

к ч

А. А. ВАЙНСОН
А. Ф. АНДРЕЕВ

Крановые грузозахватные устройства

СПРАВОЧНИК

Рецензент А. С. Зайдман

Вайнсон А. А., Андреев А. Ф.

В14 Крановые грузозахватные устройства: Справочник. —
М.: Машиностроение, 1982. — 304 с., ил.

В пер.: 1 р. 60 к.

Приведены принципиальные, конструктивные схемы и технические характеристики грузозахватных устройств, применяемых при выполнении подъемно-транспортных, монтажных и перегрузочных работ со штучными и сыпучими грузами в промышленности и строительстве. Освещены методы расчета грузозахватных устройств, материалы изготовления и меры обеспечения надежности в эксплуатации. Рассмотрены новые конструкции отечественных и зарубежных автоматизированных и дистанционно управляемых грузозахватных устройств.

Для инженерно-технических работников, занимающихся конструированием, производством и эксплуатацией подъемно-транспортного оборудования.

В 3601030000-183
038(01)-82 183-82ББК 38.6-44
6П5.6Краткое наименование
Издательство «Машиностроение», 1982 г.

По затратам труда, объему и стоимости погрузочно-разгрузочные операции в производственных процессах занимают одно из первых мест. На их выполнении занято все подъемно-транспортное оборудование и большое количество обслуживающего персонала, значительная часть которого используется на такелажных крановых работах, сводящихся в основном к ответственным, но достаточно простым действиям закрепления перемещаемых грузов на грузозахватных органах.

При перегрузке сыпучих грузов наиболее распространены грейферы, обеспечивающие эффективную механизацию процесса. При перегрузке штучных грузов и выполнении монтажных операций с конструкциями и оборудованием для механизации процесса закрепления груза на крюке крана применяют грузозахватные устройства (ГУ), форма и принцип действия которых зависят от конфигурации груза, его габаритов, массы и приспособленности к взаимодействию с ГУ. Такие ГУ являются специализированными. В настоящее время в народном хозяйстве для оперирования со штучными грузами наиболее широко применяются универсальные ГУ — канатные стропы, пригодные для подвешивания любых грузов, но при условии достаточно высокой квалификации такелажника-строповщика и затрате значительного времени на эту операцию. Вместе с тем уровень современной подъемно-транспортной техники достаточно высок для того, чтобы создавать и использовать со значительным технико-экономическим эффектом специализированные ГУ для штучных грузов, приспособленные в простом конструктивном исполнении для быстрого взаимодействия с грузом (при управлении такелажником, а при усложненном исполнении — для автоматического захвата груза и ориентирования его в пространстве непосредственно крановщиком.

«Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», утвержденными на XXVI съезде КПСС, предусмотрено, что прирост промышленной продукции должен быть обеспечен главным образом за счет повышения производительности труда. На подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работах производительность труда определяется в первую очередь наличием высокоэффективного грузозахватного оборудования, поэтому ускоренное развитие мощностей по изготовлению средств механизации и автоматизации указанных работ является важнейшей задачей на ближайшие годы. Это ставит на повестку дня организацию специализированных производств грузозахватного оборудования, что позволит перейти от ведомственного мелкосерийного их изготовления к централизованному производству высокоэффективных, качественных и надежных конструкций, базирующихся на модульном принципе с использованием унифицированных элементов.

Соотношение единиц Международной системы (СИ) с единицами других систем и внесистемными единицами

| Наименование величины | Единица СИ | | Единица СИ во внесистемных единицах | Внесистемная единица в единицах СИ |
|---|------------------------------|--------------------|--|--|
| | Наименование | Обозначение | | |
| Масса | Килограмм | кг | 1 кг = = 0,102 кгс·с ² /м | 1 кгс·с ² /м = = 9,81 кг |
| Сила, вес | Ньютон | Н | 1 Н = 1 кг·м/с ² = = 0,102 кгс | 1 кгс = 9,81 Н 1 тс = 9,81 кН |
| Момент инерции, динамический | Килограмм на квадратный метр | кг·м ² | 1 кг·м ² = = 0,102 кгс·м·с ² | 1 кгс·м·с ² = = 9,81 кг·м ² |
| Давление; механическое напряжение; модуль упругости, сдвига | Паскаль | Па | 1 Па = = 0,102 кгс/м ² = = 1,02 × × 10 ⁻⁵ кгс/см ² | 1 кгс/см ² = = 0,098 МПа |
| Работа (энергия) | Джоуль | Дж | 1 Дж = = 0,102 кгс·м | 1 кгс·м = = 9,81 Дж |
| Мощность | Ватт | Вт | 1 Вт = 1 Дж/с = = 0,102 кгс·м/с | 1 кгс·м/с = = 9,81 Вт |
| Плотность | Килограмм на кубический метр | кг/м ³ | 1 кг/м ³ = = 1 т/л = = 0,102 кгс·с ² /м ⁴ | 1 кгс·с ² /м ⁴ = = 9,81 кг/м ³ |
| Удельный объем | Кубический метр на килограмм | м ³ /кг | 1 м ³ /кг = = 9,81 м ³ /(кгс·с ²) | 1 м ³ /кгс·с ² = = 0,102 м ³ /кг |

Госты в справочнике приведены по состоянию на 1 января 1982 г.

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

1.1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ

Грузопъемный кран нормального исполнения снабжают прикрепленным к подвижной обойме грузового полиспаста крюком, на который перемещаемый груз навешивается непосредственно, при помощи гибких строп, закрепленных на грузе, или специализированного ГУ, навешенного на крюк. В последнем случае взаимодействие ГУ с грузом осуществляется путем подхвата (груз опирается на элементы ГУ), зажима (груз зажимается элементами ГУ и удерживается в нем силой трения) или подвеса (груз удерживается ГУ за счет электромагнитного или вакуумного взаимодействия между ними).

Специализированные ГУ должны быть приспособлены для взаимодействия с грузом, параметры которого — масса, конфигурация, габаритные размеры, жесткость (по отношению к внешнему давлению и деформациям от силы тяжести) — могут быть переменными в ограниченных пределах, поэтому конструктивное исполнение ГУ разнообразно.

Соединение специализированного ГУ с грузом выполняется такелажником-строповщиком (например, путем надевания поворотных скоб ГУ на выступы груза) или крановщиком (путем опускания ГУ на груз или подведения его под груз).

Захват груза может быть полностью автоматизированным (захват обеспечивается только за счет перемещения вниз и вверх самого ГУ), или, что осуществляется чаще, дистанционно управляемым (процесс взаимодействия обеспечивается специальным устройством, управляемым крановщиком).

По способу управления различают ГУ с ручным, автоматическим и дистанционным управлением, а по способу поворота — свободноповоротные (вращаются

1.1. Общая классификация крановых ГУ

| Характеристика | Грузозахватное устройство | | | |
|---|--|--|---|---|
| | Грейфер | Строповое, лапчатое, контейнерное | Клещевое, фрикционное, эксцентриковое, клепановое | Вакуумное, электромагнитное, магнитное |
| Груз Способ захвата груза Перемещения | Сыпучий Зачерпывающий Вертикальное | Поддерживающий Вертикальное, свободно-или принудительноповоротное относительно вертикальной оси | Штучный Зажимной | Притягивающий |
| Привод захватного органа | Кабельный, электромеханический, гидравлический, пневматический | Ручной, электромеханический, гидравлический, пневматический | | Пневмовакuumный, электрический, магнитный |
| Управление захватом и освобождением груза | Ручное, дистанционное | Ручное, дистанционное, полуавтоматическое, автоматическое | | Ручное, дистанционное |

Примечание. Способ подвеса ГУ к крану жесткий или гибкий.

| Материал (груз) | Насынная плотность, т/м ³ | Начальное сопротивление сдвигу (сцепление), Па | Коэффициент | | |
|--|--------------------------------------|--|---------------|---------------|--------------------------|
| | | | трения | | динамического уплотнения |
| | | | внутренний | о сталь | |
| Апатит порошковый | 1,6 ... 1,7 | 50 | 0,6 | 0,53 | — |
| Алебастр мелкий | 1,2 ... 1,4 | — | 0,58 ... 0,82 | 0,61 ... 0,78 | — |
| Гипс мелкокусковой | 1,2 ... 1,4 | — | 0,58 ... 0,8 | 0,61 ... 0,78 | 1,14 ... 1,52 |
| Глина сухая крупнокусковая | 1 ... 1,8 | — | 0,8 ... 1 | 0,75 ... 1 | — |
| Глинозем сухой порошкообразный | 1 ... 1,05 | 10 ... 80 | 0,54 ... 0,56 | 0,42 ... 0,54 | 0,42 ... 0,54 |
| Гравий | 1,6 ... 1,9 | — | 0,49 ... 1 | 0,58 ... 1 | 1,12 ... 1,34 |
| Земля грунтовая сухая | 1,1 ... 1,6 | — | 0,55 ... 1 | 0,73 ... 1 | — |
| Земля формовочная | 0,8 ... 1,3 | 300 | 0,58 ... 0,73 | 0,46 ... 0,71 | 1,13 ... 1,34 |
| Зерно сухое | 0,77 | 170 | — | 0,58 | — |
| Зола сухая | 0,4 ... 0,7 | 420 | 0,84 ... 1,2 | 0,60 ... 0,85 | 1,05 ... 1,08 |
| Известняк среднекусковой | 1,4 ... 2,2 | До 100 | 0,57 ... 1,26 | 0,56 ... 1 | 1,09 ... 1,18 |
| Известь | 0,7 ... 1,5 | — | — | 0,35 ... 0,6 | — |
| Породы каменные среднекусковые | — | — | — | — | — |
| Породы каменные бутовые и алебастровые | 1,5 ... 2,2 | 200 | 0,75 | 0,58 ... 0,84 | — |
| Клинкер | — | — | 0,55 ... 0,66 | — | — |
| Кокс среднекусковой | 0,48 ... 0,53 | 220 | 0,52 ... 1,19 | 0,47 ... 0,53 | — |
| Криалит | — | 60 ... 150 | 0,52 ... 1,12 | 0,53 ... 0,95 | 1,17 ... 1,23 |
| Мел порошкообразный сухой | 0,95 ... 1,2 | — | 0,81 | 0,6 ... 0,8 | — |
| Нефелин | 1,1 ... 1,26 | 100 ... 200 | 0,6 ... 0,85 | 0,3 ... 0,68 | 1,12 ... 1,19 |
| Опилки древесные | 0,16 ... 0,32 | 30 ... 360 | 0,6 ... 1,5 | 0,39 ... 0,85 | 1,29 ... 1,4 |
| Песок: | — | — | — | — | — |
| сухой | 1,4 ... 2,05 | 100 | 0,57 ... 0,84 | 0,32 ... 0,8 | 1,16 ... 1,29 |
| влажный | 1,3 | 1000 | 0,75 | 0,57 | 1,14 ... 1,38 |
| Пыль угольная | 0,6 ... 0,7 | — | — | 0,32 ... 0,77 | — |
| Руда: | — | — | — | — | — |
| железная мелко- и среднекусковая | 1,8 ... 2,5 | 300 | 0,57 ... 0,86 | 0,57 ... 0,84 | — |
| вольфрамовая | 2,7 ... 3,5 | — | — | — | — |
| Сахар | — | — | 1,19 | 0,85 ... 1 | — |
| Селитра | — | — | 0,78 ... 0,84 | — | — |
| Сода кальцинированная | 0,4 ... 1,25 | До 100 | 0,71 ... 1,02 | 0,3 ... 0,4 | 1,08 ... 1,17 |
| Соль каменная поваренная | — | — | — | — | — |
| Торф воздушно-сухой | 0,72 ... 1,85 | — | 0,57 ... 1,02 | 0,49 ... 1,2 | 1,1 ... 1,14 |
| Уголь каменный: | 0,35 ... 0,5 | 500 | 0,62 ... 1,19 | 0,27 ... 0,7 | — |
| сухой | 0,6 ... 0,8 | До 100 | 0,51 ... 1 | 0,29 ... 0,84 | 1,2 ... 1,28 |
| влажный | 1,02 | 1000 | 0,55 | 0,47 | — |
| Фосфорит порошкообразный | — | — | — | 0,3 | 1,21 |
| Цемент | 1 ... 1,3 | До 150 | 0,5 ... 0,84 | 0,3 ... 0,65 | 1,15 ... 1,19 |
| Шлак сухой | 0,6 ... 1 | — | 0,56 ... 1 | 0,4 ... 1,1 | — |
| Щебень булыжный | 1,5 ... 1,7 | — | — | 0,74 | — |

и др., — мелкие строительные детали). Для эффективного перемещения кранами эти грузы надо собирать в контейнеры, паковать в поддоны, укладывать в сетки, после чего для их подвески к крюку крана можно применить грузозахватные устройства. Ниже приведены ориентировочные данные для некоторых массовых штучных грузов [9, 10].

Пакеты пиломатериалов

| Масса, т | 2,5 | 3* | 5 | 10 | 20 |
|-----------|------|------|-----|-----|-----|
| Длина, м | 6 | 3* | 6,5 | 6,5 | 6,5 |
| Ширина, м | 0,8 | 1,2* | 1,2 | 1,8 | 2,7 |
| Высота, м | 0,85 | 1,3* | 1,3 | 1,5 | 2,4 |

* Шпалы.

совместно с крюком на его подпятнике под действием усилия такелажника инерционных или ветровых нагрузок) и принудительноповоротные (вращаются специальным приводным поворотным механизмом, встроенным в ГУ или крюковую обойму), управляемые крановщиком.

Для перемещения элементов подхватных и зажимных ГУ применяют электрические, гидравлические и пневматические приводы. В ГУ некоторых простых типов, например эксцентриковых, используют ручной привод.

Грейферный грузоподъемный кран оборудуют подвешенным к канатам подъемного механизма челюстным ковшом — грейфером, применяемым для захватывания (защипывания) перегружаемых материалов и транспортирования их к месту разгрузки.

Развернутая характеристика грейферного оборудования приведена в п. 2.1.

Крюковой грузоподъемный кран нормального исполнения оборудуют канатными стропами универсального использования или ГУ различных типов.

Грузоподъемный кран специального исполнения снабжают специализированным ГУ, приспособленным для взаимодействия с такими грузами, как ковши с жидким металлом, горячие болванки и др.

Общая классификация крановых ГУ приведена в табл. 1.1.

1.1.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУЗОВ, С КОТОРЫМИ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ КРАНОВЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Перегружаемые ГУ, обычно грейферами, сыпучие материалы по гранулометрическому составу (по размерам частиц в мм) классифицируют следующим образом:

| | | | |
|-----------------|--------------|----------------|-------------|
| Пылевидные | Менее 0,05 | Мелкокусковые | 10 ... 60 |
| Порошкообразные | 0,05 ... 0,5 | Среднекусковые | 60 ... 160 |
| Мелкозернистые | 0,5 ... 2 | Крупнокусковые | 160 ... 320 |
| Крупнозернистые | 2 ... 10 | Особо крупные | Более 320 |

При оценке кусковатости материала следует исходить из расчетного ее значения

$$a_k = \sqrt[3]{a_1 a_2 a_3},$$

где a_1, a_2, a_3 — размеры куска в трех измерениях.

Для рядового материала отношение $a_{kmax}/a_{kmin} > 2,5$, а для сортированного $a_{kmax}/a_{kmin} < 2,5$.

Сыпучие материалы характеризуются физико-механическими параметрами, которые в связи с разнородностью материала отличаются широкими пределами численных значений (табл. 1.2). Для некоторых материалов численные значения установлены не для всех параметров.

По внешней конфигурации и массе различают штучные грузы трех категорий.

А. Единичные крупногабаритные грузы большой массы, перемещаемые нерегулярно. К ним относится различное машинное и другое оборудование, перемещаемое в процессе погрузочно-разгрузочных и монтажно-демонтажных работ. В момент прибытия или отгрузки их можно упаковать в крупногабаритные ящики. Некоторые виды этого оборудования (электродвигатели, редукторы) снабжены рым-болтами или консольными рогами. Для их подвески к крюку крана обычно применяют универсальные стропы, реже специальные устройства, например при монтаже крупных технологических колонн нефтехимических предприятий.

Б. Массовые однотипные крупногабаритные грузы большой массы, перемещаемые регулярно — металлические и бетонные строительные изделия (колонны, плиты, фермы, балки, блоки), тяжелые прокатные металлические профили (листы, балки), крупные машинные элементы и детали, лесоматериалы. Для их подвески к крюку крана обычно применяют специализированные ГУ.

В. Массовые однотипные малогабаритные грузы малой массы (мелкие машинные детали, тарно-штучные грузы — ящики, килы, мешки, бочки, рулоны

Пакеты листового металла

| | | | | | |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| Масса, т | 0,8 | 3,2 | 5 | 5 | 10 |
| Длина, м | 0,5 ... 0,8 | 0,4 ... 2,5 | 2 ... 6 | 2,1 ... 5,5 | 2 ... 6 |
| Ширина, м | 0,3 ... 0,5 | 0,5 ... 1 | 0,5 ... 1,2 | 1,2 ... 2 | 1,8 ... 3 |
| Высота, м | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,3 |

Рулоны бумаги

| | | | |
|------------|--------------|--------------------|-------------|
| Бумага | Обойная | Газетная и книжная | Картон |
| Масса, т | До 0,6 | До 0,6 | 0,5 ... 1,5 |
| Диаметр, м | 0,5 ... 0,75 | 0,8 ... 0,9 | 0,8 ... 1,2 |
| Длина, м | 0,6 ... 0,7 | 0,32 ... 0,75 | 1 ... 2,1 |

Пакеты листовых строительных материалов

| | | | |
|-----------|-------------|--------------|-------------|
| Масса, т | 0,5 | 1 | 1 |
| Длина, м | 0,6 ... 1,2 | 0,8 ... 2,1 | 1,2 ... 3,6 |
| Ширина, м | 0,3 ... 1,2 | 0,35 ... 0,4 | 1,6 ... 2 |
| Высота, м | 1 | 0,75 | 0,9 |

Примечание. Размеры даны при установке листов «на ребро». Завинные железобетонные сваи

| | | | | | | | |
|-----------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Масса, т | 0,3 | 0,61 | 0,72 | 1,39 | 2,74 | 5,28 | 6,45 |
| Длина, м | 3 | 6 | 3 | 6 | 12 | 13 | 14 |
| Ширина грани, м | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 |

Железобетонные плиты для ленточных фундаментов

| | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Масса, т | 1,07 | 1,43 | 1,58 | 1,82 | 2,18 | 2,53 | 2,55 | 2,96 | 3,55 | 4,45 |
| Длина, м | 2,38 | 2,38 | 2,38 | 2,38 | 2,38 | 2,38 | 1,18 | 1,18 | 1,18 | 1,18 |
| Ширина, м | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 2 | 2,4 | 2,8 | 3,2 |
| Высота, м | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

Бочки

| | | |
|--------------------|------------------------|---------------|
| Бочки | Закатные металлические | Деревянные |
| Масса с грузом, кг | 125 280 325 | 165 400 500 |
| Диаметр, мм | 469 614 676 | 515 625 740 |
| Высота, мм | 690 862 927 | 670 770 770 |
| Объем, м³ | 0,1 0,20 0,275 | 0,1 0,12 0,25 |

Мешки с грузом

| | | | | | |
|------------------------|--------------|-------------|------------------|--------|------|
| Масса, кг | 120 | 75 | 50 | 40 | 50 |
| Длина (наибольшая), мм | 1050 | 900 | 625 | 870 | 950 |
| Ширина, мм | 700 | 500 | 416 | 670 | 560 |
| Груз | Сахар, сырец | Мука, крупа | Цемент и хлориды | Асбест | Сода |

Тюки

| | | | | | | | | |
|------------|--------|--------------|------|------|--------------|--------|--------|-----------------|
| Масса, кг | 225 | 510 | 50 | 100 | 190 | 120 | 113 | 200 |
| Длина, мм | 960 | 1390 | 800 | 1100 | 1250 | 800 | 800 | 1200 |
| Ширина, мм | 780 | 1080 | 800 | 720 | 450 | 700 | 600 | 700 |
| Груз | Хлопок | Хлоп-кошачья | Вата | Лен | Пенька, джут | Шерсть | Каучук | Бумага листовая |

Плотность различных пород древесины приведена в табл. 1.3.

1.3. Плотность (т/м³) различных пород древесины

| Порода | Состояние | | | свеже-срубленное |
|---------------------|----------------|-----------|-------|------------------|
| | воздушно-сухое | полусухое | сырое | |
| | Влажность, до | | | |
| | 18 % | 23 % | 45 % | |
| Ель, пихта | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,8 |
| Сосна | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,8 |
| Береза, лиственница | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,9 |
| Дуб, бук, граб | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 1 |

1.1.3. ТРЕБОВАНИЯ К КРАНАМ, ГРУЗОЗАХВАТНЫМ УСТРОЙСТВАМ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ГУ, являющиеся как частью крана, так и сменным или навешиваемым на его крюк оборудованием, должны удовлетворять требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов Госгортехнадзора СССР [11]. Безопасность эксплуатации обеспечивается как конструкцией ГУ, так и прочностью отдельных его элементов.

Параметры, в том числе форма, размеры, материал некоторых типовых ГУ массового изготовления — крюков, канатных строп и др. стандартизованы и приведены в ГОСТах. Менее распространенные ГУ изготовляют малыми сериями или индивидуально по отраслевым стандартам (ОСТ) и техническим условиям (ТУ) организаций, разрабатывающих эти устройства, или предприятий, их изготавливающих. В ОСТах и ТУ должны быть сформулированы и зафиксированы требования, предъявляемые Правилами к устройству и прочности данных ГУ. Организации (конструкторская — разрабатывающая), производственная — изготовляющая и эксплуатирующая — использующая ГУ отвечают за его качество и соответствие требованиям Правил, основные положения которых заключаются в следующем.

ГУ, являющиеся оборудованием кранов, а также съемные ГУ до пуска в эксплуатацию подлежат полному техническому освидетельствованию. Съемные ГУ, не прошедшие технического освидетельствования, к работе не допускаются. Забракованные съемные ГУ, а также не имеющие требуемых клейм и бирок не должны находиться в местах производства работ.

ГУ, являющиеся частью крана или индивидуальным сменным или навесным его оборудованием должны быть ориентированы на режим работы, соответствующий режиму работы механизма подъема крана (характеристика и анализ режимов работы механизмов подъема крана приведены ниже).

ГУ, изготовляемые для обозначенного использования, как навесное оборудование, должны удовлетворять требованиям, соответствующим тяжелому режиму работы.

ГУ — грейферы и магниты — должны удовлетворять требованиям использования в тяжелом и весьма тяжелом режиме эксплуатации. В инструкции по эксплуатации соответствующих кранов должны быть указаны условия их применения.

Конструктивно по роду применяемого материала и технологии изготовления ГУ массового изготовления должны изготавливаться в соответствии с действующими нормами (ГОСТ), а при отсутствии их, в соответствии с отраслевыми стандартами (ОСТ) и техническими условиями (ТУ).

Применительно к грузоподъемным крюкам действуют следующие нормы. При нагрузке свыше 30 кН (3 тс) крюки должны устанавливаться в траверсе крюковой обоймы (или другом элементе, выполняющем те же функции) на подпятниках качения, причем крепление их от вертикального перемещения должно осуществляться резьбовым соединением с предотвращением при помощи стопорной планки самопроизвольного свинчивания гайки с хвостовика крюка. Стопорение гайки штифтами, шплинтами и стопорными болтами не допускается. При применении крюков без предохранительных замков на них можно навешивать только гибкие элементы ГУ, исключающие возможность выпадения их из зева крюка.

На каждом крюке должны быть нанесены обозначения, предусмотренные соответствующими ГОСТами, а крюки специального исполнения должны снабжаться паспортом с указанием их заводского номера, грузоподъемности и материала, из которого они изготовлены.

При техническом освидетельствовании должно быть проверено состояние крюка и деталей его подвески. Износ крюка в зеве не должен превышать 10 % первоначальной высоты сечения. Состояние крюка и деталей его подвески, используемых для работы с расплавленным металлом и жидким шлаком, должно проверяться не реже одного раза в год заводской лабораторией с применением физических методов контроля. При проверке определяют отсутствие трещин в нарезанной части кованого или штампованного крюка, отсутствие трещин в наре-

1.4. Нормы браковки каната крестовой свивки по числу обрывов проволок на длине одного шага

| Расчетный коэффициент запаса прочности | Конструкция каната | | |
|--|---|---|--|
| | $6 \times 19 (1+9+9) + 1 \text{ о. с.}$ ГОСТ 3077—80 | $6 \times 37 (1+6+15+15) + 1 \text{ о. с.}$ ГОСТ 3079—80 | $18 \times 19 (1+6+6+6) + 1 \text{ о. с.}$ ГОСТ 3088—80 |
| 6 | 12 | 22 | 36 |
| Свыше 6 до 7 | 11 | 26 | 38 |
| Свыше 7 | 16 | 30 | 40 |

Примечания. 1. Для канатов композитной структуры расчет ведется как для канатов $6 \times 19 (1+9+9) + 1 \text{ о. с.}$, причем обрыв тонкой проволоки принимается за 1, а обрыв толстой за 1,7.

2. Для канатов конструкций, не указанных в таблице, принимаются данные как для каната, указанного в таблице и наиболее близкого по числу прядей и проволок, умноженные на отношение числа проволок в наружном слое пряди.

анной части вилки пластинчатого крюка и в оси соединения пластинчатого крюка с вилкой или траверсой.

Канатные стропы могут быть как замкнутыми, так и открытыми одно- и многоветвевыми с крючьями на свободных концах (технические данные по стропам приведены в п. 3.1). Номинальной для строп считается грузоподъемность при угле между ветвями 90° . Грузоподъемность стропов, целевого назначения, предназначенных для подъема определенного груза, должна быть указана применительно к соответствующему углу между ветвями. Конструкция многоветвевых стропов должна обеспечивать равномерное натяжение всех ветвей.

Натяжение S ветви четырехзахватного стропа зависит от угла α наклона ее к вертикали. При весе груза Q_T , $S = 0,25 Q_T m$, где $m = 1; 1,15; 1,42$ соответственно при $\alpha = 0; 30; 45^\circ$.

Стропы из стальных канатов рассчитывают, исходя из усилия в ветви стропа и коэффициента запаса прочности не меньшего шести по отношению к разрывному усилию каната в целом. Браковка стальных канатов стропов должна производиться по числу обрывов проволок на длине одного шага свивки (табл. 1.4) и по поверхностному износу или коррозии проволок.

Нормы браковки каната стропа в зависимости от поверхностного износа или коррозии приведены ниже.

| | | | | | |
|--|----|----|----|----|------------|
| Уменьшение диаметра проволоки в результате поверхностного износа или коррозии, % | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 и более |
| Число обрывов проволок на шаге свивки в процентах от норм, указанных в табл. 1.4 | 85 | 75 | 70 | 60 | 50 |

Примечания. 1. Определение износа должно производиться микрометром на участке наибольшего износа.

2. При обнаружении в канате оборванной пряди строп к дальнейшей работе не допускается.

Стальные канаты, используемые для изготовления канатных стропов, должны удовлетворять требованиям, изложенным в ГОСТ 3241—66 «Канаты стальные. Технические требования». Соответствие им определяется сертификатом, выдаваемым заводом-изготовителем каната, или лабораторным исследованием образца, проведенном на месте изготовления стропа. Петля стропа, сопряженная с кольцами, крючками и другими деталями, должна выполняться с применением коуша путем заплетки свободного конца каната, установки зажимов или другими проверенными способами.

При заплетке число проколов каната каждой прядью должно быть: не менее четырех при канате диаметром до 15 мм, пяти — при канате диаметром 15—28 мм и шести — при канате диаметром 28—60 мм. Последний прокол каждой прядью должен производиться половинным числом ее проволок. Допускается последний прокол делать половинным числом прядей каната. При применении

зажимов количество их определяется расчетом, но должно быть не менее трех. Шаг расположения зажимов и длина свободного конца каната от последнего зажима должны быть равны не менее шести диаметрам каната.

Помимо стальных канатов для изготовления стропов (и грузовых сеток) допускается применение пеньковых и хлопчатобумажных канатов, а также канатов с волокнами из синтетических материалов. Канаты должны соответствовать и удовлетворять требованиям, изложенным в ГОСТ 483—75 «Канаты пеньковые»; ГОСТ 1088—71 «Канаты сизальские», ГОСТ 10293—77 «Канаты капроновые. Технические условия».

Стропы из указанных канатов рассчитывают так же, как и из стальных канатов при коэффициенте запаса прочности не менее восьми. Зиплетка петли у пенькового и хлопчатобумажного канатов должна иметь не менее двух полных и двух половинных пробивок и должна быть оплетена.

В цепных стропях цепи должны соответствовать и удовлетворять требованиям, изложенным в ГОСТ 2319—70 «Цепи круглозвенные грузовые и тяговые нормальной прочности», ГОСТ 228—65 «Цепи якорные сварные. Детали и узлы. Размеры и технические требования», ГОСТ 6348—71 «Цепи якорные литые. Детали и узлы. Размеры и технические требования». Якорные цепи могут применяться с распорками и без них.

Цепи для изготовления стропов должны иметь сертификат завода-изготовителя об их испытании и соответствии ГОСТу. При отсутствии сертификата соответствие определяется лабораторным исследованием, проведенным на месте изготовления или применения.

