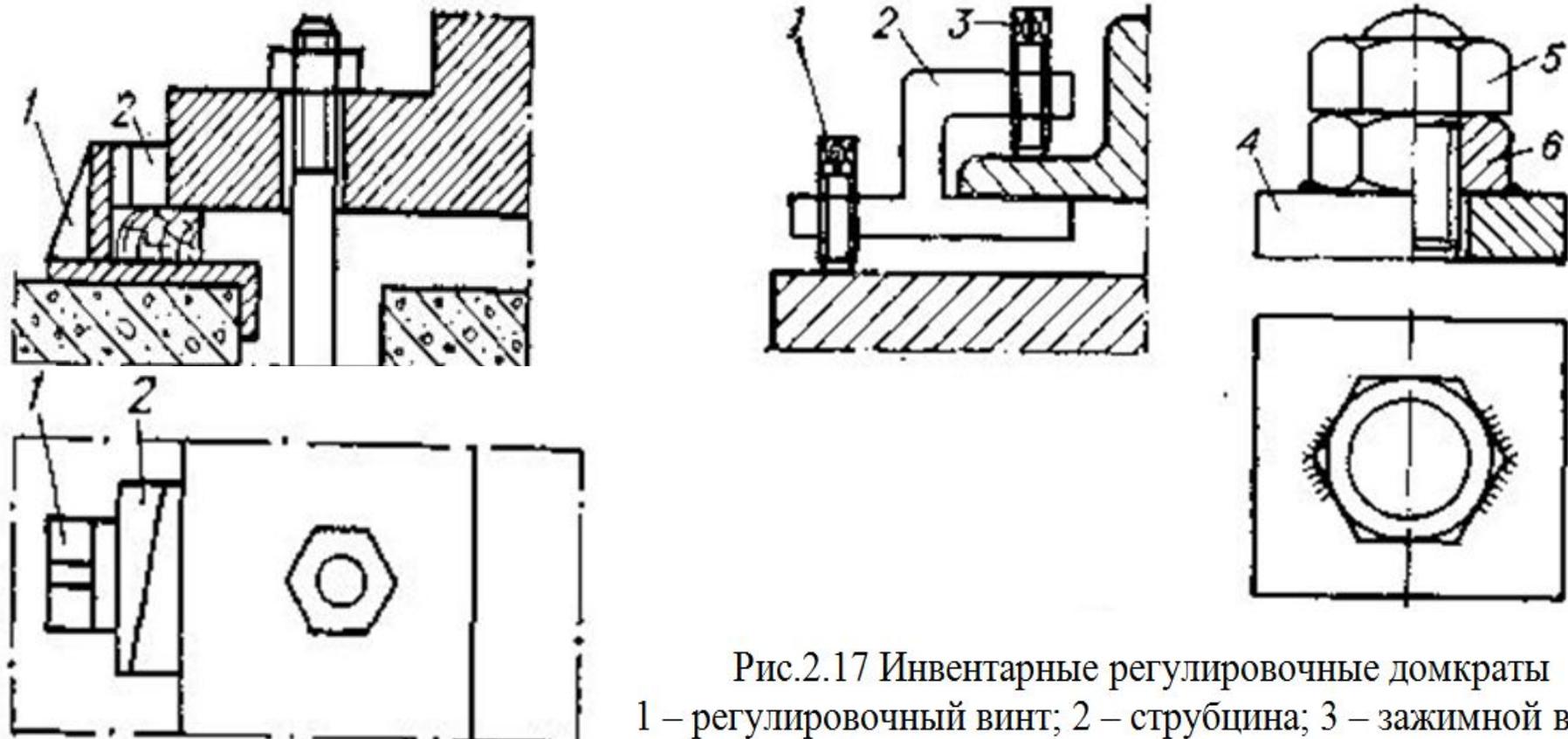
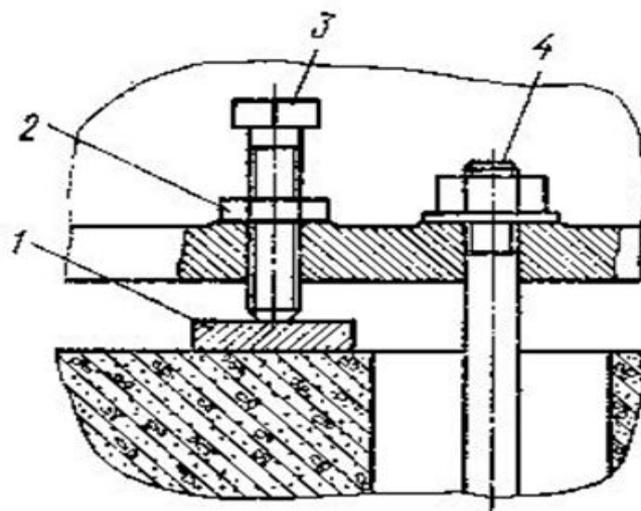


Рис.2.17 Инвентарные регулировочные домкраты
 1 – регулировочный винт; 2 – струбцина; 3 – зажимной винт;
 4 – болт; 5 – болт; 6 – гайка



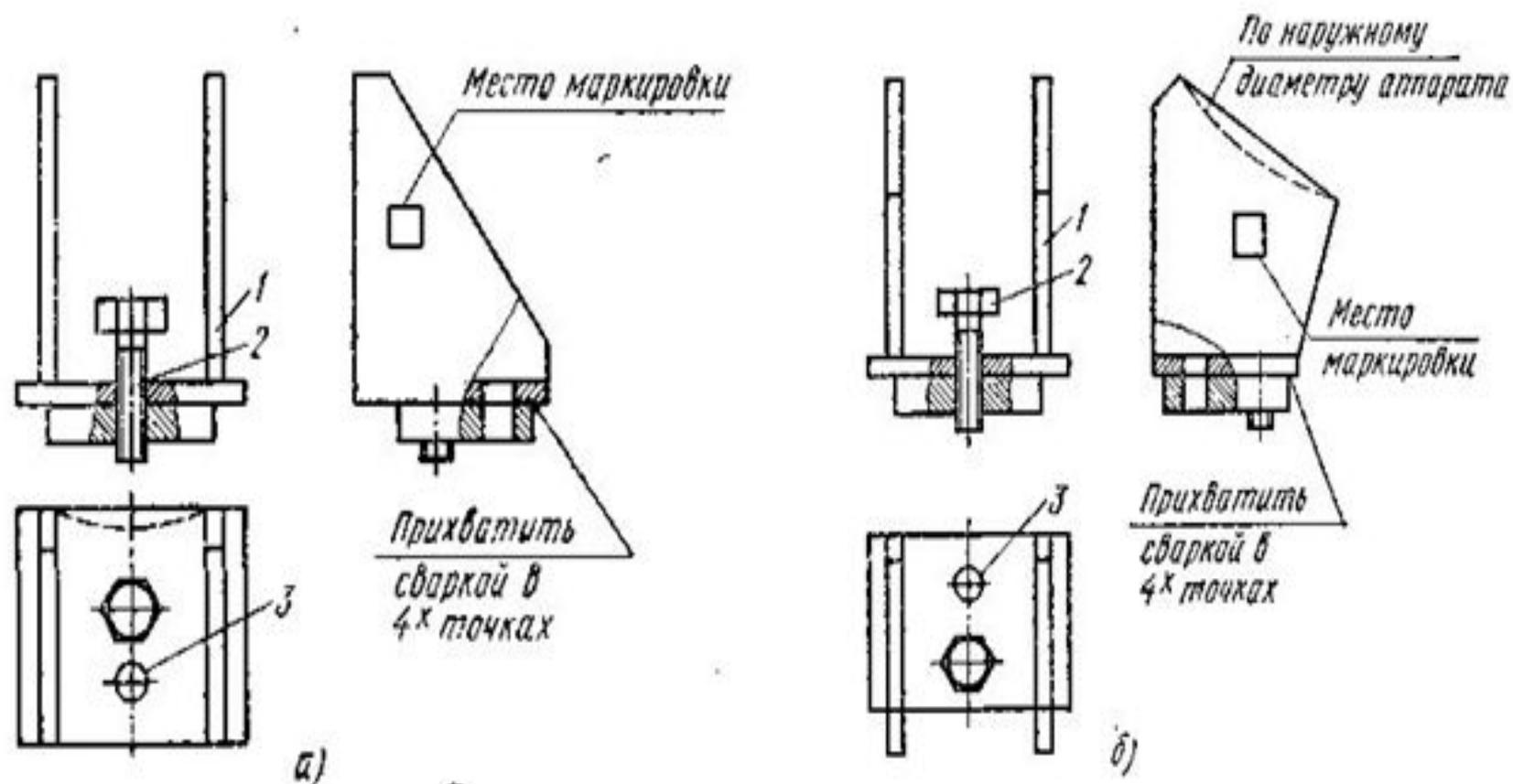


Рис. 2.19. Опора с отжимными болтами для вертикальных сосудов и аппаратов
 а – тип I для крепления к вертикальной цилиндрической стенке;
 б – тип II для крепления к сферическому днищу аппарата;

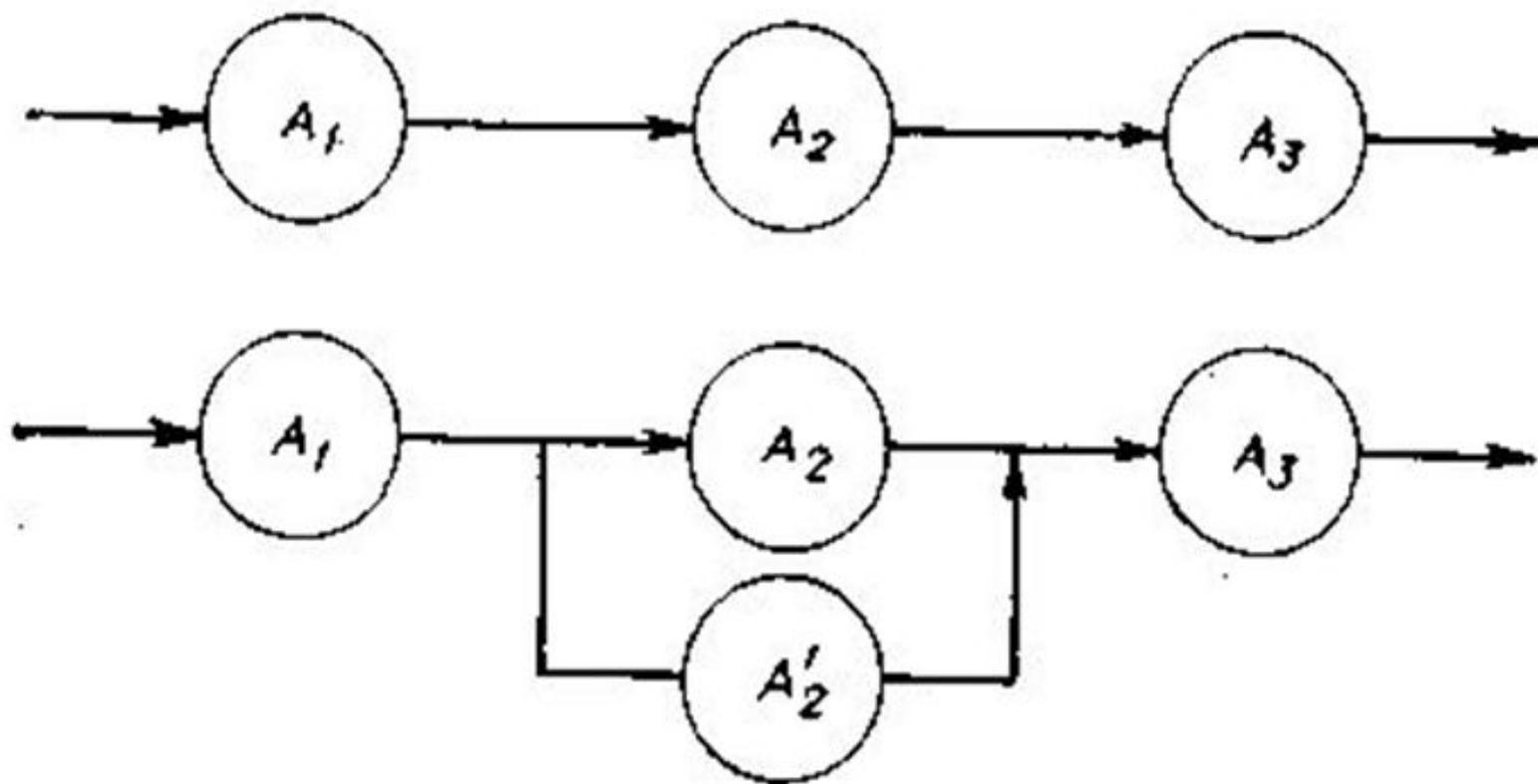
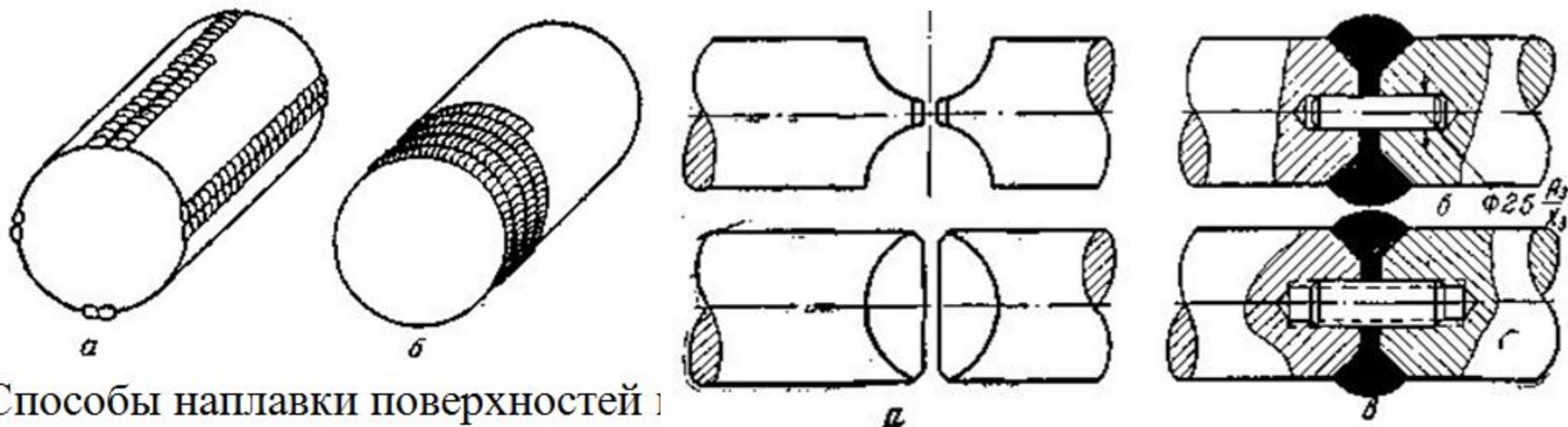


Рис.3.1. Соединение аппаратов в технологическую схему



Способы наплавки поверхностей
 а – вдоль вала; б – по спирали.

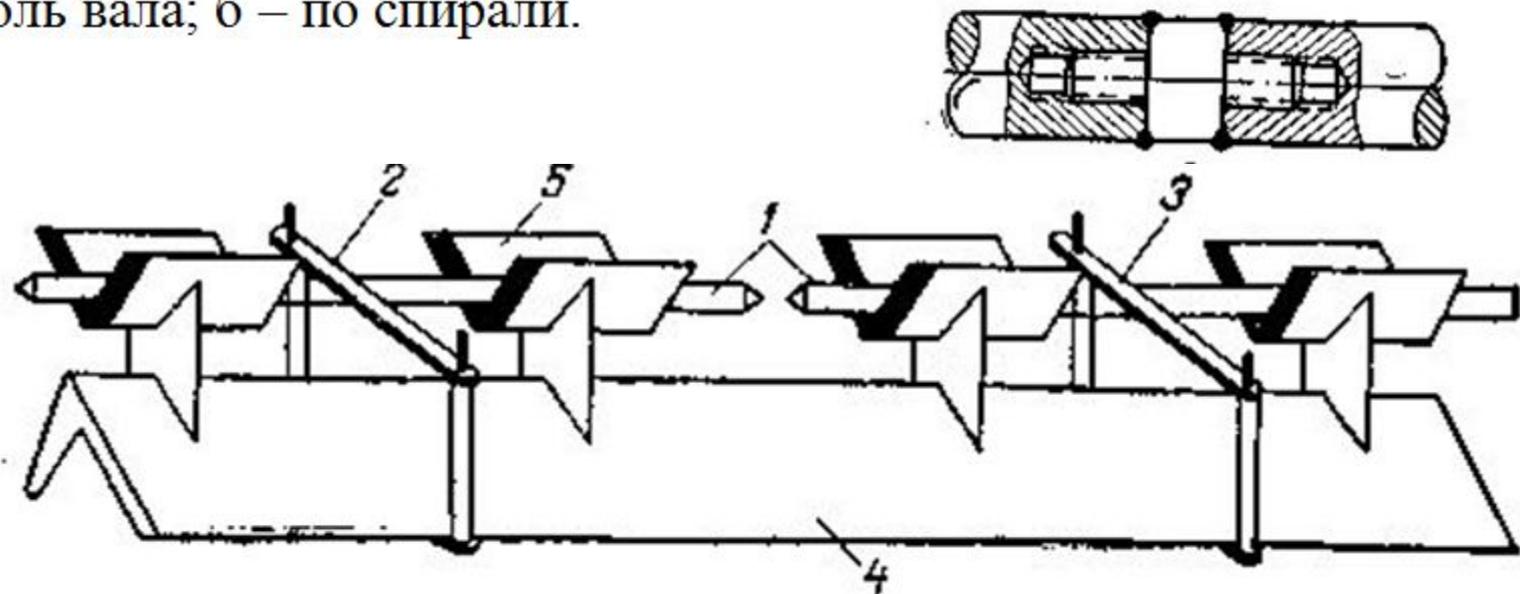
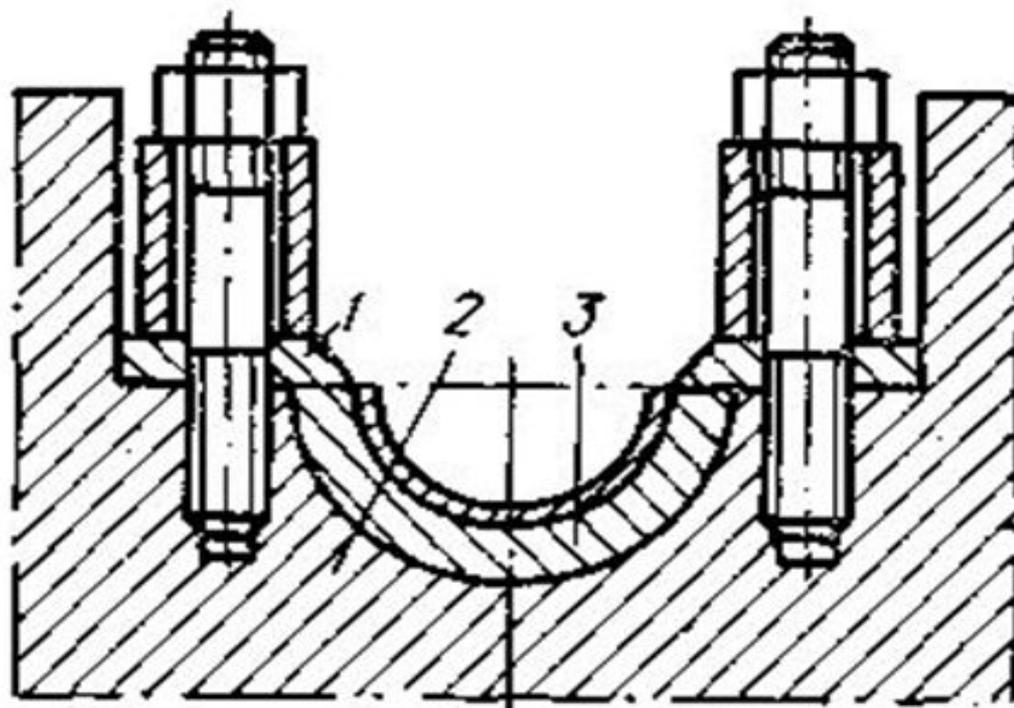
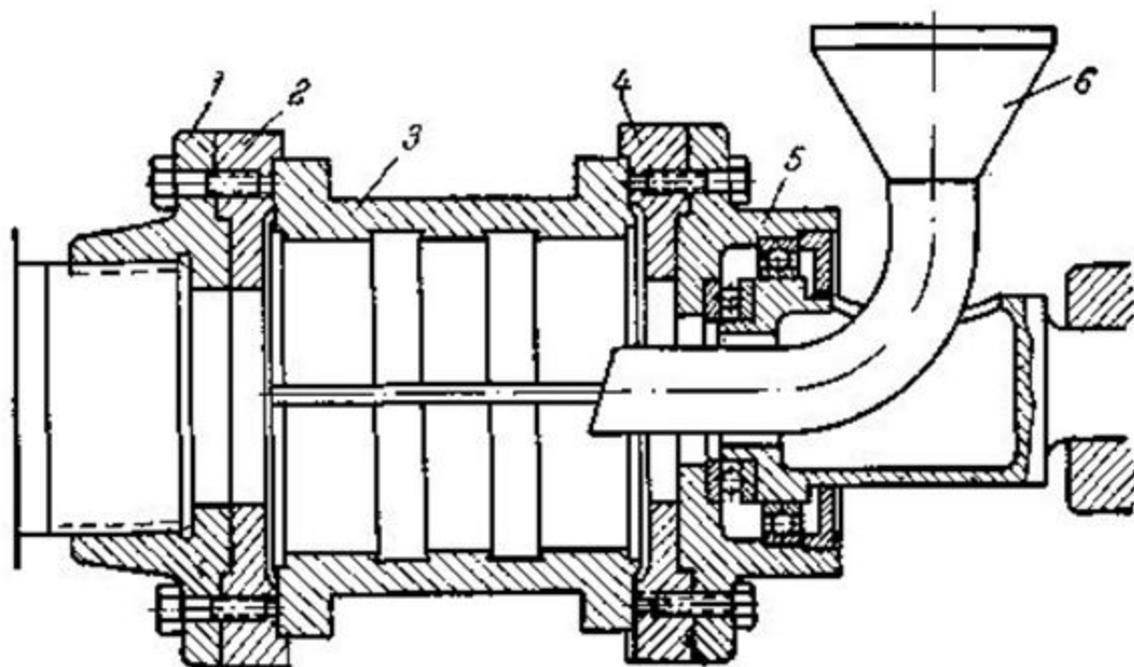


Рис.4.3. Кондуктор для сварки поломанных валов
 1 – поломанный вал; 2, 3 – крепежные планки; 4 – жесткая рама; 5 –
 центровочная призма



Крепление вкладыша подшипника к постели для шабрения
1 – прижим; 2 – постель; 3 – вкладыш



Приспособление для центробежной заливки вкладышей подшипников

- 1 – крепежная планшайба; 2 – торцевая крышка; 3 – вкладыш;
4 – задняя крышка; 5 – барабан; 6 – заливной бункер.