Сращивание цепей допускается путем электро- или кузнечно-горюющей сварки новых вставленных звеньев или с помощью специальных соединительных звеньев. После сращивания цепь должна быть испытана. Расчет стропов из цепей должен проводиться исходя из усилия в ветви стропа и коэффициента запаса прочности не менее пяти по отношению к разрушающей цепи нагрузке.

Съемные, навешиваемые на крюк крана ГУ — зажимные, лапчатые и др. — должны изготавливаться по утвержденной технической документации, причем при применении для изготовления сварки в технической документации должны содержаться указания по методике ее выполнения и контролю качества. Съемные ГУ должны иметь клеймо или прочно прикрепленную бирку с указанием заводского номера, его грузоподъемности и даты испытания.

Сведения об изготовленных съемных ГУ должны заноситься в журнал их учета, в котором фиксируются грузоподъемность, характеристика и номера технических документов, по которым осуществлялось изготовление, в том числе сертификатов на примененные материалы и результаты проверок качества изделия и его испытания.

Грейфер (технические данные приведены в пп. 2.1—2.5) по конструктивному выполнению должен быть механизмом, исключая возможность самопроизвольного раскрытия. Фактическое количество зачерпываемого при работе материала данного вида, а следовательно, и его масса должны определяться непосредственным взвешиванием после пробного зачерпывания, которое должно производиться с горизонтальной поверхности свежезасыпанного груза.

Грейфер должен иметь табличку с указанием завода-изготовителя, заводского номера изделия, массы и объема и допустимой массы зачерпываемого материала. Грейферы, изготавливаемые как самостоятельные изделия (поставляемые отдельно от крана), должны снабжаться паспортом с указанием всех данных, предусмотренных типовым паспортом крана [11].

ГУ всех типов после изготовления подлежат техническому освидетельствованию на заводе-изготовителе, а после ремонта на заводе, производившем ремонт. При этом они должны подвергаться осмотру и испытанию под нагрузкой в 1,25 раза, превышающей их номинальную грузоподъемную силу.

При эксплуатации ГУ, являющиеся непосредственным оборудованием кранов, проходят освидетельствование совместно с краном. Съемные ГУ должны подвергаться их владельцем периодическому осмотру:

- траверсы — каждые 6 месяцев;
- клепальные и другие механические грузозахваты — каждый месяц;
- стропы — каждые 10 дней;

| Среднее допустимое использование механизмов | Режим работы | | | |
|---|-------------------------------|------------------------|------------|-------------------|
| | Легкий Л | Средний С _с | Тяжелый Т | Весьма тяжелый ВТ |
| По грузоподъемности, К _{гр} | 0,25 ... 1 | 0,75 | 0,75 ... 1 | 1 |
| По времени: в течение года, К _г | Нерегулярная редкая работа | 0,5 | 1 | 1 |
| в течение суток, К _с | | 0,33 | 0,66 | 1 |
| ПВ (для электрооборудования), % | 15 ... 25 | 15 ... 60 | 25 ... 60 | 40 ... 60 |
| Число включений в час (среднее за смену) | 60 | 120 | 240 | 300 ... 600 |

редко периодически используемые съемные ГУ — перед выдачей их в работу. В местах эксплуатации съемные ГУ надо снабжать индивидуальным номером и за ним заносить в журнал учета грузоподъемных машин и съемных ГУ предприятия или цеха. В журнал должны записываться все отказы, имевшие место при эксплуатации ГУ.

Для обеспечения безопасности производства работ и удобства их проведения в технической документации изделия (груза) должны быть указаны способы правильной строповки грузов, не имеющих специальных устройств (петель, рымов, цапф и др.). Должны быть указаны способы обвязки деталей и узлов машин, поднимаемых кранами во время монтажа, демонтажа и ремонта, а также даны указания о применяемых при этом ГУ.

Графические изображения методов строповки и применения ГУ должны быть вывешены в местах производства работ, а в необходимых случаях выданы на руки стропальщикам.

В паспорте крана должны быть указаны следующие сведения:

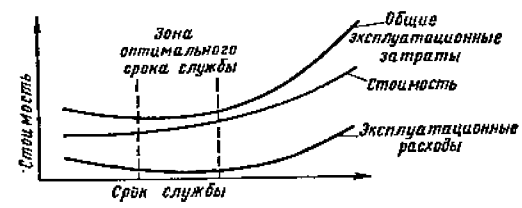
- для крюка — ГОСТ на технические требования, ГОСТ на параметры, номер крюка по ГОСТу, грузоподъемность с учетом режима работы механизма подъема крана, завод-изготовитель;
- для грейфера — вид материала, для перегрузки которого грейфер предназначен, наибольшая масса зачерпываемого материала, масса грейфера, завод-изготовитель, заводской номер грейфера;
- для грузового электромагнита — тип и масса электромагнита, грузоподъемность при работе со стружкой, чугунными чушками, скрапом, болванками или плитами, завод-изготовитель, заводской номер электромагнита;
- для других грузозахватных органов — тип и техническая характеристика, грузоподъемность, масса, завод-изготовитель, заводской номер.

1.1.4. НАДЕЖНОСТЬ И ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

Срок службы ГУ зависит от конструктивного исполнения и интенсивности его использования. Заданный срок службы ГУ выдерживают лишь основные несущие элементы, некоторые детали (губки, втулки и др.) необходимо заменять в процессе эксплуатации. При повышении срока службы ГУ путем увеличения размеров основных и изнашиваемых деталей возрастает его масса и стоимость, но снижаются эксплуатационные расходы. Имеется оптимальная зона срока службы, в которой суммарные затраты минимальны (рис. 1.1). Ее границы определяют, проводя соответствующие технико-экономические расчеты, которые уточняют и корректируют путем статистического анализа результатов опыта эксплуатации аналогичных ГУ. Ввиду многообразия конструкций ГУ и отсутствия статистических данных об их работоспособности обычно используют результаты теоретических расчетов. В реальных конструкциях, даже при эксплуатации в пределах оптимальной зоны избежать отказов невозможно. Интенсивность их определяет степень надежности ГУ.

Отказы могут быть внезапными, происходящими в результате поломок или нарушения регулировок элементов ГУ, и контролируемыми, связанными с заменой износившихся элементов. Последние в ГУ происходят редко.

Классификация отказов, их регистрация, а также установление времени для ликвидации простоев оборудования по причине отказов, создают предпосылки для совершенствования конструкций.



для совершенствования конструкций.

Срок службы ГУ, устанавливаемый в зависимости от интенсивности их использования, определяется режимом эксплуатации ме-

Рис. 1.1. Зона оптимальной долговечности ГУ

ханизма подъема крана. Технически режим эксплуатации определяется различными документами — нормами Госгортехнадзора СССР [11], РТМ Минтяжмаша СССР (ВНИИПТМАШ) стандартом СЭВ РС5138—75, стандартом ИСО № 4301, правилами Европейской Федерации по погрузочно-разгрузочным машинам (ФЭМ). Приведенные в них данные, хотя и близки между собой, но не однозначны.

По правилам Госгортехнадзора режим эксплуатации зависит от степени использования механизма подъема по грузоподъемности и относительного времени использования (табл. 1.5), по РТМ Минтяжмаша СССР (ВНИИПТМАШ) от классов нагружения и использования табл. 1.6—1.8); примерно так же определяется режим работ по нормам СЭВ, ИСО, ФЭМ.

Нормы по РТМ Минтяжмаша СССР разработаны значительно позже, чем нормы Госгортехнадзора, и учитывают накопленный в последние годы опыт эксплуатации кранов. Они дают большую дифференциацию режимов эксплуатации, чем это предусмотрено нормами Госгортехнадзора, и возможность более точно определить этот режим применительно к загрузке конкретного крана, что существенно важно для оценки долговечности его элементов.

При серийном производстве машины рекомендуется ориентироваться на режимы эксплуатации по нормам Госгортехнадзора.

1.6. Характеристика классов нагружения механизмов по РТМ Минтяжмаша СССР (ВНИИПТМАШ)

| Класс нагружения | Коэффициент переменности нагрузки K _Q | Работа при нагрузках |
|------------------|--|---|
| Н 0,5 Н 0,63 | До 0,5 Свыше 0,5 до 0,63 | Малых и очень редко при номинальных До 0,33 от номинальной и редко при номинальных |
| Н 0,8 | Свыше 0,63 до 0,8 | От 0,33 до 0,67 от номинальной и часто при номинальных |
| Н 1,0 | Свыше 0,8 до 1 | Близких к номинальной |

Примечание. Коэффициент переменности нагрузки

$$K_Q = \sqrt[3]{\sum \left(\frac{Q_i}{Q_{ном}} \right)^3 \frac{t_i}{\sum t_i}}$$

где Q_i — грузоподъемность в период t_i; Q_{ном} — номинальная грузоподъемность; ∑t_i — период, принимаемый равным 1 ч.

1.7. Характеристика классов использования механизмов по РТМ Минтяжмаша СССР (ВНИИПТМАШ)

| Параметр | Класс использования | | | | | | | |
|---|---------------------|------|------|------|------|------|------------|------------|
| | M0,5- M1 | M2 | M4 | M8 | M16 | M32 | M63 | M125 |
| Средняя относительная продолжительность включения | Менее 0,1 | 0,1 | 0,16 | 0,25 | 0,4 | 0,63 | Свыше 0,63 | Свыше 0,63 |
| Среднее время работы в сутки, ч | 0,25; 0,5 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | Свыше 16 | Свыше 16 |
| Коэффициент суточного использования K_8 . . . | 0,02 | 0,04 | 0,08 | 0,16 | 0,33 | 0,66 | Свыше 0,66 | Свыше 0,66 |
| Максимальное число часов работы ($\times 10^3$) . . . | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 63 | 125 |

Рекомендации СЭВ по РС 5138—75 предусматривают установление режима работы (табл. 1.10) в зависимости от классов нагружения (табл. 1.9) и использования. Характеристика классов использования приведена ниже:

| Класс использования | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|--|------|---------|---------|---------|----------|----------|
| Среднесуточное время работы, ч | До 1 | 1 ... 2 | 2 ... 4 | 4 ... 8 | 8 ... 16 | Более 16 |

Сопоставление режимов работы по приведенным нормативным материалам по отношению к базовому документу — правилам Госгортехнадзора дано в табл. 1.11.

ГУ, изготавливаемые для произвольного вида работ, согласно правилам Госгортехнадзора должны удовлетворять требованиям тяжелого режима работы и соответствующим режимам по другим нормативам, приведенным в табл. 1.11.

1.8. Характеристика режимов эксплуатации механизмов кранов по РТМ Минтяжмаша СССР (ВНИИПТМАШ)

| Класс нагружения (по табл. 1.6) | Класс использования (по табл. 1.7) | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|
| | M0,5 | M1 | M2 | M4 | M8 | M16 | M32 | M63 | M125 |
| H 0,5 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| H 0,63 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 |
| H 0,8 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| H 1,0 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 |

1.9. Характеристика классов нагружения по РС 5138—75

| Класс нагружения | Коэффициент нагрузки K_p | Работа |
|------------------|----------------------------|---|
| B1 | До 0,5 | Редкая при малых нагрузках |
| B2 | 0,5 ... 0,63 | При средних и редко номинальных нагрузках |
| B3 | 0,63 ... 0,8 | При нагрузках, близких к номинальным |
| B4 | Более 0,8 | Преимущественно при номинальных нагрузках |

1.10. Характеристика режимов работы по РС 5138—75

| Класс нагружения | Класс использования | | | | | |
|------------------|---------------------|----|----|----|----|----|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
| B1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| B2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| B3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| B4 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 |

1.11. Сопоставление режимов работы механизмов подъема кранов по нормативным документам

| Нормативный документ | Режим работы | | | |
|---------------------------------|--------------|-----------|-----------|-------------------|
| | Легкий Л | Средний С | Тяжелый Т | Весьма тяжелый ВТ |
| Правила Госгортехнадзора | | | | |
| РТМ Минтяжмаша СССР (ВНИИПТМАШ) | 1, 2 | 3, 4 | 5, 6 | 7, 8 |
| Рекомендации СЭВ РС 5138—75 | 1, 2, 3 | 4 | 5 | 6 |

По данным табл. 1.7, нагруженность при классе использования M8 определяется следующими параметрами: $PB = 0,25$ и максимальное число часов работы за срок службы составляет $8 \cdot 10^3$ *.

При этом календарный срок службы

$$T = 8000/0,25 = 32\ 000 \text{ ч}$$

или при односменной работе

$$T = 32\ 000/(254 \cdot 8) \approx 16 \text{ лет,}$$

что является приемлемым для съемных ГУ.

Число циклов z подъема зависит от продолжительности цикла $t_{ц}$:

$$z = T/t_{ц}.$$

Расчетные данные по числу циклов подъема приведены ниже

| Продолжительность цикла подъема, мин | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 15 |
|--|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Число циклов подъема за срок службы ($\times 10^3$): | 1920 | 960 | 640 | 480 | 384 | 320 | 274 | 240 | 223 | 192 | 128 |
| среднее за 1 ч календарного времени | 60 | 30 | 20 | 15 | 12 | 10 | 8,6 | 7,5 | 7 | 6 | 4 |

Продолжительность цикла зависит от скорости и высоты подъема груза и для каждого крана имеет свое значение. При расчете съемного ГУ на долговечность можно ориентироваться на среднюю продолжительность цикла подъема, равную 6 мин, тогда число циклов за срок службы $N_{ц} = 320 \cdot 10^3$. Для несъемных ГУ можно принимать $N_{ц} = 640 \cdot 10^3$ циклов.

При расчете ГУ, интенсивно используемых на погрузочных работах, например грейферов, следует исходить из меньшей продолжительности цикла, равной приблизительно 1 мин; тогда $N_{ц} \approx 1920 \cdot 10^3$ циклов за срок службы.

Нормами ФЭМ устанавливается условное число рабочих циклов подъема груза для различных классов использования. Так, для класса С, соответствующего тяжелому режиму эксплуатации $N_{ц} = 0,63 \cdot 10^6$ за полный срок службы. Эта величина соответствует продолжительности цикла 3 мин, т. е. 20 циклам в час, что подтверждает обоснованность приведенных выше данных.

Элементы рассчитывают на прочность при действии двух нагрузок (два случая нагружения):

- 1) максимальных рабочего состояния, т. е. по номинальной нагрузке с учетом коэффициента динамичности;
- 2) эквивалентных рабочего состояния.

* Для строительных кранов — башенных, гусеничных и других, используемых на работах монтажного характера с большой длительностью цикла, — число часов работы за срок службы может быть снижено вдвое — до 4000 ч. Ввиду меньшего значения PB механизма подъема груза календарный срок службы ГУ не снизится.

ГУ работает по пульсирующему циклу малой частоты при одном виде нагружения — весом, поэтому рассчитать его элементы целесообразно по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности

$$n = \sigma_{\text{доп}} / \sigma_{\text{расч}} = \tau_{\text{доп}} / \tau_{\text{расч}}$$

где $\sigma_{\text{доп}}$, $\tau_{\text{доп}}$ — допускаемые напряжения для применяемого материала, зависящие от его механических констант (предела прочности или временного сопротивления σ_B , предела текучести σ_T , предела выносливости при симметричном σ_{-1} и пульсирующем σ_0 циклах нагружения); $\sigma_{\text{расч}}$, $\tau_{\text{расч}}$ — расчетные нормальное и касательное напряжения в элементах ГУ.

Зависимости между пределами текучести при растяжении σ_T , r , изгибе $\sigma_{T,и}$ и кручении $\tau_{T,к}$ определяются следующими соотношениями:

при изгибе

$$\begin{aligned} \text{для углеродистых сталей } \sigma_{T,и} &= 1,2\sigma_T, r; \\ \text{для легированных сталей } \sigma_{T,и} &= \sigma_T, r; \end{aligned}$$

при кручении

$$\text{для углеродистых и легированных сталей } \tau_{T,к} = 0,6\sigma_T, r.$$

Зависимости между пределами прочности и выносливости имеют следующий вид:

при изгибе

$$\begin{aligned} \text{для углеродистых сталей } \sigma_{-1} &\approx 0,43\sigma_B; \quad \sigma_0 \approx 0,7\sigma_B \leq \sigma_T; \\ \text{для легированных сталей } \sigma_{-1} &\approx 0,43\sigma_B; \quad \sigma_0 \approx 0,66\sigma_B \leq \sigma_T; \end{aligned}$$

при растяжении

$$\begin{aligned} \text{для углеродистых сталей } \sigma_{-1} &\approx 0,38\sigma_B; \quad \sigma_0 \approx 0,63\sigma_B \leq \sigma_T; \\ \text{для легированных сталей } \sigma_{-1} &\approx 0,38\sigma_B; \quad \sigma_0 \approx 0,58\sigma_B \leq \sigma_T; \end{aligned}$$

при кручении

$$\begin{aligned} \text{для углеродистых сталей } \tau_{-1} &\approx 0,22\sigma_B; \quad \tau_0 \approx 0,36\sigma_B \leq \tau_T; \\ \text{для легированных сталей } \tau_{-1} &\approx 0,22\sigma_B; \quad \tau_0 \approx 0,34\sigma_B \leq \tau_T. \end{aligned}$$

Коэффициент запаса прочности n можно определить так

$$n = n_1 n_2 n_3,$$

где n_1 — коэффициент, характеризующий ответственность ГУ (для грейферов $n_1 = 1,2$; для грузозахватов остальных типов $n_1 = 1,3$); n_2 — коэффициент нагрузки, зависящий от режима работы (для ГУ следует принимать $n_2 = 1,3$); n_3 — коэффициент однородности, учитывающий влияние внутренних пороков материала (для отливок $n_3 = 1,3$; для поковок и проката $n_3 = 1,1$).

При расчете по первому случаю нагружения:

$$\sigma_{\text{доп}} = \sigma_T; \quad \tau_{\text{доп}} = \tau_{T,к}.$$

При расчете по второму случаю нагружения при любом числе циклов

$$\sigma_{\text{доп}} = \sigma_{ГК},$$

где $\sigma_{ГК}$ — длительный предел выносливости с учетом асимметрии цикла r :

$$\sigma_{ГК} = \frac{2\sigma_{-1}}{(1-r)K + (1+r)\beta},$$

здесь $r = \sigma_{\text{min}} / \sigma_{\text{max}}$; K — эффективный коэффициент концентрации напряжений ($K = 2$ для поперечных отверстий, мест посадки деталей на вал, галтелей валов при отношении радиуса галтели к диаметру вала, равному 0,02, шпоночных и шлицевых канавок; $K = 3$ для мест посадки подшипников качения на вал; $K = 2,5$ для сварных элементов ГУ); $\beta = 2\sigma_{-1} / \sigma_0 - 1$ — коэффициент чувствительности материала (для углеродистых сталей $\beta \approx 0,2$, для легированных $\beta \approx 0,3$).

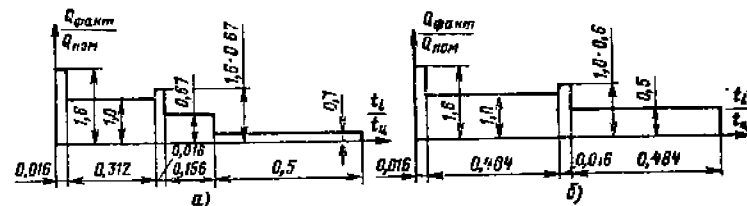


Рис. 1.2. Нагрузочный график при весе ГУ:

а — малом; б — большом

При ограниченном числе циклов нагружения

$$\sigma_{\text{доп}} = \sigma_{ГК,огр} = \sigma_{ГК} \sqrt{N_6 / N},$$

где N_6 — базовое число циклов нагружения ($N_6 \approx 10^7$); N — число циклов за расчетный срок службы; m — показатель степени кривой выносливости.

При пульсирующем цикле нагружения ($r = 0$) длительный предел выносливости:

$$\sigma'_{ГК} = 2\sigma_0 / (K + \beta).$$

При пульсирующем ограниченном числе циклов нагружения

$$\sigma_{\text{доп}} = \frac{2\sigma_0}{K + \beta} \sqrt{\frac{N_6}{N}}.$$

Эквивалентная нагрузка при расчете элементов ГУ на выносливость

$$Q_{\text{экв}} = Q_{\text{ном}} \sqrt{\sum \left[\left(\frac{Q_{\text{факт}}}{Q_{\text{ном}}} \right)^m \frac{z_i}{\sum z_i} \right]} = Q_{\text{ном}} K_{\text{экв}},$$

где $Q_{\text{ном}}$ — номинальная нагрузка; $Q_{\text{факт}}$ — фактическая нагрузка данной интенсивности, действующая при числе нагружений z_i ; $\sum z_i$ — суммарное число нагружений при нагружениях всех интенсивностей; m — показатель степени кривой выносливости ($m = 8 \dots 9$ для механических деталей; $m = 4 \dots 6$ для металлоконструкций корпусов грузозахватов; $m = 3$ для деталей, рассчитываемых на контактную прочность).

Рабочий цикл состоит из двух примерно равных по времени полупериодов — рабочего прямого хода при подъеме и перемещении груза и обратного хода без груза. При малом по отношению к весу груза весе ГУ можно полагать, что обратный ход осуществляется без груза. При большом весе ГУ, например для грейферов, при обратном ходе он является расчетной нагрузкой. Нагрузочный график для ГУ с малым весом (до 0,1 от веса груза) представлен на рис. 1.2, а, а для ГУ с большим весом — на рис. 1.2, б. Время пуска можно принимать равным 0,016 времени цикла.

Параметры эквивалентной нагруженности ГУ, применяемых для разных работ, можно определить из следующих соображений. Для ГУ с малым весом следует, в соответствии с рис. 1.2, принимать, что 0,312 времени цикла нагрузка равна $Q_{\text{ном}}$; 0,156 времени — $0,67Q_{\text{ном}}$ и — 0,5 времени — $aQ_{\text{ном}}$, где коэффициент a соответствует отношению веса ГУ к весу ГУ с грузом. Для ГУ с большим весом следует принимать, что 0,484 времени цикла нагрузка соответствует $Q_{\text{ном}}$ и 0,484 времени цикла — $aQ_{\text{ном}}$. Для вариантов нагружения, представленных на рис. 1.2, при $a \approx 0,1$ и $a = 0,5$

$$K_{\text{экв } a=0,1} = \sqrt{1,6^m \cdot 0,016 + 1^m \cdot 0,312 + \dots}$$

$$+ (1,6 \cdot 0,67)^m \cdot 0,0156 + 0,67^m \cdot 0,156 + 0,1^m \cdot 0,5;$$

$$K_{\text{экв } a=0,5} = \sqrt{1,6^m \cdot 0,016 + 1^m \cdot 0,484 + (1,6 \cdot 0,5)^m \cdot 0,016 + 0,5^m \cdot 0,484},$$

КРАЙТОНСКАЯ
МАШИНА

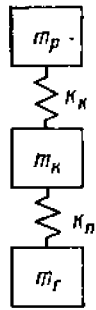


Рис. 1.3. Динамическая система крана с грузом на крючке

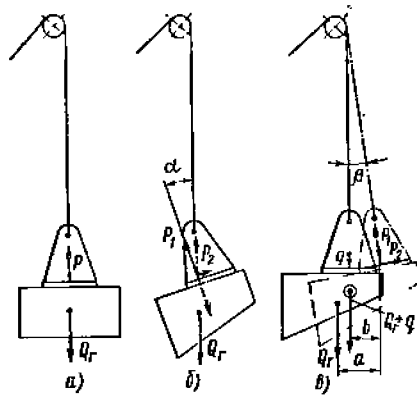


Рис. 1.4. Схема статического нагружения ГУ, при которой центр тяжести груза: а — совпадает с вертикальной осью подвеса; б — не совпадает с вертикальной осью подвеса; ГУ поворачивается относительно подвеса; в — не совпадает с вертикальной осью подвеса; ГУ не поворачивается относительно подвеса

Значения $K_{экр}$ при различных m приведены ниже:

| | | | |
|-----------------|------|------|------|
| m | 3 | 6 | 9 |
| $K_{экр} a=0,1$ | 0,76 | 0,92 | 1,02 |
| $K_{экр} a=0,5$ | 0,85 | 0,97 | 1,03 |

1.2. НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

1.2.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Когда ГУ, удерживающее груз, неподвижно или перемещается с постоянной скоростью по прямолинейному пути, на него действует статическая нагрузка — собственный вес q и вес груза Q_r . При перемещении ГУ с переменной скоростью и вращении его кроме статической действует и динамическая нагрузка.

В общем виде кран с грузом на крючке представляет собой трехмассовую систему (рис. 1.3, здесь m_r — масса груза, m_k — масса крана, m_r — масса вращающихся частей привода с двумя упругими связями, одной из которых является жесткость конструкции самого крана k_k , а второй жесткость канатов, на которых подвешен грузозахват, k_n).

1.2.2. СТАТИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА

Возможно различное взаимоположение ГУ и груза:

1. Центр тяжести (ЦТ) груза совпадает с вертикальной осью подвеса ГУ (рис. 1.4, а); если вес груза Q_r , то усилие, воспринимаемое ГУ, $P = Q_r$.

2. Центр тяжести груза не совпадает с осью подвеса ГУ. Для этого случая характерны два варианта: ГУ может поворачиваться относительно подвеса или отклоняться вместе с ним. В первом случае (рис. 1.4, б) захват поворачивается на угол α , при котором общий центр тяжести груза и ГУ перемещается на вертикальную ось подвеса.

Тогда усилие, отрывающее груз от ГУ

$$P_1 = Q_r \cos \alpha,$$

а сдвигающее груз относительно ГУ

$$P_2 = Q_r \sin \alpha.$$

Если ГУ не может поворачиваться относительно подвеса (рис. 1.4, в), то оно отклоняется вместе с ним на угол β , при котором общий центр тяжести груза и ГУ размещается на одной вертикали с точкой крепления подвеса. В этом случае на ГУ действует момент от веса груза

$$MQ = Q_r a,$$

где a — плечо груза.

Усилие, отрывающее груз от ГУ,

$$P_1 = Q_r \cos \beta,$$

усилие, сдвигающее груз относительно ГУ,

$$P_2 = Q_r \sin \beta.$$

Необходимо иметь в виду, что на устройство, которым ГУ весом q прикреплено к подвесу, действует момент

$$M_{Q+q} = (Q_r + q) b,$$

где b — плечо общего центра тяжести груза и ГУ.

С учетом этого момента отрывающее усилие

$$P_1 (Q+q) = (Q_r + q) \cos \beta,$$

сдвигающее

$$P_2 (Q+q) = (Q_r + q) \sin \beta.$$

В этих формулах P_1, P_2 — реакции.

1.2.3. ДИНАМИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА ПРИ РАБОТЕ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА

Основная динамическая нагрузка на ГУ возникает в процессе подъема груза, причем возможны два варианта подъема: «с веса» и «с подхвата».

При первом варианте предполагается, что груз уже приподнят и статическая нагрузка, действующая на ГУ, равна весу груза Q_r . Динамическая нагрузка возникает в начальный момент торможения опускающегося груза при включении тормоза. Нагрузка на ГУ $P_{1з}$ складывается из статической нагрузки Q_r и динамической $P_{дин}$, являющейся функцией избыточной движущей силы $P_{изб}$, которая зависит от характера ее развития во времени t и жесткости опорной конструкции k , т. е. $P_{дин} = f(t, k)$. Следовательно,

$$P_{1з} = Q_r + P_{дин},$$

а динамический коэффициент

$$K_d = P_{1з}/Q_r = 1 + P_{дин}/Q_r.$$

При втором варианте нагружения предполагается, что груз лежит на каком-либо основании, канаты провисают и, следовательно, в этот момент нагрузка на ГУ равна нулю. Динамическая нагрузка возникает в период, когда к подъемному канату, движущемуся с номинальной скоростью v , мгновенно прикладывается нагрузка от веса груза. Нагрузка на ГУ $P_{1з}$ будет также складываться из статической нагрузки Q_r и динамической $P_{дин}$, в этом случае являющейся функцией скорости каната и упругости k опорной конструкции, т. е. $P_{дин} = f(v, k)$.

Следовательно, так же как и для первого варианта,

$$P_{1з} = Q_r + P_{дин},$$

а динамический коэффициент

$$K_{ц} = \frac{P_{1з}}{Q_r} = 1 + P_{дин}/Q_r.$$

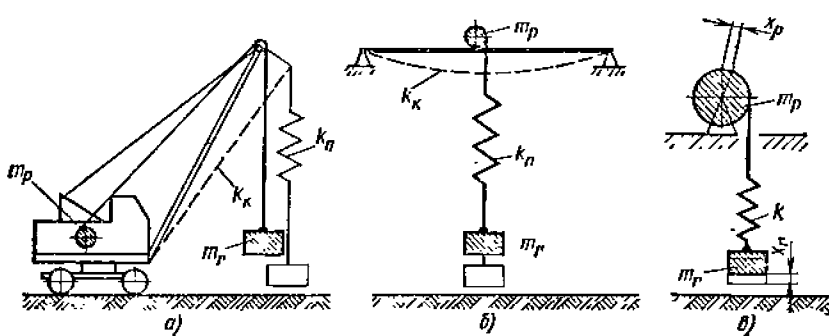


Рис. 1.5. Схема динамического нагружения ГУ при подъеме груза «с веса»: а — на стреловом кране; б — на мостовом кране; в — расчетная схема

Динамическую нагруженность ГУ целесообразно рассматривать при ряде допущений, упрощающих расчеты и мало влияющих на точность получаемых результатов.

Первый вариант нагружения ГУ — подъем груза «с веса». Так как динамическая деформация конструкции крана мало отличается от статической данную систему можно свести к двухмассовой, заменив жесткость канатов k_n и конструкции крана k_k приведенной жесткостью k :

$$k = k_n k_k / (k_n + k_k).$$

Тогда упрощенно систему можно представить состоящей из двух масс: m_p (массы ротора двигателя и приведенных к нему масс элементов механизма подъема) и m_r (массы груза), связанных между собой упругим элементом с приведенной жесткостью k (рис. 1.5).

При перемещениях x_p массы m_p и x_r массы m_r кинетическая и потенциальная энергия соответственно составляют

$$K = \frac{m_p}{2} \dot{x}_p^2 + \frac{m_r}{2} \dot{x}_r^2, \quad \Pi = k \frac{(x_p - x_r)^2}{2}.$$

Для массы m_p движущей силой являются вес груза Q_r и избыточная сила двигателя $T_{изб}$; для массы m_r — вес груза Q_r , действующий в том же направлении, что и сила инерции груза при подъеме.

В кранах с приводом механизма подъема груза от двигателя трехфазного тока избыточную силу $T_{изб}$ можно считать постоянной (при других законах изменения движущей, а следовательно, и избыточной силы динамичность процесса подъема будет меньшей [2]).

Уравнения движения имеют вид:

$$m_p \ddot{x}_p + k(x_p - x_r) = Q_r + T_{изб},$$

$$m_r \ddot{x}_r - k(x_p - x_r) = -Q_r,$$

где $x_p - x_r$ можно обозначить через x .

Полное решение этих уравнений

$$x = -\frac{T_{изб}}{km m_p} \cos pt + \frac{Q_r}{k} + \frac{T_{изб}}{km m_p} = \frac{Q_r}{k} + \frac{T_{изб}}{km m_p} (1 - \cos pt),$$

где $p^2 = mk$; $m = (m_p + m_r)/(m_p m_r)$.

Усилие в упругом звене, которое можно считать воздействием груза на ГУ,

$$P_{гз} = kx = Q_r + T_{изб} \frac{m_r}{m_p + m_r} \left(1 - \cos \sqrt{\frac{k(m_p + m_r)t}{m_p m_r}} \right).$$

Величина его переменная и является функцией как жесткости системы k , так и времени t . Максимальное значение усилия в упругом звене $P_{гз \max}$ имеет место при $\cos pt = -1$ и не зависит от жесткости системы:

$$P_{гз \max} = Q_r + 2T_{изб} m_r / (m_p + m_r).$$

Так как избыточное усилие $T_{изб} = \varphi Q_r$ (где φ — коэффициент пропорциональности),

$$P_{гз} = Q_r + 2\varphi Q_r \frac{m_r}{m_p + m_r} = Q_r \left(1 + 2\varphi \frac{m_r}{m_p + m_r} \right),$$

а коэффициент динамичности

$$K_d = P_{гз} / Q_r = 1 + 2\varphi m_r / (m_p + m_r).$$

Последний характеризует динамичность нагружения ГУ при условии, что подъем начинается в момент, когда на канаты действует вес груза Q_r .

При определении динамического нагружения массы m_p и m_r относят к периферии барабана, причем массу m_r относят пропорционально квадрату отношения числа ветвей грузового полиспаста, навиваемых на барабан, к общему числу ветвей, на которых висит груз.

При торможении опускающегося груза величину $P_{дтн}$ и коэффициент динамичности K_d определяют по тем же формулам, но под $T_{изб}$ понимают разность между тормозным усилием, приведенным к грузу, и весом груза.

Так как момент, создаваемый тормозом, обычно меньше максимального момента, создаваемого двигателем, динамическое усилие при торможении опускающегося груза не превышает динамического усилия при подъеме груза «с веса».

Пример 1.1. Определить коэффициент динамичности для ГУ, подвешенного на четырех ветвях каната при подъеме груза массой $Q = 10$ т (весом $Q_r = 98,1$ кН) «с веса» со скоростью 30 м/мин. Режим работы крана — средний. При весе ГУ q , равном 5 % от веса груза, натяжение ветви каната, навиваемой на барабан с учетом КПД полиспаста $\eta_{п}$

$$S_{п} = \frac{1,05 Q_r}{4 \eta_{п}} = \frac{1,05 \cdot 98 \cdot 100}{4 \cdot 0,95} \approx 27 \text{ 000 Н}.$$

При коэффициенте запаса прочности $n_k = 5,5$ можно применить канат по ГОСТ 2688—80 диаметром $d_k = 16,5$ мм при пределе прочности материала проволок $\sigma_B = 1700$ МПа.

Диаметр барабана можно принять равным $30d_k$:

$$D_B \approx 30d_k \approx 500 \text{ мм}.$$

Необходимая скорость каната при одинарном полиспасте и кратности его $u_{п} = 4$

$$v_k = v_r u_{п} = 30 \cdot 4 = 120 \text{ м/мин}.$$

Необходимая частота вращения барабана

$$n_B = \frac{v_k}{\pi D_B} = \frac{120}{3,14 \cdot 0,5} = 76,5 \text{ об/мин}.$$

Необходимая мощность двигателя при КПД механизма $\eta_M = 0,9$

$$N = \frac{S_B v_k}{60 \cdot 1000 \eta_M} = \frac{27 \text{ 000} \cdot 120}{60 \text{ 000} \cdot 0,9} = 60 \text{ кВт}.$$

Можно применить двигатель типа МТМ-612-10, мощностью $N = 60$ кВт при процентности включения ПВ 25 % и частоте вращения вала $n_{дв} = 572$ об/мин.

Момент инерции ротора $J_p = 5,25$ кг·м².

Необходимое передаточное число механизма

$$u_M = n_{дв} / n_B = 572 / 76,5 = 7,5.$$

Момент инерции ротора двигателя и других вращающихся частей механизма, учтываемых коэффициентом 1,25, приведенный к валу барабана,

$$J_M = 1,25 \cdot J_p u_M^2 = 1,25 \cdot 5,25 \cdot 7,5^2 = 370 \text{ кг·м}^2.$$

Масса, приведенная к периферии барабана радиусом $R_6 \approx 0,25 \text{ м}$,

$$m_p = J_M \omega^2 / v^2 = J_M / R_6^2 = 370 / 0,25^2 = 5900 \text{ кг.}$$

Масса груза, отнесенная к периферии барабана,

$$m_p = Q / u_{II}^2 = 10\,000 / 4^2 = 625 \text{ кг.}$$

Коэффициент

$$\frac{m_p}{m_r + m_p} = \frac{625}{625 + 5900} = 0,096.$$

Для двигателя МТМ-612-10 кратность максимального момента равняется 2,8, а $\varphi = 2,8 - 1 = 1,8$.

Максимальный коэффициент динамичности

$$K_d = 1 + 2\varphi \frac{m_p}{m_r + m_p} = 1 + 2 \cdot 1,8 \cdot 0,096 \approx 1 + 0,35 \approx 1,35.$$

При увеличении скорости подъемов коэффициент динамичности резко возрастает. Так, например, если для условий рассматриваемого примера принять скорость подъема удвоенной, т. е. не 30 м/мин, а 60 м/мин, то

$$v'_k = 240 \text{ м/мин}; n'_6 = 153 \text{ об/мин}; N = 120 \text{ кВт.}$$

Можно применить двигатель типа МТМ-712-12, мощностью $N'_{дв} = 125 \text{ кВт}$ при ПВ 25 % и частоте вращения вала $n'_{дв} = 587 \text{ об/мин}$. Момент инерции ротора $12,75 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $\omega = 1,8$. Тогда

$$u'_M = 3,75; J_M = 1,25 \cdot 12,75 \cdot 3,75^2 = 222 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$m_p = 3560 \text{ кг}; m_r = 625 \text{ кг}; m_r / (m_r + m_p) = 0,197.$$

Коэффициент динамичности

$$K'_d = 1 + 2 \cdot 1,8 \cdot 0,197 \approx 1 + 0,7 \approx 1,7.$$

Такая динамичность подъема может иметь место при приводе механизма от коротковозмунного двигателя, при отсутствии затухания в системе и условии $\sin pt = -1$. При системах разгона с постепенным нарастанием скорости, т. е. большим временем переходных процессов коэффициент K_d будет меньшим. При выборе системы привода механизма подъема это должно учитываться.

Второй вариант нагружения ГУ — подъем груза «с подхватом». В этом случае, как показывают эксперименты [2], можно пренебречь жесткостью одного из элементов, например канатов, поскольку упругость (податливость) металлоконструкции выше, чем канатов, причем колебания последних быстро затухают, и учитывать только упругость второго элемента жесткости — конструкции крана, т. е. массы крана m_k и груза m_r рассматривать как одну массу m (рис. 1.6).

При принятом допущении можно считать, что подъем груза происходит следующим образом.

На первом этапе, после включения двигателя, происходит выбор слабны каната; на втором этапе — упругая деформация всех элементов конструкции (см. рис. 1.6, а и б); этот этап продолжается до тех пор, пока усилие P_0 на ГУ, возрастая от нуля, не станет равным $Q_r = m_r g$. Лишь после этого на третьем этапе начинается подъем груза.

При перемещении x_k массы крана m_k с жесткостью k_k , кинетическая энергия

$$K = m_k \dot{x}_k^2 / 2.$$

Потенциальная энергия

$$П = k_k x_k^2 / 2.$$

Движущей силой является сила P , различная для разных этапов подъема груза.

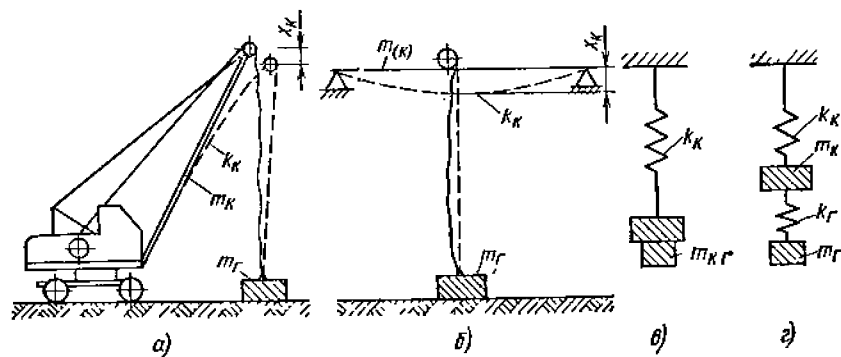


Рис. 1.6. Схема динамического нагружения ГУ при подъеме груза «с подхватом»: а — на стреловом крае; б — на мостовом крае; в — расчетная схема одностепенной системы; г — расчетная схема двухмассовой системы

Уравнение движения имеет вид

$$m_k \ddot{x}_k + k_k x_k = P.$$

Его решение

$$x_k = y_{ст} + (v/p) \sin pt,$$

где $y_{ст}$ — прогиб конструкции от статической нагрузки; v — установившаяся скорость подъема груза; $p = \sqrt{k_k / (m_k + m_r)}$ — круговая частота свободных колебаний; t — текущее время.

Тогда

$$\dot{x}_k = v \cos pt; \ddot{x}_k = -vp \sin pt.$$

Динамическая нагрузка, действующая на ГУ,

$$P_{дин} = m_r \ddot{x}_k = -(Q_r/g) vp \sin pt.$$

Максимум ее будет при $\sin pt = -1$

$$P_{дин \max} = Q_r \frac{v}{g} p = Q_r \frac{v}{g} \sqrt{\frac{k_k}{m_k + m_r}}.$$

Полная нагрузка, действующая на ГУ,

$$P_{гз} = Q_r + P_{дин \max} = Q_r \left(1 + \frac{v}{g} \sqrt{\frac{k_k}{m_k + m_r}} \right).$$

Коэффициент динамичности

$$K_d = \frac{Q_r + P_{дин \max}}{Q_r} = 1 + \frac{v}{g} p = 1 + \frac{v}{g} \sqrt{\frac{k_k}{m_k + m_r}},$$

$$\text{или, так как } k_k = Q_r / y_{ст} = \frac{m_r g}{y_{ст}},$$

$$K_d = 1 + \frac{v}{g} p = 1 + v \sqrt{\frac{1}{g y_{ст}} \frac{m_r}{m_k + m_r}}.$$

Данная формула достаточно проста для практического использования и в достаточной мере достоверна, хотя и не учитывает влияния второго элемента жесткости, имеющегося в рассматриваемой системе. При его учете систему надо рассматривать как двухмассовую с двумя упругими связями (рис. 1.6, г) и, следовательно, как имеющую две степени свободы с соответствующим наложе-

нием колебаний по каждой из частот и нахождением максимума на протяжении нескольких периодов колебаний.

В этом случае решение поставленной задачи резко усложняется. Окончательное значение коэффициента динамичности может быть представлено так

$$K'_d = 1 + \frac{v}{g} \frac{k_r}{m_r m_k \rho_{np}} \frac{1}{(\rho_1^2 - \rho_2^2)} \left\{ \left[k_r \left(\rho_1^2 - \rho_{np}^2 - \frac{k_r}{m_r} \right) \cos \rho_{np} t_0 + \right. \right. \\ \left. \left. + k_k \left(\rho_1^2 - \frac{k_r}{m_r} \right) \right] \frac{\sin \rho_2 t}{\rho_{np} \rho_2} - \left[k_r \left(\rho_2^2 - \rho_{np}^2 - \frac{k_r}{m_r} \right) \cos \rho_{np} t_0 + \right. \right. \\ \left. \left. + k_k \left(\rho_2^2 - \frac{k_r}{m_r} \right) \right] \frac{\sin \rho_1 t}{\rho_{np} \rho_1} - k_r \sin \rho_{np} t_0 (\cos \rho_2 t - \cos \rho_1 t) \right\},$$

где v — скорость подъема груза, м/с; k_r — жесткость подъемных канатов и приведения к ним жесткость элементов привода, Н/м; ρ_1 и ρ_2 — парциальные частоты, 1/с; $\rho_{np} = \sqrt{(k_k + k_r)/m_k}$ — приведенная частота, 1/с; t_0 — время, соответствующее моменту отрыва груза от опоры, с; k_k — жесткость металлоконструкций крана, Н/м; m_r — масса груза, кг; m_k — приведенная масса металлоконструкций крана, кг.

Парциальные частоты (1/с)

$$\rho_{1,2} = \sqrt{\frac{m_k k_r + m_r (k_k + k_r)}{2 m_k m_r}} \pm \sqrt{\left[\frac{m_k k_r + m_r (k_k + k_r)}{2 m_k m_r} \right]^2 - \frac{k_k k_r}{m_k m_r}}$$

Время, соответствующее моменту отрыва груза от опоры, определяется из трансцендентного уравнения

$$t_0 + \frac{k_r}{k_k \rho_{np}} \sin \rho_{np} t_0 = \frac{g m_k m_r \rho_{np}^2}{v k_k k_r},$$

где g — ускорение свободного падения, м/с².

По соображениям, изложенным выше, применительно к решаемой задаче определять максимальный коэффициент динамичности для ГУ обычного типа по формулам для системы с двумя степенями свободы необязательно, что показано на приведенном далее численном примере. Для отдельных частных случаев, например, при жестком подвесе ГУ и малой массе металлоконструкции это может оказаться целесообразным.

Чтобы определить коэффициент динамичности как для системы с одной степенью свободы, необходимо знать параметры конструкции крана — круговую частоту колебаний p или массу m_k , приведенную к точке подвеса грузозахвата, и статический прогиб конструкции $y_{ст}$. Их можно подсчитать для любого конкретного крана, если известна его конструкция, по методам строительной механики. Для выполвленной конструкции значения прогиба могут быть получены экспериментально.

Однако, так как ГУ являются оборудованием, которое непосредственно с краном не связано и может быть применено в любом кране соответствующей грузоподъемности, необходимо знать экстремальное значение возможного коэффициента динамичности при нерегулируемой скорости подъема груза. При его определении для некоторых типовых кранов можно пользоваться нормативными данными. Так, для башенных кранов приближенно допускается определять период колебаний T грузного крана (с грузом на крюке) по данным табл. 1.12 (ГОСТ 13994—75).

Частота p и период T связаны зависимостью $T = 2\pi/p$. В соответствии с этим коэффициент динамичности для ГУ башенных кранов может быть определен по формуле

$$K_d = 1 + v 2\pi / (g T) \approx 1 + 0,64 v / T.$$

1.12. Период (в с) свободных колебаний грузного башенного крана

| Наибольшая вылет крюка, м | Высота расположения опорного шарнира стрелы над поверхностью земли, м | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|---------------|----------------|----------------|------|---------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| | До 20 | | Свыше 20 до 40 | | | | Свыше 40 до 60 | | Свыше 60 до 80 | |
| | Грузоподъемность крана при наибольшем вылете, т | | | | | | | | | |
| | До 5 | Свыше 5 до 10 | Свыше 10 до 20 | Свыше 20 до 30 | До 5 | Свыше 5 до 10 | Свыше 10 до 20 | Свыше 20 до 30 | До 10 | До 10 |
| 10 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,9 | 1,7 | 1,9 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 2,9 |
| 20 | 1,6 | 1,7 | 1,9 | 2,2 | 1,9 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,1 |
| 30 | 1,7 | 1,9 | 2,2 | 2,5 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,1 | 3,4 |
| 40 | 1,9 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,1 | 3,1 | 3,7 |
| 50 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 2,7 | 2,9 | 3,1 | 3,4 | 3,7 | 4,0 |
| 60 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,1 | 2,9 | 3,1 | 3,4 | 3,7 | 4,0 | 4,5 |

Примечание. Период свободных колебаний ненагруженного крана должен приниматься равным 2/3 периода свободных колебаний грузного крана.

Пример 1.2. Определить коэффициент динамичности для ГУ, подвешенного к башенному крану, который имеет следующие параметры:

| | |
|---|---------------|
| Грузоподъемность при наибольшем вылете Q , т | 5; 10; 20; 30 |
| Высота расположения опорного шарнира стрелы H , м | 20 40 60 |
| Вылеты крюка R , м | 10; 30; 50 |
| Скорость подъема ГУ v , м/с | 30; 60 |

Результаты расчета по формуле $K_d = 1 + 0,64v/T$ приведены в табл. 1.13. Они не выходят за пределы $K_d = 1,42$, а для средних условий $K_d = 1,17$.

Для мостовых кранов более эффективно определять коэффициент динамичности через массу конструкции крана m_k и статический прогиб $y_{ст}$.

Обобщенно, с точностью, достаточной для нахождения необходимых параметров, масса (т) двухбалочных мостовых кранов грузоподъемностью $Q = 5 \dots 50$ т

$$m_k = 0,56 (Q + 1,5L);$$

в том числе масса (т) тележки $m_T = 0,4Q$ и масса (т) металлоконструкции $m_{мк} = 0,16Q + 0,84L$ (здесь L — пролет крана, м).

1.13. Значения коэффициентов динамичности для ГУ башенных кранов

| Скорость подъема ГУ, м/мин | Наибольший вылет крюка R , м | Высота расположения опорного шарнира стрелы H , м | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------------|---|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | 20 | | 40 | | | | 60 | | | |
| | | Грузоподъемность крана при наибольшем вылете, т | | | | | | | | | |
| | | 5 | 10 | 20 | 30 | 5 | 10 | 20 | 30 | 5 | 10 |
| 30 | 10 | 1,21 | 1,20 | 1,19 | 1,17 | 1,19 | 1,17 | 1,15 | 1,13 | 1,13 | 1,12 |
| | 30 | 1,19 | 1,17 | 1,15 | 1,13 | 1,15 | 1,13 | 1,12 | 1,11 | 1,106 | 1,104 |
| | 50 | 1,15 | 1,13 | 1,12 | 1,11 | 1,12 | 1,11 | 1,104 | 1,095 | 1,09 | 1,09 |
| 60 | 10 | 1,42 | 1,40 | 1,38 | 1,34 | 1,38 | 1,34 | 1,30 | 1,26 | 1,26 | 1,24 |
| | 30 | 1,38 | 1,34 | 1,30 | 1,26 | 1,30 | 1,26 | 1,24 | 1,22 | 1,21 | 1,21 |
| | 50 | 1,30 | 1,25 | 1,24 | 1,22 | 1,24 | 1,22 | 1,21 | 1,19 | 1,18 | 1,18 |

1.14. Значения коэффициента А

| Пролет крана L, м | Грузоподъемность крана Q, т | | | | |
|-------------------|-----------------------------|------|------|------|------|
| | 5 | 12,5 | 20 | 32 | 50 |
| 10,5 | 1,68 | 1,90 | 1,96 | 2,00 | 2,05 |
| 19,5 | 1,08 | 1,30 | 1,38 | 1,42 | 1,50 |
| 31,5 | 0,76 | 0,96 | 1,03 | 1,08 | 1,13 |

Расчетная масса (т) конструкции, приведенная к середине моста крана

$$m_k = 0,5m_{м.к} + m_T = 0,08Q + 0,42L + 0,4Q = Q(0,48 + 0,42L/Q)$$

Масса груза $m_r = Q$. Параметр $m_r/(m_r + m_k) = 1/(1,48 + 0,42L/Q)$. Статический прогиб (м) моста под нагрузкой можно задать в функции пролета крана L (м)

$$y_{ст} \approx L/700$$

Для мостовых кранов грузоподъемностью 5 ... 50 т нормального исполнения коэффициент динамичности

$$K_d = 1 + v \sqrt{\frac{1}{g y_{ст}} \frac{m_r}{m_r + m_k}} = 1 + v \sqrt{\frac{700}{gL} \frac{1}{1,48 + 0,42L/Q}} = 1 + Av$$

где $A = 6,85 \sqrt{(1 + 0,28L/Q)L}$. (табл. 1.14)

Пример 1.3. Определить коэффициент динамичности для ГУ, подвешенного к мостовому крану, который имеет следующие параметры:

Грузоподъемность Q, т 5; 12,5; 20; 32; 50
Скорость подъема ГУ v, м/мин 10; 20;
50 (для грейферов)

Пролет крана L, м 10,5; 19,5; 31,5

Результаты расчета по формуле $K_d = 1 + Av$ приведены в табл. 1.15. Для крюковых кранов они не выходят за пределы 1,1 ... 1,5, а для грейферных составляют 1,5 ... 2

1.15. Значения коэффициентов динамичности для ГУ мостовых кранов

| Скорость подъема ГУ, м/мин | Пролет крана, м | Грузоподъемность Q, т | | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|------|------|------|------|
| | | 5 | 12,5 | 20 | 32 | 50 |
| 10 ... 6,3 * | 10,5 | 1,28 | 1,33 | 1,26 | 1,27 | 1,22 |
| | 19,5 | 1,18 | 1,22 | 1,18 | 1,19 | 1,16 |
| | 31,5 | 1,13 | 1,16 | 1,14 | 1,15 | 1,12 |
| 20 ... 8 ** | 10,5 | 1,56 | 1,66 | 1,53 | 1,55 | 1,27 |
| | 19,5 | 1,36 | 1,44 | 1,37 | 1,40 | 1,21 |
| | 31,5 | 1,26 | 1,32 | 1,29 | 1,29 | 1,15 |
| 50 ... 40 *** | 10,5 | До 2 | До 2 | До 2 | — | — |
| | 19,5 | 1,73 | 1,90 | 1,9 | — | — |
| | 31,5 | 1,52 | 1,64 | 1,7 | — | — |

* Средний режим работы. При грузоподъемности 5 и 12,5 т скорость подъема составляет 10 м/мин, 20 и 32 т — 8 м/мин, 50 т — 6,3 м/мин.

** Тяжелый режим работы. При грузоподъемности 5 и 12,5 т скорость подъема составляет 20 м/мин, 20 и 32 т — 16 м/мин, 50 т — 8 м/мин.

*** Грейферные краны. При грузоподъемности 5 и 12,5 т скорость подъема составляет 40 м/мин, 20 и 50 т — 50 м/мин.

Сопоставить значения коэффициентов динамичности при рассмотрении одно-массовой и двухмассовой систем можно на базе следующего примера.

Пример 1.4. Определить коэффициент динамичности для ГУ, подвешенного к мостовому крану, который имеет следующие параметры: грузоподъемность Q = 20 т, пролет крана L = 19,5 м, скорость подъема ГУ v = 16 м/мин = 0,265 м/с.

Расчет по параметрам одномассовой системы. Расчетные массы груза и конструкции

$$m_r = Q = 20 \text{ т}$$

$$m_k = Q(0,48 + 0,42L/Q) = 20(0,48 + 0,42 \cdot 19,5/20) = 17,7 \text{ т}$$

Параметры

$$m_r/(m_r + m_k) = 20/(20 + 17,7) = 0,53$$

$$A = \frac{6,85}{\sqrt{19,5(1 + 0,28 \cdot 19,5/20)}} = 1,4$$

С учетом того, что силовое воздействие груза $Q_r = Qg = 196 \text{ кН}$, жесткость конструкции крана

$$k_k = \frac{Q_r}{y_{ст}} = \frac{700Q_r}{L} = \frac{700 \cdot 196}{19,5} \approx 7000 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Время отрыва груза

$$t_1 = \frac{Q_r}{k_k v} = \frac{196}{7000 \cdot 0,265} = 0,105 \text{ с}$$

Частота колебаний

$$p = \sqrt{k_k/(m_r + m_k)} = \sqrt{7000/(20 + 17,7)} = 13,5 \text{ 1/с}$$

Период колебаний

$$T = 2\pi/p = 6,28/13,5 = 0,5 \text{ с}$$

Коэффициент динамичности

$$K_d = 1 + Av = 1 + 1,4 \cdot 0,265 = 1,37$$

Колебания значений коэффициента динамичности могут быть подсчитаны по формуле

$$K_d = 1 + \frac{v}{g} p \sin pt = 1 + \frac{0,265}{9,81} 13,5 \sin 13,5 t = 1 + 0,37 \sin 13,5 t$$

Расчет по параметрам двухмассовой системы. Параметры системы те же. Вторым упругим элементом являются канаты, модуль упругости которых $E = 1,1 \cdot 10^8 \text{ МПа}$. Жесткость канатов зависит от длины $H_{пг}$ грузового полиспаста. В среднем $H_{пг} = 0,6L$.

При запасе прочности в канатах $n = 6$ (тяжелый режим), соответствующем $\sigma = 3 \cdot 10^2 \text{ МПа}$, и площади поперечного сечения каната F, удлинение

$$\Delta = \frac{Q_r H_{пг}}{EF} = \frac{\sigma H_{пг}}{E} = \frac{0,6\sigma L}{E} = \frac{0,6 \cdot 3 \cdot 10^2 \cdot 19,5}{1,1 \cdot 10^8} = 0,032 \text{ м}$$

Жесткость канатного полиспаста

$$k_r = 1,05Q_r/\Delta = 1,05 \cdot 196/0,032 \approx 6500 \text{ кН/м}$$

Приведенная частота

$$p_{пр} = \sqrt{(k_k + k_r)/m_k} = \sqrt{(7000 + 6500)/17,7} \approx 27,5 \text{ 1/с}$$

Приведенный период колебаний

$$T_{пр} = 2\pi/27,5 = 0,24 \text{ с}$$

Парциальные частоты

$$p_{1,2} = \sqrt{\frac{17,7 \cdot 6500 + 20(7000 + 6500)}{2 \cdot 17,7 \cdot 20} \pm \dots} \pm \sqrt{\left[\frac{17,7 \cdot 6500 + 20(7000 + 6500)}{2 \cdot 17,7 \cdot 20} \right]^2 - \frac{7000 \cdot 6500}{17,7 \cdot 20}}$$

$$p_1 = \sqrt{525 + 385} \approx 30 \text{ 1/с}; p_2 = \sqrt{525 - 385} = 12 \text{ 1/с}$$

Периоды колебаний

$$T_1 = 2\pi/30 \approx 0,31 \text{ с}; T_2 = 2\pi/12 \approx 0,52 \text{ с}$$

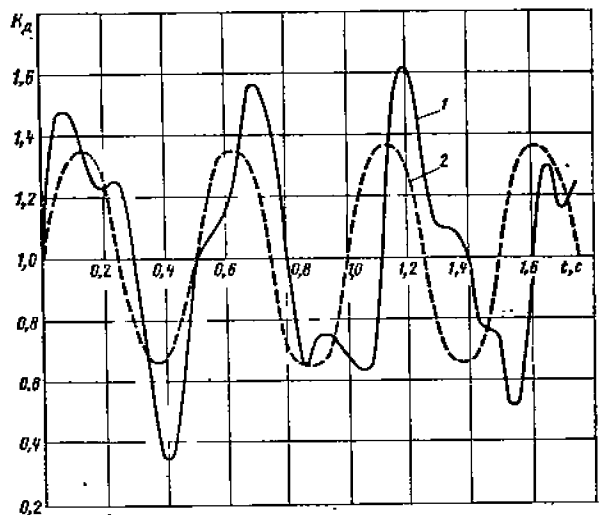


Рис. 1.7. Изменение коэффициента динамичности для мостового крана, рассматриваемого как система: 1 — двухмассовая; 2 — одномассовая

Время отрыва груза определяем из уравнения

$$t_0 + \frac{k_r}{p_{\text{пр}} k_{\text{н}}} \sin p_{\text{пр}} t_0 = \frac{k m_{\text{к}} m_{\text{г}} p_{\text{пр}}^2}{v k_{\text{к}} k_{\text{г}}}$$

$$t_0 + \frac{6500}{27,6 \cdot 7 \cdot 000} \sin 27,5 t_0 = \frac{9,81 \cdot 17,7 \cdot 20 \cdot 76,1}{0,265 \cdot 7 \cdot 000 \cdot 6500}$$

или $t_0 + 0,034 \sin 27,5 t_0 = 0,220$,

откуда $t_0 = 0,204$ с.