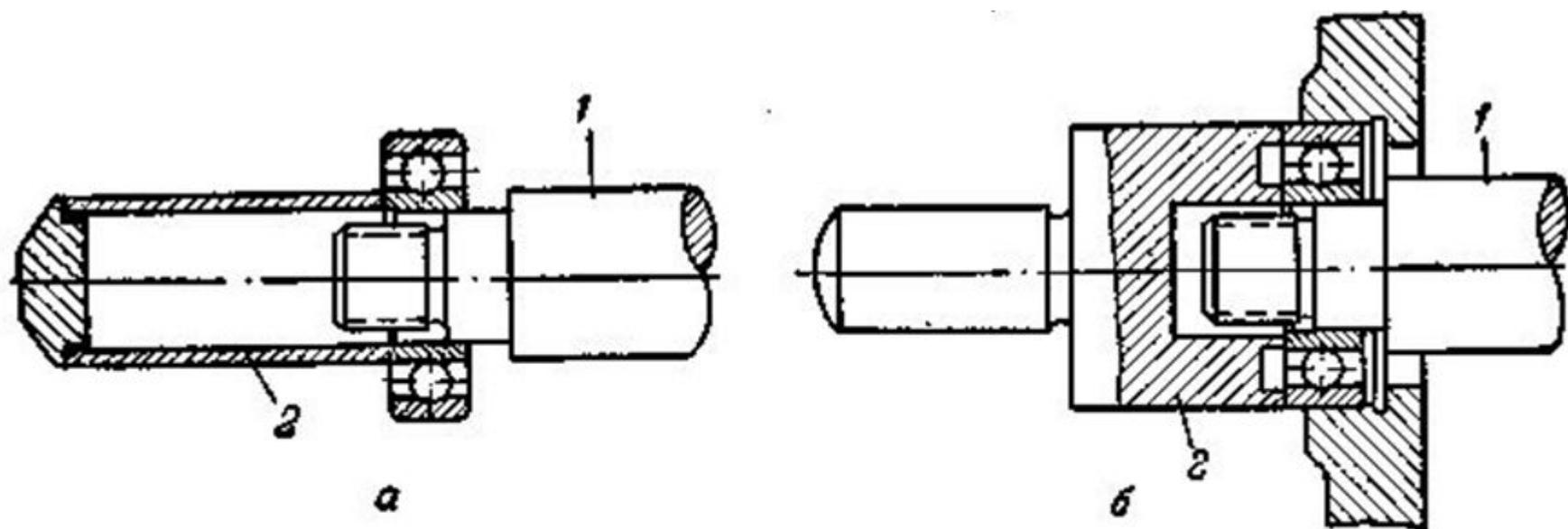


Рис.4.10. Посадка подшипников качения
а – на вал; б – на вал и во втулку одновременно
1 – вал; 2 – оправка.

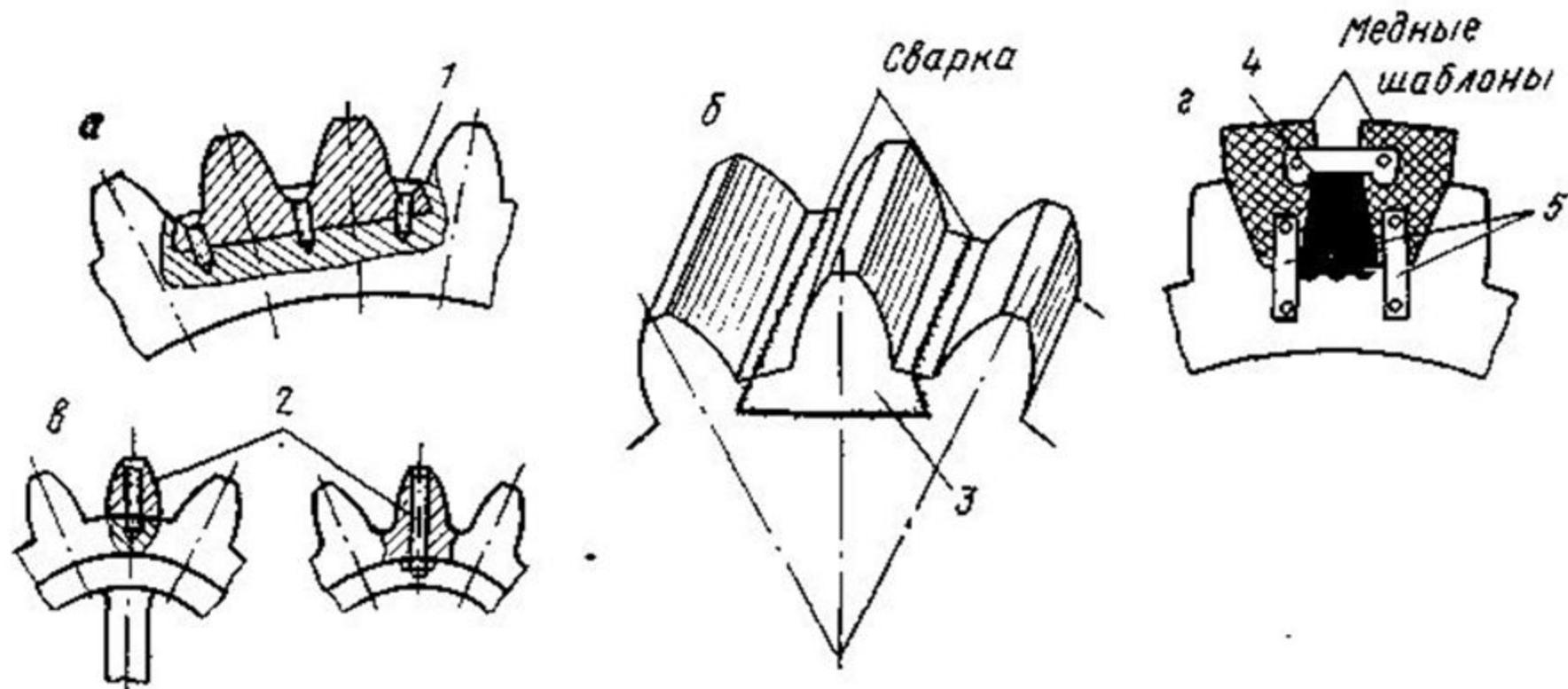


Рис.4.11. Ремонт зубчатых колес

- а – крепление зубьев винтами; б – крепление зубьев сваркой;
в – наплавка зубьев, основа которых образована ввернутыми шпильками;
 г – наплавка зубьев по медным шаблонам;
 1 – крепежный винт; 2 – шпильки; 3 – вставной зуб;
 4 – планка для соединения медных шаблонов;
 5 – планки для соединения шаблонов с венцом шестерни

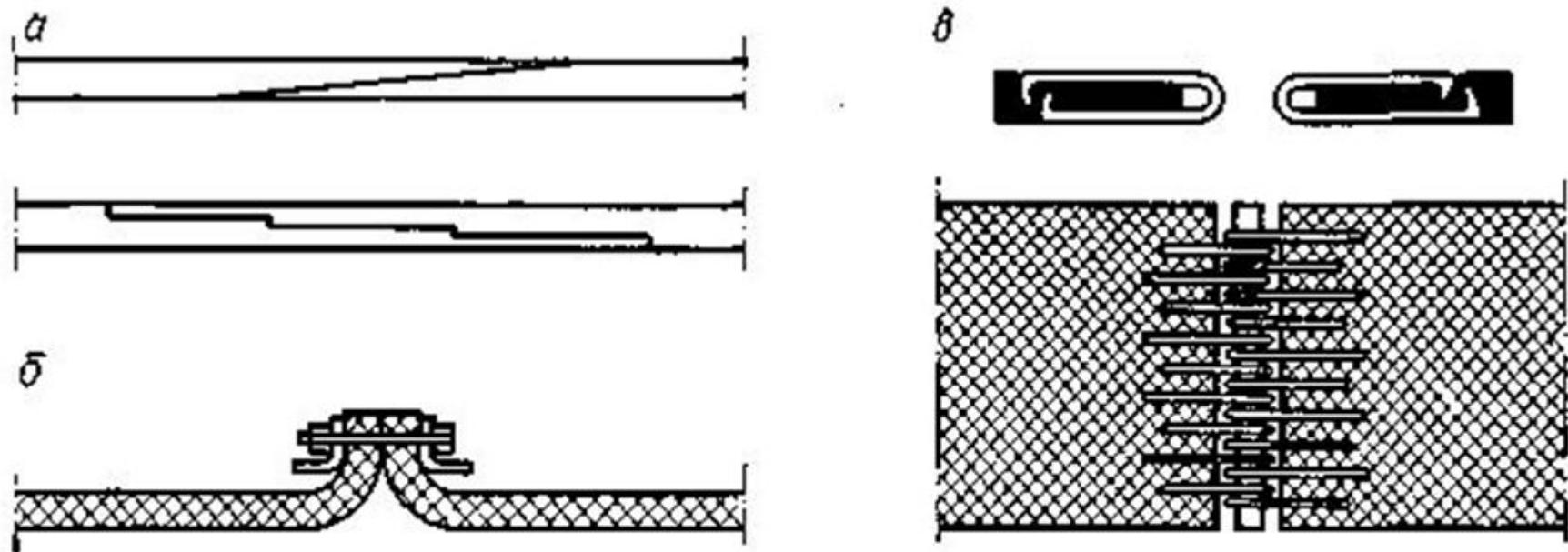


Рис4.13. Соединение концов ремня
 а – склеивание с косым и ступенчатым срезом;
 б – жесткое металлическое соединение;
 в – шарнирное металлическое соединение.

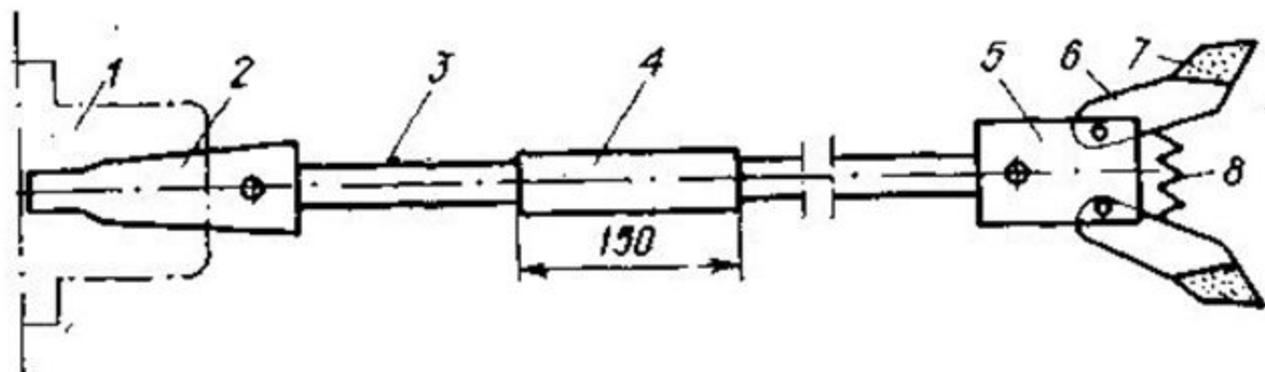
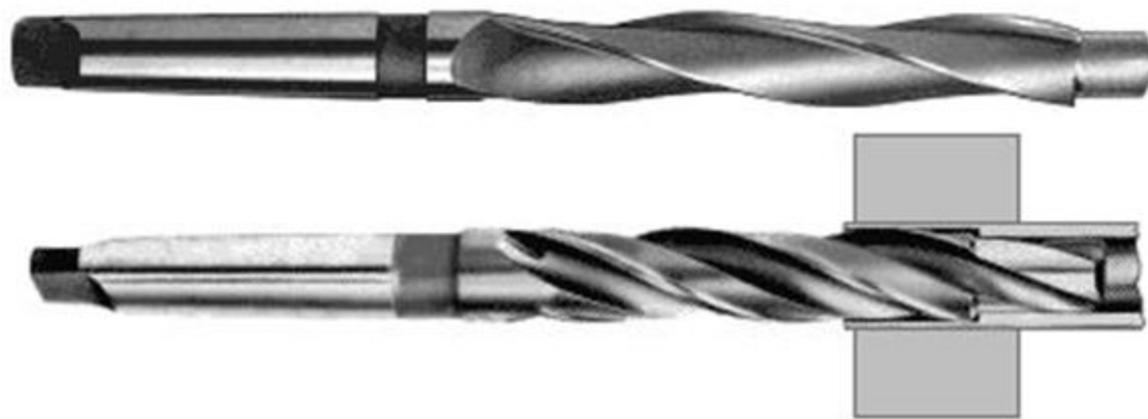


Рис.5.1 Приспособление для механической чистки труб

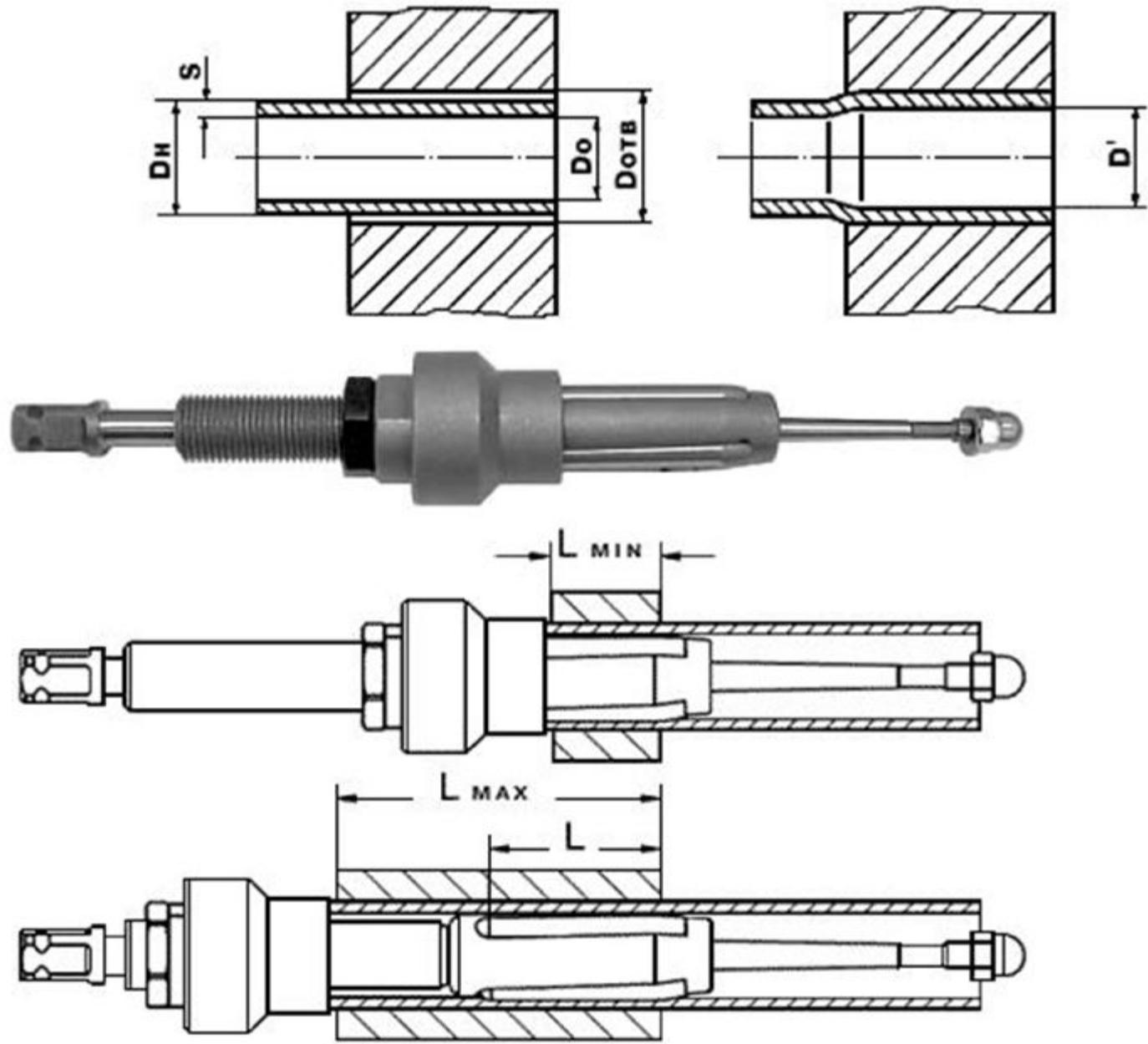
1 – пневмодрель; 2 – конус Морзе; 3 – трубка; 4 – трубка-держатель; 5 – держатель резцов; 6 – резец; 7 – победитовый наконечник; 8 – пружина.



5.3.3. Зенковка для уменьшения толщины стенок труб перед их удалением из трубных решеток



Рис.5.4. Оправка для удаления из трубных решеток труб после их обработки зенковками



Рису.5.6. Вальцовки с регулированием глубины вальцевания
 L – рабочая длина ролика; L_{\min} – минимальная глубина вальцевания;

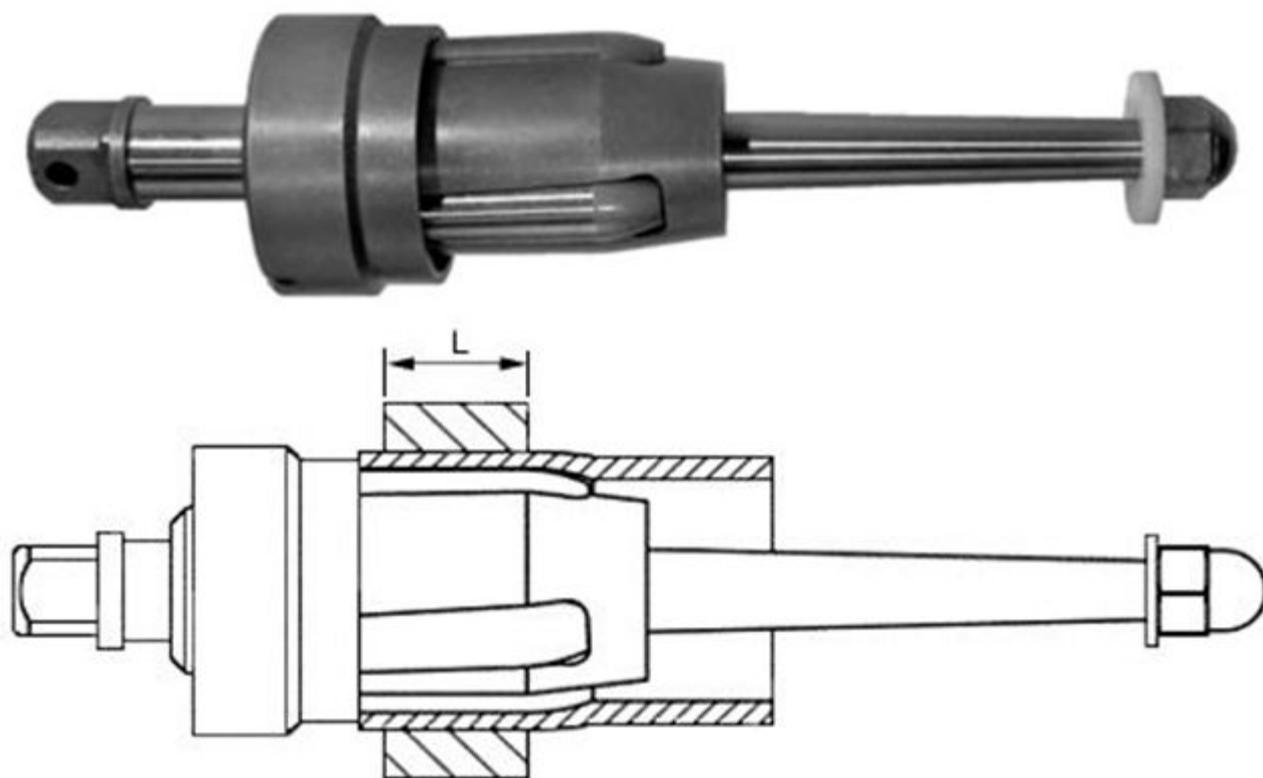


Рис.5.7. Вальцовки с фиксированной глубиной вальцевания
L – рабочая длина ролика

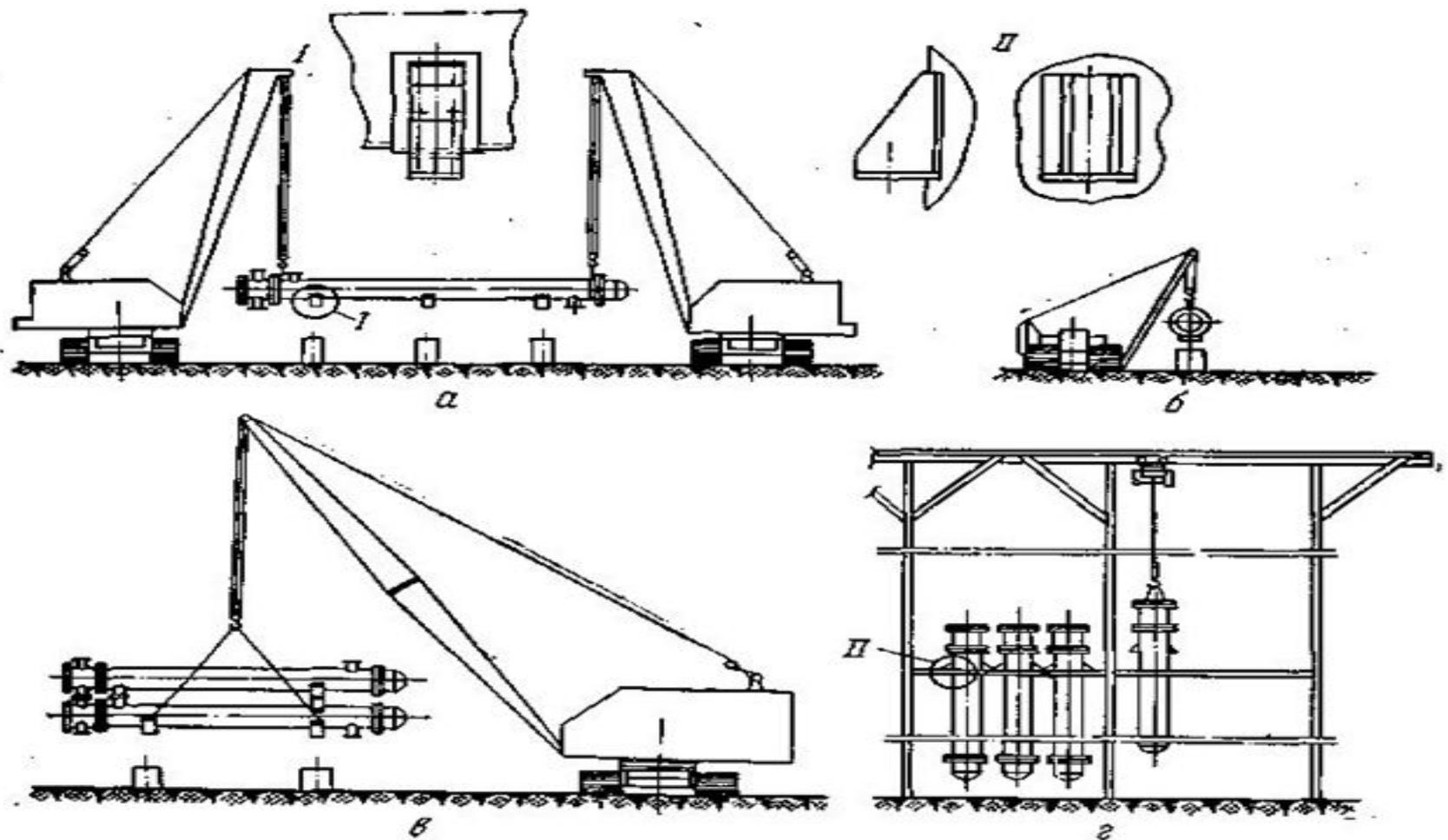


Рис.5.8. Способы монтажа теплообменных аппаратов
 а – с помощью двух кранов; б – трубоукладчиком;
 в – блока теплообменников краном; г – вертикальных теплообменников
 монобалкой;
 I – опора горизонтальных теплообменников;
 II – опора вертикальных теплообменников.