Значение коэффициента динамичности, найденное по приведенной ранее формуле, определится выражением

$$K_{\text{д}} = 1 + 0,47 \sin 12t + 0,21 \sin 30t + 0,017 \cos 12t - 0,017 \cos 30t.$$

График изменения коэффициентов динамичности для одномассовой и двухмассовой систем приведен на рис. 1.7. Из анализа его видно, что при рассмотрении системы как двухмассовой значения $K_{\text{д}}$ увеличиваются приблизительно на 15% на втором и третьем периодах колебаний.

Следует однако заметить, что в приведенных расчетах не учитывалось затухание колебаний. Но так как при их учете снизятся пиковые динамические нагрузки, при практических инженерных расчетах допустимо для крюковых кранов определять коэффициент динамичности, считая систему кран—груз одномассовой.

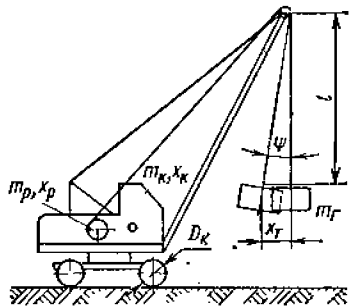
При расчетах грейферных и других специальных кранов, характерных высокими скоростями подъема, коэффициент динамичности надо определять как для двухмассовой системы.

1.2.4. ДИНАМИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА ПРИ ПЕРЕДВИЖЕНИИ КРАНА

Динамическая нагрузка действует на ГУ в период неустановившегося движения крана. В начальный момент движения при разгоне крана груз отстает от него, при торможении — опережает.

Угол отклонения груза от вертикали, проведенной через точку подвеса (рис. 1.8), обозначим через ψ , а длину подвеса груза — через l . Массы крана $m_{\text{к}}$,

Рис. 1.8. Схема динамического нагружения ГУ при передвижении крана



груза $m_{\text{г}}$, ротора двигателя и связанных с ним элементов механизма, приведенных к оси ходовых колес, $m_{\text{р}}$. Ускоряющая сила T , приведенная к периферии ходовых колес диаметром $D_{\text{к}}$ и равная разности между окружным усилием, определяемым приведенным (редуцированным) пусковым моментом двигателя $M_{\text{дв.пуск}}$ и сопротивлением передвижения W

$$T = 2M_{\text{дв.пуск}} u_{\text{м}} \eta_{\text{м}} D_{\text{к}} - W,$$

где $M_{\text{дв.пуск}} = \Phi M_{\text{дв.ном}}$; $u_{\text{м}}$, $\eta_{\text{м}}$ — передаточное число и КПД механизма передвижения крана.

Перемещения крана массой $m_{\text{к}}$ и ротора $m_{\text{р}}$ обозначим через $x_{\text{к}}$, груза с массой $m_{\text{г}}$ относительно крана — $x_{\text{г}}$.

Дифференциальные уравнения движения крана и груза имеют вид

$$(m_{\text{к}} + m_{\text{р}}) \ddot{x}_{\text{к}} + m_{\text{г}} \text{tg} \psi = T;$$

$$m_{\text{г}} (\ddot{x}_{\text{г}} - \ddot{x}_{\text{к}}) = -m_{\text{г}} \text{tg} \psi.$$

Так как отклонения малы и обычно не превышают 15° , можно принять

$$\sin \psi = x_{\text{г}}/l \approx \text{tg} \psi.$$

Подставив значение $\text{tg} \psi$ и сложив уравнения движения, получим

$$\ddot{x}_{\text{г}} + \frac{g}{l} \left(1 + \frac{m_{\text{г}}}{m_{\text{к}} + m_{\text{р}}} \right) x_{\text{г}} = \frac{T}{m_{\text{к}} + m_{\text{г}}},$$

или

$$\ddot{x}_{\text{г}} + p^2 x_{\text{г}} = q,$$

где круговая частота колебаний груза

$$p = \sqrt{\frac{g}{l} \left(1 + \frac{m_{\text{г}}}{m_{\text{к}} + m_{\text{р}}} \right)}.$$

Тогда перемещение груза [2]

$$x_{\text{г}} = -\frac{q}{p^2} \cos pt + \frac{q}{p^2} = \frac{q}{p^2} (1 - \cos pt).$$

Скорость перемещения груза

$$\dot{x}_{\text{г}} = (q/p) \sin pt.$$

ускорение

$$\ddot{x}_{\text{г}} = (qp/p) \cos pt = q \cos pt.$$

Нагрузку на ГУ $P_{\text{дин.пер}}$ определим как сумму равнодействующей сил $m_{\text{г}}g$, $m_{\text{г}}g \text{tg} \psi$ и центробежной силы

$$N_{\text{ц. пер}} = \frac{m_{\text{г}}}{l} (\dot{x}_{\text{г}})^2 = \frac{m_{\text{г}} q^2}{l p^2} \sin^2 pt,$$

а динамический коэффициент

$$K_{\text{д. пер}} = \frac{P_{\text{дин. пер}}}{Q_{\text{г}}} = \frac{m_{\text{г}} g \left[\sqrt{1 + \text{tg}^2 \psi} + \frac{q^2}{g l p^2} \sin^2 pt \right]}{m_{\text{г}} g},$$

где $Q_{\text{г}}$ — вес груза.

Максимум $K_{д. пер}$ будет иметь место при $\sin pt = 1$

$$K_{д. пер \max} = \sqrt{1 + \psi^2 + q^2/(glp^2)}$$

Подставляя значения входящих величин и учитывая, что при $\sin pt = 1$ $\cos pt = 0$, получаем

$$K_{д. пер} = \sqrt{1 + q^2/(l^2 p^4)} + q^2/(glp^2)$$

или

$$K_{д. пер \max} = \sqrt{1 + \frac{T^2 l^2 (m_k + m_p)^2}{l^2 g^2 (m_k + m_p)^2 (m_k + m_p + m_r)^2}} + \frac{T^2 l (m_k + m_p)}{g^2 l (m_k + m_p)^2 + (m_k + m_p + m_r)}$$

Заменяв подкоренное выражение двумя первыми членами его разложения и проведя преобразования, получим

$$K_{д. пер \max} = 1 + \frac{T^2}{g^2} \left[\frac{1}{2(m_k + m_p + m_r)^2} + \frac{1}{(m_k + m_p)(m_k + m_p + m_r)} \right] = 1 + \frac{T^2}{g^2 (m_k + m_p + m_r)^2} \left[1,5 + \frac{m_r}{m_k + m_p} \right]$$

Значение $K_{д. пер \max}$ немного более единицы, что видно из приведенного ниже примера.

Пример 1.5. Определить коэффициент динамичности при передвижении крана для ГУ при следующих данных. Кран стреловой самоходный (типа КС-6361) с механизмом передвижения, имеющим привод от электродвигателя переменного тока; грузоподъемность $Q = 15$ т при вылете 4,5 м от оси вращения; длина стрелы $l_c = 15$ м; полная высота подъема при вылете 15 м $H = 14,5$ м; длина подвеса $l = 5$ м; скорость передвижения $v = 20 \dots 235$ м/мин $\approx 0,3 \dots 4$ м/с. Ходовое оборудование пневмоколесное. Масса крана $m_k = 50$ т.

При установившемся движении крана по хорошей дороге с подъемом $0,5^\circ$ коэффициент сопротивления $w_{пер} = 0,025$. При этом кран без груза может перемещаться со скоростью 4 м/с. Вес крана

$$G_k - m_k g = 490 \text{ кН.}$$

Необходимая мощность двигателя

$$N_{дв} = G_k w_{пер} / (1000 \eta_m) = 490 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 0,025 / (1000 \cdot 0,9) = 65 \text{ кВт.}$$

В период разгона коэффициент сопротивления передвижению $w_{пер.р} \approx 0,125$, т. е. значительно повышается, но соответственно снижается скорость.

Можно применить электродвигатель типа МТМ 612-10, мощностью 60 кВт при ПВ = 25 % и частоте вращения вала $n_{дв} = 575$ об/мин; момент инерции ротора $J_p = 5,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $\varphi = 2,8$.

При номинальной скорости передвижения $v = 4$ м/с и диаметре ходовых колес $D_k = 1,237$ м необходимое постоянное передаточное число трансмиссии

$$u_M = n_{дв} \pi D_k / (C \omega) = 572 \cdot 3,14 \cdot 1,237 / (60 \cdot 4) = 9,3.$$

Переменное передаточное число трансмиссии для пневмоколесных кранов $u_{M. пер} \approx 6,3$.

Следовательно, усилие, создаваемое двигателем в период пуска на периферии ходовых колес.

$$P_{дв. пуск} = \frac{60 \cdot 10^3 N_{дв} u_M u_{M. пер}}{l D_k n_{дв}} = \frac{1,8 \cdot 60 \cdot 10^3 \cdot 60 \cdot 9,3 \cdot 6,3}{3,14 \cdot 1,237 \cdot 572} = 265 \text{ кН.}$$

Сопротивление передвижению в период разгона

$$W_{пер.р} = w_{пер.р} G_k = 0,125 \cdot 490 = 61,5 \text{ кН.}$$

Избыточная сила

$$T = P_{дв. пуск} - W_{пер.р} = 265 - 61,5 = 203,5 \text{ кН.}$$

Предельное усилие по сцеплению при числе ведущих колес, равном общему их числу, и коэффициенте сцепления колес с дорогой (цементобетонным шоссе) $\mu \approx 0,7$

$$P_{дв. сцеп} = \mu G_k = 0,7 \cdot 490 = 343,5 \text{ кН.}$$

т. е. избыточная сила в 203,5 кН может быть создана, если двигатель будет включаться сразу на полную скорость и между ним и трансмиссией будет отсутствовать какое-либо пробуксовывающее устройство, например, муфта скольжения. Такой метод управления не разрешается, но в аварийных условиях может иметь место.

Масса ротора и связанных с ним элементов механизма, приведенная к периферии колеса,

$$m_p = \frac{1,25 J_p u_M^2 u_{M. пер}^2}{(l D_k / 2)^2} = \frac{1,25 \cdot 5,25 \cdot 9,3^2 \cdot 6,3^2}{(1,237/2)^2} = 60 \text{ 000 кг} = 60 \text{ т.}$$

Коэффициент динамичности

$$K_{д. пер \max} = 1 + \frac{T^2}{g^2 (m_k + m_p + m_r)} \left[1,5 + \frac{m_r}{m_k + m_p} \right] = 1 + \frac{203,5^2}{9,8^2 (50 + 60 + 15)^2} \left[1,5 + \frac{15}{50 + 60} \right] = 1 + 0,046 = 1,046.$$

Круговая частота колебаний груза

$$p = \sqrt{\frac{g}{l} \left(1 + \frac{m_r}{m_k + m_p} \right)} = \sqrt{\frac{9,81}{5} \left(1 + \frac{15}{50 + 60} \right)} = 1,5 \text{ 1/с.}$$

Период колебаний

$$T = 2\pi/p = 6,28/1,5 = 4,2 \text{ с.}$$

Ускорение

$$j = T j (m_k + m_p) = 203,5 / (50 + 60) = 1,85 \text{ м/с}^2,$$

что превышает допустимые значения [2], поэтому такой метод пуска недопустим, что уже отмечалось ранее.

Максимальный угол отклонения груза при колебаниях с таким ускорением

$$\text{tg } \psi = \frac{x_r}{l} = \frac{g}{v^2 l} = \frac{1}{(m_k + m_p) p^2 l} = \frac{203,5}{(50 + 60) \cdot 2,25 \cdot 5} = 0,185; \psi = 10,5^\circ.$$

Как видно из этого примера, даже при недопустимых горизонтальных ускорениях, определяемых резким включением двигателя механизма передвижения крана, а возможно и резким торможением его, вертикальное динамическое воздействие невелико.

1.2.5. ДИНАМИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА ПРИ ВРАЩЕНИИ ПОВОРОТНОЙ ЧАСТИ КРАНА

Динамическая нагрузка действует на ГУ так же, как и при передвижении крана при отклонении грузового полиспаста от вертикали и перемещении его с некоторой скоростью, а также вследствие действия центробежной силы. Так как центробежная сила, возникающая при вращении поворотной части крана, действует нормально к подвесу, ее следует учитывать лишь в тех случаях, когда сила, сдвигающая груз относительно ГУ, влияет на его работу, например, при применении вакуумных захватов. Эта сила определяется по формуле

$$P_{ц} = m_r \omega^2 R = \frac{Q n^2 R^2}{900},$$

где $Q - m_r$ — масса груза, кг; R — радиус вращения груза, м; n — частота вращения поворотной части, об/мин.

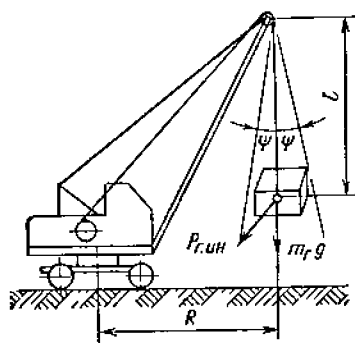


Рис. 1.9. Схема динамической нагруженности ГУ при вращении поворотной части крана

Для определения динамической нагрузки на ГУ, возникающей при отклонении груза по дуге, можно применить формулы, выведенные при рассмотрении влияния на этот процесс передвижения крана.

Рассмотрим вращение груза массой m_r . Подвес длиной l прикреплен к головке стрелы, концевой блок которой находится на расстоянии R от оси вращения (рис. 1.9). Если угловое ускорение ϵ стрелы принять постоянным, то через промежуток времени t после начала движения канат отклонится в дуговой плоскости от вертикали на угол ψ , под действием инерционной силы

$$P_{г.ин} = m_r \epsilon R.$$

Дифференциальное уравнение движения груза относительно оси подвеса имеет вид

$$J_r \ddot{\psi} = M_r,$$

где J_r — момент инерции груза относительно этого подвеса; M_r — сумма моментов сил относительно оси подвеса:

$$M_r = -m_r g l \sin \psi + P_{г.ин} l \cos \psi = -m_r l (g \sin \psi - \epsilon R \cos \psi).$$

Подставим в уравнение движения значения J_r и M_r :

$$m_r l^2 \ddot{\psi} = m_r l (\epsilon R \cos \psi - g \sin \psi).$$

Рассматривая малые отклонения, для которых $\sin \psi = \psi$ и $\cos \psi \approx 1$, получим

$$\ddot{\psi} + (g/l) \psi = \epsilon R/l \quad \text{или} \quad \ddot{\psi} + \beta^2 \psi = q.$$

Решение этого уравнения имеет вид

$$\psi = -\frac{q}{\beta^2} \cos \beta t + \frac{q}{\beta^2} = \frac{q}{\beta^2} (1 - \cos \beta t) = \frac{\epsilon R}{g} (1 - \cos \beta t),$$

тогда

$$\dot{\psi} = \frac{\epsilon R \beta}{g} \sin \beta t.$$

Нагрузку на ГУ $P_{дин.вр}$ по-прежнему определим как сумму равнодействующей сил $m_r \cdot g$ и $m_r \cdot g \operatorname{tg} \psi$ и центробежной силы $N_{ц.вр} = m_r \psi^2 l$. Коэффициент динамичности

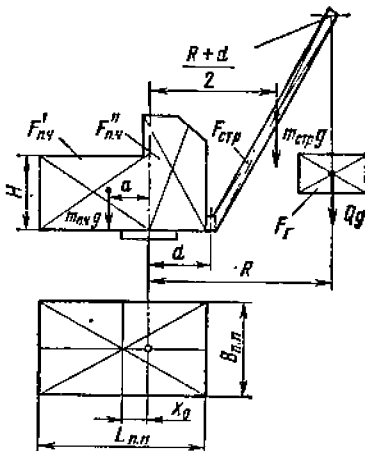
$$K_{д.вр} = \frac{P_{дин.вр}}{Q_r} = \frac{m_r g \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \psi} + m_r l \epsilon^2 R^2 \beta^2 \sin^2 \beta t}{m_r g^2} = \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \psi} + \left(\frac{\epsilon R}{g} \right)^2 \sin^2 \beta t.$$

Его максимальное значение будет при $\sin \beta t = \pm 1$.

Заменяем подкоренное выражение двумя первыми членами его разложения, учитывая, что при $\sin \beta t = \pm 1 \cos \beta t = 0$:

$$K_{д.вр} = 1 + 0,5 \frac{\epsilon^2 R^2}{g^2} + \frac{\epsilon^2 R^2}{g^2} = 1 + 1,5 \left(\frac{\epsilon R}{g} \right)^2.$$

Рис. 1.10. Схема для определения момента на вращательной площадке и момента инерции поворотной части крана



В эту формулу входит угловое ускорение $\epsilon = \ddot{\varphi}$ поворотной части крана и груза, принятое ранее постоянным. Для определения $\epsilon = \operatorname{const}$ можно исходить из уравнения динамического равновесия, откуда

$$\epsilon = M_{изб} / (J_{п.ч} + J_p + J_r),$$

где $M_{изб}$ — избыточный момент двигателя, приведенный к оси вращения поворотной части; $J_{п.ч}$ — момент инерции поворотной части крана, включая стрелу, относительно оси вращения поворотной части крана; J_p — момент инерции ротора двигателя и связанных с ним элементов механизма, приведенный к оси вращения крана; J_r — момент инерции груза относительно оси вращения крана.

Тогда

$$K_{д.вр} = 1 + 1,5 \frac{M_{изб}^2 R^2}{g^2 (J_{п.ч} + J_p + J_r)^2}.$$

Значение коэффициента динамичности для ГУ видно из следующего примера.

Пример 1.6. Определить коэффициент динамичности при вращении поворотной части крана для ГУ при следующих данных. Кран стреловой самоходной типа КС-6361 с приводом механизма вращения от электродвигателя переменного тока. Грузоподъемность $Q = 10$ т при вылете $R = 7$ м от оси вращения; длина подвеса $l = 5$ м. Частота вращения поворотной части крана $n_{пр} = 1,6$ об/мин, ее масса $m_{п.ч} = 30$ т. Положение центра тяжести на плече от оси вращения $a = 1,5$ м. Расстояние от пяти стрел до оси вращения $d = 1,45$ м. Масса стрелы $m_{стр} = 3,4$ т, ее длина $L = 15$ м. Опорно-поворотное устройство роликовое однорядное. Площадь боковой поверхности вращающейся части крана $F_{п.ч} = 10$ м², стрелы $F_{стр} = 10$ м², груза $F_r = 10$ м².

Неуравновешенный момент, действующий на опорно-поворотное устройство,

$$M_{опр} = \left[QR + m_{стр} \frac{R+d}{2} - m_{п.ч} a \right] g = [10 \cdot 7 + 3,4 \cdot 4,225 - 30 \cdot 1,5] g = [70 + 12,6 - 45] g = 37,6 g \approx 370 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Вертикальная нагрузка на опорно-поворотное устройство

$$N = (Q + m_{стр} + m_{п.ч}) g = (10 + 3,4 + 30) g \approx 43,4 g \approx 430 \text{ кН}.$$

Этой нагрузке соответствует опорно-поворотное устройство диаметром по оси катания $d_{кр} = 1725$ мм с роликами диаметром 42 мм.

Момент сопротивления вращению от сил трения (при коэффициенте трения f) без учета возможной небольшой горизонтальной нагрузки

$$M_{тр} = N f \frac{d_{кр}}{2} = 430 \cdot 0,02 \frac{1,725}{2} = 7,5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Момент сопротивления вращению от возможного при работе крана вращающегося в 1° ($\sin 1^\circ = 0,017$)

$$M_{вил} = \left(QR + m_{стр} \frac{R+d}{2} - m_{п.ч} a \right) g \sin 1^\circ = (10 \cdot 7 + 3,4 \cdot 4,225 - 30 \cdot 1,5) g \cdot 0,017 \approx 6,25 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Момент на вращательной площадке (рис. 1.10)

$$M_{в.п} = F_r R + F_{стр} \frac{R+d}{2} + F_{п.ч} \frac{d}{2} - F_{п.ч}' \frac{L-d}{2} = 10 \cdot 7 + 10 \frac{7+1,45}{2} + 2,9 \frac{1,45}{2} - 7,1 \frac{5-1,45}{2} = 70 + 42,3 + 2,1 - 12,6 = 101,8 \text{ м}^2.$$

Момент от ветровой нагрузки при удельном ее значении $q = 150 \text{ Н/м}^2$ и коэффициенте обтекания $c = 1.45$

$$M_{в} = M_{п. пр} \cdot c = 101,8 \cdot 0,150 \cdot 1,45 = 22 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Суммарный момент сопротивления вращению поворотной части

$$M_{вР} = \sum M_i = 7,5 + 6,25 + 22 = 37,5 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Необходимая мощность двигателя

$$N_{дв} = \frac{M_{вР} \cdot n_{вР}}{9,55 \eta_{м}} = \frac{37,5 \cdot 1,6}{9,55 \cdot 0,85} \approx 7,4 \text{ кВт}.$$

Можно выбрать электродвигатель переменного тока МТМ-22-6, имеющий при ПВ 25 % $N_{дв} = 7,5 \text{ кВт}$, $n_{дв} = 950 \text{ об/мин}$. Кратность пускового момента $\varphi = 2,8$, момент инерции ротора $J_{р} = 0,14 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Момент, развиваемый двигателем в период пуска,

$$M_{дв} = \varphi \cdot 9,55 N_{дв} / n_{дв} = 2,8 \cdot 9,55 \cdot 7,5 / 950 = 0,21 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Необходимое передаточное число механизма

$$u_{м} = n_{дв} / n_{вР} = 950 / 1,6 = 590.$$

Избыточный момент двигателя, приведенный к оси вращения поворотной части, при работе на горизонтальной местности в безветренную погоду

$$M_{изб} = M_{дв} \cdot u_{м} \cdot \eta_{м} - \sum M_i = 0,21 \cdot 590 \cdot 0,85 - 7,5 = 107 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Момент инерции ротора двигателя, приведенный к оси вращения поворотной части, с учетом вращающихся масс механизма

$$J_{р. пр} = 1,25 \cdot J_{р} \cdot u_{м}^2 = 1,25 \cdot 0,14 \cdot 590^2 \cdot 0,8 = 52 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Ориентировочное значение момента инерции поворотной платформы с механизмами можно определить, рассматривая ее как однородную пластину длиной $L_{п. пр}$, шириной $B_{п. пр}$, центр тяжести которой смещен относительно центра симметрии на x_0 . В этом случае

$$J_{п. пр} = m_{п. пр} \cdot \left(\frac{L_{п. пр}^2 + B_{п. пр}^2}{12} + x_0^2 \right) = 30 \left(\frac{5^2 + 3,15^2}{12} + 1,05^2 \right) = 30 \cdot 4 = 120 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Момент инерции стрелы

$$J_{стр} = m_{стр} (d^2 + R d + R^2) = 3,4 (1,45^2 + 1,45 \cdot 7 + 7^2) = 3,4 \cdot 62,6 = 212 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Момент инерции груза, рассматриваемого как точечная масса,

$$J_{г} = Q R^2 = 10 \cdot 7^2 = 490 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Суммарный момент инерции всех вращающихся элементов

$$\sum J = J_{р. пр} + J_{п. пр} + J_{стр} + J_{г} = 52 + 120 + 212 + 490 = 874 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Коэффициент динамичности ГУ

$$K_{д. вР} = 1 + 1,5 \frac{M_{изб} R^2}{g^2 (\sum J)^2} = 1 + 1,5 \frac{107^2 \cdot 7^2}{9,81^2 \cdot 874^2} = 1,013$$

т. е. меньше, чем при работе механизма передвижения.

Приведенные расчеты показывают, что при нормальных условиях эксплуатации вертикальная динамическая нагрузка на ГУ имеет большое значение только при работе механизма подъема груза. При работе механизмов передвижения крана и вращения его поворотной части в нормальных условиях эксплуатации она не превышает 5—6 % от статической.

1.2.6. РАСЧЕТНАЯ НАГРУЗКА

Расчетная вертикальная нагрузка, действующая на крановое ГУ,

$$P_{гв} = Q_r \cdot K_{д. вР}$$

где Q_r — номинальный вес поднимаемого груза; $K_{д. вР}$ — коэффициент динамичности, определяемый по формулам, приведенным в пп. 1.2.3—1.2.6.

Если конкретные условия использования ГУ неизвестны, и поэтому точно подсчитать значения $K_{д. вР}$ нельзя, то следует использовать нормативные данные, базирующиеся на допущении, что динамическая нагрузка при перегружаемом приводе является линейной функцией скорости подъема, т. е. $P_{гв} = f(v_{п. пр})$. Нормативные коэффициенты динамичности для ГУ приведены ниже

| | | | | | |
|---------------------|-------|----------------|----------------|-----------------|-----------------------|
| $v_{п. пр}$, м/мин | До 10 | Свыше 10 до 20 | Свыше 20 до 30 | Свыше 30 до 60* | Свыше 60* |
| $K_{д. вР}$ | 1,15 | 1,30 | 1,45 | 1,60 | Определяется расчетом |

* При этих скоростях применять перегружаемый привод не рекомендуется.

Помимо вертикальной нагрузки, действующей на ГУ, в необходимых случаях следует учитывать и горизонтальную нагрузку от ветрового воздействия [2] на боковую поверхность $F_{г}$ груза. Значения боковых (навстречных) площадей грузов, приведены ниже:

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Q , т | 0,10 | 0,125 | 0,16 | 0,20 | 0,25 | 0,32 | 0,40 | 0,50 | 0,63 | 0,80 |
| $F_{г. в}$, м ² | 0,8 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,5 |
| Q , т | 1,0 | 1,25 | 1,6 | 2,0 | 2,5 | 3,2 | 4,0 | 5,0 | 6,3 | 8,0 |
| $F_{г. в}$, м ² | 2,8 | 3,2 | 3,6 | 4,0 | 5,0 | 5,6 | 6,3 | 7,1 | 8,0 | 9,0 |
| Q , т | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 |
| $F_{г. в}$, м ² | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 28 | 32 |
| Q , т | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 320 | 400 | 500 | 630 | 800 |
| $F_{г. в}$, м ² | 36 | 40 | 47 | 55 | 65 | 75 | 100 | 125 | 160 | 200 |

Необходимо также учитывать сдвигающую и моментную нагрузки при смещении центра тяжести груза с оси подвеса.

1.3. ОРИЕНТИРОВАНИЕ И СТАБИЛИЗАЦИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

1.3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Ориентирование ГУ необходимо в том случае, когда перемещаемый груз должен быть определенным образом размещен в месте установки. ГУ ориентируют при дистанционном и автоматизированном управлении краном, при использовании кранов в качестве манипуляторов и в некоторых случаях при перегрузке контейнеров. Целесообразно оно и при оперировании длиномерными грузами.

Ориентирование ГУ может быть поступательным (продольным) и вращательным. Поступательное ориентирование осуществляется непосредственно механизмами передвижения крана и тележки, перемещающейся по его мосту или стреле.

Стабилизация положения ГУ, т. е. предотвращение его раскачивания на гибком подвесе (канатном полиспасте) под действием горизонтальных инерционных нагрузок, возникающих из-за ускорений в периоды неустановившегося движения, а иногда и из-за ветрового давления, выполняется кратковременным включением механизма передвижения в направлении, противоположном направлению качания ГУ в данный момент времени. Можно применять и специальные подвесы ГУ.

Ниже приведены допускаемые ускорения j механизмов передвижения кранов с гибким подвесом груза по нормам Минтяжмаша СССР:

| | | | |
|---|--------|-------------------|------------|
| Грузоподъемность, т | До 3,2 | Свыше 3,2 до 12,5 | Свыше 12,5 |
| Ускорение (м/с ²) при: | | | |
| перегрузке штучных грузов с ручной строповкой | 0,2 | 0,15 | 0,1 |
| монтажных работах | 0,1 | 0,067 | 0,05 |

Примечания. 1. При указанных грузоподъемностях ускорение при перегрузке штучных грузов приводным ГУ не должно превышать 0,1 м/с², при перегрузке насыпных материалов грейфером — 0,25 м/с² и при транспортировании жидкого металла — 0,1 м/с².

2. Для кранов с жестким подвесом груза допускаются ускорения, превышающие указанные на 50%.

Вращательное ориентирование выполняется специальным механизмом, который устанавливается непосредственно на ГУ или выполняют в виде самостоятельного опорно-поворотного устройства. При этом положение ГУ может быть стабилизировано так же, как и при продольном движении. Известны специальные конструкции опорно-поворотных устройств со встроенными демпферами.

Принудительное вращение ГУ обеспечивает повышение производительности крана, удобство производства складских и монтажных работ, сокращение тяжелого и опасного ручного труда, в особенности при производстве работ на высоте.

1.3.2. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

Вращательное ориентирование ГУ может быть выполнено вручную непосредственным поворотом груза или ГУ такелажниками (рис. 1.11), или механическим путем — принудительным вращением ГУ (рис. 1.12) относительно вертикальной оси подвижной обоймы грузового полиспаста. Вращение осуществляется механизмом, размещенным на обойме.

Независимо от типа и конструкции поворотного ГУ, устройство для вращения размещают на подвижной обойме грузового полиспаста и следовательно ГУ не имеет жесткой опоры, относительно которой должно происходить его вращение.

Принудительно вращаемое ГУ обычно подвешивают на нескольких канатах; в простейших случаях — параллельных, а в более сложных образующих пирамиду, сужающуюся к подвижным блокам (рис. 1.13 и 1.14).