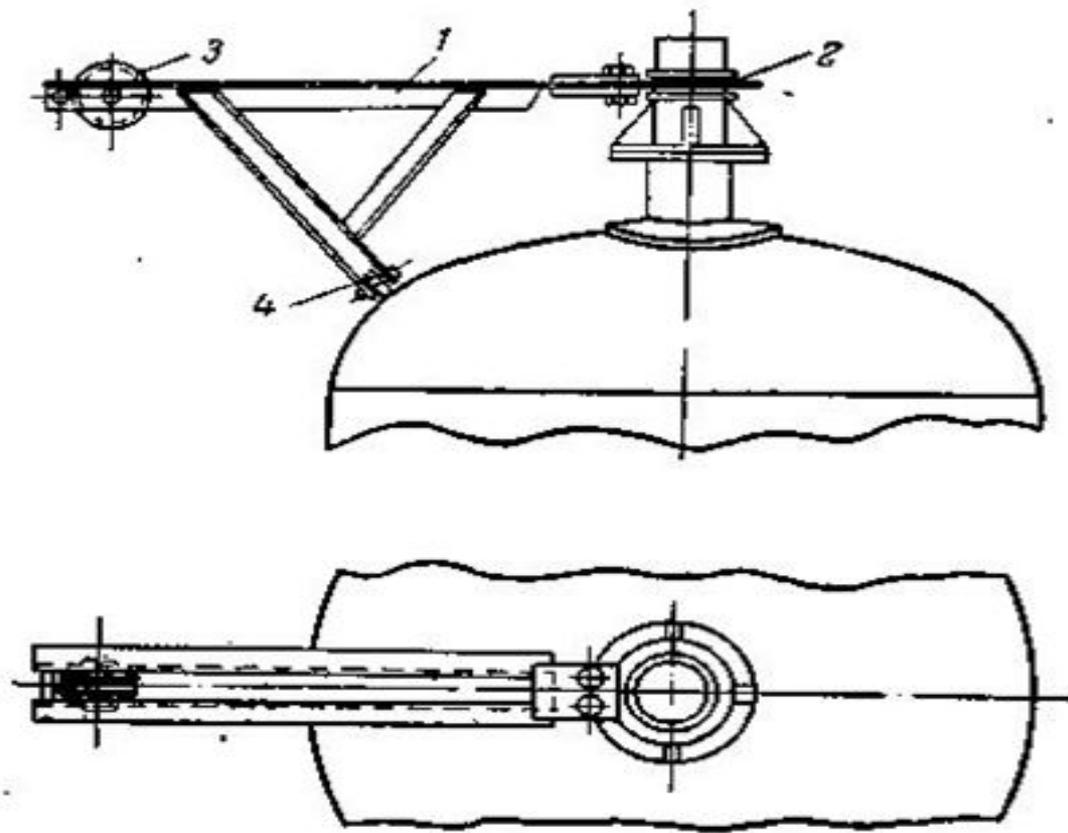


Рис.5.9 Кран-укосина на корпусе аппарата
1 – кронштейн; 2 – стойка; 3 – блок; 4 – ролик.

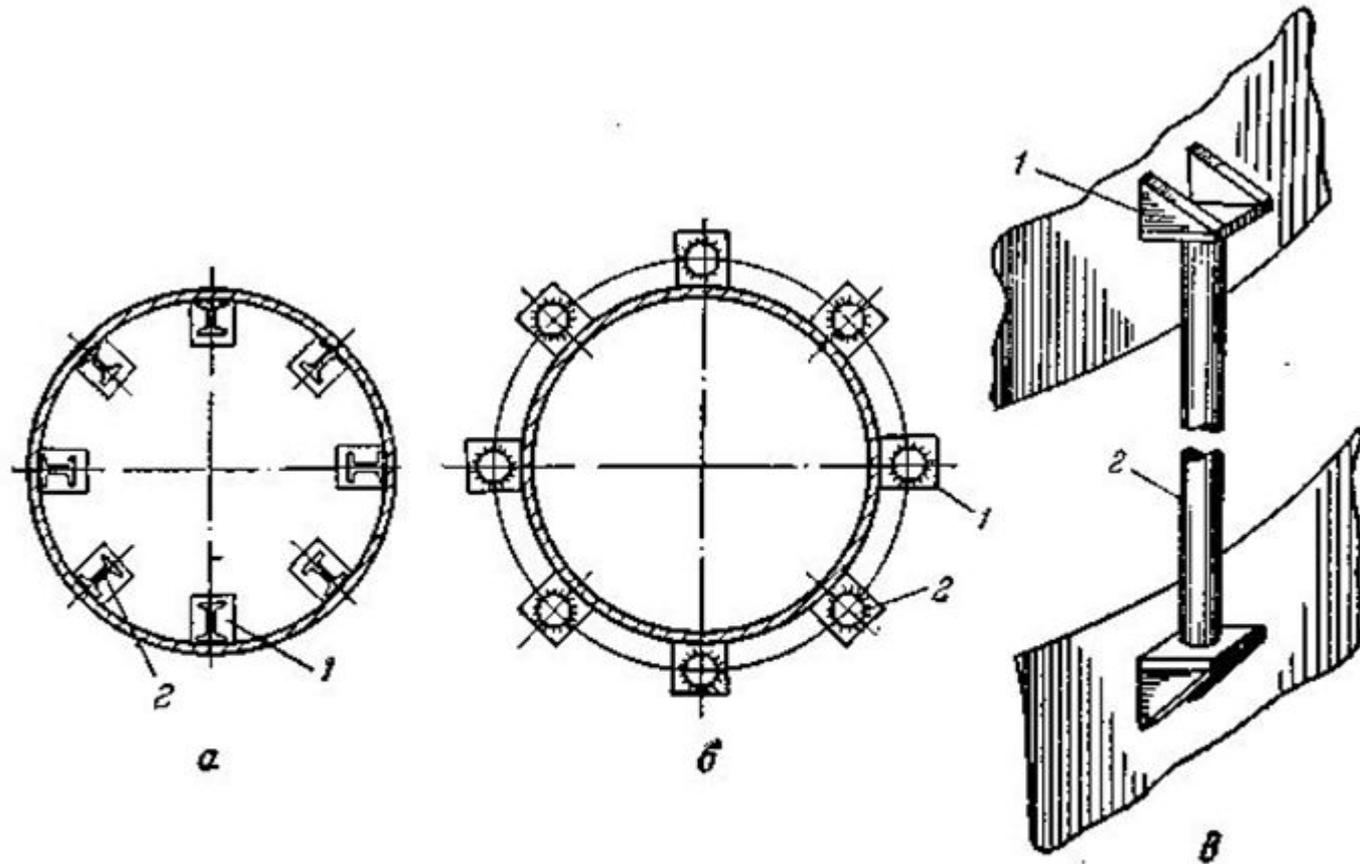
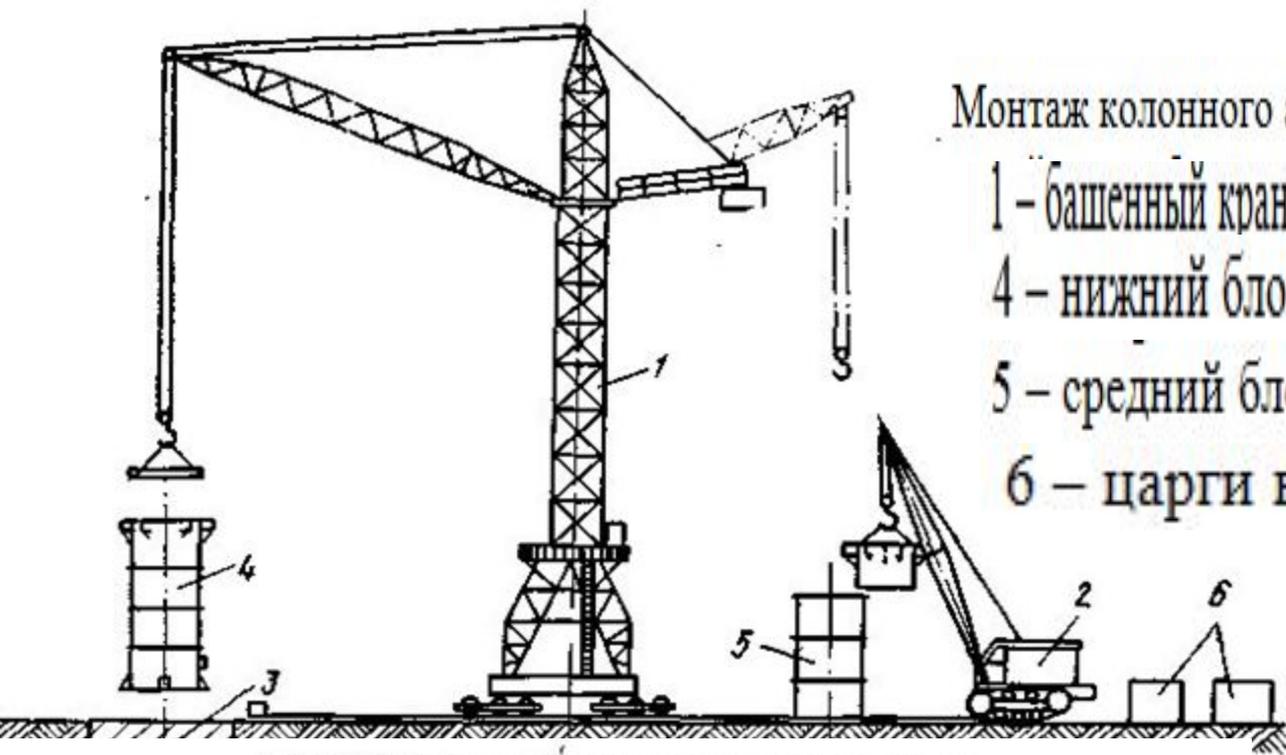


Рис.5.11. Усиление колонны в местах вырезаемых поясов
а – внутренними стойками; б – наружными стойками; в – схема
крепления стойки:



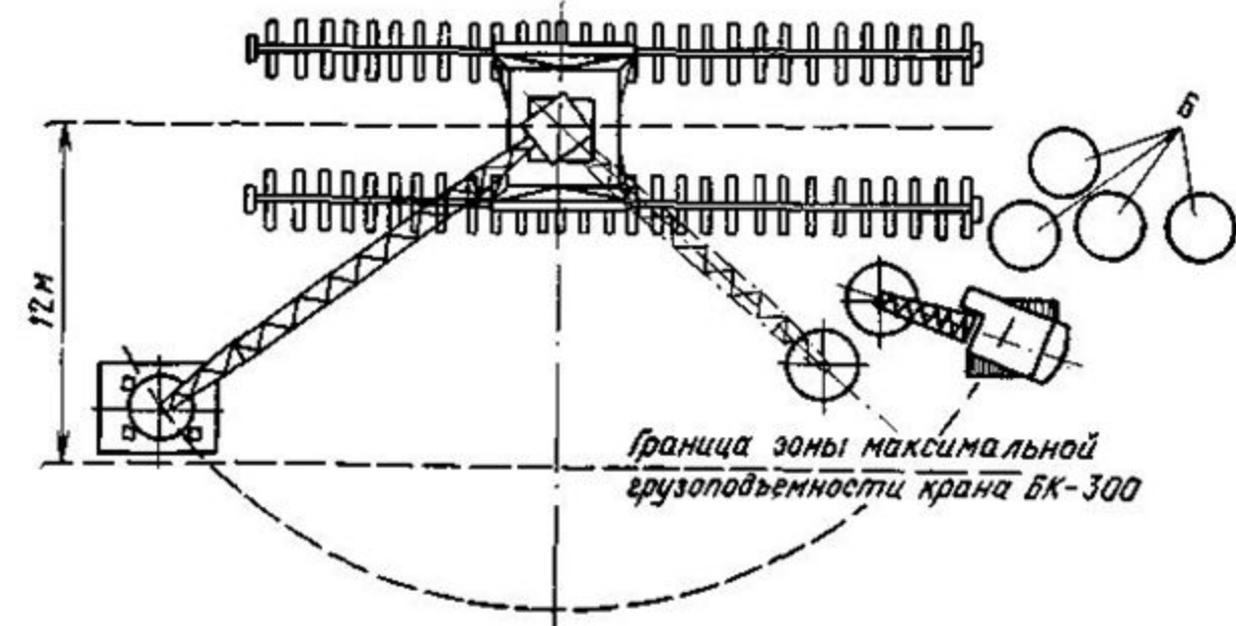
Монтаж колонного аппарата способом наращивания

1 – башенный кран; 2 – гусеничный кран; 3 – фундамент;

4 – нижний блок в процессе установки;

5 – средний блок в процессе сборки;

6 – цапги верхнего блока



Граница зоны максимальной грузоподъемности крана БК-300

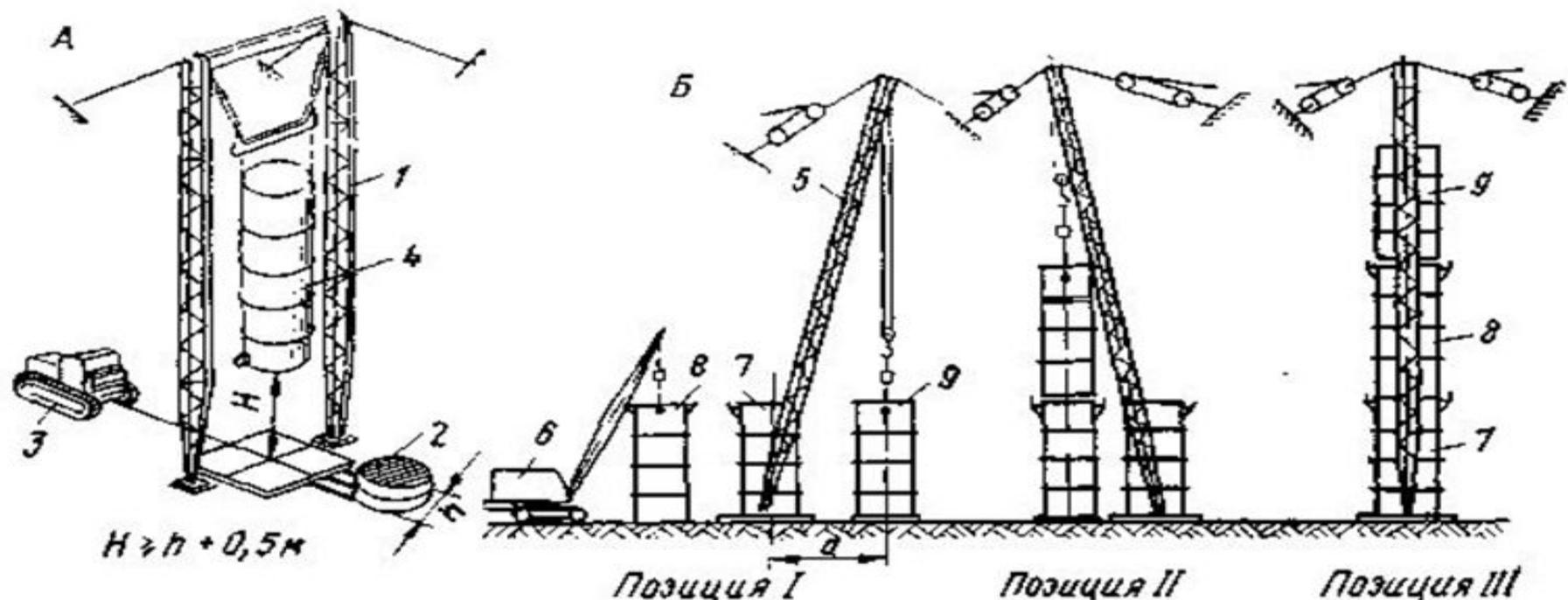


Рис.5.13. Монтаж колонного аппарата способом подращивания

А – отдельными цапгами неподвижным порталом;

Б – блоками с помощью качающегося портала;

1 – неподвижный портал; 2 – цапга; 3 – трактор; 4 – монтируемый аппарат;

5 – качающийся портал; 6 – гусеничный кран; 7 – нижний укрупненный блок;

8 – средний укрупненный блок; 9 – верхний укрупненный блок

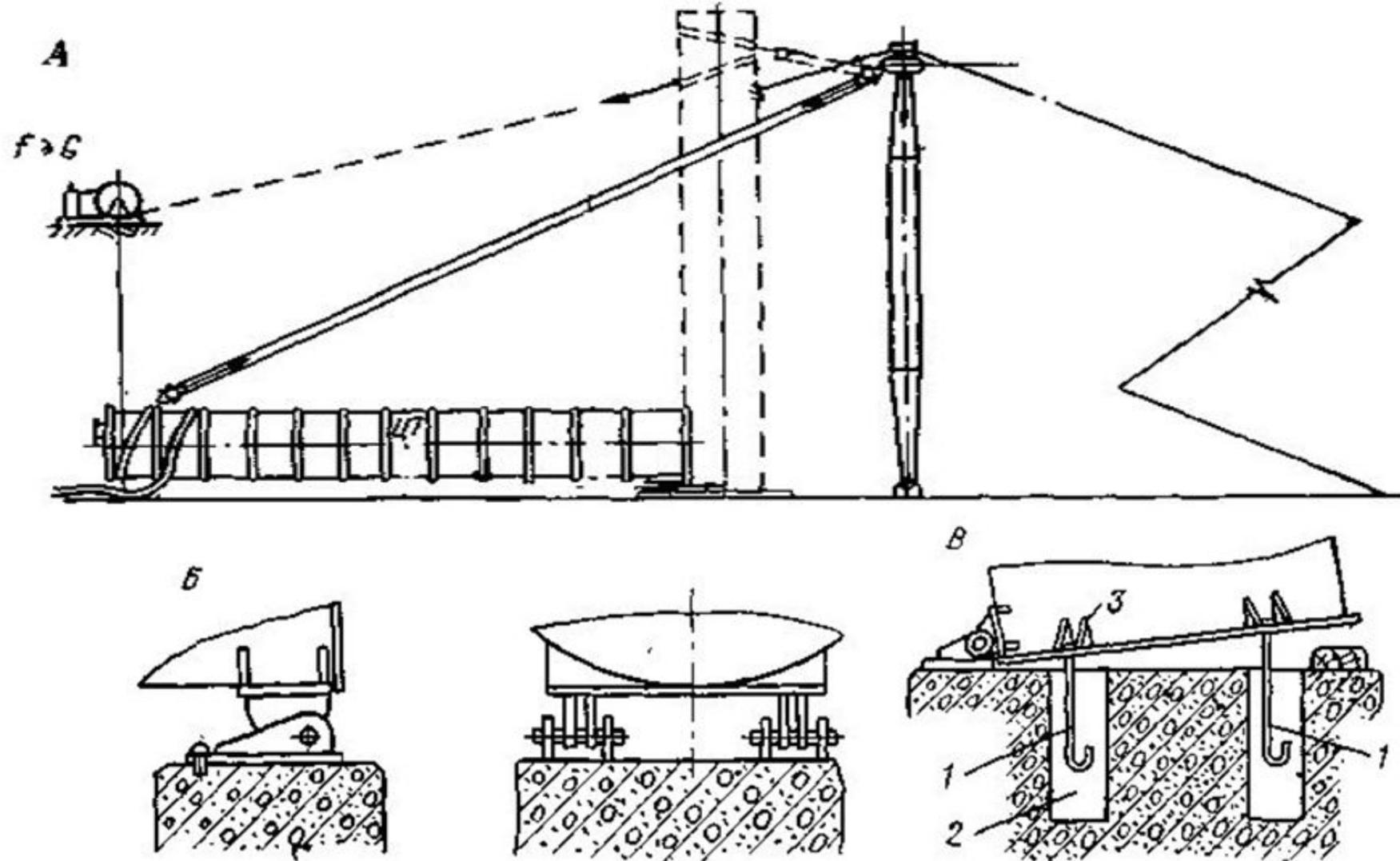


Рис.5.14. Монтаж колонного аппарата способом поворота вокруг оси шарнира

А – конструкция шарнира; Б – схема подъема; В – заводка анкерных болтов;

1 – анкерный болт; 2 – колодец; 3 – лапы аппарата.