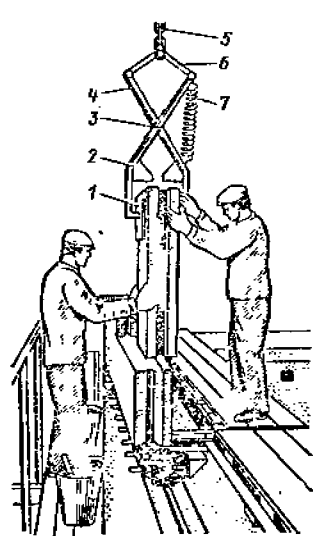


Рис. 1.11. Ориентирование такелажниками вручную при посадке на место груза, втягочного вращением ГУ:

1 — прижимная щека; 2 — упор; 3 — ось рычагов; 4 — рычаг; 5 — цепь для навески ГУ на крюк; 6 — тяга; 7 — пружина для раскрытия захвата

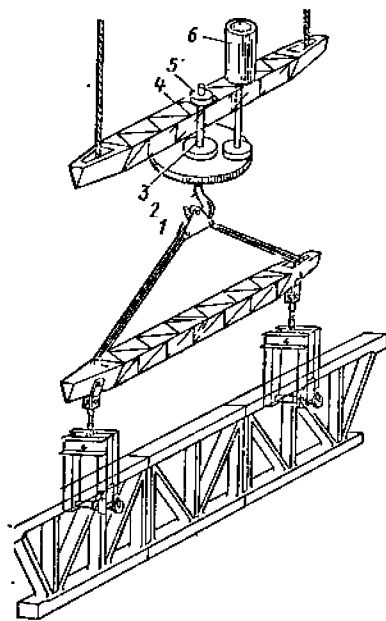


Рис. 1.12. Ориентирование груза принудительным вращением ГУ:

1 — крюк; 2 — поворотный круг; 3 — вертикальный вал; 4 — траверса; 5 — подпятник; 6 — механизм вращения

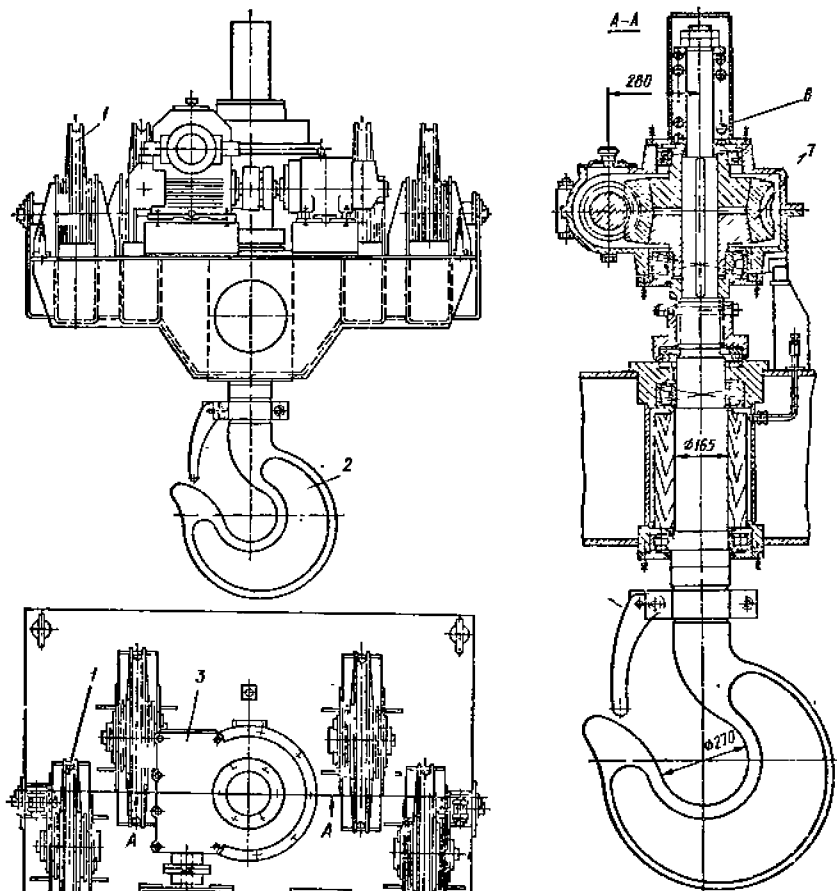


Рис. 1.13. ГУ с принудительным вращением крюка с двойным червячным механизмом с электроприводом, размещенным на подвижной крюковой обойме:

1 — подвижная блочная обойма; 2 — поворотный крюк; 3 — первый червячный редуктор; 4 — электродвигатель; 5 — второй червячный редуктор; 6 — пружина; 7 — фрикционная муфта

В конструкции с электромеханическим приводом [3] корпус нормальной крюковой обоймы с разведенными блоками выполняют с дополнительной площадкой, на которой устанавливают электродвигатель и механизм, связывающий вал двигателя с удлиненным хвостовиком крюка. Питание электродвигателя и управление им осуществляются при помощи гибкого кабеля. На рис. 1.13 показано поворотное ГУ грузоподъемностью 50 т аналогичной конструкции, но с встроенной муфтой предельного момента. Для повышения компактности применяют волновые или планетарные (см. рис. 1.14) передачи. Вертикальный электродвигатель 6 через двухрядный планетарный редуктор 5 и фрикционную постояннозамкнутую муфту 4 передает вращение втулке 3, опирающейся на подпятник 7 и несущей поворотные кулаки 2. Последние передают движение крюку 1, который вращается во втулке на подпятнике 8. При

Рис. 1.14. Крюковое ГУ с планетарным механизмом вращения крюка

откинутых кулаках 2 крюк отключается от привода. Такое конструктивное решение предотвращает восприятие хвостовиком крюка крутящего момента.

Электрохимический привод можно заменить гидромеханическим с использованием высокооборотного гидродвигателя, однако конструктивно более простое решение можно получить при применении Срездусторного привода с низкооборотным высокомоментным двигателем или, что более удобно, с лопастным (роторным) гидротолкателем (рис. 1.15). Клецовое ГУ используют для перегрузки длиномерных материалов. Траверса 9 с цапфами 10 связана с подвижной блочной обоймой грузового полиспаста крана. В траверсе 9 запрессована втулка 8, в которой вращается вертикальная цапфа 11 корпуса 12 ГУ. Для удержания корпуса 12 в траверсе 9 применена шайба 7, жестко прикрепленная к торцу цапфы 11. С цилиндрическим остовом траверсы 9 через промежуточный фланец 3 связан корпус лопастного (роторного) гидротолкателя 4, поворотная лопасть 6 которого валом 5 соединена с цапфой 11.

Жидкость от гидронасоса и распределителей, установленных на кране, подается в каждую из полостей гидротолкателя через входные патрубки 14 и 15 по гибким шлангам. В корпусе ГУ шарнирно закреплены лапы 1, управляемые штоком поршневого гидротолкателя 2.

Консольно закрепленная относительно корпуса 12 гребенка 13 служит дополнительной опорой для перегружаемых длиномерных материалов, что предотвращает необходимость в их зажиме и делает перегрузку возможной при смыкании лап и любом количестве грузов внутри них.

В крупных ГУ для ликвидации гибких шлангов гидронасос и распределитель совместно с приводным электродвигателем и гидробаком можно устанавливать непосредственно на корпусе ГУ, что хотя и упрощает управление, но в общем нецелесообразно, так как снижает полезную грузоподъемность крана и делает громоздким ГУ.

Более усовершенствован, но и сложнее выполнен поворотный механизм ГУ с гидравлическим демпфером [6] (рис. 1.16). Поворотный механизм можно устанавливать на различные ГУ — крюковые обоймы, грейферы, автостропы. Он приводится вертикальным электродвигателем; редуктор планетарный шестерчатый. Выходной вал его связан с валом демпфера открытыми зубчатыми передачами. Для присоединения ГУ применен промежуточный грузонесущий вал с Т-образным пазом.

Грузонесущий вал связан с валом редуктора зубчатой передачей и электромагнитной муфтой. При включении муфты через открытые зубчатые передачи вращаются также корпус и вал демпфера, причем последний связан с грузонесущим валом, а корпус демпфера через передаточный механизм с корпусом муфты.

При выключении электродвигателя и электромагнитной муфты вал демпфера, снабженный лопастью, совершает крутильные колебания, переноса жидкость через дроссель из одной полости в другую. Это способствует снижению времени затухания вращательных колебаний до 12 с, что в 5—10 раз меньше времени затухания без демпфирования. Управление приводом построено так, что меха-

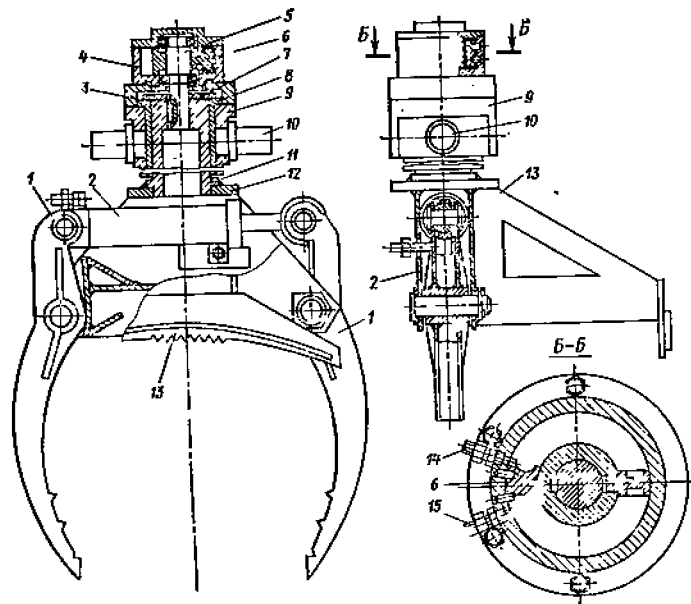


Рис. 1.15. Клецовое ГУ с принудительным вращением лопастным гидротолкателем, размещенным на подвижной обойме

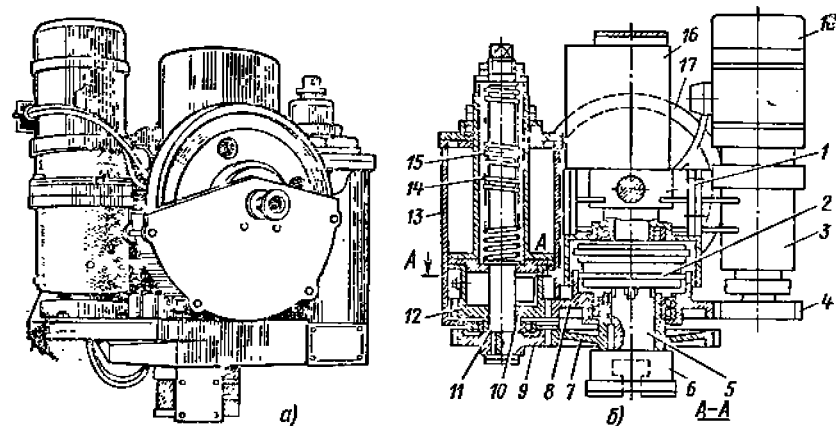
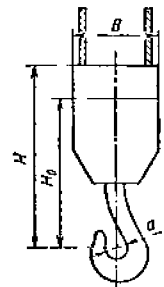


Рис. 1.16. Унифицированный поворотный механизм ГУ с электрохимическим приводом и демпфером:

а — общий вид; б — устройство механизма; 1 — цапфа для канатного блока; 2 — электромагнитная муфта; 3 — планетарный редуктор; 4, 9, 10 — шестерни; 5 — грузонесущий вал; 6 — место крепления ГУ; 7, 8 — зубчатые колеса; 11 — вал гидротолкателя; 12 — гидротолкатель моментного действия; 13 — крошитель; 14, 15 — пружины; 16 — токосъемник; 17 — блок; 18 — электродвигатель; 19 — лопасть; 20 — переключное отверстие; 21 — перемычка

1.16. Характеристика поворотных ГУ фирмы Фукуяма Танказаки

| Параметр | Грузоподъемность, т | | | |
|--------------------------|---------------------|-----------|-----------|---------|
| | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Крутящий момент, Н·м | 1920 | 1920 | 1920 | 4880 |
| Частота вращения, об/мин | 0 ... 3,5 | 0 ... 3,5 | 0 ... 3,5 | 0 ... 3 |
| Диаметр, мм: | | | | |
| каната | 18 | 22 | 25 | 28 |
| блока | 450 | 560 | 630 | 710 |
| Габаритные размеры, мм | | | | |
| H | 1426 | 1531 | 1671 | 1974 |
| B | 888 | 912 | 952 | 1075 |
| H ₀ | 1100 | 1200 | 1300 | 1550 |
| a | 140 | 180 | 200 | 224 |
| Масса грузозахвата, кг | 900 | 1300 | 1700 | 2560 |



низм может работать как в нормальном режиме включения, так и в импульсном с частотой около 0,2 Гц. При работе на малых углах поворота импульсный режим более эффективен.

Поворотный механизм имеет следующую характеристику: грузоподъемность 5 т; угол поворота в плане 360°; частота вращения 2 об/мин; электродвигатель типа АОЛ-22-4 мощностью 0,4 кВт, частотой вращения вала 1400 об/мин; редуктор с передаточным числом 341; общее передаточное число механизма 700. Крутящий момент газный демпфером 13 Н·м; масса поворотного механизма 210 кг. Габариты: высота 680 мм, радиус описанной окружности 390 мм

Японская фирма Фукуяма Танказаки применяет для поворотных ГУ электрогидравлический привод с высокомоментным тихоходным гидродвигателем и размещает все агрегаты гидросистемы непосредственно на ГУ (табл. 1.16).

Основанное на другом принципе действия поворотное ГУ (рис. 1.17) выпускает фирма Пайнер (ФРГ). На крюк 1 крана через переходное кольцо 2 навешивается подвесная скоба 3, на которую через подпятник опирается вал 4. Выходной конец последнего, выполненный в виде замкнутой петли 8, используется для навески собственно ГУ для груза. На валу 4 закреплена статорная часть 5 асинхронного электродвигателя. Роторная часть 6 закреплена в представляющем собой маховик корпусе 7, опирающемся на вал 4 через подшипники качения.

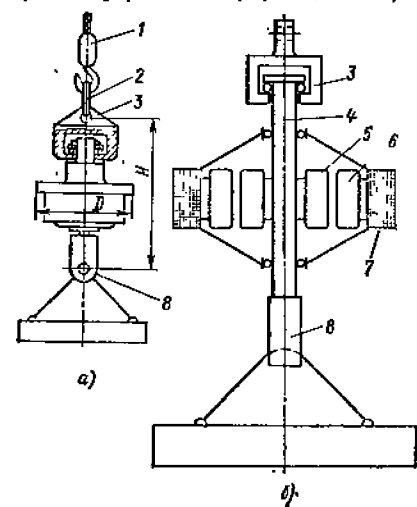


Рис. 1.17. Поворотное ГУ фирмы Пайнер: а — общий вид; б — схема привода

Частота вращения вала 4 и связанного с ним ГУ зависит от синхронной частоты вращения и соотношения моментов инерции статорной части с грузом и роторной с маховиком. Питание роторной части электроэнергией осуществляется через гибкий кабель и кольцевые токосъем-

1.17. Характеристика поворотных механизмов фирмы Пайнер

| Параметр | Грузоподъемность, т | | | | | | | | |
|---|---------------------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|
| | 4 | | 8 | | 16 | | 32 | | |
| Наибольшая длина груза, м | 5 | 7 | 7 | 10 | 10 | 15 | 20 | 15 | 20 |
| Мощность привода, кВт | 0,8 | 1,7 | 1,7 | 3,5 | 2,5 | 4,5 | 2,5 | 2,5 | 4,5 |
| Габаритные размеры (см. рис. 1.17), мм: | | | | | | | | | |
| H | — | — | 1130 | 1136 | 1176 | 1200 | — | 1434 | — |
| D | — | 745 | 765 | 765 | 765 | 830 | — | 970 | — |
| Масса механизма, кг | — | — | 290 | 475 | 830 | — | 1190 | — | — |

ники. Поскольку система взаимнообратима, ее работоспособность зависит от инерционных параметров груза.

Общие параметры этих механизмов приведены в табл. 1.17.

Особую группу составляют поворотные ГУ, приспособленные для работы с малыми контейнерами (при их перегрузке), так называемые автостропы. Для контейнеров они выполняются как навесное оборудование к крану или тельферу и представляют собой укрепленную на подвижной обойме полиспаста подтечного механизма площадку с расположенным на ней механизмом поворота. Последний вращает размещенный в центре площадки вертикальный стержень, к которому подвешена рама, несущая по углам поворотные крюки или лапы, взаимодействующие с соответствующими элементами контейнера — рамами для крюков или пазами для лап.

На рис. 1.18 показан полуавтоматический строп конструкции А. В. Гончарова. Рабочей площадкой его является корпус 6 двухпарного редуктора механизма поворота стропы, выходной вал которого, выполненный трубчатым, верхним концом закреплен в traversе подвижной обоймы полиспаста крана вместо крюка. К нижнему концу вала присоединена головка 7, к ушам которой при-

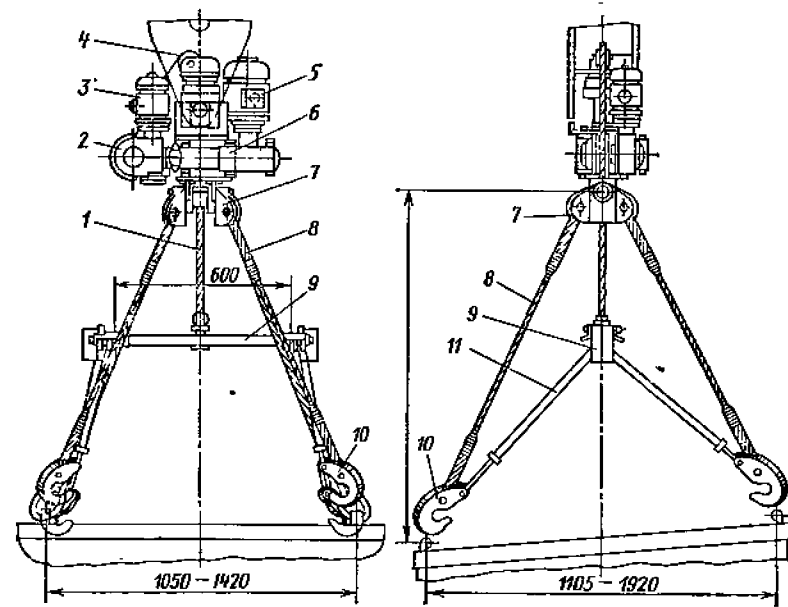
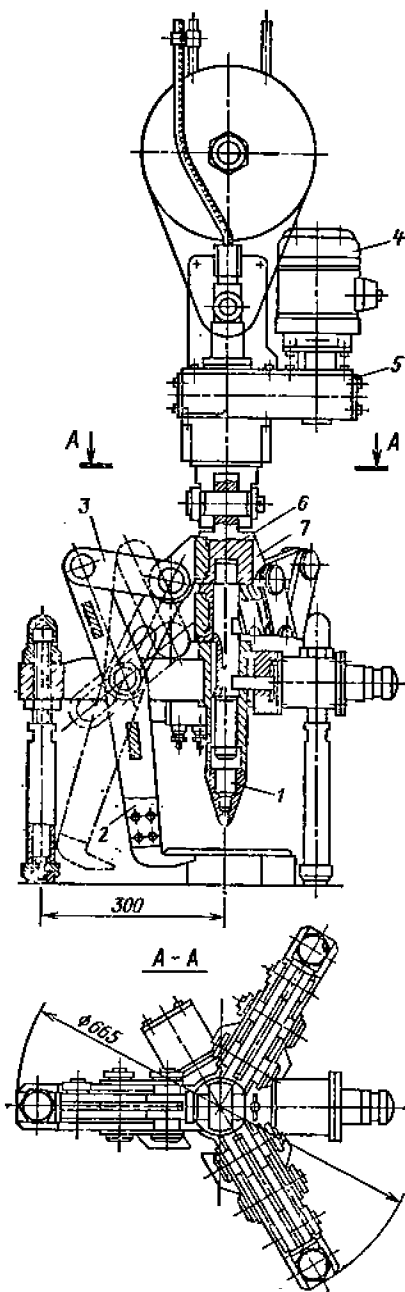


Рис. 1.18. Автостроп конструкции А. В. Гончарова

Рис. 1.19. Автроп конструкции ЦНИИ МПС



креплены отрезки каната 8, несущие на свободных концах крюки 10. К корпусу редуктора прифланцован электродвигатель 5. Крюки 10 управляются распорным устройством, состоящим из траверсной балки 9 и шарнирно укрепленных на ней и хвостовых плечах крюков 10 телескопически раздвижных стоек 11.

Траверсная балка 9 подвешена на канате 1, проходящем по оси трубчатого вала редуктора, огибающем блок 4 и навиваемым на барабан; последний закреплен на выходном валу червячного редуктора 2, приводимого электродвигателем 3. При опускании траверсной балки 9 крюки поворачиваются и при помощи поворотного механизма располагаются против отверстий рыч-болтов контейнера. При подъеме траверсной балки они сближаются и поворачиваются, заходя в отверстия контейнера. Расцепка осуществляется при опускании траверсной балки.

Несколько иначе выполнен автроп ЦНИИ МПС (Всесоюзный институт железнодорожного транспорта), предназначенный для оперирования с контейнерами, снабженными в верхней части специальными головками с выступающим бортом (рис. 1.19). Базой также является корпус 5 редуктора механизма поворота стропы, выходной вал которого верхним концом закреплен в траверсе подвижной обоймы полнпаста крана вместо крюка. Приводной электродвигатель 4 механизма поворота прифланцован к корпусу 5. Для получения большого передаточного числа редуктор выполнен двухпарным червячным. Захватная часть автропа прикреплена к нижнему концу выходного вала редуктора поворотного механизма. Захватная часть состоит из корпуса 6 с тремя равномерно расположенными по окружности проушинами 7, в которых шарнирно укреплены захватные лапы 2. Хвостовые плечи лап тягами 3 связаны с подвижным сердечником 1.

Применяются автропы и других конструкций.

Помимо описанных выше устройств применяют подъемные траверсы с опорно-поворотными устройствами, используемые, например, при производстве

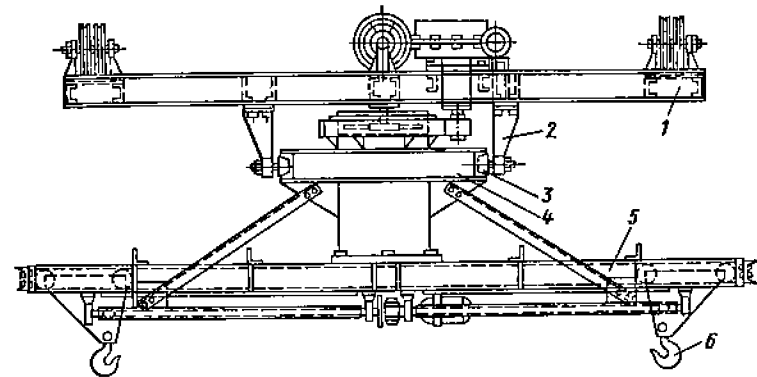


Рис. 1.20. Грузозахватная траверса с принудительным вращением

перегрузочных работ с длинномерными грузами — бревнами, трубами и др. (рис. 1.20). Траверса состоит из рам 1 и 5 сварной конструкции. На верхней раме 1, являющейся подвижной облоймой грузоподъемного полнпаста, размещены канатные блоки, через которые осуществляется пространственно-пирамидальная подвеска траверсы на нескольких ветвях каната, что предотвращает раскачивание ее относительно каретки (тележки) крана как в продольном, так и в поперечном направлениях. К раме 1 прикреплены кронштейны 2, на свободных концах несущие ролики 3. На ролики опирается кольцевой поворотный круг 4 нижней рамы 5, принудительно вращаемый размещенным на раме 1 механизмом. На раме 5 размещены крюки 6 для навешивания стропов, несущих груз.

Возможны и иные варианты выполнения подобных устройств [1].

1.3.3. УСТРОЙСТВА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

Малая жесткость (как крутильная, так и поперечная) нормальных грузоподъемных полнпастов с параллельным расположением ветвей, способствует в начале и конце движения возникновению соответствующих крутильных и поперечных, медленно затухающих колебаний, усложняющих и удлиняющих перегрузочный процесс. Для снижения амплитуды и частоты крутильных колебаний и стабилизации положения ГУ относительно вертикальной оси используют демпферы (см. рис. 1.16). Для уменьшения амплитуды и частоты поперечных колебаний помимо оптимальных методов управления соответствующими механизмами, применяют следующие конструктивные решения: 1) выполняют грузоподъемный полнпаст в виде пространственной системы пирамидальной формы, сужающейся к ГУ; 2) используют жесткую рычажно-шарнирную конструкцию, стабилизирующую положение ГУ.

Различные варианты выполнения пространственной системы грузового полнпаста представлены на рис. 1.21. Базовой является система из трех полнпастов, сходящихся на ГУ (рис. 1.21, а). Каждый полнпаст связан с отдельным барабаном, синхронно вращающимся с двумя другими, или, что чаще делается, с помощью отводных блоков канаты выводятся на общий барабан. Две подобные системы обеспечивают стабилизацию траверсы (рис. 1.21, б). Так как применение трехветвевой подвески не всегда удобно, для крепления ГУ можно использовать четырехветвевую подвеску с четырьмя (рис. 1.21, в) или, что проще, с двумя длинными синхронно вращающимися барабанами (рис. 1.21, г). Можно применять и один барабан, но в этом случае канаты двух противоположных полнпастов грузовой подвески должны наматываться на барабан с противоположных сторон.

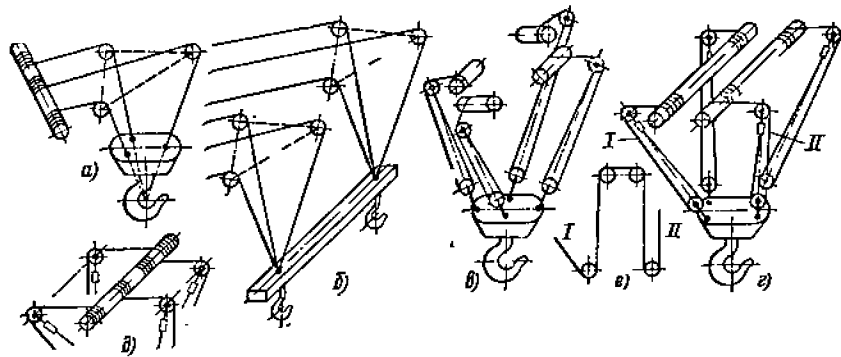


Рис. 1.21. Пространственные системы грузовых полиспастов: а — подвеска крюковой обоймы на трех канатах; б — подвеска траверсы на двух трехканатных системах; в — подвеска крюковой обоймы на четырех полиспастных системах с четырьмя барабанами; г — то же, с двумя барабанами; д — то же, с одним барабаном; е — установка уравнивательных блоков (к системе по схеме г)

При больших высотах подъема барабан должен иметь большую длину, что усложняет конструкцию подъемного механизма (рис. 1.21, д).

Так как на приведенных на рис. 1.21 схемах канатные полиспасты не сбалансированы, в них должны быть включены винтовые стяжки-тельеры, с помощью которых можно выравнивать натяжение параллельно работающих полиспастов. Чтобы избежать неравномерной загрузки полиспастов, канаты можно связать через уравнивательный блок, как показано на рис. 1.21, е, однако при этом они могут перекачиваться по блокам, что повысит время затухания колебаний. При таком конструктивном решении уравнивательный блок надо принудительно подтормаживать, чтобы интенсивно рассеивалась энергия колебаний. Различные схемы пространственных подвесок приведены в работах [1, 12].