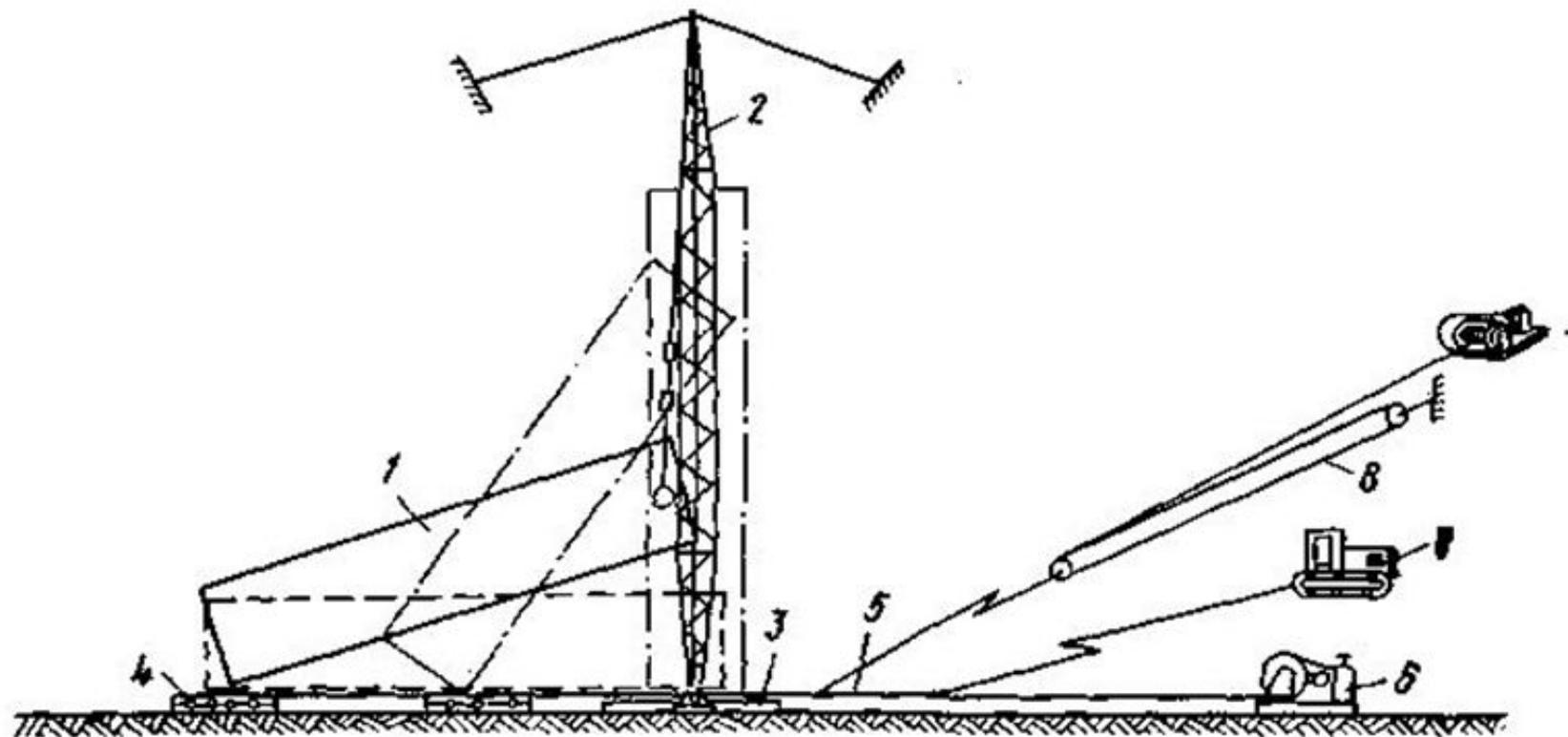


Рис.5.15.Монтаж колонного аппарата подъемом за верх
с подтаскиванием нижней части

1 – монтируемый аппарат; 2 – неподвижный портал; 3 – фундамент; 4 – сани;
5 – трос от саней к лебедке; 6 – лебедка; 7 – трактор; 8 – полиспаст.

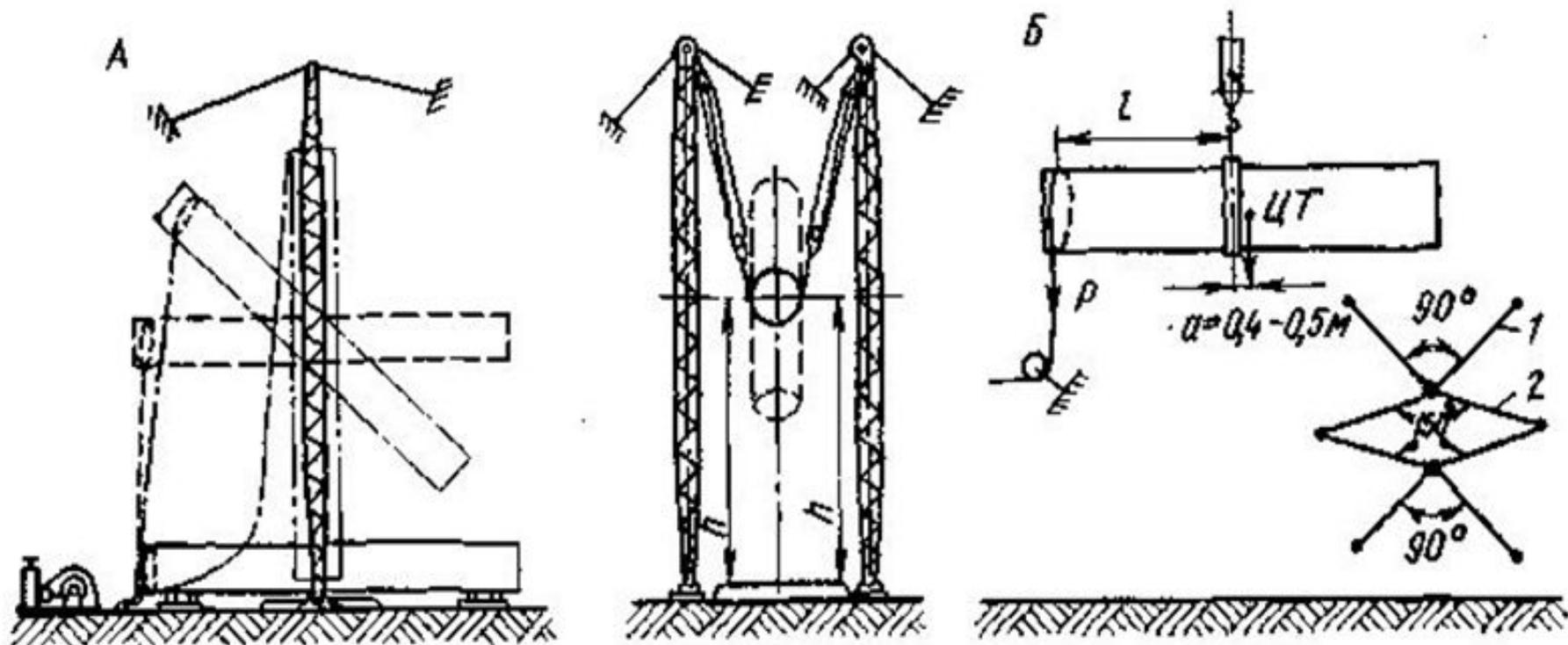
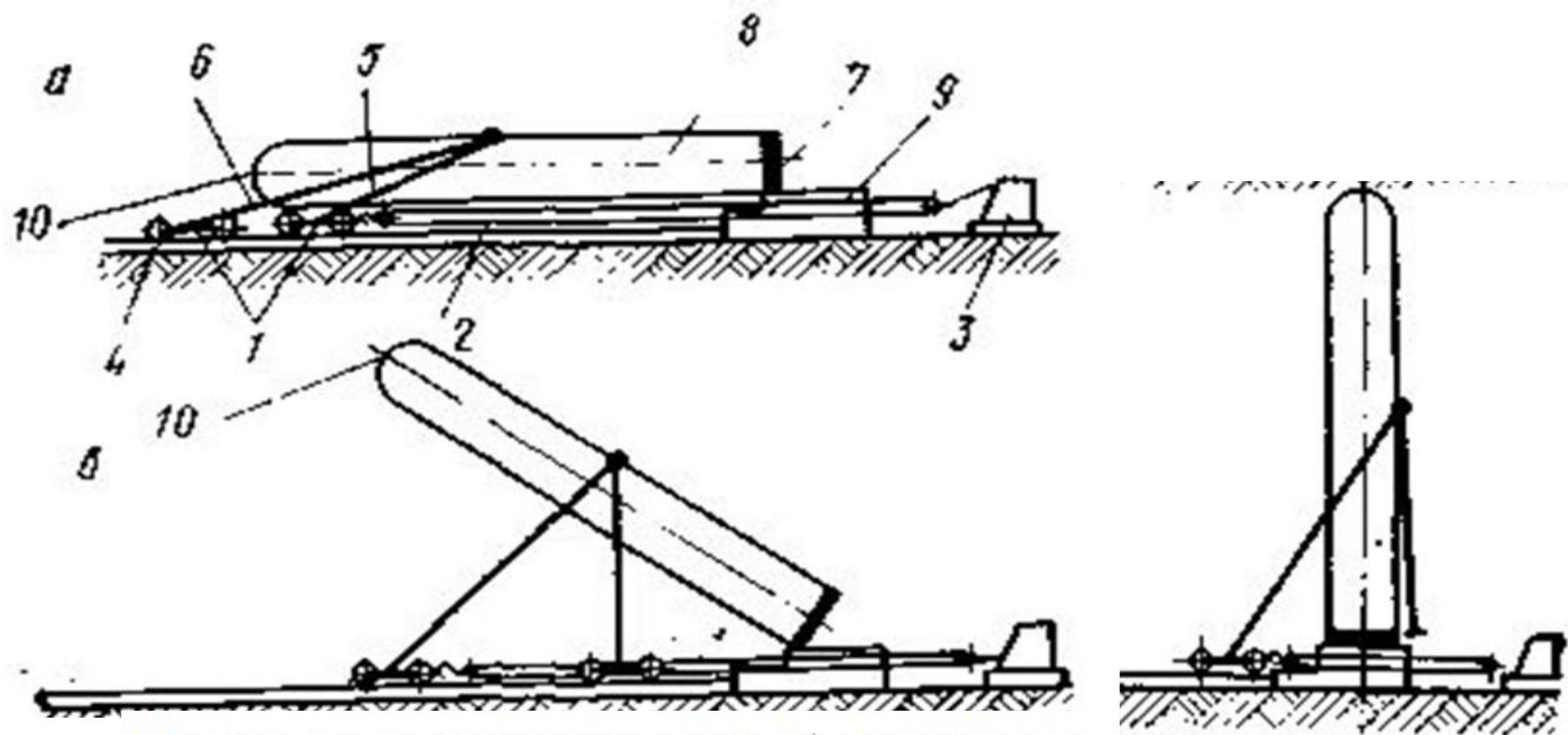


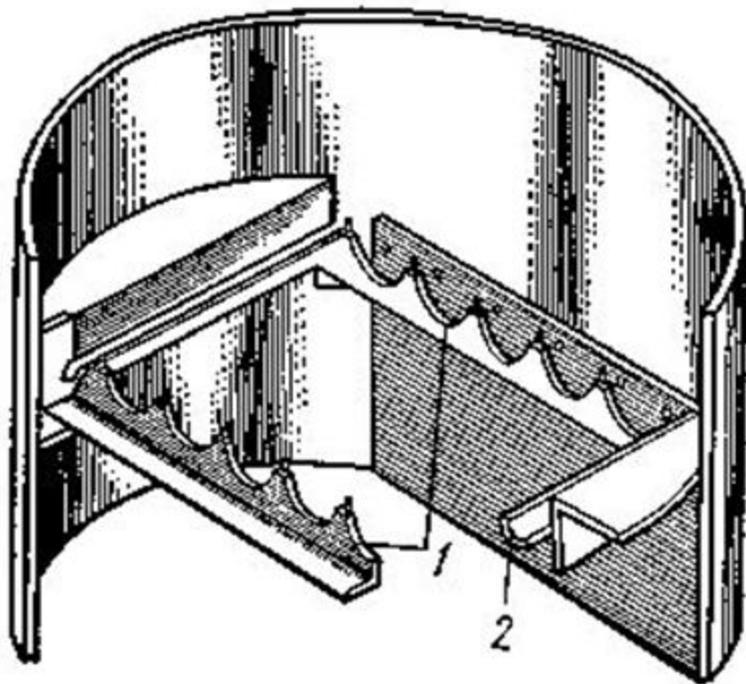
Рис.5.16 Монтаж колонного аппарата способом подъема в горизонтальной плоскости с последующим поворотом
 А – схема подъема; Б – схема строповки
 1 – внешняя ванта; 2 – внутренняя ванта; ЦТ – центр тяжести



Монтаж колонного аппарата способом выжимания

1 – тележка; 2 – полиспаст; 3 – лебедка; 4 – направляющие рельсы; 5 – короткая опора; 6 – длинная опора; 7 – шарнир; 8 – колонна; 9 – фундамент; 10 – тормозная система;

а – первоначальное положение аппарата;
 б – выжимание аппарата короткой опорой;
 в – выжимание аппарата длинной опорой.



Установка опорных угольников и полужелобов
 1 – опорные угольники, 2 – полужелоб.

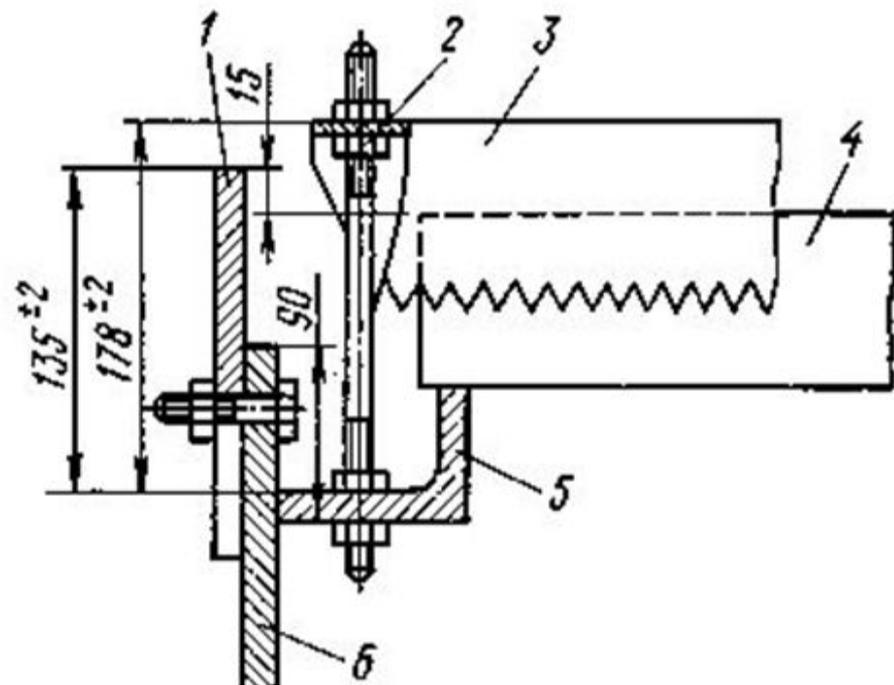
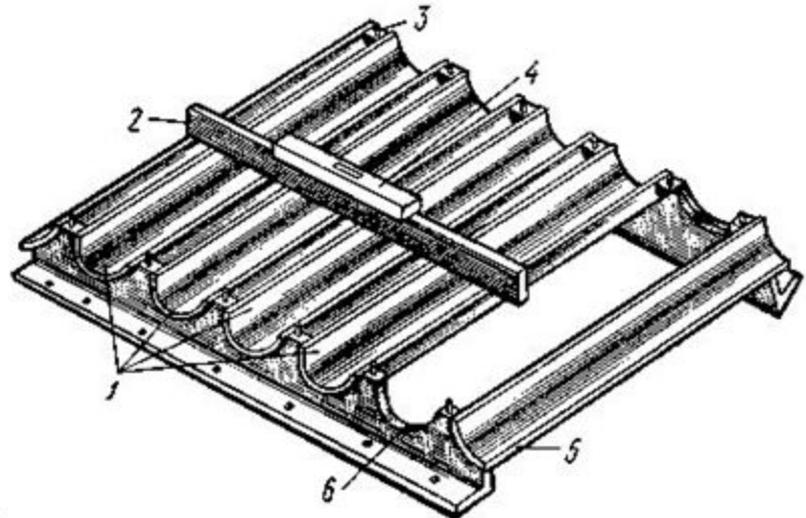
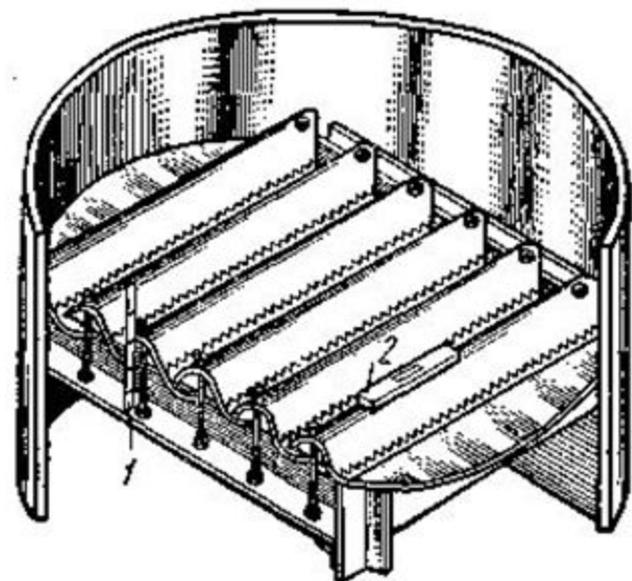


Рис.5.19 Установка переливной гребенки
 1 – гребенка, 2 – шпилька, 3 – колпачок, 4 – желоб,
 5 – опорный угольник, 6 – сливная перегородка

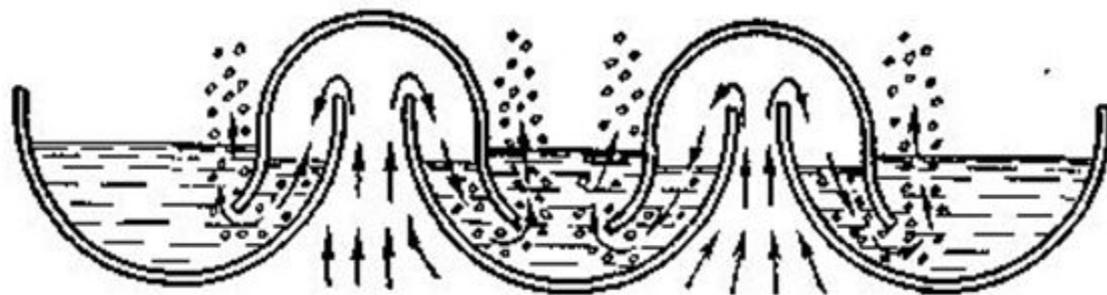


Проверка установки желобов

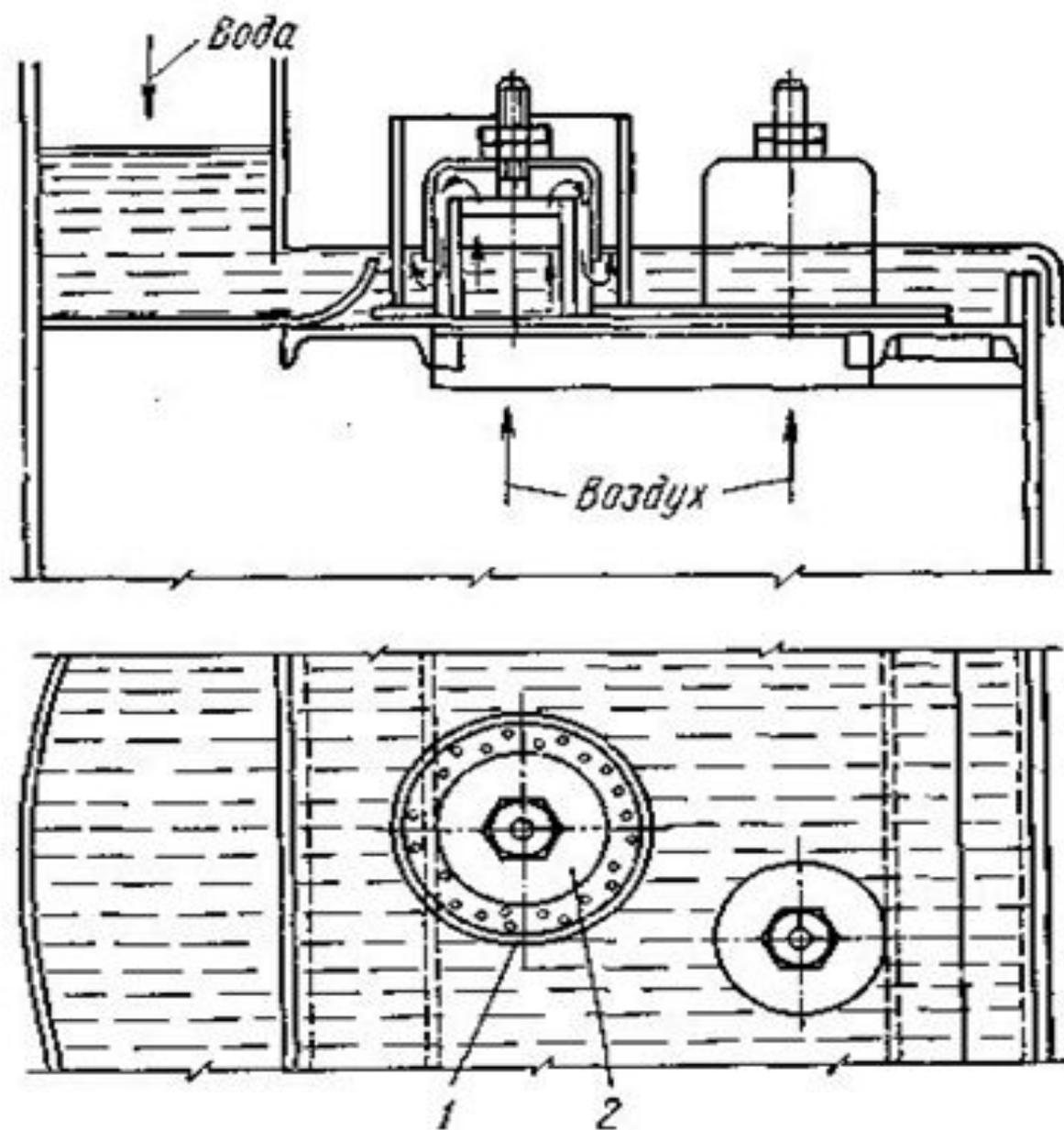
1 – желоба, 2 – рейка, 3 – шпилька, 4 – уровень,
5 – полужелоб, 6 – опорный угольник.



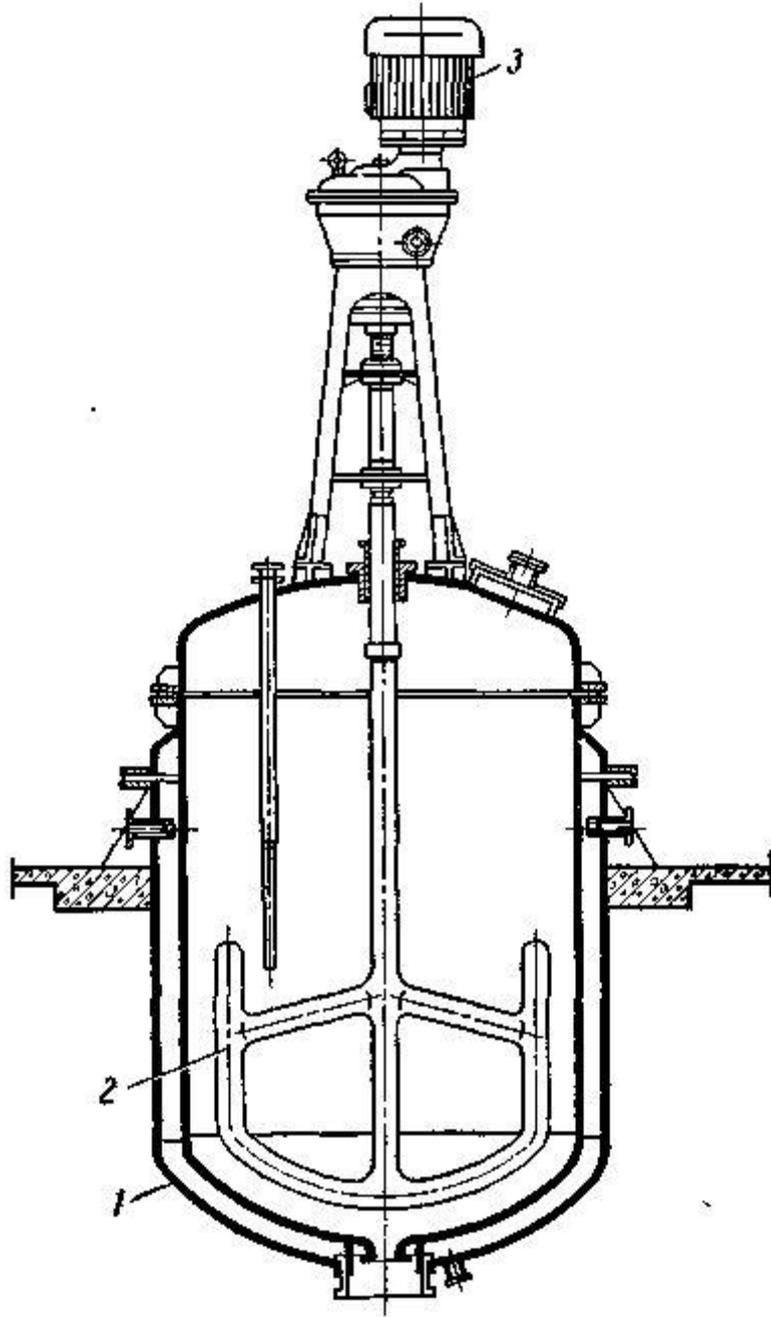
Проверка горизонтальности колпачков
1 – линейка, 2 – уровень



21. Испытание тарелок с туннельными колпачками на барботаж



Испытание тарелок с капсульными колпачками на барботаже
1 – отрезок трубы, 2 – колпачок



Аппарат с мешалкой

1 – корпус аппарата с рубашкой; 2 – мешалка; 3 – привод.

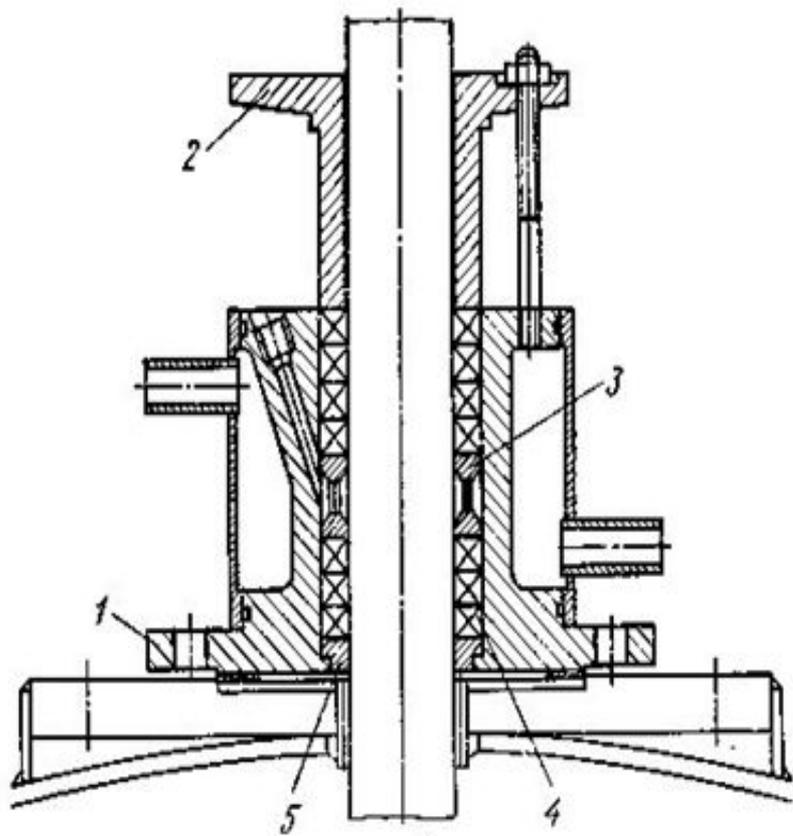


Рис.5.25. Натяжной сальник

1 – корпус сальниковой коробки, 2 – нажимная крышка, 3 – смазочное
кольцо,
4 – сальниковая набивка, 5 – грундбукса.

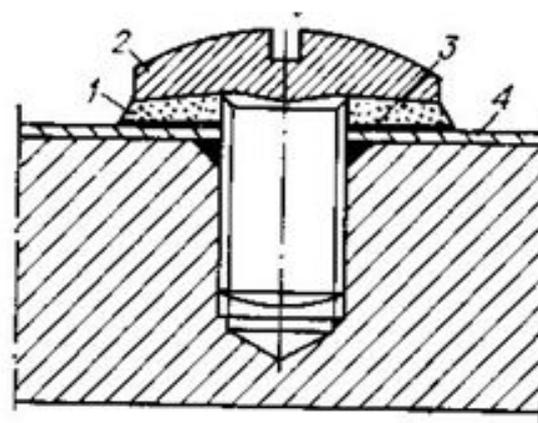


Рис.5.24 Танталовая пломба

1 – диск из фторопласта; 2 – танталовый винт;
3 – цемент-мастика; 4 – эмаль.

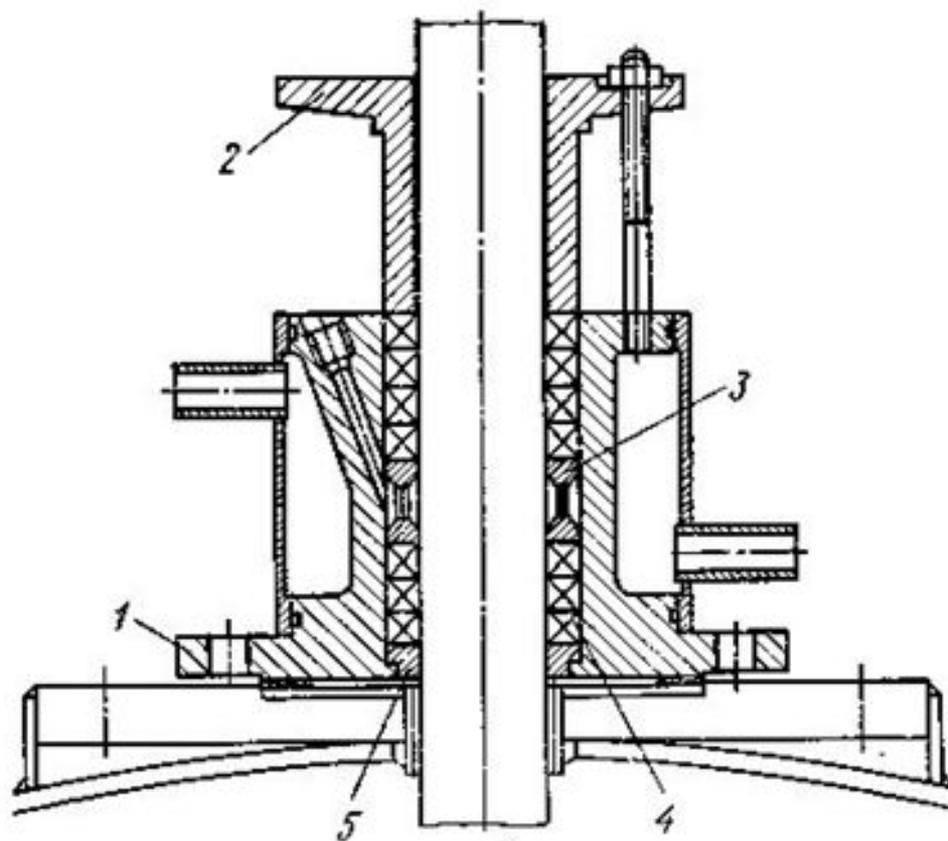
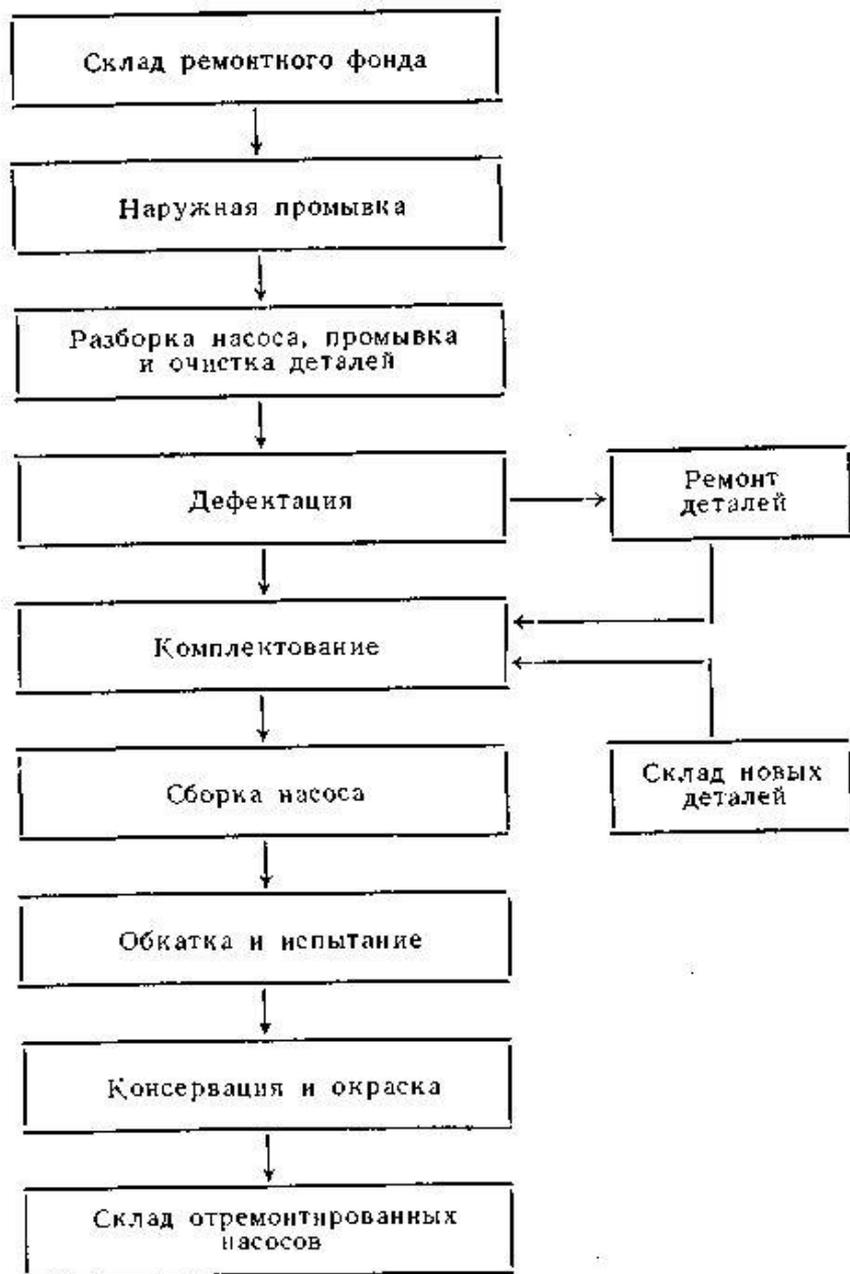


Рис.5.25. Натяжной сальник

1 – корпус сальниковой коробки, 2 – нажимная крышка, 3 – смазочное кольцо,

4 – сальниковая набивка, 5 – грундбукса.



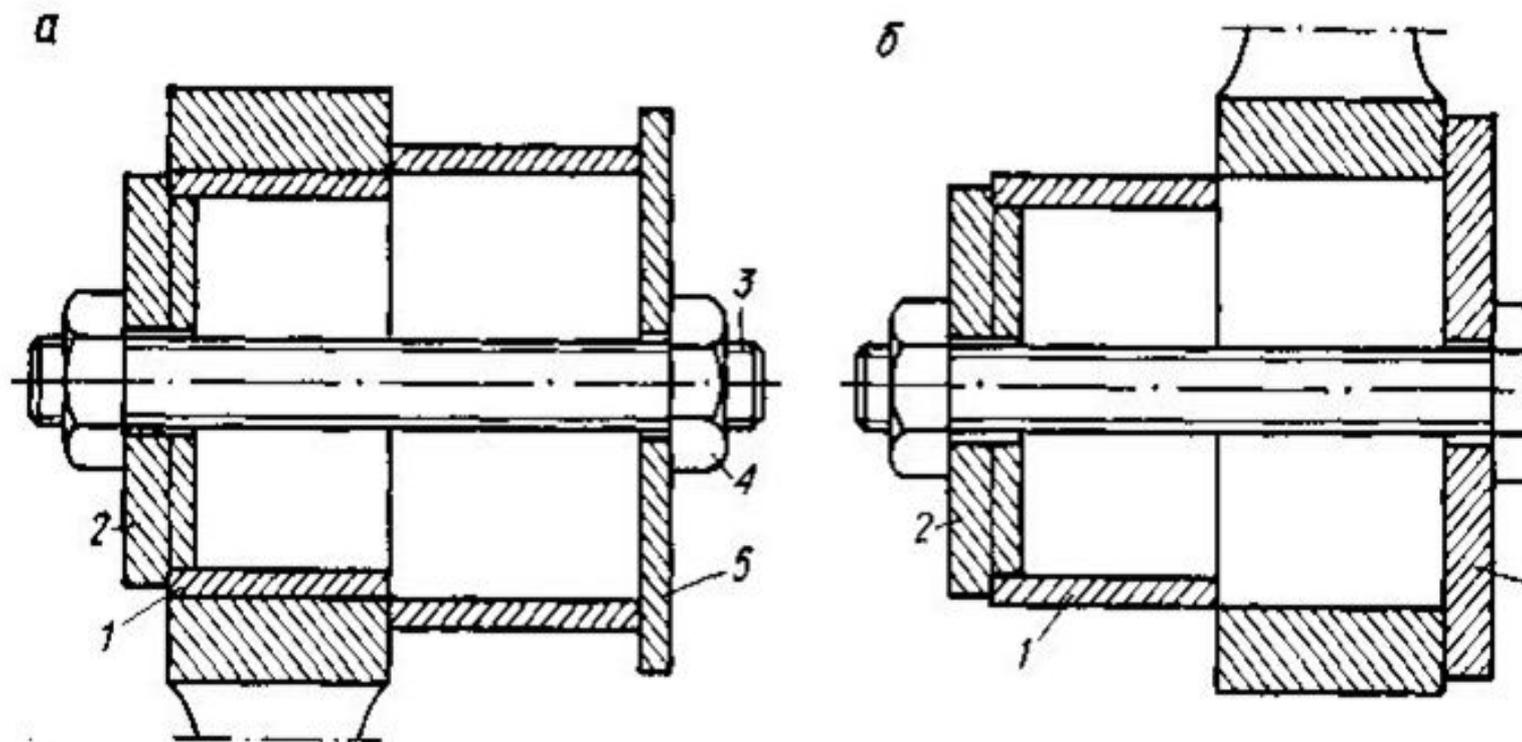
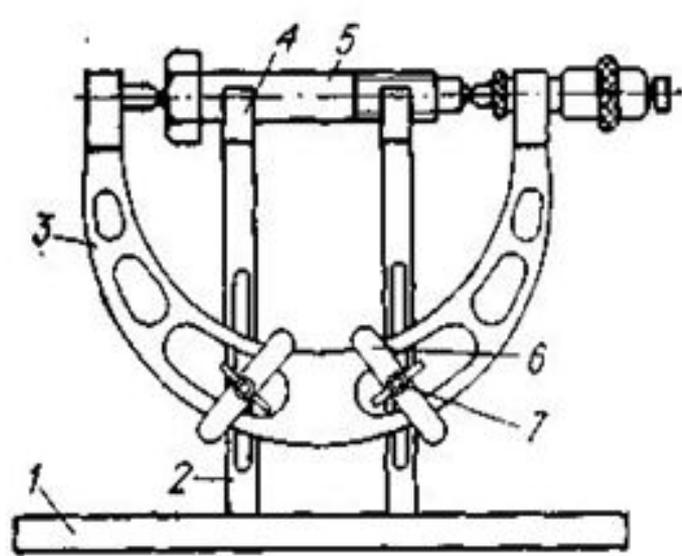
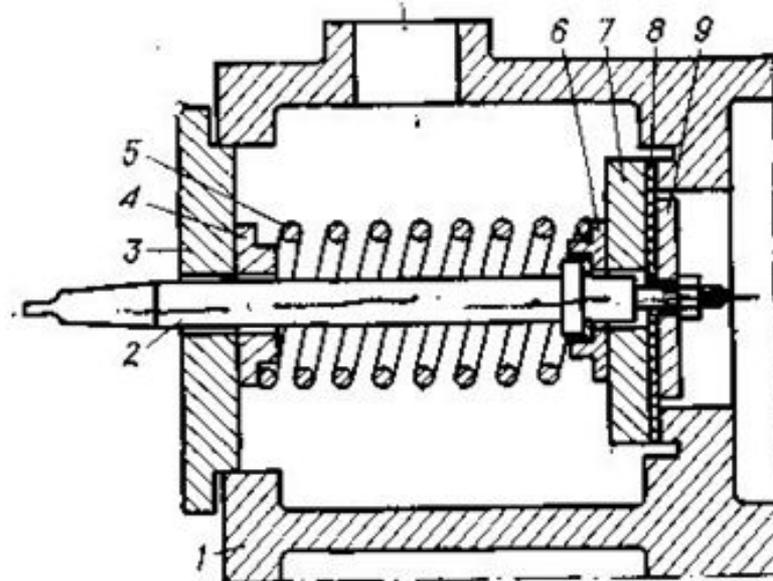


Рис.6.2. Приспособление для выпрессовки (а) и запрессовки (б) втулок
крейцкопфной головки шатуна:

1 – втулка; 2 – диск; 3 – болт; 4 – гайка; 5 – оправка.



1 – основание; 2 – стойка; 3 – микрометр;
 4 – призма; 5 – болт; 6 – планка; 7 – винт.



Приспособление для притирки посадочной поверхности цилиндра
 под клапан

1 – корпус компрессора; 2 – оправка; 3 – фланец; 4, 6 – направляющие
 втулки

5 – пружина; 7, 9 – шайбы; 8 – наждачная бумага.

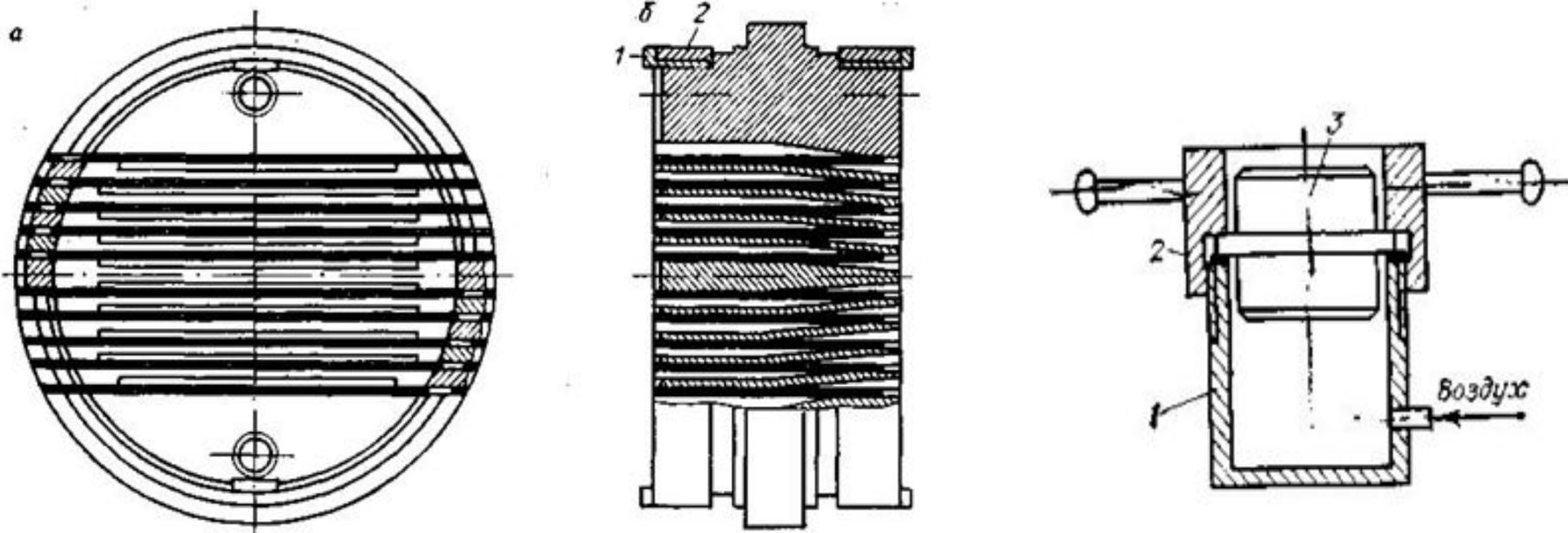


Рис.5. Пластинчатый клапан

а – пакет пластин и седел;
 б – клапан в сборе;
 1 – стопорная планка; 2 – кольцо крепления.

в. Приспособление для проверки клапана на плотность
 1 – корпус; 2 – прижимной стакан; 3 – клапан.