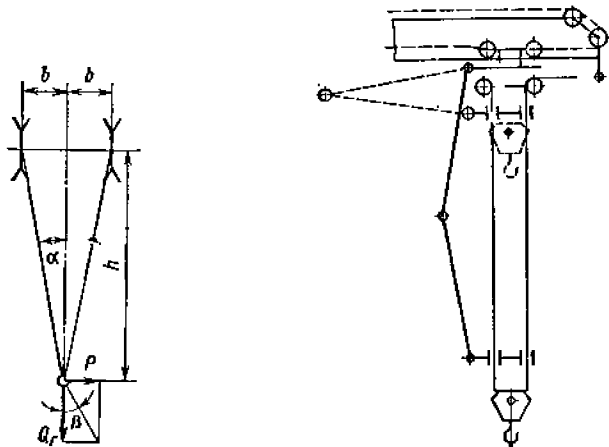


Рис. 1.22. Расчетная схема расстановки отклоняющих блоков

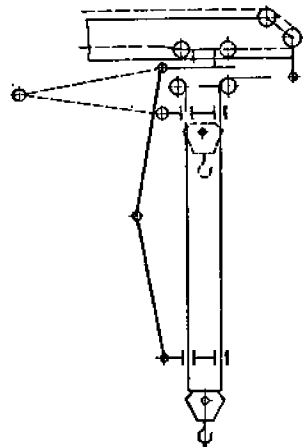
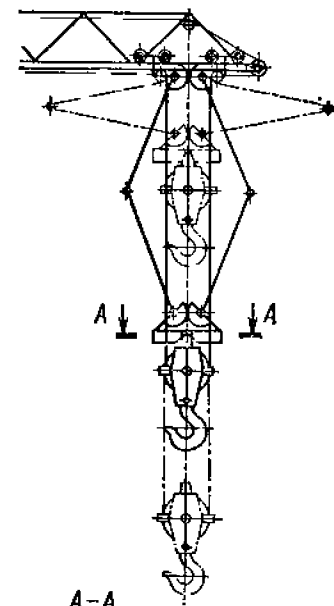


Рис. 1.23. Односторонняя рычажно-шарнирная система для стабилизации положения крюковой ГУ

Рис. 1.24. Двухсторонняя рычажно-шарнирная система для стабилизации положения крюковой ГУ



Угол наклона ветвей пространственной пирамиды определяют из условия, что под действием горизонтальных сил (ветровых, инерционных, технологических и др.), действующих на груз, натяжение ни одной из ветвей не уменьшается до нуля. Ветви полиспаста (рис. 1.22) будут натянуты до тех пор, пока угол β будет меньше угла α :

$$\alpha = \arctg(b/h);$$

$$\beta = \arctg(P/Q_r).$$

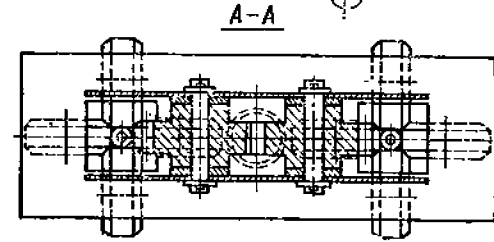
При коэффициенте запаса k_α (обычно принимают $k_\alpha = 1,25$) получим

$$k_\alpha \beta = \alpha \text{ или } b/h = k_\alpha P/Q_r,$$

откуда

$$b = k_\alpha h P/Q_r.$$

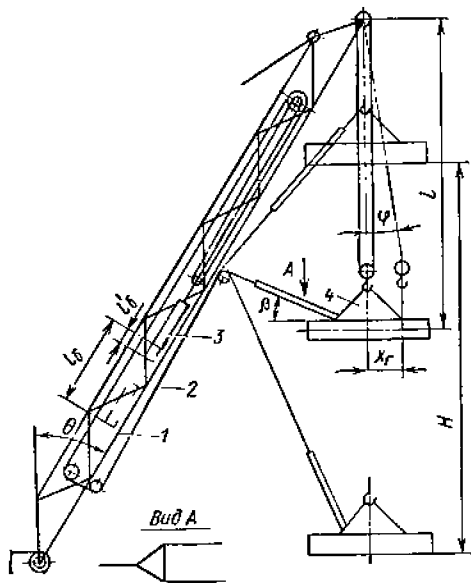
Приведенные на рис. 1.21 схемы относятся к кранам мостового типа, с небольшой высотой подъема, в тележках которых верхние отводные блоки могут быть расставлены широко. Для отдельных кранов особенно большой высотой подъема, приведенные решения практически неприменимы и приходится использовать жесткие конструкции. Жесткие рычажно-шарнирные конструкции (рис. 1.23), стабилизирующие положение ГУ, применяют редко. К тележке, перемещающейся по стреле крана, прикреплен двухсторонней шарнирный пространственно-развитый рычаг с трубчатыми каналами для ветвей грузового полиспаста. Если для полной высоты подъема крюка длина рычага получается большой, то его можно делать не на всю высоту подъема. Односторонняя рычажная система является недостаточно жесткой и ее можно выполнять двухсторонней, как показано на рис. 1.24. Шарнирно-рычажная система в верхней части прикреплена к перемещающейся по стреле тележке крана, а в нижней — шарнирно к траверсе, имеющей в середине отверстие, в которое входит штырь крюковой обоймы. Для равномерного без перекоса перемещения рычагов системы, они в верхних и нижних концах связаны между собой зубчатыми секторами. В траверсе имеются каналы для пропуска ветвей грузового полиспаста. Подобные устройства эффективно применять в башенных кранах при больших горизонтальных нагрузках.



1.3.4. ПАСИВНЫЕ УСПОКОИТЕЛИ

Естественное затухание колебаний происходит медленно и зависит от параметров внутреннего трения в ГУ и его подвесе, определяемых логарифмическим коэффициентом затухания λ , который является нестабильным и изменяется в широких пределах. При малых значениях $\lambda \approx 0,1 \dots 0,25$ и большом периоде

Рис. 1.25. Пассивный успокоитель ГУ



колебаний 3... 5 с общее время затухания до полной остановки ГУ велико. Для его сокращения и быстрой остановки ГУ применяют успокоители различных конструкций. Их используют преимущественно в стреловых кранах, часто для стабилизации грейферов. Пассивные успокоители (рис. 1.25) имеют балластный груз 3, движущийся по направляющим вдоль стрелы 1 и укрепленный к образующему полиспасть удерживающему канату 2, присоединенному к ГУ 4 любого типа. Масса балластного груза по сравнению с массой поднимаемого груза невелика, поэтому при подъеме и опускании ГУ балластный груз за счет составляющей

силы натяжения удерживающего каната следует за ним по направляющим свободно. При раскачивании ГУ составляющая кратковременно действующего натяжения удерживающего каната, недостаточна для быстрого преодоления инерции и передвижения балластного груза, что приводит к предотвращению раскачивания ГУ.

Длина хода l_6 балластного груза определяется изменением длины ветви каната при изменении высоты подъема груза. Для успокоения груза при колебаниях его ход l_6 должен быть невелик. Успокоитель целесообразно размещать в коренной части стрелы, чтобы уменьшить создаваемый им опрокидывающий момент, снижающий полезную грузоподъемность крана. Массу балластного груза можно определить из следующих соображений. Из анализа колебательного процесса, характеризующего отклонение подвешенного груза от вертикали при неустановившемся движении крана, следует, что это отклонение для любого момента времени t [2]

$$x_r = \frac{Tl}{g(m_k + m_p + m_r)} \left[1 - \cos \sqrt{\frac{g}{l} \left(1 + \frac{m_r}{m_k + m_p} \right)} t \right],$$

где T — ускоряющая сила; l — длина подвеса груза; g — ускорение свободного падения; m_k , m_p , m_r — массы крана, ротора (и связанных с ним механизмов) и груза соответственно, приведенные к движителю крана.

Наибольшее отклонение имеет место при

$$\cos \sqrt{\frac{g}{l} \left(1 + \frac{m_r}{m_k + m_p} \right)} t = -1,$$

и его значение в этом случае

$$x_r = \frac{2Tl}{g(m_k + m_p + m_r)}.$$

Угол φ отклонения груза от вертикали

$$\varphi = \text{arctg}(x_r/l),$$

а горизонтальная составляющая натяжения подвеса

$$P_{гор} = m_r g \text{tg} \varphi = m_r g \frac{2Tl}{gl(m_k + m_p + m_r)} = 2T \frac{m_r}{m_k + m_p + m_r}.$$

Ей должно соответствовать тяговое усилие успокоителя. Наибольший подъем груза

$$h_r = x_r \text{tg} \varphi = x_r^2/l.$$

Потенциальная энергия груза весом $Q_r = m_r g$

$$\Pi = Q_r h_r = \frac{Q_r x_r^2}{l} = \frac{Q_r \cdot 4T^2 l^2}{g^2 l (m_k + m_p + m_r)^2} = \frac{4T^2 l}{g} \frac{m_r}{(m_k + m_p + m_r)^2}.$$

Полагая, что энергия гасится линейно за n колебаний, выразим энергию, которую нужно погасить при первом колебании,

$$E_1 = \frac{2\Pi}{n} = \frac{8T^2 l}{gn} \frac{m_r}{(m_k + m_p + m_r)^2}.$$

Энергия, подлежащая гашению при каждом следующем колебании,

$$E_i = E_1 \left(1 - \frac{i-1}{n} \right),$$

где i — порядковый номер колебания.

При $i = n + 1$ $E_i = 0$.

Для гашения энергии E_1 должна быть совершена работа балластного груза весом G

$$E_G = \frac{G l_6 \cos \theta}{\eta} = \frac{G \cdot 2x_r \cos \theta}{u_n \cos \beta \cdot \eta} = G \frac{4Tl \cos \theta}{g(m_k + m_p + m_r) u_n \eta \cos \beta},$$

где θ — угол наклона траектории балластного груза (стрелы крана) к вертикали; u_n — кратность полиспаста; β — средний угол между направлением каната успокоителя, идущего к грузу, и горизонтально; η — КПД механизма успокоителя, учитывающий потери в полиспасте успокоителя и на перемещение балластного груза.

Приравняв $E_1 = E_G$, получаем

$$\frac{8T^2 l}{gn} \frac{m_r}{(m_k + m_p + m_r)^2} = G \frac{4Tl}{g u_n \eta} \frac{1}{m_k + m_p + m_r} \frac{\cos \theta}{\cos \beta},$$

откуда

$$G = \frac{2T u_n \eta}{n} \frac{m_r}{m_k + m_p + m_r} \frac{\cos \theta}{\cos \beta}.$$

Кратность полиспаста u_n определяется из отношения наибольшего хода каната успокоителя $l_{усп}$, зависящего от полной высоты подъема крана H ($l_{усп} = aH$, здесь $a = (1 - \sin \theta)/(\cos \theta) \rightarrow 0,5$), к ходу балластного груза l_6 , т. е.

$$u_n = aH/l_6.$$

Так как короткая стрела монтируется обычно из двух элементов и направляющие груза и полиспаст по возможности должны размещаться на корневой части стрелы, целесообразно принимать

$$l_6 = bH/\cos \theta$$

и, следовательно,

$$u_n = aH \cos \theta / (bH) = (a/b) \cos \theta.$$

Целесообразно принимать $b = 0,2 \div 0,3$.

Для уменьшения хода балластного груза кратность u_n следует увеличивать, однако надо учитывать, что это приводит к соответствующему увеличению его массы.

Параметр n в зависимости от x_p целесообразно принимать равным 1...3. Применение изложенного метода определения массы груза успокоителя рассмотрим по данным примера 1.5.

Пример 1.7. Согласно данным примера 1.5

$$m_k = 50 \text{ т}; m_p = 60 \text{ т}; m_r = 15 \text{ т};$$

$$\frac{m_r}{m_k + m_p + m_r} = \frac{15}{50 + 60 + 15} = 0,12.$$

Избыточную силу T при торможении можно определить исходя из допускаемых ускорений (см. с. 35). Для крана грузоподъемностью 15 т при перегрузке насыпных грузов $j = 0,25 \text{ м/с}^2$.

Замедляющая сила

$$T = (Q + m_k) j = (15\,000 + 50\,000) 0,25 = 16\,250 \text{ Н}.$$

Угол наклона стрелы θ при длине подвеса 5 м и вылете крюка от паты стрелы $R_0 = 2,9 \text{ м}$.

$$\operatorname{tg} \theta = 2,9/5 = 0,58; \quad \theta \cong 30^\circ.$$

Среднее значение угла β также можно принять равным 30° , а КПД $\eta = 0,85$. Тогда вес груза успокоителя

$$G_{\text{усп}} = \frac{2T u_{II} \eta}{n} \frac{m_r}{m_k + m_p + m_r} \frac{\cos \theta}{\cos \beta} = 2 \cdot 16\,250 \cdot 0,85 \frac{u_{II}}{n} 0,12 \frac{0,577}{0,577} = 3\,500 \frac{u_{II}}{n} = 3\,500 \frac{a}{b} \text{ Н}.$$

Ход груза при колебаниях и принятом ускорении

$$x_r = \frac{2Tl}{g(m_k + m_p + m_r)} = \frac{2 \cdot 16\,250 \cdot 5}{9,81(50 + 60 + 15) 10^3} = 0,165 \text{ м}.$$

При длине короткой стрелы $l_c = 15 \text{ м}$ и высоте подъема $H = 14,5 \text{ м}$, можно принять $a = l_{\text{усп}}/H = 0,45$ и $b = l_c \cos \theta/H = 0,225$. Минимальная кратность полиспаста

$$u_{II} = \frac{a}{b} \cos \theta = \frac{0,45 \cdot 0,866}{0,225} \rightarrow 2$$

Поскольку при $n = 1$ вес груза успокоителя получается при этой кратности большим 7000 Н, примем $n = 2$. Тогда вес груза успокоителя уменьшится до $G_{\text{усп}} = 3500 \text{ Н}$, а масса m_r до 350 кг. Ход полиспаста груза успокоителя при изменении положения груза по высоте $H = 14,5 \text{ м}$ и угле $\theta = 30^\circ$

$$l_G = 0,225H/\cos \theta = 0,225 \cdot 14,5/0,866 = 3,8 \text{ м}$$

Ход полиспаста груза успокоителя при колебаниях (размах $2x_r$)

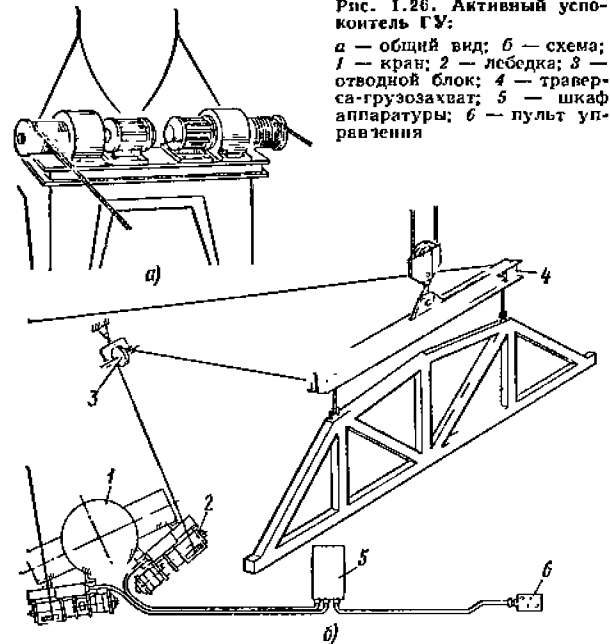
$$l_G' = 2x_r/(u_{II} \cos \beta) = 2 \cdot 0,165/(2 \cdot 0,866) \cong 0,2 \text{ м}.$$

Более сложные системы для гашения колебаний практического применения в нормальных условиях эксплуатации не получили.

1.3.5. АКТИВНЫЕ УСПОКОИТЕЛИ

Активный успокоитель выполняется в виде двух приводных лебедок, регулирующих в обоих направлениях длины и натяжения двух удерживающих канатов, которые прикреплены к концам траверсы грузозахвата (рис. 1.26). При помощи канатов можно фиксировать положение ГУ в пространстве, предотвращая его свободные колебания относительно вертикальной оси и разворот под действием ветровых и инерционных нагрузок. Такие успокоители можно устанавливать на башенных и самоходных кранах. На башенных кранах лебедку и отводные

Рис. 1.26. Активный успокоитель ГУ:



a — общий вид; b — схема; 1 — кран; 2 — лебедка; 3 — отводной блок; 4 — траверса-грузозахват; 5 — шкаф аппаратуры; 6 — пульт управления

блоки размещают на башне, а на самоходных стреловых кранах — непосредственно на стреле. Аппаратура управления лебедками находится в кабине крана, пульт может быть вынесен для дистанционного управления. При малых вылетах стрелы успокоитель полностью ликвидирует колебания ГУ, а при больших вылетах приблизительно в 2 раза их уменьшает.

Так как в ряде положений ГУ может иметь место растяжка удерживающего каната, лебедки должны быть оборудованы муфтами предельного момента, обеспечивающими проворот барабанов предельным натяжением удерживающего каната.

При расчете такого успокоителя для стабилизации грузозахватной траверсы можно ориентироваться на приведенные ранее данные о параметрах колебаний груза при передвижении крана и вращении его поворотной части (см. п. 1.3.4), а также данные по определению сопротивления повороту ГУ с грузом.

Характеристика активных успокоителей некоторых типов приведена в табл. 1.18.

Усилие, воспринимаемое канатом успокоителя при продольном колебании груза, соответствует горизонтальной составляющей натяжения подвеса

$$P_{\text{гор}} = 2T \frac{m_r}{m_k + m_p + m_r}.$$

Усилие $S_{\text{усп}}$, воспринимаемое канатом успокоителя при вращении груза, зависит от момента инерции груза и грузозахватного устройства J_r ,

1.18. Характеристика активных успокоителей

| Параметр | Тяговое усилие каната лебедки, Н | |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------|
| | 2000 | 4000 |
| Скорость каната, м/с | 10 ... 16 | 10 ... 16 |
| Длина каната, м | 50 | 60 |
| Диаметр каната, мм | 3,1 | 6,8 |
| Мощность двигателя лебедки, кВт | 1,5 | 2,6 |
| Масса, кг: лебедки | 80 | 170 |
| успокоителя | 220 | 480 |

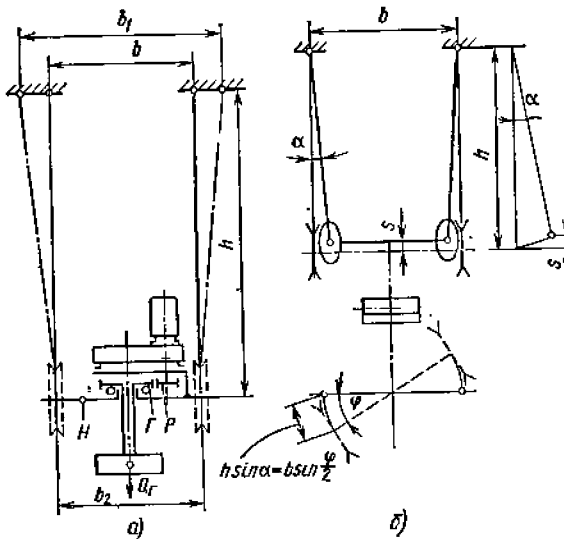


Рис. 1.27. Расчетная схема канатного подвеса поворотного ГУ:
 а — в нормальном положении; б — при повороте на угол φ

периода t_p неустановившегося движения при разгоне или торможении механизма успокоителя [2], неуравновешенного момента M_B от ветровой нагрузки и плеча l действия каната:

$$S_{\text{усп}} = \frac{M_{\text{ин}} + M_B}{l} = \frac{0,105nJ_{\Gamma} + M_B}{t_p}.$$

Скорость каната может быть принята по данным табл. 1.18. Расчет успокоителей других типов приведен в работе [7].

1.3.6. ДИНАМИКА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА

Грузовой полиспаст поворотного ГУ в простейшем случае состоящий из двух канатов, представляет собой бифилярный подвес, который под действием реактивного момента при вращении ГУ закручивается, а в дальнейшем является его опорой (рис. 1.27, а).

Угол поворота бифилярного подвеса можно определять из следующих соображений. Если M_P — реактивный момент подвеса, Q_r — вес груза и подвесных приспособлений, то, так как закручивание подвеса связано с подъемом груза, должно быть соблюдено равенство (рис. 1.27, б)

$$M_P d\varphi = Q_r ds \text{ или } M_P = Q_r ds/d\varphi,$$

где $d\varphi$ — угол поворота ГУ; ds — его вертикальное перемещение.

Из геометрических соотношений

$$s = h(1 - \cos \alpha); \quad h \sin \alpha = b \sin(\varphi/2),$$

откуда

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{b}{h} \sin \frac{\varphi}{2}\right),$$

а

$$s = h \left[1 - \cos\left(\arcsin \frac{b}{h} \sin \frac{\varphi}{2}\right) \right].$$

Отсюда

$$\frac{ds}{d\varphi} = \frac{b^2}{4h} \frac{\sin \varphi}{\sqrt{1 - \left(\frac{b}{h}\right)^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}}}.$$

Следовательно,

$$M_P = Q_r \frac{b^2}{4h} \frac{\sin \varphi}{\sqrt{1 - \left(\frac{b}{h}\right)^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}}} = Q_r R,$$

где $Q_r b^2 / (4h) = C$ — угловая жесткость подвеса, а R — условный радиус.

Путем аналогичных рассуждений можно определить реактивный момент при подвесе на двух непараллельных ветвях с расстояниями b_1 и b_2 (см. рис. 1.27, а) и на двух группах параллельных ветвей с числом ветвей n_1 при расстоянии b_1 и с числом ветвей n_2 при расстоянии b_2 . За b следует принимать в первом случае

$$b = \sqrt{b_1 b_2},$$

во втором случае

$$b = \sqrt{\frac{n_1 b_1^2 + n_2 b_2^2}{n_1 + n_2}}.$$

Как видно из этих формул, реактивный момент имеет квадратичную зависимость относительно базы канатного подвеса b , ввиду чего последний для повышения реактивного момента желательно удлинять, что и определяет целесообразность применения траверсы.

Так как при вращении крюка подвес закручивается, т. е. энергия накапливается, процесс в дальнейшем приобретает крутильно-колебательный характер, что неблагоприятно отражается на удобстве и точности установки груза.

Как видно из формулы, определяющей M_P , предельный угол закручивания $\varphi \ll \pi/2$, после чего M_P убывает, а при значительном угле φ вообще стремится к нулю и полиспаст закручивается. Угол φ , определяемый расчетом, не должен превышать 45° .

Поведение груза на принудительно вращаемом поворотном крюке в различные периоды цикла рассмотрено в ряде работ [4, 5, 8, 13] путем составления, решения и анализа дифференциальных уравнений движения системы.

Поворотный механизм всего устройства в целом (см. рис. 1.27, а) можно считать дифференциальным [5] при ведущем звене P — приводной шестерни механизма вращения, и ведомых звеньях Γ — зубчатом колесе совместно с вращаемым им крюком и висящим на нем грузом, и H — траверсе — водиле.

Связь между движениями отдельных звеньев этого механизма имеет вид

$$d\varphi_e = \frac{\partial \varphi_P}{\partial \varphi_H} d\varphi_H + \frac{\partial \varphi_P}{\partial \varphi_\Gamma} d\varphi_\Gamma.$$

Потенциальная энергия

$$\Pi = Q_r s = Q_r h \left[1 - \cos \alpha \left(\arcsin \frac{b}{h} \sin \frac{\varphi}{2} \right) \right].$$

Кинетическая энергия системы

$$T = \sum T_i = T_\Gamma + T_P + T_H + T_Q.$$

Кинетическая энергия звена Γ

$$T_\Gamma = J_\Gamma \omega_\Gamma^2 / 2,$$

где J_Γ — момент инерции груза и вращающихся совместно с ним элементов (крюка, зубчатого колеса и др.); ω_Γ — угловая скорость крюка с грузом.

Кинетическая энергия звена P

$$T_P = J_P \frac{\omega_P^2}{2} = J_P \frac{(\omega_{P-n} + \omega_n)^2}{2} = J_P \frac{\omega_{P-n}^2}{2} + J_P \frac{\omega_n^2}{2} + J_P \omega_{P-n} \omega_n,$$

где $J_P = \sum J_{iP} u_{iP}^2$ — моменты инерции ротора и элементов механизма, приведенные к оси ведущего колеса; u_{iP} — передаточное число от соответствующего вала до оси ведущего колеса; $\omega_{P-n} = \omega_P / u_{iP}$ — угловая скорость ротора и элементов механизма, приведенные к оси ведущего колеса P при неподвижном водиле (здесь ω_P — угловая скорость вала электродвигателя; ω_n — угловая скорость траверсы относительно своей оси вращения, т. е. оси вращения крюка).

Кинетическая энергия звена H

$$T_H = J_H \frac{\omega_H^2}{2} = (J_{TP} + J_{ред} + J_{эл}) \frac{\omega_H^2}{2} + (G_{TP} + G_{ред} + G_{эл}) a^2 \frac{\omega_H^2}{2},$$

где J_{TP} , $J_{ред}$, $J_{эл}$, G_{TP} , $G_{ред}$, $G_{эл}$ — соответственно моменты инерции (J) относительно своих осей и веса (G) траверсы, редуктора, электродвигателя; a — расстояние от оси вращения до центра тяжести системы редуктор—двигатель.

Кинетическая энергия груза массой $Q = m_G$ при его поступательном перемещении со скоростью $v = ds/d\varphi$, связанном с крутильными колебаниями траверсы,

$$T_Q = \frac{m_G v^2}{2} = m_G \left(\frac{b^2}{4h} \right)^2 \frac{\sin^2 \varphi}{1 - \left(\frac{b}{h} \right)^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}} \frac{\omega_n^2}{2}.$$

Просуммировав, получим

$$T = J_G \frac{\omega_G^2}{2} + \sum J_{iP} u_{iP}^2 \left[\frac{\omega_P^2}{2u_{iP}^2} + \frac{\omega_n^2}{2} + \frac{\omega_P \omega_n}{u_{iP}} \right] + (J_{TP} + J_{ред} + J_{эл}) \frac{\omega_H^2}{2} + (G_{TP} + G_{ред} + G_{эл}) a^2 \frac{\omega_H^2}{2} + m_G \left(\frac{b^2}{4h} \right)^2 \times \frac{\omega_n^2}{2} \frac{\sin^2 \varphi}{1 - \left(\frac{b}{h} \right)^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}}.$$

При ряде допущений, связанных с исключением из энергетических показателей величин второго порядка малости, составляют и решают уравнения Лагранжа, определяющие движение груза и траверсы-водила при принудительном развороте ГУ.

В период разгона механизма при действии создаваемого двигателем на оси вращения ведущей шестерни P пускового момента M_{P-n} и углах закрутки $\varphi_n < 20^\circ$ уравнения движения имеют вид (без учета момента от сил трения в опоре крюка и блоках)

$$J_{G-n} \ddot{\varphi}_G = M_{P-n} u_{(P-n)M} = M_{G-n};$$

$$J_{H-n} \ddot{\varphi}_H + C \varphi_H = M_{P-n} u_{(P-n)H} = M_{H-n},$$

где $u_{(P-n)M}$ и $u_{(P-n)H}$ — передаточные числа в планетарной передаче между звеньями P и G и P и H соответственно, при неподвижных звеньях H и G ; $C = Q_G b^2 / (4h)$ — условная угловая жесткость подвеса; J_{G-n} , J_{H-n} — приведенные к звеньям G и H моменты инерции.

Решение указанных уравнений имеет вид:

$$\omega_{H-n} = \frac{M_{H-n}}{C} \sqrt{\frac{C}{J_H}} \sin \sqrt{\frac{C}{J_H}} t_P;$$

$$\varphi_{H-n} = \frac{M_{H-n}}{C} \left[1 - \cos \sqrt{\frac{C}{J_H}} t_P \right];$$

$$\varphi_{G-n} = \frac{M_{G-n}}{2J_G} t_P^2;$$

$$\omega_{G-n} = \frac{M_{G-n}}{J_G} t_P,$$

где время разгона (пуска) вала электродвигателя

$$t_P = \frac{\omega_P}{u_{ред} u_{(P-G)H}} \frac{1}{\frac{M_{H-n}}{J_H + J_{P-n}} + \frac{M_{G-n}}{J_G + J_{P-n}}},$$

здесь $u_{ред}$ — передаточное число редуктора; $u_{(P-G)H}$ — передаточное число от редуктора к крюку при неподвижном водиле; M_{H-n} , M_{G-n} — пусковые моменты, приведенные к траверсе (водилу) и к крюку; J_H , J_G — моменты инерции траверсы (водила) и груза; J_{P-n} , J_{P-n} — моменты инерции ротора электродвигателя и механизмов, приведенные к траверсе (водилу) и к грузу.

После разгона вала электродвигателя последний закручивает подвес траверсы, а реактивный момент подвеса разворачивает ГУ. Дифференциальное уравнение движения для этого периода

$$J_H \ddot{\varphi}_H + C \varphi_H = -(M_{TP, бл} + M_{TP, кр}) = -M_{TP, (бл+кр)};$$

$$J_G \ddot{\varphi}_G = -M_{TP, кр},$$

где $M_{TP, бл}$ и $M_{TP, кр}$ — моменты трения в блоках подвески и в опоре крюка соответственно; $M_{TP, (бл+кр)}$ — сумма этих моментов.

Решение этих уравнений дает возможность получить значения угловых скоростей и перемещений ГУ:

$$\omega_{G, общ} = \omega_{G, кол} + \omega_{G, н};$$

$$\varphi_{G, общ} = \varphi_{G, кол} + \varphi_{G, н},$$

где $\omega_{G, кол}$ и $\varphi_{G, кол}$ — угловые скорость и перемещение при колебаниях; $\omega_{G, н}$ и $\varphi_{G, н}$ — номинальные значения угловой скорости и перемещения.