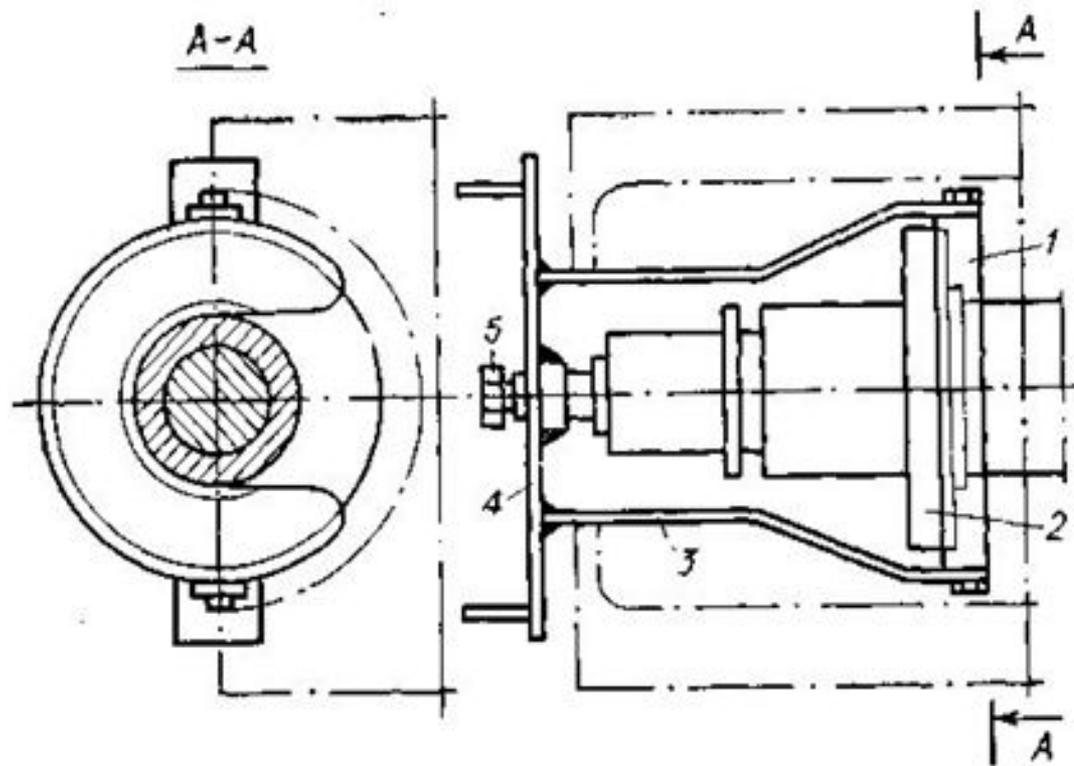
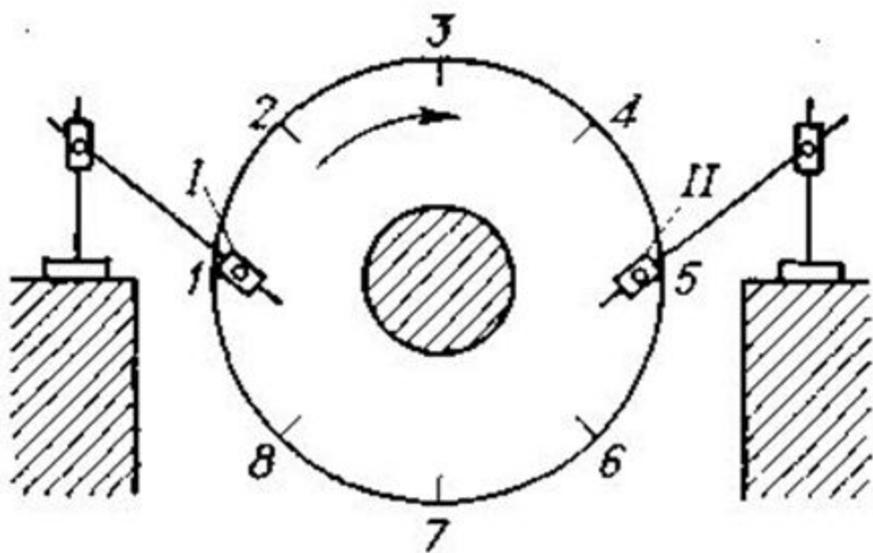


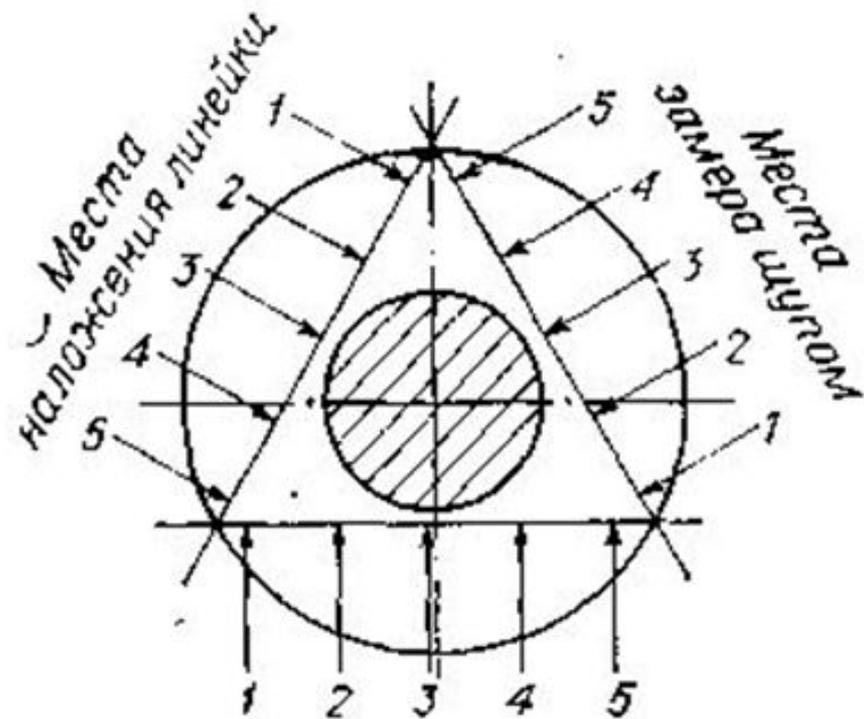
Рис.6.5. Приспособление для шлифовки упорного диска
1 – притир; 2 – упорный диск; 3 – тяга; 4 – планка; 5 – нажимной болт.



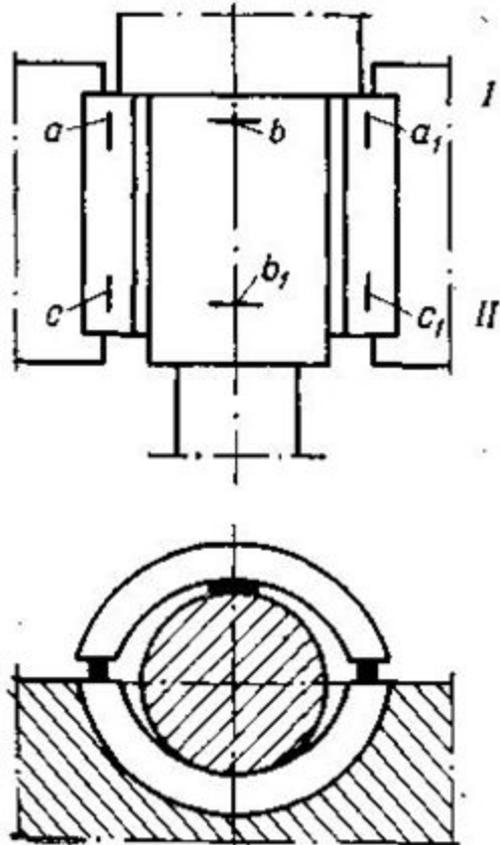
Проверка упорного диска на биение

I, II – индикаторы;

1 – 8 – номера позиций.

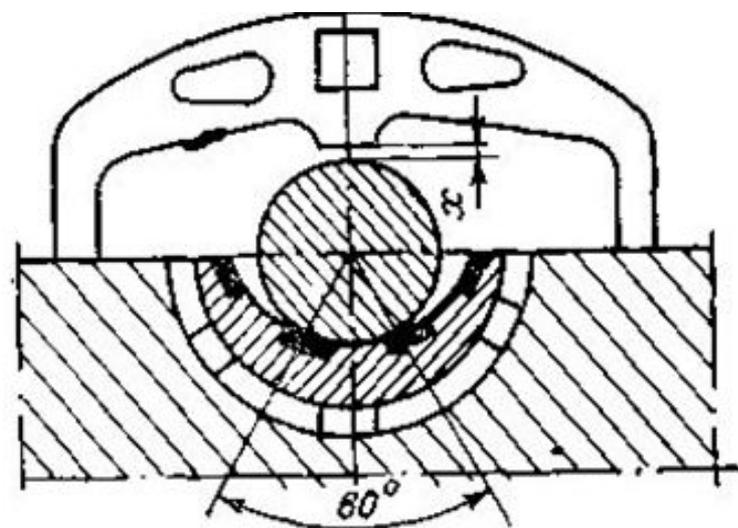


Проверка плоскости упорного диска

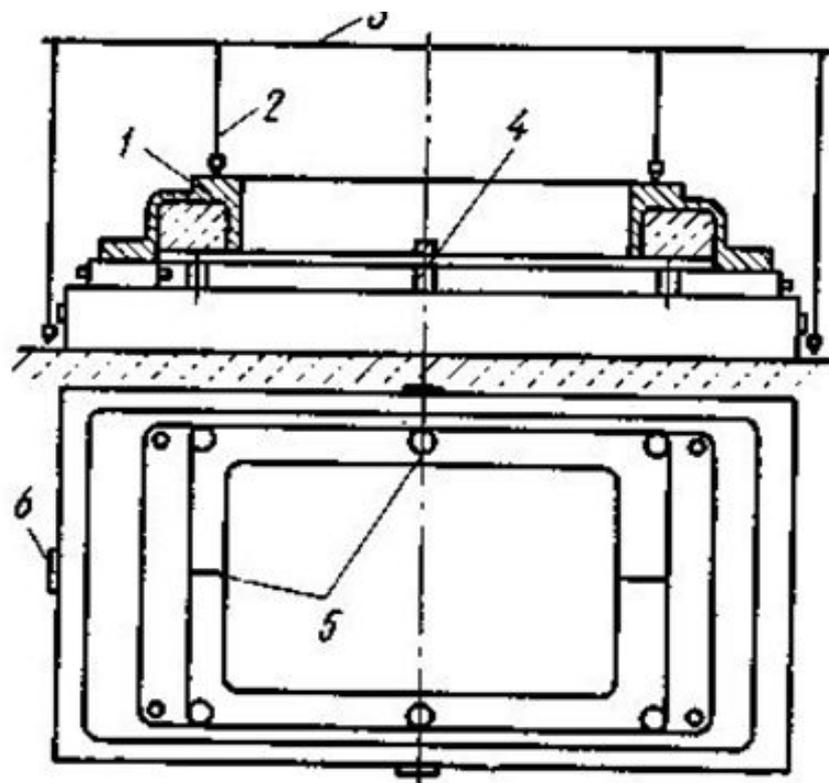


Проверка верхнего зазора вкладышей с помощью свинцовых проволок:

a, a_1, b, b_1, c, c_1 – толщины свинцовых проволок;
 I, II – сечения шейки вала.

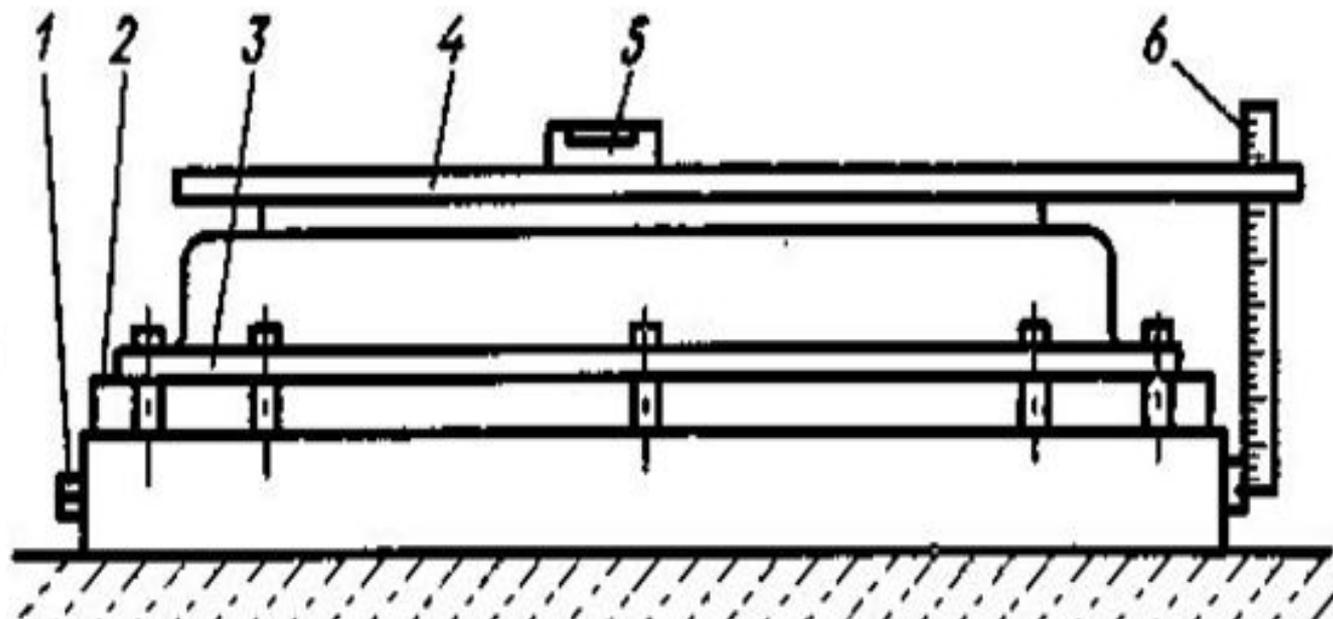


Проверки износа баббитового слоя
 нижнего вкладыша скобой
 x – зазор между скобой и валом.

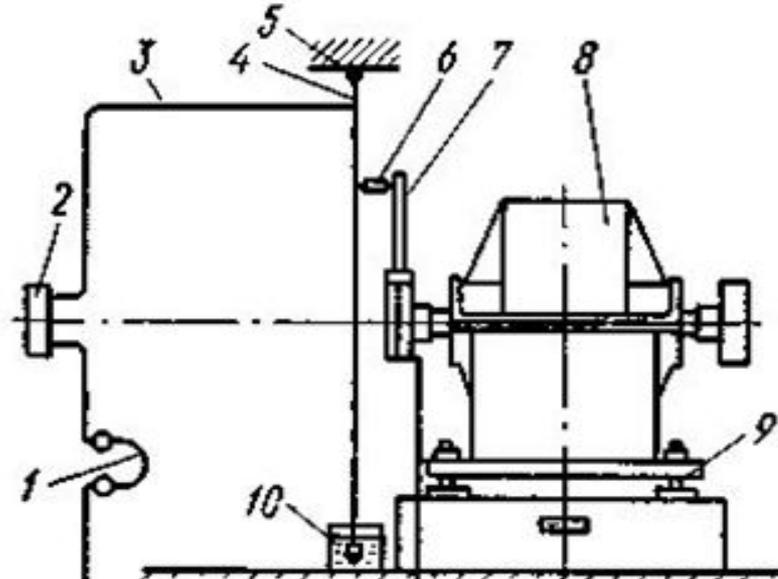


Проверка опорной плиты по осям

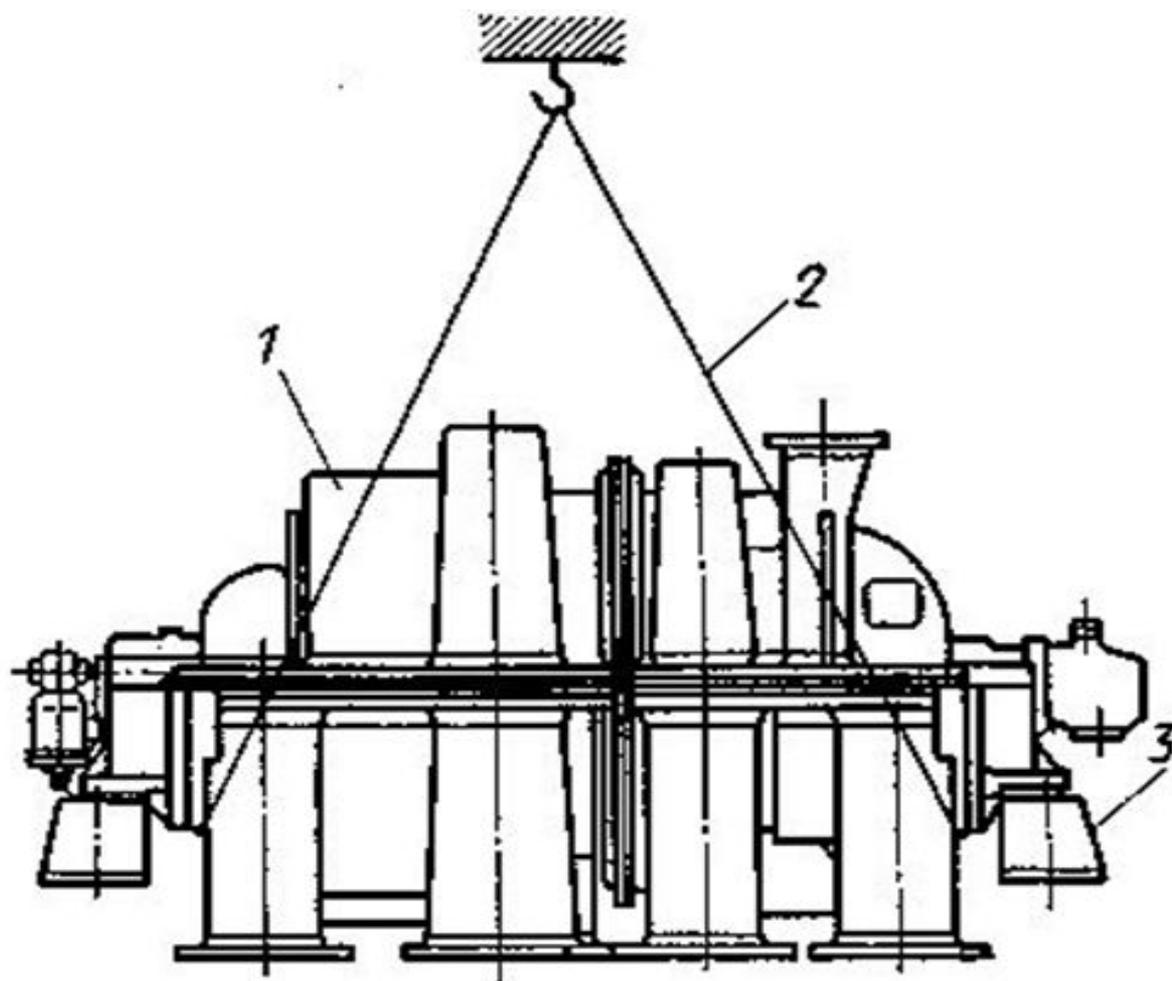
1 – плита, 2 – отвес, 3 – струна, 4 – домкрат,
5 – осевые риски, 6 – скоба с осевыми насечками



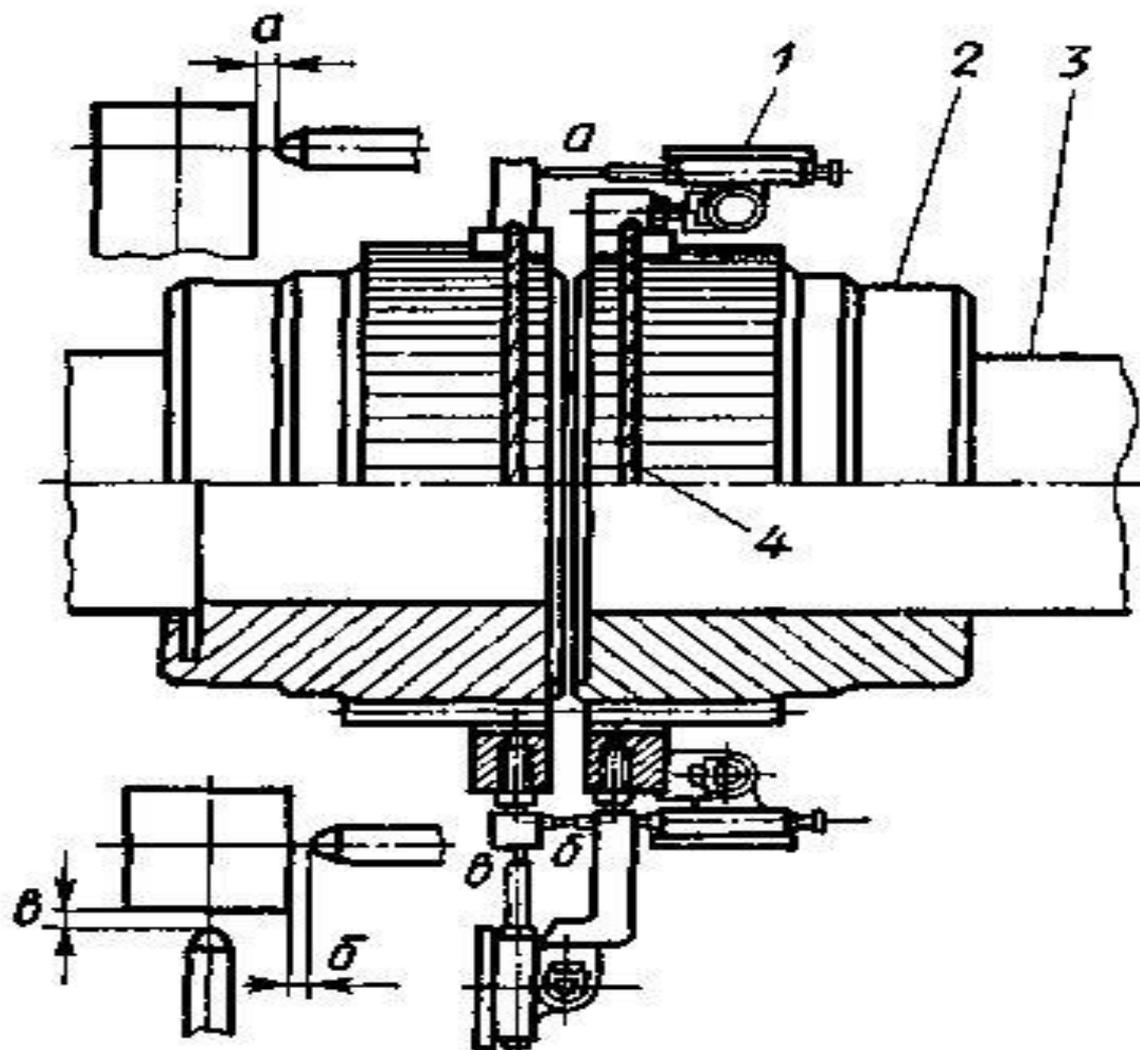
Проверка плиты в горизонтальной плоскости и по высотной отметке
1 – планка с насечками высотной и осевых отметок; 2 – клиновой домкрат;
3 – плита опорная; 4, 6 – линейки; 5 – уровень.



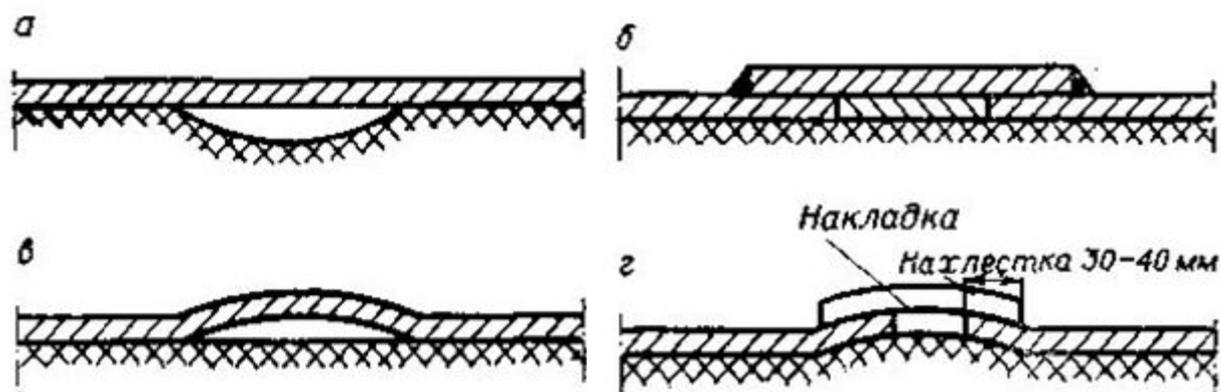
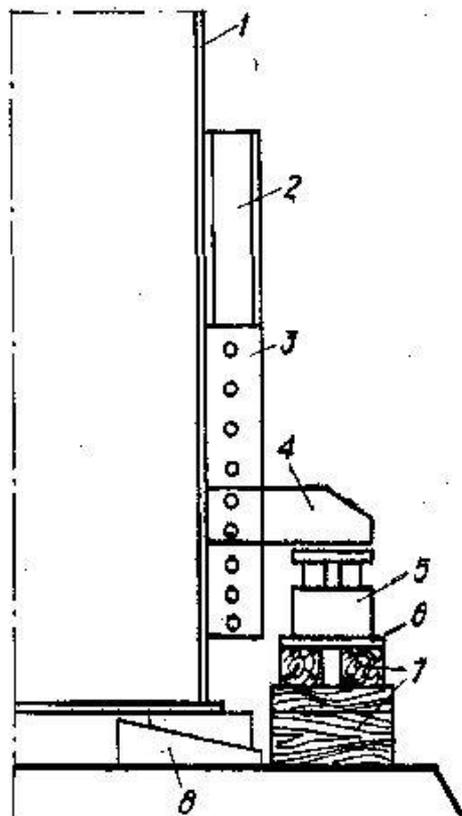
Проверка горизонтальности редуктора электроакустическим способом
1 – наушники; 2 – батарея; 3 – провод; 4 – струна; 5 – изолятор; 6 – нутромер;
7 – приспособление; 8 – редуктор; 9 – установочный винт; 10 – емкость с
маслом.



Строповка собранного компрессора для подачи на фундамент
1 – компрессор; 2 – строп; 3 – плита.



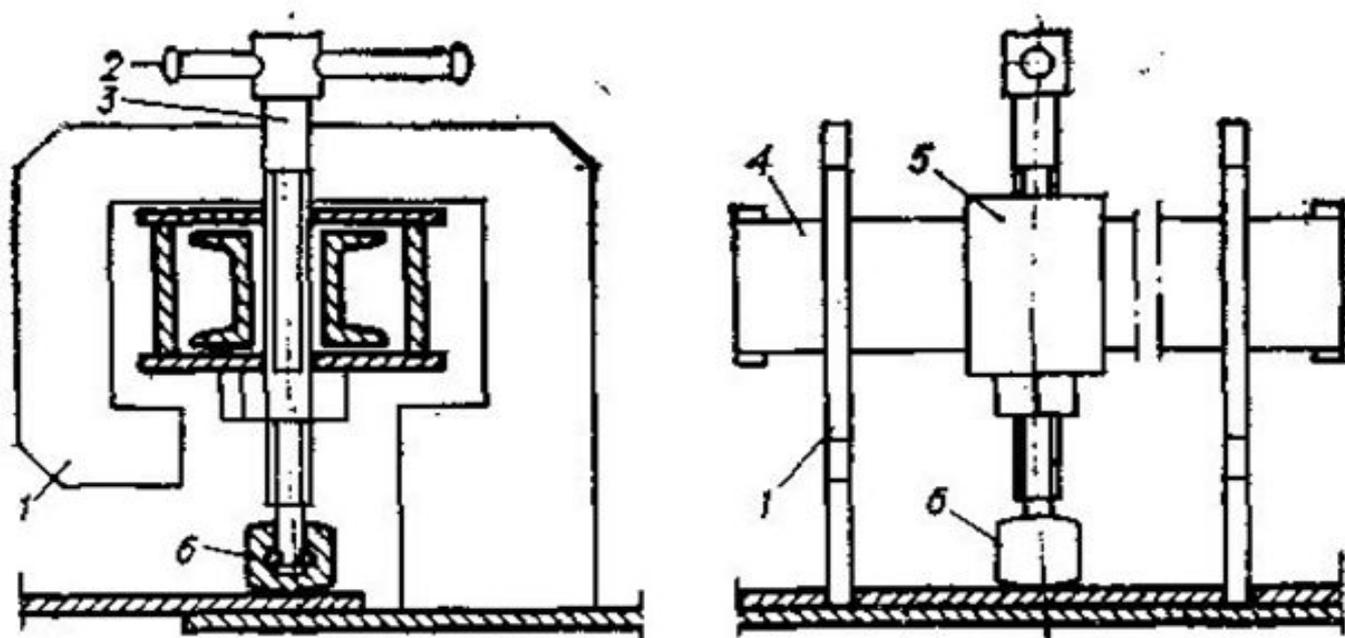
Приспособление с тремя индикаторами для проверки соосности валов
1 – индикатор; 2 – полумуфта; 3 – валы; 4 – приспособление для крепления индикаторов



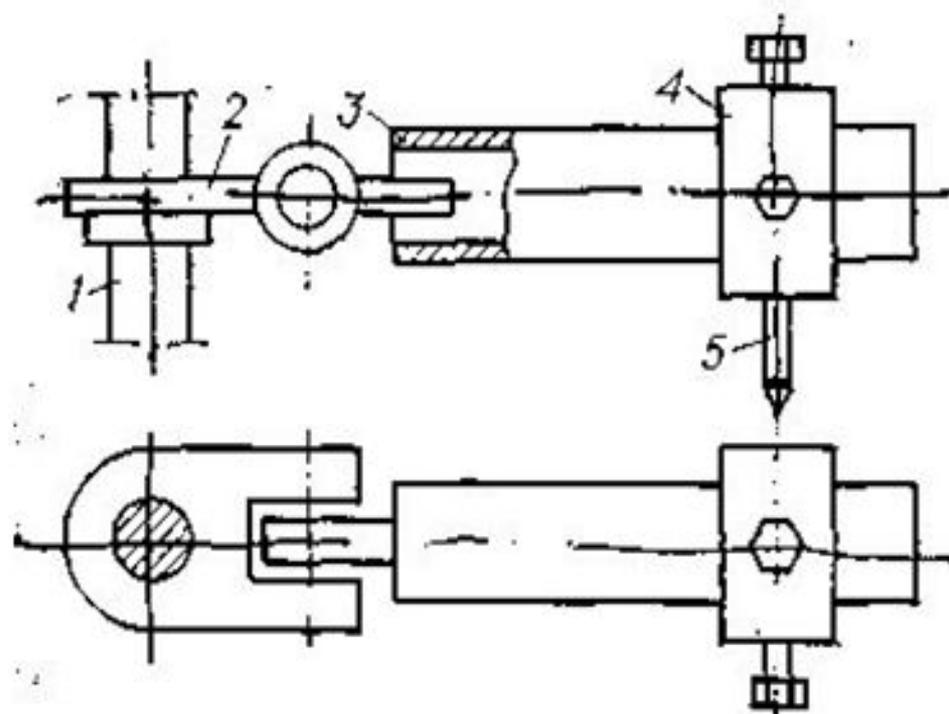
. Исправление выпучины в днище
 а – местная просадка основания;
 б, г – участки, отремонтированные установкой
 накладки; в – выпучина в днище.

.Подъем резервуара

1 – стенка; 2 – ребро жесткости; 3 – пластина;
 4 – передвижная опора; 5 – домкрат;
 6 – металлическая пластина; 7 – брусья; 8 – клинья.

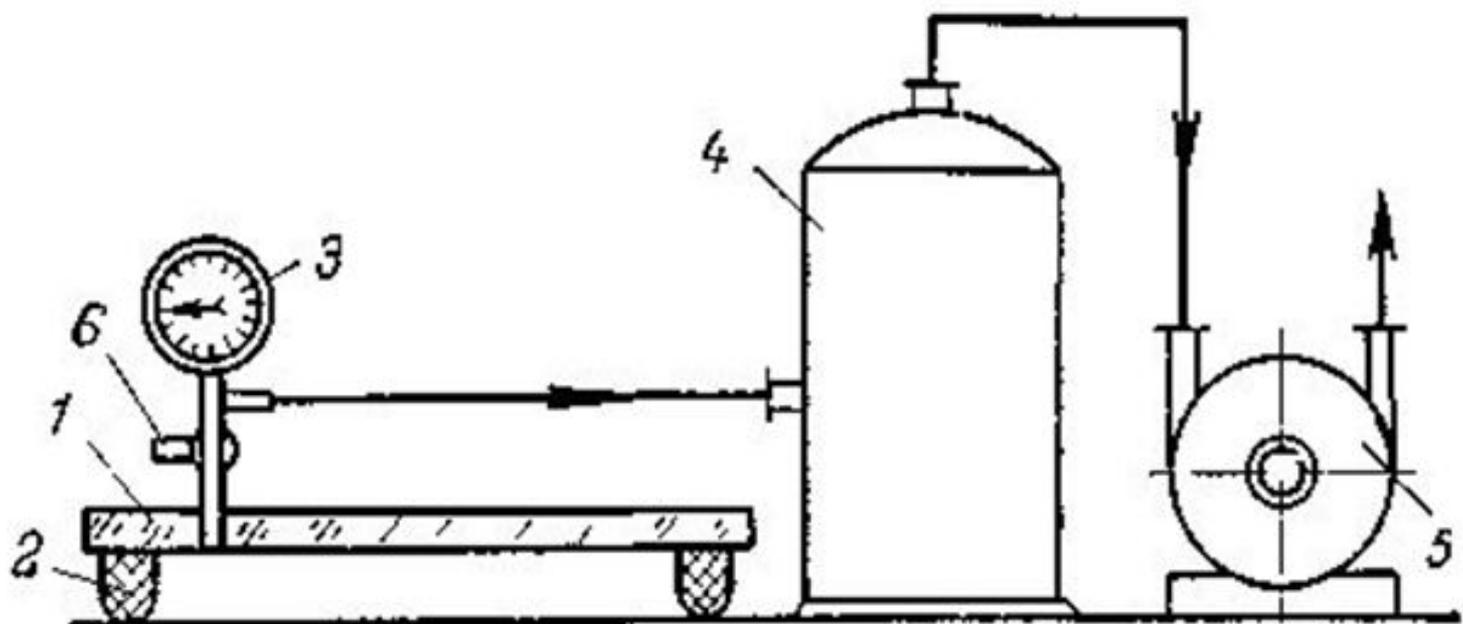


Приспособление для прижима кромок днища
1 – кронштейн; 2 – вороток; 3 – винт; 4 – балка;
5 – ползун; 6 – подпятник.



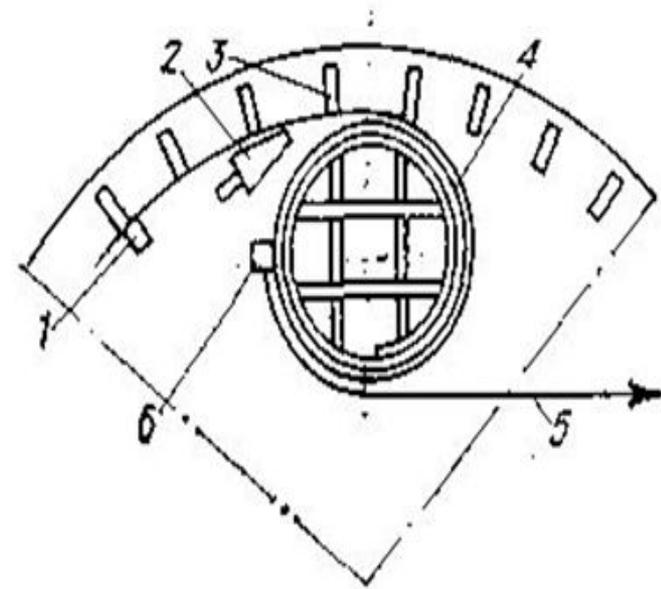
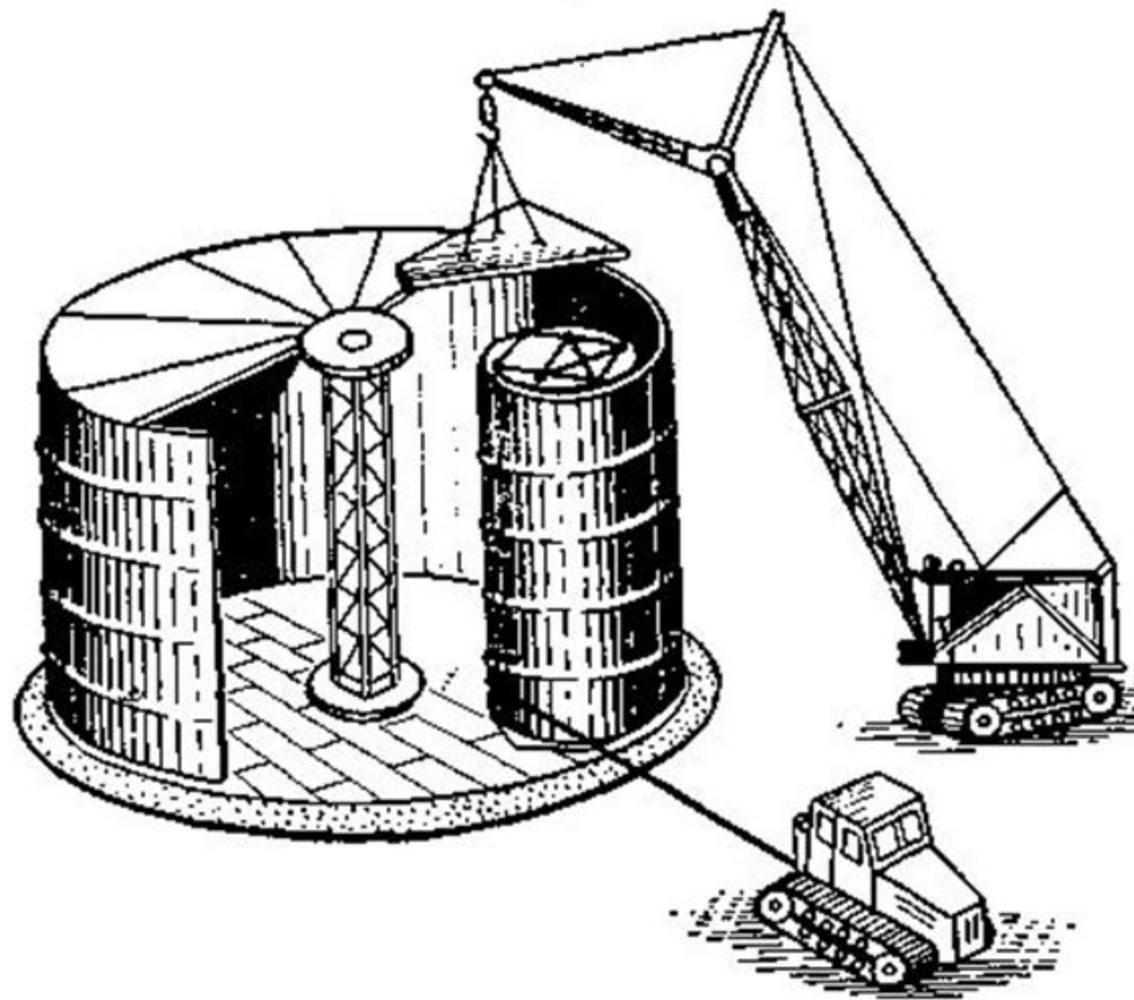
. Приспособление для разметки днища

1 – ось; 2 – кронштейн; 3 – штанга; 4 – движок; 5 – чертилка.



Вакуумная камера

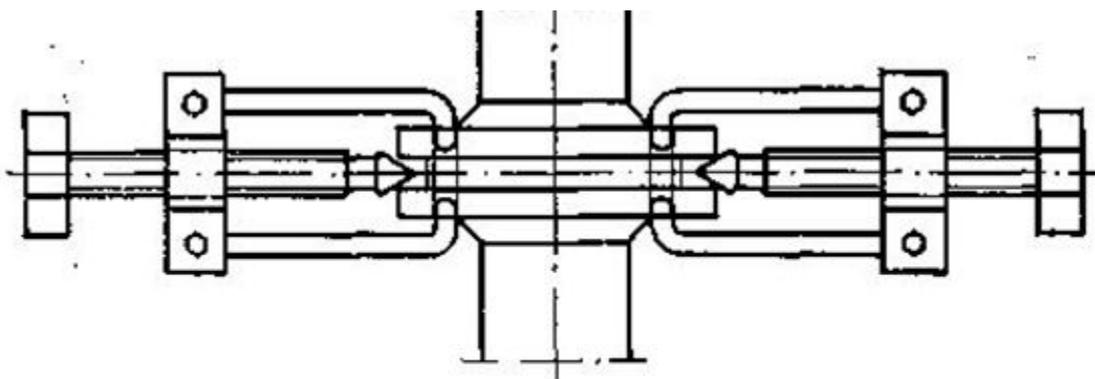
1 – крышка вакуумной камеры из оргстекла; 2 – резиновые стенки камеры; 3 – вакуумметр; 4 – вакуумный бачок; 5 – вакуум-машина; 6 – рукоятка.



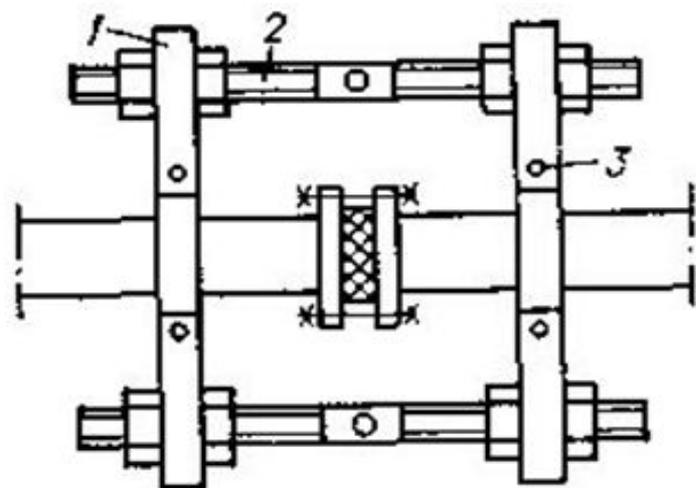
Развертывание рулона

- 1 – временный упор; 2 – клиновой упор;
 3 – ограничительная пластина;
 4 – рулон; 5 – канат; 6 – скоба.

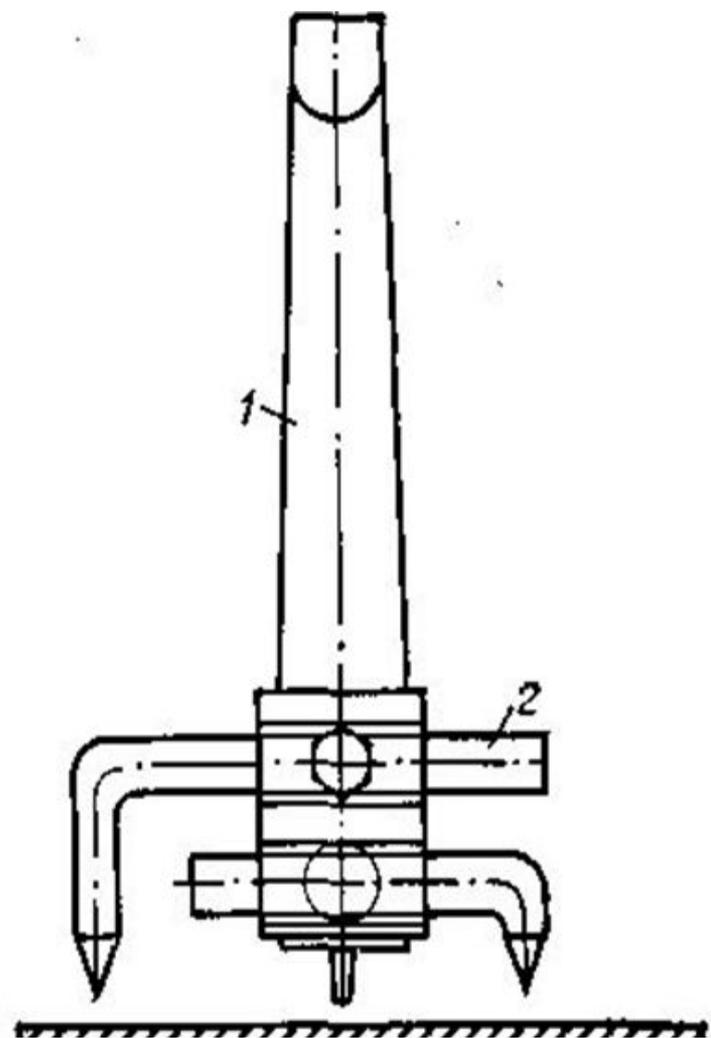
.Установка щитов покрытия одновременно
 с разворачиванием рулона.



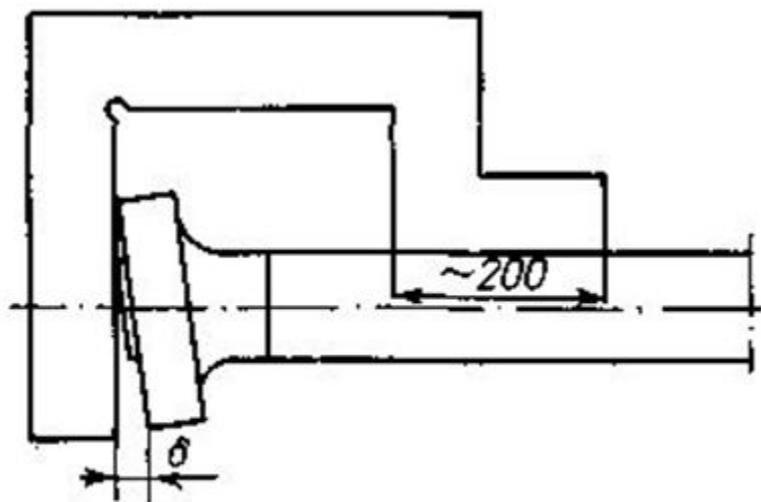
Винтовое приспособление для раздвижки фланцев



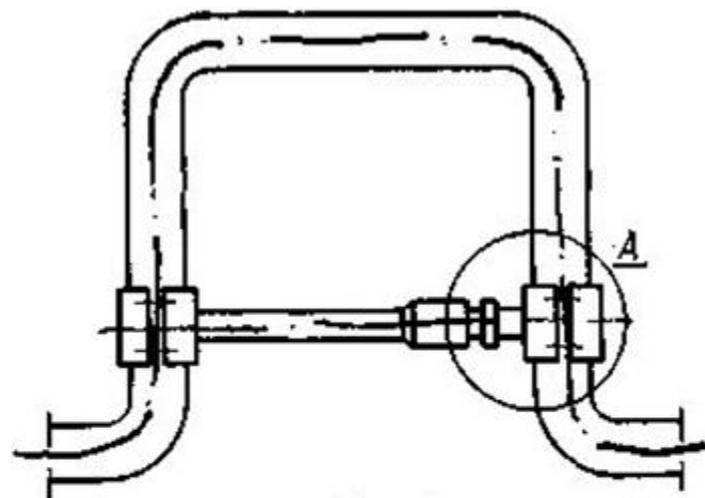
Приспособление для замены прокладки
1 – хомут; 2 – винт; 3 – болт.