Номинальная угловая скорость и перемещения ГУ при неподвижной траверсе-водиле и при угловой скорости вала электродвигателя ω_P

$$\omega_{G, н} = \frac{\omega_P}{u_{ред} u_{(P-G)H}},$$

$$\varphi_{G, н} = \omega_{G, н} t.$$

При этом

$$\omega_{G, общ} = \omega_{G, н} + (\omega_{G, н} - \omega_{G, н}) \cos \sqrt{\frac{C}{J_H}} t - \left(\frac{M_{TP, (бл+кр)}}{C} + \right.$$

$$\left. + \varphi_{H-n} \right) \sqrt{\frac{C}{J_H}} \sin \sqrt{\frac{C}{J_H}} t;$$

$$\Phi_{Г. общ} = \omega_{Г. п} t + (\omega_{Г. п} - \omega_{Г. н}) \sqrt{\frac{J'_Г}{C}} \sin \sqrt{\frac{C}{J'_Г}} t +$$

$$+ \left(\frac{M_{Тр} (бл+кр)}{C} + \Phi_{н. п} \right) \cos \sqrt{\frac{C}{J'_Г}} t - \frac{M_{Тр} (бл+кр)}{C},$$

где $\omega_{Г. п}$ — угловая скорость ГУ в конце пуска; $\omega_{Г. н} = M_{Г. п} t_p / J'_Г$; $\Phi_{н. п}$ — угол поворота траверсы в конце пуска $\Phi_{н. п} = (M_{н. п} / C) [1 - \cos \sqrt{C/J'_Г} t_p]$; $J'_Г$ — момент инерции всех подвижных масс относительно оси звена Г — оси вращения груза;

$$J'_Г = J_Г + J_н + Q \left(\frac{b^2}{4h} \right)^2 \frac{\sin^2 \varphi}{1 - (b/h)^2 \sin^2 (\varphi/2)};$$

ввиду малости последнего члена

$$J'_Г \approx J_Г + J_н.$$

Выражения, определяющие $\Phi_{Г. кол}$ и $\omega_{Г. кол}$, характеризуют колебательный процесс. Из уравнения, определяющего $\Phi_{Г. кол}$, следует, что угловая частота колебаний груза

$$p = \sqrt{C/J'_Г},$$

период колебаний

$$T = 2\pi \sqrt{J'_Г/C}.$$

Максимальный угол поворота траверсы

$$\Phi_{н. max} = \frac{T}{2\pi} \omega_{Г. п} = \frac{\omega_p}{u_{ред} u_{(p-r) н}} \sqrt{\frac{J'_Г}{C}}.$$

В конце разгона вала электродвигателя

$$\omega_{Г. p} = \frac{\omega_p}{u_{Г} u_{Г-Г}}, \quad \text{а} \quad \Phi_{н. p} = -\frac{M_{Тр} (бл+кр)}{C},$$

где $M_{Тр} (бл + кр)$ можно понимать как момент сопротивления повороту подвеса

Как видно из выражения

$$\Phi_{Г} = \omega_{Г. н} t - M_{Тр} (бл+кр) / C,$$

груз будет разворачиваться равномерно, но для этого необходимо, чтобы в конце разгона определенный ранее угол поворота валида при колебаниях

$$\Phi_{н. п} = \frac{M_{н. п}}{C} (1 - \cos \sqrt{C/J'_Г} t_p) = 0,$$

что может иметь место только при $\cos \sqrt{C/J'_Г} t_p = 1$.

Не рассматривая нулевое решение, получаем

$$\sqrt{C/J'_Г} t_p = 2\pi,$$

откуда

$$t_p = 2\pi \sqrt{J'_Г/C}.$$

Так как

$$\omega_{Г. п} = \frac{M_{Г. п}}{J'_Г} t_p = \frac{M_{Г. п}}{J'_Г} 2\pi \sqrt{\frac{J'_Г}{C}} = \frac{\omega_p}{u_{ред} u_{(p-r) н}},$$

то

$$M_{Г. п} = \frac{\omega_p J'_Г \sqrt{C/J'_Г}}{2\pi u_{ред} u_{(p-r) н}}.$$

Рис. 1.28. Схема ГУ с принудительным вращением груза

Момент, который должен при этом развивать электродвигатель при начале разгона (пуска) с учетом преодоления момента статических сопротивлений $M_{ст}$

$$M_{эл. p} = \frac{J_Г}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{J_Д}} \frac{\omega_p}{u_{ред}^2 u_{(p-r) н}^2} + M_{ст}.$$

Чтобы при прекращении разворота также не было колебания груза, необходимо соблюдать условие: $t_T \approx t_p$ и $M_{топ} \approx M_{эл. p}$.

Все эти требования практически выполнить сложно, а при подъеме разных по величине грузов и невозможно, ввиду чего колебания груза всегда будут иметь место. Уменьшать их можно различными методами; наиболее простым является применяемый крановщиками метод последовательных включений, при которых колебания гасятся.

Методика расчета поворотного ГУ изложена на базе рассмотрения примера расчета.

Пример 1.8. Рассчитать ГУ с принудительным вращением груза, выполненное по схеме, приведенной на рис. 1.12, (можно использовать, например, для установки пролетных мостовых балок) (рис. 1.28).

Масса груза — балки $m_Г = 6000$ кг; масса ГУ, включая массу механизма вращения крюка $m_{Гз} = 300$ кг; общая масса $m = Q + m_{Гз} = 6300$ кг (суммарный вес $Q_Г = 62$ кН). Габаритные размеры: длина балки $L = 6$ м; высота $H = 1,2$ м; ширина $B = 0,6$ м. Частота вращения крюка с грузом $n = 2$ об/мин. Крюк смонтирован на подпятнике качения диаметром $D = 250$ мм, что соответствует условному диаметру вала $d = 180$ мм. Минимальное расстояние от головных блоков стрелы до центра тяжести груза $h = 3$ м.

Канаты, на которых подвешено ГУ, параллельные; расстояние между ними в продольном и поперечном направлениях одинаково $b = 0,5$ м.

Статический момент сопротивления вращению груза при отсутствии ветра

$$M_{ст} = Q_Г \mu d / 2 = 62 \cdot 0,02 \cdot 0,18 / 2 = 115 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

где $\mu = 0,02$ — условный коэффициент трения, приведенный к периферии вала. Наветренная площадь груза

$$F_Г = LH = 6 \cdot 1,2 = 7,2 \text{ м}^2$$

При симметричном по весу подвесе балки возможна габаритная несимметричность подвеса ее, которую можно принимать как находящуюся примерно в зоне $\epsilon = L/16$. При этом момент сопротивления вращению груза

$$M_В = F_Г q_В \epsilon = 7,2 \cdot 250 \cdot 0,0625 \cdot 6 = 675 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Ветровое давление принято $q_В = 250$ Н/м². КПД механизма, учитывая большое передаточное число его, следует принять $\eta_М = 0,65$.

Момент инерции груза и совместно вращающихся с ним частей траверсы относительно вертикальной оси, проходящей через центр подвеса, можно определить как момент инерции параллелепипеда

$$J_Г = m_Г \frac{B^2 + L^2}{12} = 6000 \frac{0,6^2 + 6^2}{12} = 18 \,500 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

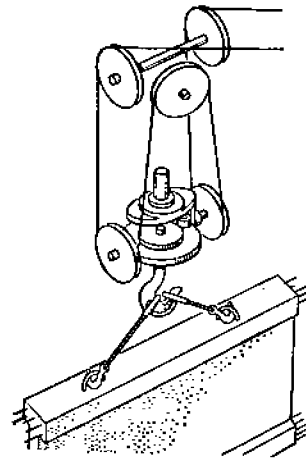
Момент сопротивления от сил инерции при вращении

$$M_{ин} = \frac{0,105 n}{t_p} J_Г = \frac{0,105 \cdot 2}{t_p} 18 \,500 = \frac{3900}{t_p} \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

При $t_p = 1,5$ с

$$M_{ин} = 3900 / 1,5 = 2600 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Основное сопротивление является инерционным — кратковременным, ввиду чего двигатель можно выбирать, ориентируясь на его пусковой момент.



Реализуемая двигателем мощность при учете всех нагрузок

$$N = \frac{(M_{ст} + M_{в} + M_{ин}) n}{9550 n_M} = \frac{(115 + 675 + 2600) 2}{9550 \cdot 0,6} \approx 1,2 \text{ кВт.}$$

При учете только статической нагрузки и возможного снижения КПД механизма при этом до $\eta'_M \approx 0,2$ мощность

$$N' = \frac{115 \cdot 2}{9550 \cdot 0,2} = 0,12 \text{ кВт.}$$

Учитывая возможность двукратной перегрузки двигателя в период пуска можно установить на ГУ двигатель типа АО2-11-4 в защищенном исполнении, мощностью $N \approx 0,6$ кВт при частоте вращения вала $n_{дв} = 1360$ об/мин, $M_{ш}/M_{п} = 2,2$, массой $m_{эл} \approx 18$ кг и моментом инерции ротора $J'_p = 0,002$ кг·м².

Номинальный момент двигателя

$$M_{п} = 9550 N / n_{дв} = 9550 \cdot 0,6 / 1360 = 4,2 \text{ Н·м.}$$

Пусковой момент двигателя

$$M_{п} \approx 2 M_{п} \approx 2 \cdot 4,2 \approx 8,4 \text{ Н·м.}$$

Необходимое передаточное число между валом двигателя и крюком

$$u = n_{дв} / n = 1360 / 2 = 680.$$

Может быть применен редуктор с передаточным числом $u_{ред} = 200$ и открытая передача с $u_{(p-r)н} = 3,4$.

При колебаниях передаточное число между крюком и траверсой определяется как для планетарной передачи

$$u_{(p-н)г} = u_{(p-r)н} + 1 = 3,4 + 1 = 4,4.$$

Индексы p — и r — $г$ указывают, что передаточное число определяется между звеном, соответствующим первому индексу, и звеном, соответствующим второму индексу; индексы $г$ и $н$ указывают неподвижное звено.

С учетом КПД передач пусковые моменты электродвигателя, приведенные к крюку и траверсе составляют

$$M_{г,н} = M_{п} u_{ред} u_{(p-г)н} = 8,4 \cdot 200 \cdot 3,4 \cdot 0,65 = 3700 \text{ Н·м}$$

$$M_{п,п} = M_{п} u_{ред} u_{(в-н)г} = 8,4 \cdot 200 \cdot 4,4 \cdot 0,65 = 4800 \text{ Н·м.}$$

Момент инерции траверсы массой $m_{гз} = 300$ кг, являющейся водилом планетарной передачи, при расстоянии между блоками $b = 500$ мм, можно определить как момент инерции сплошного цилиндра диаметром $D_{гз} \approx 0,3$ м длиной $L_{гз} \approx 0,5$ м

$$J_{н} = \frac{m_{гз} D_{гз}^2}{4} = \frac{300 \cdot 0,3^2}{4} \approx 6,75 \text{ кг·м}^2.$$

Момент инерции ротора электродвигателя и вращающихся совместно с ним элементов редуктора, включая его выходную шестерню, приведенный к последней,

$$J_p = 1,15 J'_p u_{ред}^2 = 1,15 \cdot 0,002 \cdot 200^2 = 92 \text{ кг·м}^2,$$

приведенный к крюку,

$$J_{p,г} = J_p u_{(p-г)н}^2 = 92 \cdot 3,4^2 = 1060 \text{ кг·м}^2,$$

приведенный к траверсе,

$$J_{p,н} = J_p u_{(p-н)г}^2 = 92 \cdot 4,4^2 = 1770 \text{ кг·м}^2.$$

Условное плечо траверсы

$$b = \sqrt{\frac{n_1 b_1^2 + n_2 b_2^2}{n_1 + n_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 500^2 + 2 \cdot 500^2}{2 + 2}} = 500 \text{ мм.}$$

Условная угловая жесткость подвеса

$$C = Q_{г} \frac{b^3}{4h} = 62 \cdot 000 \cdot 0,5^3 / (4 \cdot 3) \approx 1300 \text{ Н·м.}$$

Угловая скорость вала электродвигателя

$$\omega_p = (1360/60) 2\pi = 140 \text{ 1/с.}$$

Угловая установившаяся номинальная скорость груза

$$\omega_{г,н} = \omega_p / (u_{ред} u_{(p-г)н}) = 140 / 680 = 0,21 \text{ 1/с.}$$

Уточненное время разгона вала электродвигателя с учетом инерционных характеристик груза и траверсы

$$t_p = \frac{\omega_p}{u_{ред} u_{(p-г)н}} \frac{1}{\frac{M_{п,п}}{J_{п} + J_{p,п}} + \frac{M_{г,п}}{J_{г} J_{p,г}}} = \frac{140}{680} \frac{1}{\frac{4800}{6,75 + 1770} + \frac{3700}{18500 + 1060}} \approx 0,075 \text{ с.}$$

Скорость поворота груза в конце пуска

$$\omega_{г,п} = \frac{M_{г,п} t_p}{J_{г} + J_{p,г}} = \frac{3700 \cdot 0,075}{18500 + 1060} = 0,014 \text{ 1/с.}$$

Угол поворота груза в период пуска

$$\varphi'_{г,п} = \frac{M_{г,п}}{2(J_{г} + J_{p,г})} t_p^2 = \frac{3700}{2(18500 + 1060)} \cdot 0,075^2 = 0,00052 \text{ рад.}$$

т. е. груз остается практически неподвижным.

Скорость поворота траверсы в конце пуска

$$\omega_{г,п} = \frac{M_{п,п} t_p}{J_{г} + J_{p,п}} = \frac{4800 \cdot 0,075}{18500 + 1770} = 0,018 \text{ 1/с.}$$

Угол поворота траверсы в период пуска

$$\varphi_{п,п} = \frac{M_{п,п}}{C} \left(1 - \cos \sqrt{\frac{C}{J_{п} + J_{p,п}}} t_p\right) = \frac{4800}{1300} \left(1 - \cos \sqrt{\frac{1300}{6,75 + 1770}} \cdot 0,075\right) = 3,70 (1 - \cos 0,065) = 3,70 \cdot 0,08 \approx 0,3 \text{ рад.}$$

Угловая частота колебаний груза

$$p = \sqrt{C/J_{г}} = \sqrt{1300/18500} = 0,262,$$

период колебаний

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_{г}}{C}} = 6,28 \sqrt{\frac{18500}{1300}} = 24 \text{ с.}$$

При установившемся движении параметры колебательного процесса, ввиду его протекания по гармоническому закону, являются функцией времени. Амплитуда (угол отклонения груза) колебаний будет наибольшей через четверть или три четверти периода, а скорость — через полпериода [3].

Максимальный угол поворота траверсы

$$\varphi_{п,п,макс} = \frac{T}{2\pi} \omega_{г,п} = \frac{24}{6,28} \cdot 0,21 = 0,8 \text{ рад.}$$

Предельный реактивный момент

$$M_p = C \frac{\sin \varphi}{\sqrt{1 - \left(\frac{b}{h}\right)^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}}} = 1300 \frac{0,717}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,5}{3}\right)^2 \cdot 0,389^2}} = 940 \text{ Н·м.}$$

Работа реактивного момента

$$A_{p,м} = M_p \varphi / 2 = 940 \cdot 0,8 / 2 = 380 \text{ Н·м.}$$

Подъем груза при колебаниях

$$s = h (1 - \cos \alpha) = 3 \left\{ 1 - \cos \left[\arcsin \left(\frac{b}{n} \sin \frac{\Phi}{2} \right) \right] \right\} =$$

$$= 3 \left\{ 1 - \cos \left[\arcsin \left(\frac{0,5}{3} \sin \frac{\Phi}{2} \right) \right] \right\} = 3 \{ 1 - \cos [\arcsin 0,065] \} =$$

$$= 3 (1 - 0,998) = 0,0066 \text{ м.}$$

Работа при подъеме груза

$$A = Q_p s = 62\,000 \cdot 0,0066 \approx 380 \text{ Н·м.}$$

Для повышения реактивного момента траверсу можно подвешивать на нескольких канатах, образующих опрокинутую пирамиду (см. рис. 1.21).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамович И. И., Микшевич Ф. Э. Поворотные грузовые подвески кранов общего назначения. М.: НИИинформтяжмаш, 1977. 42 с. (Обзор № 6 — 77—49).
2. Вайсон А. А. Строительные краны. М.: Машиностроение, 1969. 495 с.
3. Вайсон А. А., Андреев А. Ф. Специализированные крановые грузозахваты для штучных грузов. М.: Машиностроение, 1972. 200 с.
4. Киреев В. С. Исследование способности восприятия крутящего момента упругой канатной подвеской (полисиастом). — Труды МИИТа: Вопросы исследования и усовершенствования средств механизации на железных дорогах. М.: Высшая школа, 1960, вып. 133, с. 4—29.
5. Козлов В. Ф. Теоретическое исследование подвесного механизма поворота крюка. — В кн.: Вопросы теории конструкции и прочности машин. М.: МЛТИ, 1963, вып. 14, с. 4—30.
6. Козлов Ю. Т. Автоматизация перегрузочных операций. — В кн.: Контейнерная транспортная система. М.: Транспорт, 1974, с. 226—260.
7. Лосев П. Г. Гашение колебаний груза на гибкой подвеске. — Механизация и автоматизация производства, 1973, № 10, с. 25—27.
8. Миркеев А. Ю., Прихожан А. А. Некоторые характеристики новой системы запасовки траверсы. — В кн.: Внедрение новой техники и достижений науки в производство. Волгоград: Волгогр. обл. НТО строит. индустрии и вн-т инж. гор. хоз-ва, 1963, т. 38—41.
9. Найденов Б. Ф. Объемные веса и удельные объемы грузов. М.: Транспорт, 1971. 158 с.
10. Погрузочно-разгрузочные машины и складское оборудование промышленных предприятий. М.: Машиностроение, 1970. 525 с.
11. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. М., Металлургия, 1979. 176 с.
12. Скворцов А. В., Рудерман А. М. Краны с управляемыми и ориентируемыми грузозахватами за рубежом. М.: НИИинформтяжмаш, 1975. 34 с. (обзор; № 6—75—14).
13. Тимофеев В. Д. Методика расчета механизма вращения груза на гибком подвесе. — Тр. ВНИИПТмаша/ВНИИПТмаш, 1965, вып. 4 (57), с. 55—71.

2. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ГРЕЙФЕРОВ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАЧЕРПЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ГРЕЙФЕРОВ

Грейфером называется ГУ для сыпучих материалов, выполненное в виде управляемых канатами подъемных механизмов, челюстей ковшовой формы, образующих емкость для зачерпываемого материала и принудительных смыкаемых в теле штабеля или кучи при загрузке и размыкаемых в подвешенном положении при разгрузке.

По схеме действия грейферы классифицируют на двухканатные (четыреканатные), одноканатные и приводные (моторные), а по конструкции на двух- и многочелюстные (табл. 2.1, рис. 2.1—2.5).

Двухчелюстные грейферы применяют для перегрузки всех видов сыпучих материалов (кроме металлических скрапа и стружки), крупнокусковых каменных и волокнистых материалов, а также длинномерных лесоматериалов. Для работы с материалами, которые не могут быть перегружены двухчелюстными грейферами используют многочелюстные грейферы, хорошо зачерпывающие металлический скрап и стружку, крупные камни-негабариты, нечерное лесокорылье. Для перегрузки длинномерных лесоматериалов (бревен) применяют грейферы с челюстями в виде лопастей (лап) с открытыми торцами, а для перегрузки волокнистых материалов (хлопка и др.) — с вилчатыми челюстями. Последние пригодны и для перегрузки короткомерной щепы. Для несложавшихся мелкосыпучих материалов рекомендуется применять грейферы с челюстями дугообразной формы с центром в зоне шарнира челюсти, а для средне- и крупнокусковых матери-

2.1. Классификация грейферов

| Параметр | Грейферы | | |
|--------------------|---|---|--|
| | одноканатные | двух- и четырехканатные | приводные (моторные) |
| Привод | Однорабачный подъемный механизм | Двухрабачный подъемный механизм | Электромеханический, гидравлический, пневматический |
| Управление | Разгрузка при контакте с упором; разгрузка принудительная | Подъемными механизмами через замыкающий и поддерживающий канаты | Подъемным механизмом через поддерживающий канат и приводом смыкания челюстей |
| Число челюстей | 2 | 2, 3, 4, 6, 8 | 2, 3, 4, 6, 8 |
| Тип челюстей | Дуговые | Дуговые, плоскостружковые, подгребные, лопастные (лапчатые), вилчатые | |
| Крепление челюстей | Одношарнирное | Одношарнирное, двухшарнирное, многшарнирное | |

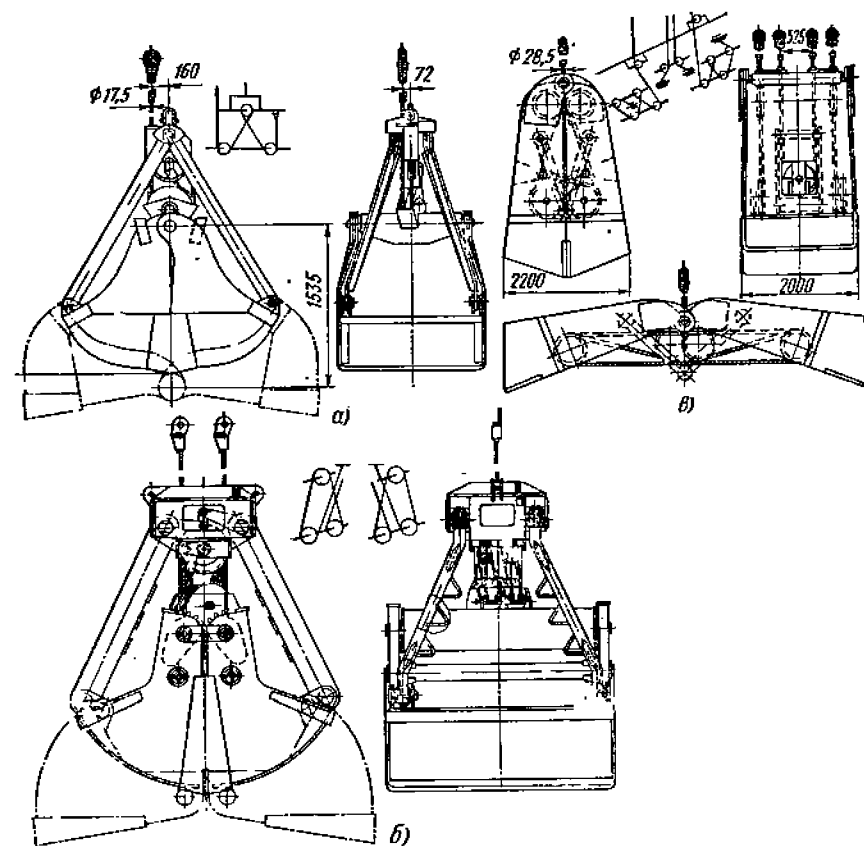


Рис. 2.1. Грейфер для сыпучих грузов:

а — двухканатный, двухчелюстной, с одношарнирным креплением плоско-дуговых челюстей; *б* — четырехканатный, двухчелюстной, с двухшарнирным креплением дуговых челюстей; *в* — четырехканатный, двухчелюстной, подгребающий (штибующий) с одношарнирным креплением плоских челюстей

алов — грейферы с челюстями плоскодуговой формы с радиусом закругления у спинки дна, равным примерно половине условного радиуса челюсти (расстояния от шарнира челюсти до ее рабочей кромки). Грейферы, используемые для перегрузки слезавшихся материалов с твердой коркой, оснащают зубьями.

Для подбора материала, лежащего тонким слоем, служат грейферы с подгребающими челюстями (штибующие), движущимися при зачерпывании почти прямолинейно. Чтобы обеспечить лучшее внедрение челюстей в материал в некоторых случаях грейфер следует опускать броском. Практикой эксплуатации грейферов установлено, что бросок необходим при зачерпывании кусковых и слезавшихся мелкосыпучих материалов, не нужен при зачерпывании мелкосыпучих неслезавшихся материалов и вреден при зачерпывании длинномерных штучных грузов.

Зачерпывание улучшается при уменьшении скорости замыкающего каната, но при этом уменьшается и производительность кранового оборудования при перегрузочных работах. Средняя скорость каната составляет приблизительно 1 м/с.

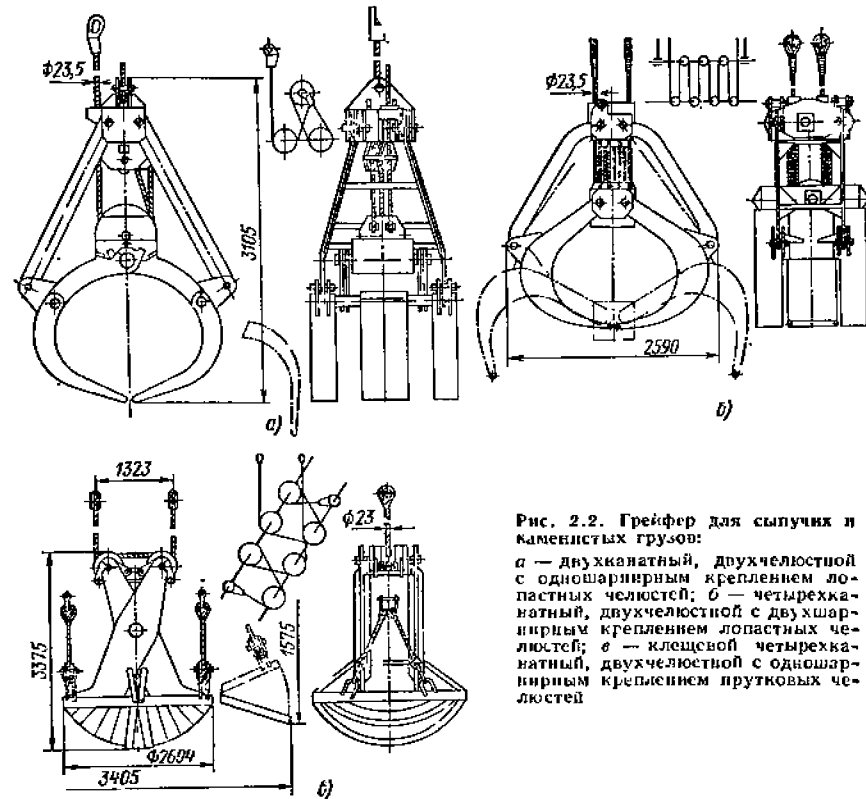


Рис. 2.2. Грейфер для сыпучих и каменных грузов:

а — двухканатный, двухчелюстной с одношарнирным креплением лопастных челюстей; *б* — четырехканатный, двухчелюстной с двухшарнирным креплением лопастных челюстей; *в* — клещевой четырехканатный, двухчелюстной с одношарнирным креплением прутковых челюстей

Грейфер располагается относительно барабанов лебедок определенным образом, зависящим от того, как в нем размещена полиспастная система (рис. 2.6). Это необходимо учитывать при выборе грейфера для конкретного крана. Его фиксированное расположение относительно лебедок крана не всегда отвечает требованиям, вытекающим из конфигурации обслуживаемых грейфером мест, поэтому если грейфер надо ориентировать относительно последних (железнодорожных вагонов, трюмов судов, других транспортных средств, бункеров), то его выполняют так, чтобы головка грейфера и блочная система полиспаста механизма замыкания могли занимать относительно челюстей два полсечения — вдоль и поперек оси их шарнира.

В некоторых конструкциях грейфер присоединяют к внешней канатной системе таким образом, чтобы его можно было заменить кривковой подвеской.

Объем *V* (номинальный) канатных двухчелюстных грейферов общего назначения, применяемых в качестве грузозахватных устройств кранов грузоподъемностью от 2 до 32 т, определяется согласно ГОСТ 21599—81 как объем условного геометрического тела, заштрихованного на схеме по рис. 2.7, причем угол при основании призмы естественного откоса должен приниматься в пределах 30...35°, но может быть и большим. Числовые значения объемов, данным ГОСТом не нормализуются, но в нем указано, что их надо выбирать из ряда *R40* (показатель геометрической прогрессии 0,06) по ГОСТ 8032—77 на ряды предпочтительных чисел. Регламентируются лишь следующие показатели.