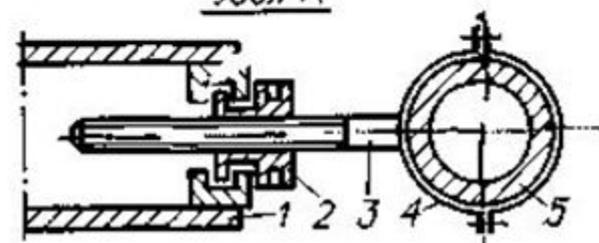
Приспособление для вырезки прокладок
1 – конус; 2 – нож.



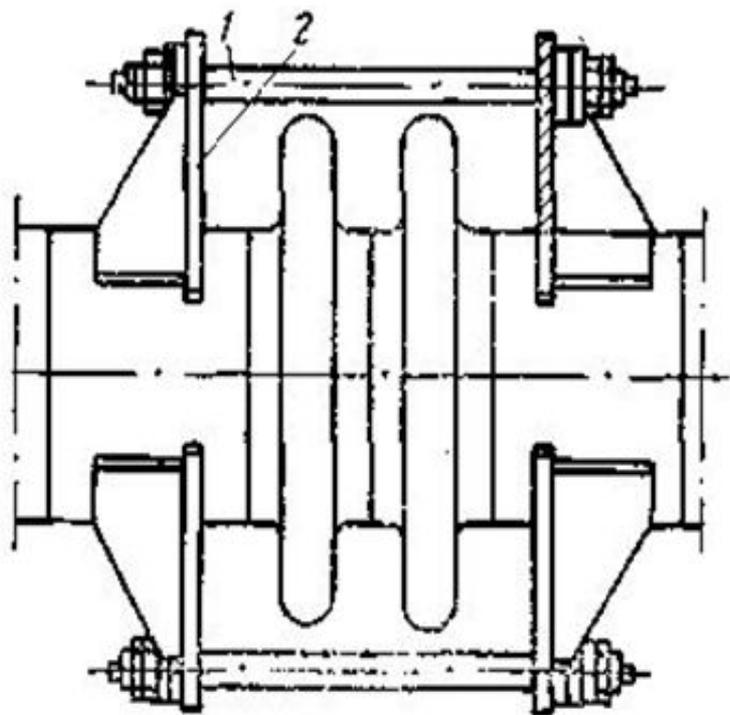
Проверка перпендикулярности уплотнительной поверхности фланца к оси трубы



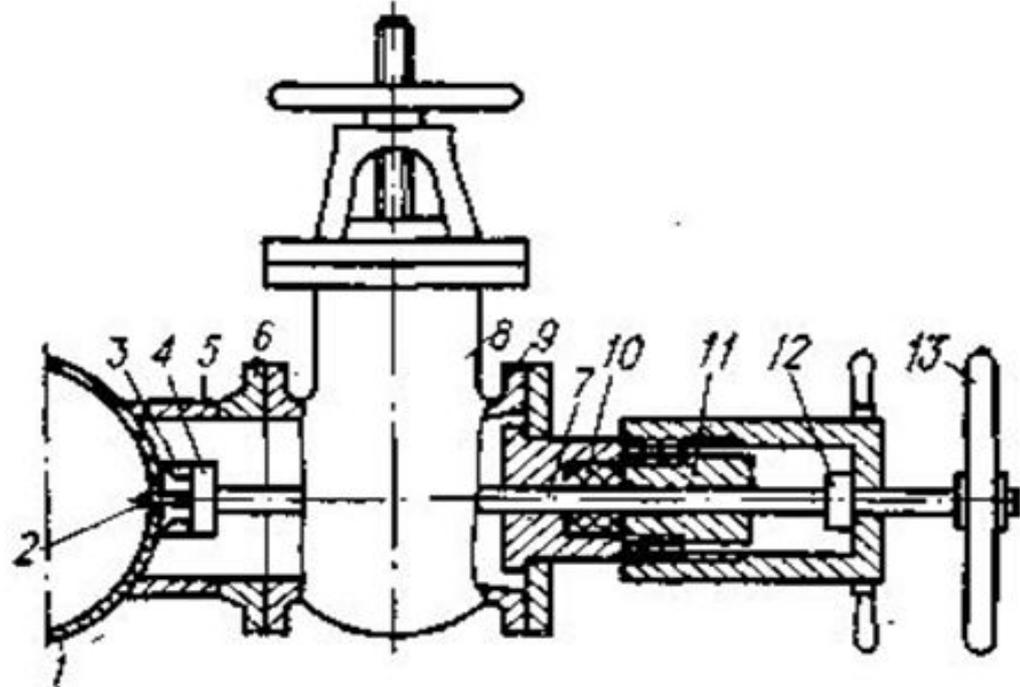
Узел А



. Приспособление для растяжки компенсаторов
 1 – распорка; 2 – натяжная гайка; 3 – винт;
 4 – хомут; 5 – труба.

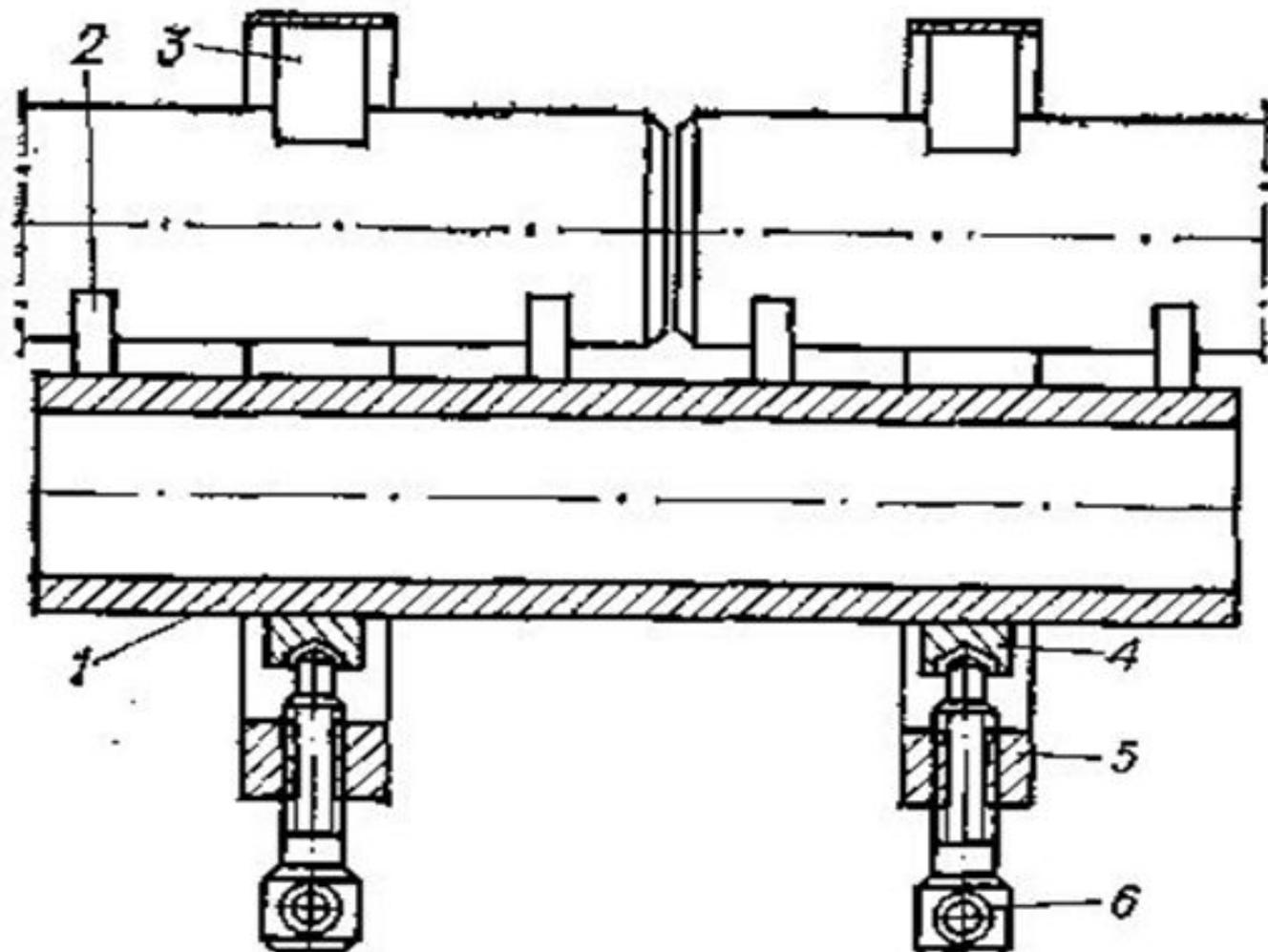


Линзовые компенсаторы со стяжками
1 – тяга; 2 – лапа.



. Приспособление для врезки отвода

1 – трубопровод; 2 – сверло; 3 – резец; 4 – коронка;
5 – патрубок; 6, 9 – фланцы; 7 – шток; 8 – задвижка;
10 – сальник; 11 – грундбукса; 12 – упорный
шарикоподшипник; 13 – штурвал.



. Приспособление для центровки труб при сварке
1 – основание; 2 – опорная призма; 3 – прижимная призма;
4 – опора для винта; 5 – хомут; 6 – винт.

Составить график ремонтного цикла и подсчитать по годам простой в ремонте, годовой фонд рабочего времени, трудозатраты, если известно:

а) Периодичность ремонтов:

ТО – 720 ч

ТР – 2160 ч

КР – 17280 ч

в) Трудоемкость:

ТО – 10 чел.-ч

ТР – 48 чел.-ч

КР – 120 чел.-ч

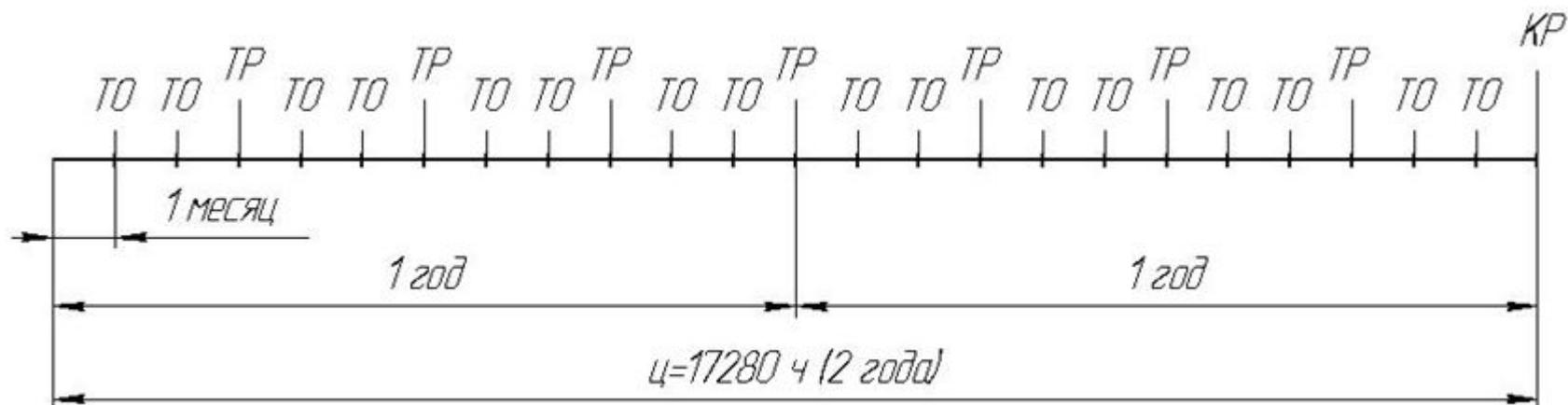
б) Продолжительность простоя:

ТО – 8 ч

ТР – 44 ч

КР – 126 ч

1. Составление ремонтного цикла.



Ремонтный цикл

1. Определение цикла капитальных ремонтов

$$Ц = Ц_{кр} = 17280 \text{ ч} = \frac{17280}{8640} = 2 \text{ года}$$

1.2. Определение цикла текущих ремонтов

$$\zeta_{\text{тр}} = 2160 \text{ ч} = \frac{2160}{720} = 3 \text{ мес.}$$

1.3. Определение цикла технических обслуживаний

$$\zeta_{\text{то}} = 720 \text{ ч} = \frac{720}{720} = 1 \text{ мес.}$$

2. Определение числа ремонтов и технических обслуживаний

2.1. Определение числа капитальных ремонтов

$$n_{\text{кр}} = \frac{\zeta}{\zeta_{\text{кр}}} = \frac{17280}{17280} = 1 \text{ (const)}$$

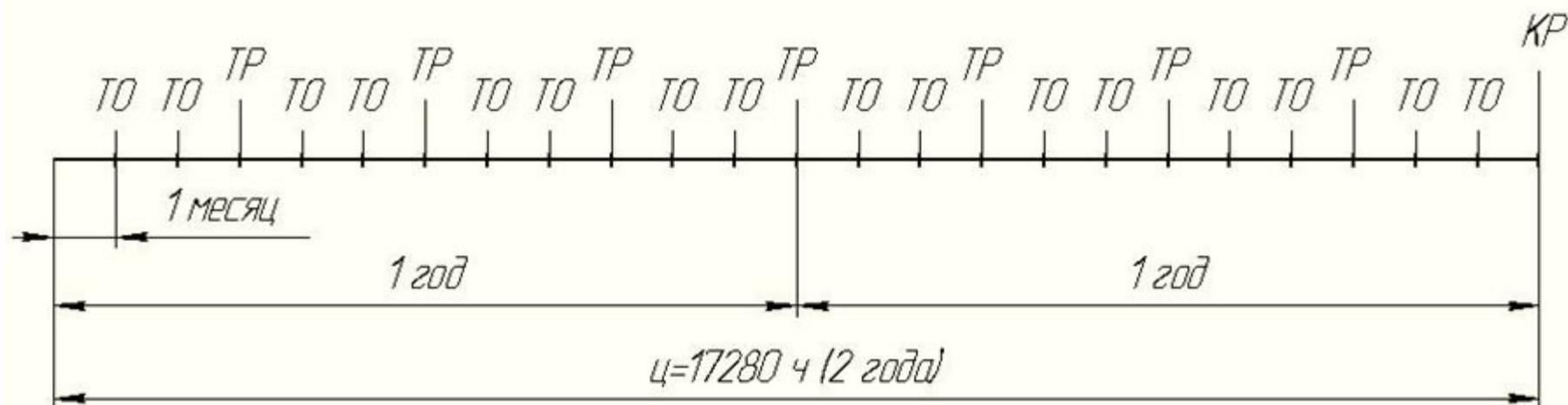
2.2. Определение числа текущих ремонтов

$$n_{\text{т}} = \frac{\zeta}{\zeta_{\text{тр}}} - n_{\text{кр}} = \frac{17280}{2160} - 1 = 7$$

1.3. Определение числа технических обслуживаний

$$n_{\text{то}} = \frac{Ц}{Ц_{\text{то}}} - n_{\text{кр}} - n_{\text{тр}} = \frac{17280}{720} - 1 - 7 = 16$$

Ремонтный цикл



2. Подсчет по годам

2.1. Простой в ремонте в первый год

$$Пр_1 = 8 \times Пр_{\text{то}} + 4 \times Пр_{\text{тр}} = 8 \times 8 + 4 \times 44 = 240 \text{ часов}$$

во второй год

$$\text{Пр}_2 = 8 \times \text{Пр}_{\text{то}} + 3 \times \text{Пр}_{\text{тр}} + \text{Пр}_{\text{кр}} = 8 \times 8 + 3 \times 44 + 126 = 322 \text{ часа}$$

2.2. Годовой фонд рабочего времени

$$\Phi_1 = 8640 - \text{Пр}_1 = 8640 - 240 = 8400 \text{ часов}$$

$$\Phi_2 = 8640 - \text{Пр}_2 = 8640 - 322 = 8318 \text{ часов}$$

2.3. Трудозатраты

$$\text{Тз}_1 = 8 \times \text{Тз}_{\text{то}} + 4 \times \text{Тз}_{\text{тр}} = 8 \times 10 + 4 \times 48 = 272 \text{ чел. - ч}$$

$$\text{Тз}_1 = 8 \times \text{Тз}_{\text{то}} + 3 \times \text{Тз}_{\text{тр}} + \text{Тз}_{\text{кр}} = 8 \times 10 + 3 \times 48 + 120 = 344 \text{ чел. - ч}$$

Подобрать и рассчитать стальной канат для электролебедки с легким режимом работы тяговым усилием $S=100$ кН.

разрывное усилие в канате,

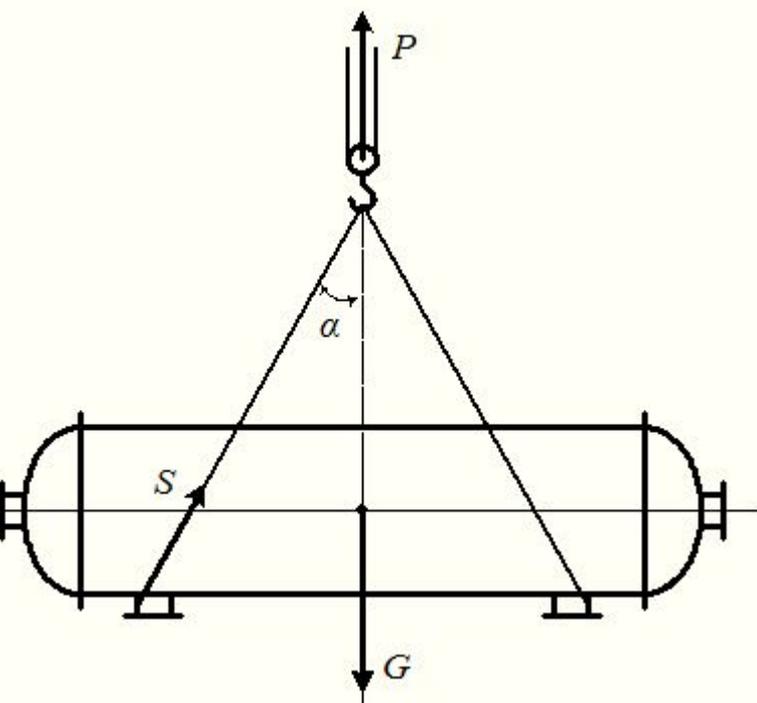
$$R_k = S \cdot K_3 = 100 \cdot 5 = 500 \text{ кН.}$$

Где

$K_3=5$ коэффициент запаса прочности

2. Выбираем для лебедки гибкий канат типа ЛК-РО конструкции $6 \times 36+1$ о.с. и по прил. 2 определяем его характеристики:

временное сопротивление разрыву, МПа.....	1764
разрывное усилие, кН.....	517
диаметр каната, мм.....	31
масса 1000 м каната, кг.....	3655



Натяжение в одной ветви стропа

$$S = \frac{P}{n \cos \alpha},$$

разрывное усилие в ветви стропа

$$R_K = S \cdot K_3$$

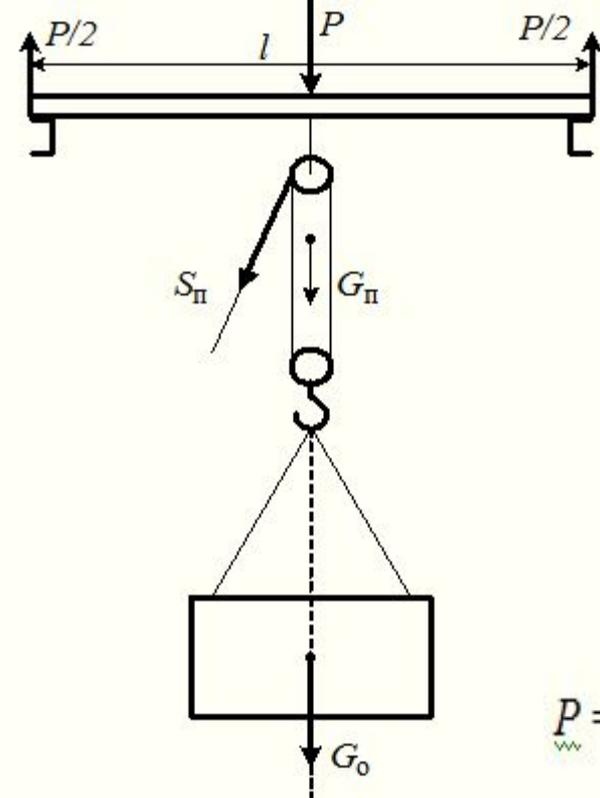
$$G = 15 \text{ т}$$

$$S = \frac{P}{n \cdot \cos \alpha} = \frac{10 \cdot 15}{4 \cdot 0,707} = 53 \text{ кН.}$$

$$R_K = S \cdot K_3 = 53 \cdot 6 = 318 \text{ кН.}$$

По разрывному усилию (прил. 2) подбираем канат ЛК-РО конструкции 6×36+1 о.с. ГОСТ 7668-80 со следующими характеристиками:

временное сопротивление разрыву, МПа.....	1960
разрывное усилие, кН.....	338
диаметр каната, мм.....	23,5
масса 1000 м каната, кг.....	2130



$$P = 10 \cdot G_0 \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{д}} / n + 10 \cdot G_{\text{п}} \cdot K_{\text{п}} + S_{\text{п}}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{P \cdot l}{2 \cdot 2} = \frac{P \cdot l}{4}$$

$$W_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{max}}}{0,1 \cdot m \cdot R}$$

Дано: $l=3$; масса аппарата 18 тонн; масса полиспаста 1.2 т. $S_{\text{п}}=35$ кН

$$P = 10 \cdot G_0 \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{д}} + 10 \cdot G_{\text{п}} \cdot K_{\text{п}} + S_{\text{п}} = 10 \cdot 18 \cdot 1,1 \cdot 1,1 + 10 \cdot 1,2 \cdot 1,1 + 35 = 266 \text{ кН.}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{P \cdot l}{4} = \frac{266 \cdot 300}{4} = 19950 \text{ кН} \cdot \text{см.}$$

$$W_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{max}}}{0,1 \cdot mR} = 19950 / (0,85 \cdot 0,1 \cdot 210) = 1117,6 \text{ см}^3.$$

4. Для балки сплошного сечения (прил. 5) принимаем двутавр № 45 с $W_x = 1231 \text{ см}^3$, что удовлетворяет условию $W_x > W_{\text{тр}}$.