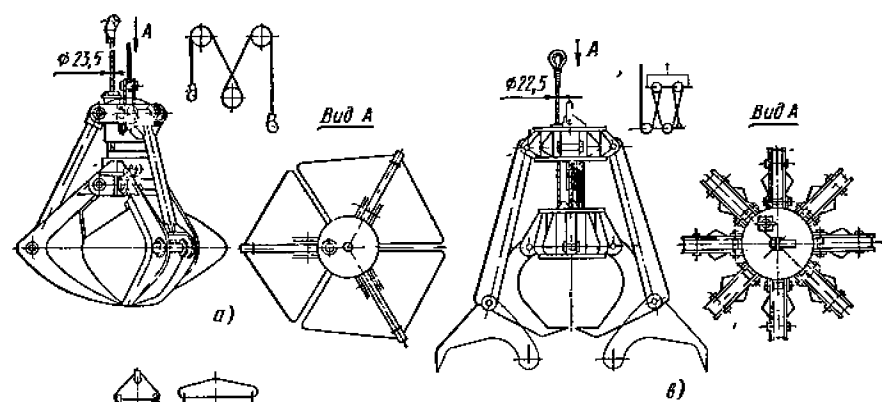


Рис. 2.3. Многоканальный грейфер:
 а — двухканатный, трехчелюстной; б —
 четырехканатный, четырехчелюстной; в —
 двухканатный, восьмичелюстной

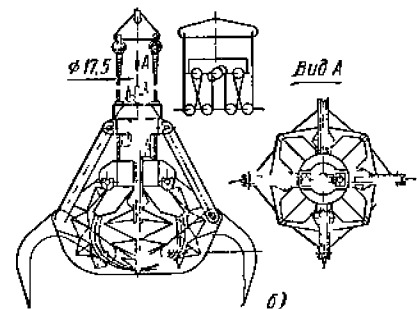


Рис. 2.4. Одноканатный
 двухчелюстной грейфер,
 размыкаемый при ударе в
 материал:

1, 6 — ролики; 2 — уравновешивающий груз; 3 — качающийся замок; 4 — поворотный рычаг; 5 — цепь ограничителя хода; 7 — ось нижней траверсы; γ — угол наклона рычага 4 при выходе замка 3 из зацепления с осью 7

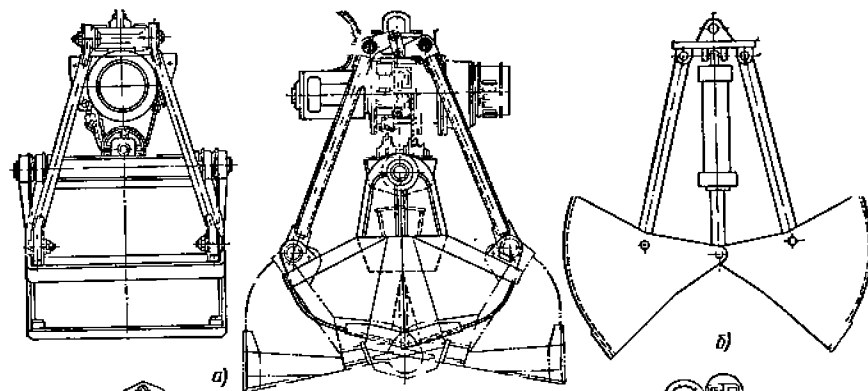
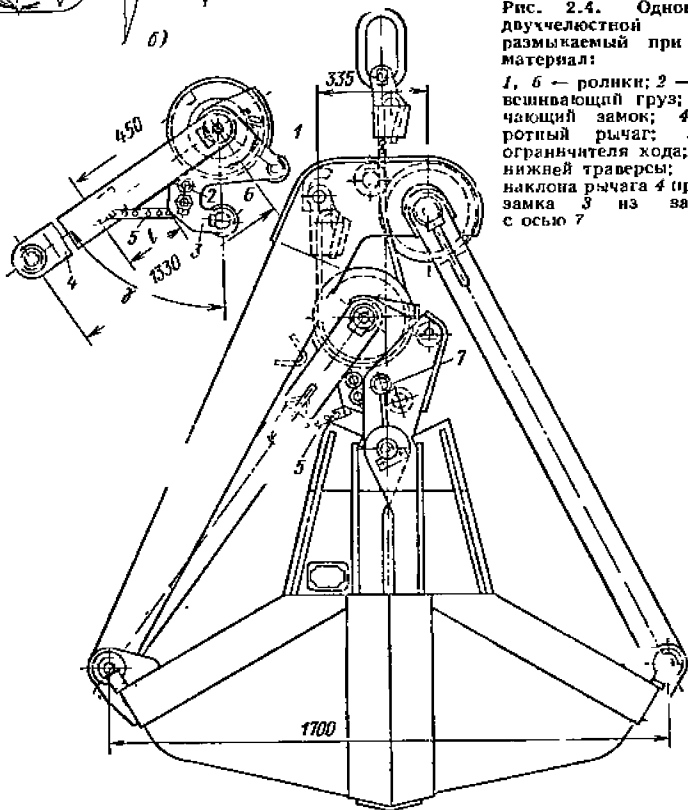


Рис. 2.5. Приводной грейфер:

а — моторный, двухчелюстной с электромеханическим (электроталевым) приводом; б — моторный, двухчелюстной с гидравлическим приводом; в — моторный двухчелюстной с пневматическим приводом; г — моторный, двухчелюстной с пневматическим приводом и рычажной передачей; д — многоканальный с индивидуальным пневматическим приводом челюстей

Масса зачерпываемого материала m_M в сумме с массой грейфера $m_{ГР}$ должна составлять $k_1 = 0,9...1$ грузоподъемности крана Q при зачерпывании с горизонтальной поверхности свеженасыпанного штабеля, т. е.

$$m_M + m_{ГР} = k_1 Q.$$

Следовательно

$$m_M = k_1 Q - m_{ГР}.$$

Масса грейфера $m_{ГР}$ не должна превышать $0,43 Q$, однако в технически обоснованных случаях для материалов с объемной плотностью более $2,8 \text{ т/м}^3$ масса грейфера может составить до $0,6 Q$.

Для перегрузки хорошо сыпучих материалов с небольшой объемной плотностью целесообразно применять облегченные грейферы, для которых

$m_{гр} \approx 0,35Q$. В этом случае для обеспечения жесткости грейфера надо использовать качественные высокопрочные стали и легкие сплавы [7].

Таким образом,

$$m_{гр} = k_2 Q,$$

где $k_2 = 0,35 \dots 0,6$ в зависимости от физико-механических свойств перегружаемого материала.

Введя k_3 — коэффициент, учитывающий крупность и уплотняемость перегружаемого грейфером материала, объем грейфера можно определить из выражения

$$V \rho g k_3 = Qg (k_1 - k_2) \quad \text{или} \quad V = \frac{Q}{\rho} \frac{k_1 - k_2}{k_3},$$

где ρ — плотность материала, $\tau/\text{м}^3$.

ГОСТ 24599—81 допускает применение грейферов, предназначенных для перегрузки слежавшихся, смерзшихся, спекшихся, особо крупнокусковых материалов, металлических лома (скрапа), чушек, древесины, но не распространяется на грейферы, предназначенные для зачерпывания груза под водой и на экскавационные грейферы.

Размеры a наибольших кусков материала, допускаемых к перегрузке двухчелюстными грейферами не должны превышать величин, приведенных ниже:

| Грузоподъемность крана, т | До 8 | Свыше 8 до 16 | Свыше 16 |
|--|------|---------------|----------|
| Размер a (мм) для материалов: сортированных или рядовых с преобладанием кусковых фракций | 80 | 100 | 160 |
| рядовых с преобладанием порошкообразных и зернистых фракций | 250 | 320 | 400 |

Необходимо подчеркнуть, что ГОСТ 24599—81 характеризует метод определения условного номинального объема грейфера, соответствующего углу откоса материала в нем $30 \dots 35^\circ$, но не количество зачерпываемого материала. Последнее, как указано, должно определяться экспериментальным путем при зачерпывании материала с горизонтальной поверхности свеженасыпанного штабеля.

Ранее действовавший ГОСТ 8572—57 регламентировал номинальные объемы двухчелюстных грейферов в пределах $0,4 \dots 10 \text{ м}^3$ с диапазоном по ряду R10 ГОСТ 8032—77 (показатель геометрической прогрессии 1,25). Практика показала, что объемы грейферов получаются такими, при которых грузоподъемность кранов не может быть полностью использована.

В связи с этим возможная градация диапазонов объемов в ГОСТ 24599—81 была значительно повышена (показатель геометрической прогрессии 1,06). Это способствовало более эффективному использованию кранов, хотя и привело к необходимости изготовления большого количества грейферов, что оправдано лишь при большом объеме перегрузки однотипных грузов.

2.1.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАЧЕРПЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для возможности создания типоразмерного ряда грейферов все многообразие сыпучих материалов, перегружаемых ими, разделено по объемной плотности на пять групп (табл. 2.2), а по гранулометрическому составу на шесть групп (табл. 2.3).

2.2. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВУХЧЕЛЮСТНЫХ ГРЕЙФЕРОВ

2.2.1. ОБЩИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАСЧЕТА

При расчете грейфера определяют геометрические размеры и формы челюстей, массу $m_{гр}$ и кратность внутреннего полиспаста замыкающего каната, размеры элементов грейфера, исходя из их нагруженности.

Заданными являются грузоподъемность крана Q , объем грейфера $V (\text{м}^3)$ и вид перегружаемого материала, определяемый его объемной плотностью ρ и гранулометрическим составом.

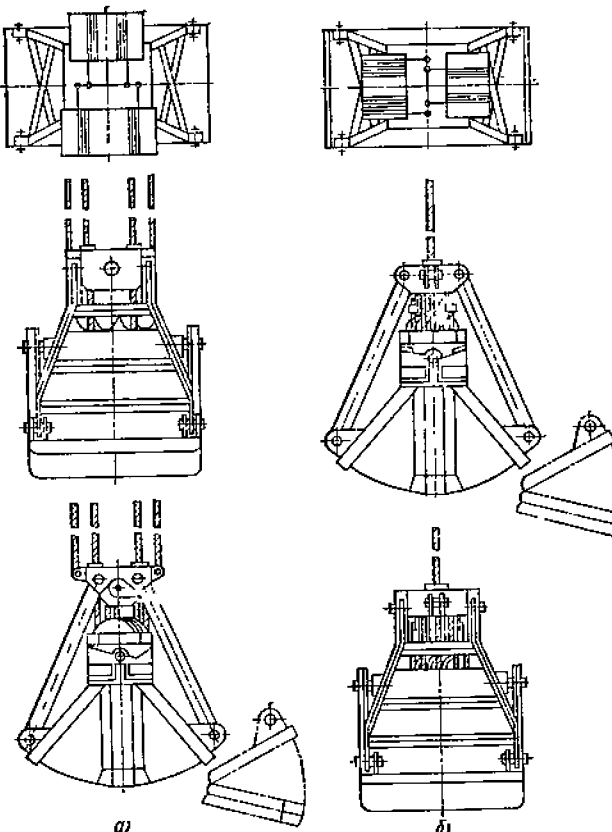


Рис. 2.6. Грейфер с размерами челюстей: а — поперечным; б — продольным

Рис. 2.7. Схема для определения объема грейфера

2.2. Классификация сыпучих материалов по насыпной плотности

| Группа | Насыпная плотность ρ , т/м ³ | Обобщенная характеристика | Материал | Рекомендуемые значения $k_2 = m_{гр}/Q$ |
|--------|--|---------------------------|---|---|
| I | 0,4 ... 0,63 | Весьма легкие | Сухое зерно всех культур, включая бобовые; сухая зола; известь-пушонка; комбикорм; угольная пыль; сырой и воздушно-сухой торф; котельный и гранулированный шлак | 0,35 |
| II | 0,8 ... 1 | Легкие | Антрацит; сухой порошкообразный глинозем; кокс; порошкообразный мел; кальцинированная сода; сухой шлак; мелкий и средний щебень; уголь всех марок | 0,38 |
| III | 1,25 ... 2,0 | Средние | Мелкокусковой гипс; алебастр; апатитовый концентрат; бокситы; галька; сухая мелкокусковая глина; гравий; сухая земля; формовочная земля; среднекусковой известняк; известь; каменные породы; битый кирпич; сухой песок; каменная соль; цемент; крупный щебень | 0,40 |
| IV | 2,5 ... 3,2 | Тяжелые | Клинкер; камень твердых пород; железная и марганцевая мелко- и среднекусковая руда | 0,43 |
| V | 4 ... 4,5 | Весьма тяжелые | Железная и марганцевая крупнокусковая руда; иольфрамовая руда и руды других тяжелых металлов | 0,6 |

Геометрические размеры грейфера (рис. 2.8) и параметры зачерпывания рекомендуется находить по эмпирическим формулам, выработанным практикой грейферостроения, в зависимости от его объема V . При этом следует пользоваться корректирующими коэффициентами (табл. 2.4), зависящими от объемной плотности и гранулометрического состава материала.

Полученные значения геометрических параметров являются ориентировочными и в ограниченных пределах их изменяют при конструировании грейфера.

2.3. Классификация сыпучих материалов по гранулометрическому составу

| Категория | Состояние | Обозначение | Рекомендуемые значения k_2 |
|--|-----------------|-------------|------------------------------|
| Пылевидные, порошкообразные, мелкозернистые, крупнозернистые | Уплотненные | МУ | 1 |
| | Неуплотненные | МНУ | 0,98 |
| | Свеженасыпанные | МСИ | 0,95 |
| Мелкокусковые, среднекусковые, крупнокусковые | Уплотненные | КУ | 1 |
| | Неуплотненные | КНУ | 0,98 |
| | Свеженасыпанные | КСИ | 0,95 |

Примечание. Для уплотненных материалов (МУ и КУ) значение k_2 рекомендуется принимать на 10% больше указанного в табл. 2.2.

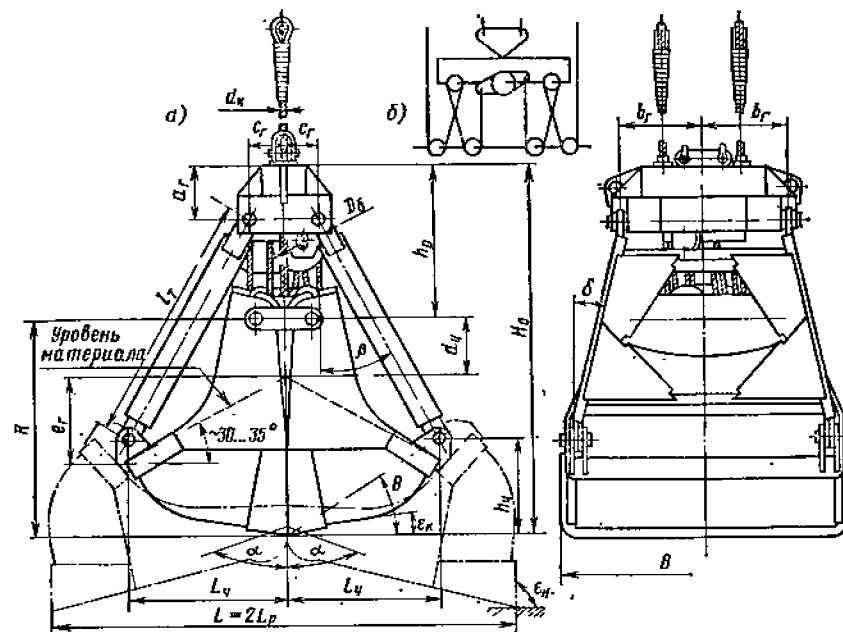


Рис. 2.8. Геометрические размеры двухчелюстного грейфера:

а — общая схема; б — схема запяски замыкающего каната внутри грейфера

2.4. Значения корректирующих коэффициентов к формулам, определяющим параметры двухчелюстного грейфера

| Группа материала по гранулометрическому составу (см. табл. 2.3) | $k_{ш}$ | $k_{д}$ | k | Группа материала по насыпной плотности (см. табл. 2.2) | | | |
|---|---------|---------|------|--|-------|-------|------|
| | | | | k_h | k_l | k_2 | |
| МУ | 1,17 | 0,9 | 1 | I | 1,25 | 1 | 0,35 |
| МНУ | 1,26 | 0,85 | 0,98 | II | 1,18 | 0,99 | 0,38 |
| МСИ | 1,38 | 0,8 | 0,95 | III | 1,12 | 0,98 | 0,4 |
| КУ | 1,15 | 0,95 | 1 | IV | 1,06 | 0,97 | 0,43 |
| КНУ | 1,21 | 0,9 | 0,98 | V | 1 | 0,96 | 0,5 |
| КСИ | 1,33 | 0,85 | 0,95 | | | | |

Уточненный расчет грейфера проводят как проверочный. При этом определяют форму кривой зачерпывания, а также натяжение замыкающего каната в отдельные моменты цикла. Методика уточненного расчета приведена в работах [2, 8].

2.2.2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ ГРЕЙФЕРА

Основные размеры (см. рис. 2.8) определяются шириной B (м) и длиной $L_ч$ (м) челюсти:

$$B \approx k_{ш} \sqrt[3]{V}; \quad L_ч \approx k_{д} \sqrt[3]{V}.$$

Высота (м) челюсти до шарнира тяги при среднем значении угла $\theta \approx 25^\circ$

$$h_ч = k_{д} k_h \sqrt[3]{V} \operatorname{tg} \theta \approx 0,466 k_{д} k_h \sqrt[3]{V}.$$

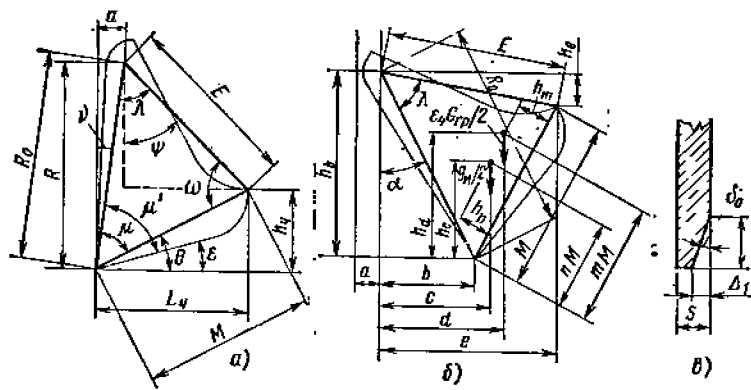


Рис. 2.9. Схема челюсти и ее размеры: а — в замкнутом состоянии; б — в промежуточном положении; в — схема скашивания челюсти

Высоту челюсти до центрального шарнира (условный радиус R , м) находят с учетом размещения материала ниже шарнира тяги на уровне около $0,9h_q$, высоты $e_r = L_q \operatorname{tg} \zeta$ призмы материала при угле откоса $\zeta \approx 30 \dots 35^\circ$ и зазора $d_r \approx 0,2 \sqrt[3]{V}$ между верхней точкой призмы и центром шарнира:

$$R = 0,9h_q + e_r + d_r = 0,9h_q + L_q \operatorname{tg} 30^\circ + 0,2 \sqrt[3]{V} = (0,42k_d k_h + 0,577k_d + 0,2) \sqrt[3]{V}$$

Полная высота (м) закрытого грейфера $H_0 = R + h_0$,

где h_0 — расстояние от центрального шарнира челюстей до верхней кромки головки грейфера, м; $h_0 \approx \sqrt[3]{V}$.

Тяга, связывающая головку грейфера с челюстью, занимает пространственно наклонное положение под углами β и δ к вертикали:

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{L_q - c_r}{H_0 - h_q - a_r}; \quad \delta = \operatorname{arctg} \frac{B/2 - b_r}{H_0 - h_q - a_r}$$

Длина (м) тяги

$$l_r \approx \frac{L_q - c_r}{\sin \beta \cos \delta} \approx \frac{\sqrt{(L_q - c_r)^2 + (H_0 - h_q - a_r)^2}}{\cos \operatorname{arctg} \frac{B/2 - b_r}{H_0 - h_q - a_r}}$$

где a_r , b_r и c_r — конструктивные размеры по рис. 2.8.

Толщина (м) ножа челюсти, определяемая прочностью,

$$s \approx 0,012\rho \sqrt[3]{V}$$

Для лучшего заглубления в материал кромку челюсти скашивают примерно до половинной толщины (рис. 2.9, в) и упрочняют наплавкой, а для зачерпывания крупнокусковых материалов оснащают зубьями.

Геометрические размеры челюсти при двухшарнирном креплении: при сомкнутых челюстях (рис. 2.9, а)

$$E = \sqrt{(R - h_q)^2 + (L_q - a)^2}; \quad R_0 = \sqrt{R^2 + a^2}; \quad M = \sqrt{L_q^2 + h_q^2}$$

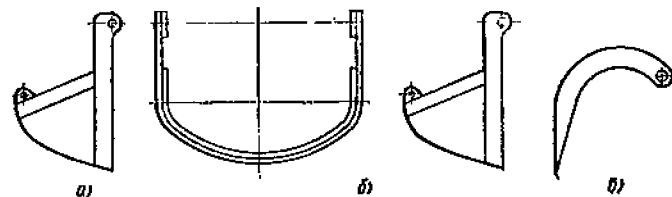


Рис. 2.10. Схемы челюстей грейферов для материалов: а — хорошо сыпучих; б — слегающихся, крупнокусковых и других труднозахватываемых; в — длинномерных (бревен, труб)

$$\theta = \operatorname{arccos} (L_q/M); \quad \nu = \operatorname{arcsin} (a/R_0);$$

$$\mu = 90^\circ - (\theta + \nu); \quad \psi = \operatorname{arccos} \frac{R - h_q}{E};$$

$$\lambda = \psi + \nu; \quad \omega = 90^\circ + (\theta - \psi); \quad \beta = \operatorname{arcsin} \frac{E \sin (\alpha + \lambda) - c_r + a}{l_r}$$

где β определяется по рис. 2.8 для произвольного положения челюсти под углом α при челюсти, отклоненной на угол α (рис. 2.9, б),

$$b = R_0 \sin \alpha; \quad h_b = R_0 \cos \alpha; \quad e = E \sin (\alpha + \lambda); \quad h_e = E \cos (\alpha + \lambda); \quad c = b - nM \sin (\alpha - \mu) - h_n \cos (\alpha - \mu); \quad h_c = nM \cos (\alpha - \mu) - h_n \sin (\alpha - \mu); \quad d = b - mM \sin (\alpha - \mu) - h_m \cos (\alpha - \mu); \quad h_d = mM \cos (\alpha - \mu) - h_m \sin (\alpha - \mu);$$

где координаты nM и h_n определяют положение центра тяжести материала в челюсти, а mM и h_m — положение центра тяжести челюсти.

Параметры при одношарнирном креплении определяют по тем же формулам при $a = 0$ (по рис. 2.8).

Наибольший угол раскрытия челюстей

$$2\alpha \approx 150^\circ$$

Раскрытие челюстей

$$L \approx 2R \sin \alpha + 2a$$

Для разгрузки железнодорожных полувагонов нормальной колеи (1524 мм) согласно ГОСТ 24599—81 надо применять грейферы, ширина которых ограничена внешними плоскостями боковых ножей, а длина имеет наибольшее значение при полностью раскрытых челюстях и ограничена внешними вертикальными плоскостями ножей; установка зубьев не допускается.

При длине раскрытого грейфера более 2720 мм его ширина должна быть не менее 1500 и не более 2500 мм. Масса грейфера не должна превышать 8 т. При выборе формы челюстей грейфера и схемы их шарнирного соединения следует руководствоваться следующими соображениями. При зачерпывании мелких, хорошо сыпучих неплотных материалов (МНУ и МСН по табл. 2.4) грейферы следует выполнять с дуговым полукруглым дном, плоским в поперечной плоскости (рис. 2.10, а). При зачерпывании слегающихся крупнокусковых и других труднозахватываемых материалов (МУ, КУ, КНУ, КСН) грейферы следует выполнять с закругленно-плоским дном, полукруглым в поперечной плоскости (рис. 2.10, б). Задний угол дна в момент замыкания челюстей во всех конструкциях должен составлять $11 \dots 14^\circ$. В начальный момент черпания $\epsilon_H = 90^\circ$ (см. рис. 2.8, а). Для захвата длинномерных

материалов следует применять серповидные челюсти (рис. 2.10, в). Подвеску челюстей к нижней траверсе целесообразно выполнять одношарнирной. Двухшарнирное крепление применяют в тех случаях, когда конструктивно одношарнирное соединение получается сложным. Челюсти грейферов, предназначенных для перегрузки крупнокусковых материалов, следует оснащать зубьями, расположенными с шагом 0,2...0,3 м в шахматном порядке на обеих челюстях.

2.2.3. МАССА ГРЕЙФЕРА

Масса грейфера связана с его объемом зависимостью

$$m_{ГР} = \frac{V \rho k_2 k_3}{k_1 - k_2} = V \rho K.$$

Ниже приведены приблизительные значения K :

| | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|
| Группа материала по насыпной плотности | I | II | III | IV | V |
| K | 0,53 | 0,61 | 0,68 | 0,78 | 1,05 |

Так как $V \rho + V \rho K = Q$ и, следовательно, $V \rho = Q / (1 + K)$, можно определить примерное соотношение между массой m_M материала и массой $m_{ГР}$ грейфера в долях грузоподъемности крана:

| | | | | | |
|--|------|------|-----|------|------|
| Группа материала по насыпной плотности | I | II | III | IV | V |
| m_M / Q | 0,66 | 0,62 | 0,6 | 0,57 | 0,49 |
| $m_{ГР} / Q$ | 0,34 | 0,38 | 0,4 | 0,43 | 0,51 |

Распределение общей массы грейфера, а следовательно, и ее воздействие на его элементы определяются конструкцией грейфера. Для оценки его зачерпывающей способности и распределения усилий по звеньям можно принимать: масса головки $m_{Гол} = \xi_1 m_{ГР}$, где $\xi_1 = 0,25$; масса нижней траверсы $m_{Н.Т} = \xi_2 m_{ГР}$, где $\xi_2 = 0,20$; масса тяг $m_T = \xi_3 m_{ГР}$, где $\xi_3 = 0,10$; масса челюстей $m_ч = \xi_4 m_{ГР}$, где $\xi_4 = 0,45$.

2.2.4. СИЛЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ ГРЕЙФЕРА

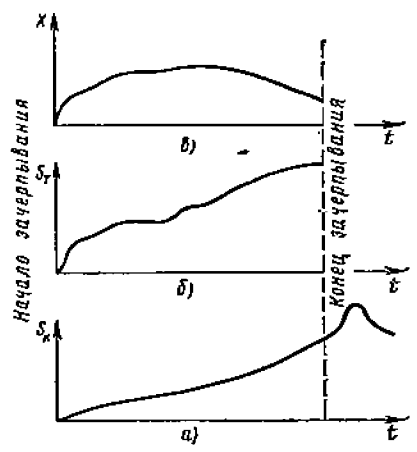
Необходимое усилие на кромке челюстей определяют на основе теории сыпучего тела, исходя из анализа взаимодействия челюсти с зачерпываемым материалом, как в период ее внедрения при посадке грейфера на материал, так и в период зачерпывания — смыкания челюстей. Теория этих процессов изложена в работах [2, 3, 5, 6, 8]. Методика расчета двухчелюстного двух- или четырехканатного грейфера сводится к нахождению геометрических параметров грейфера и установлению зависимости между его массой и кратностью внутреннего полиспаста замыкающего каната и между объемом грейфера и параметрами зачерпываемого материала [1].

Наибольшее натяжение S_N замыкающего каната в двухканатном грейфере или двух замыкающих канатов в четырехканатном равно грузоподъемной силе крана. Максимальное значение S_N имеет место в период смыкания челюстей ($\alpha \approx 0$), при этом наиболее нагружены и тяги челюстей (усиле S_T). Характер изменения S_N и S_T , а также распра X в шарнире челюстей в процессе зачерпывания показан на рис. 2.11.

Согласно нормам Госгортехнадзора коэффициент запаса прочности каната должен быть не меньше шести, а диаметр блока D_B не менее 18 диаметров каната d_K (см. рис. 2.8). Объем грейфера и параметры зачерпываемого материала являются заданными.

Следовательно, практически расчет грейфера сводится к определению необходимой силовой кратности u_c внутреннего полиспаста замыкающего каната. Под термином силовая кратность полиспаста u_c понимается кратность с учетом потерь на трение, учитываемых КПД блока η_B (табл. 2.5).

Рис. 2.11. Изменение нагруженности грейфера в процессе зачерпывания



2.5. Зависимость между кинематической и силовой кратностью полиспаста

| Кинематическая кратность u | Силовая кратность u_c при КПД блока η_B | | |
|------------------------------|--|------|------|
| | 0,98 | 0,96 | 0,94 |
| 2 | 1,98 | 1,96 | 1,93 |
| 3 | 2,91 | 2,88 | 2,83 |
| 4 | 3,82 | 3,83 | 3,75 |
| 5 | 4,75 | 4,68 | 4,50 |
| 6 | 5,73 | 5,63 | 5,20 |
| 7 | 6,45 | 6,00 | 5,60 |
| 8 | 7,59 | 7,35 | 6,80 |

2.2.5. КРАТНОСТЬ ПОЛИСПАСТА ЗАМЫКАЮЩЕГО КАНАТА

Для определения необходимой кратности u_c полиспаста, обеспечивающей зачерпывание материала грейфером объемом V (м³), необходимо знать физико-механические свойства материала (см. табл. 1.2) и следующие параметры [8]:

- ρ — насыпная плотность материала, кг/м³;
- a_R — расчетный размер типового куска, м;
- Φ и f_0 — угол и коэффициент внутреннего трения материала;
- Φ и f — угол и коэффициент трения материала о челюсть (сталь);
- γ — угол естественного откоса (в покое);
- $\psi_0 = \gamma - \Phi_0/2$ — угол скольжения материала;
- τ — начальное сопротивление сдвигу материала, Па;
- R_0 — высоту челюсти, м;
- E — плечо челюсти, м;
- s — толщину челюсти и s_0 — толщину кромки челюсти, м;
- ϵ_K — задний угол челюсти в конечный момент зачерпывания;
- r — радиус, определяющий положение центра тяжести челюсти ($r \approx 0,8E$), м;
- B — ширину челюсти, м;
- L_P — полуразмах челюсти, м.

Кроме того, при расчете вводятся коэффициенты:

$$k_H = \frac{2}{3} \frac{\text{tg } \Phi}{\text{tg}^2 \psi_0 \text{tg} (\Phi + \epsilon_K)} \frac{1}{B} \sqrt{2 \text{tg } \epsilon_K \frac{V}{B}};$$

k_Φ — учитывающий влияние формы челюсти и зависящий от кратности полиспаста u :

| | | | | | | | |
|--|------|------|------|-----|------|------|------|
| u | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| k_Φ для челюсти: дуговой (см. рис. 2.10, а) | 1,02 | 1,06 | 1,09 | 1,3 | 1,42 | 1,65 | 1,85 |
| плоскодуговой (см. рис. 2.10, б) | 1,03 | 1,08 | 1,13 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,2 |

$k_{П.З}$ — учитывающий гранулометрический состав материала ($k_{П.З} = 0,4 \dots 0,5$ для мелкокусковых и $k_{П.З} = 0,16 \dots 0,2$ для кусковых материалов);

$k_{P,З} \approx 0,75$ — характеризующий форму выемки, образуемую при зачерпывании;

$k_P \approx 0,75$ — зависящий от положения равнодействующей всех сил, действующих на челюсть;

$\xi_3 = 0,1$; $\xi_4 = 0,45$; — учитывающие относительные массы головки грейфера, нижней траверсы тяг и челюстей соответственно;

и величины: $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ — определяемые как функции кратности полиспаста и промежуточного параметра C по графикам на рис. 2.12 [8].

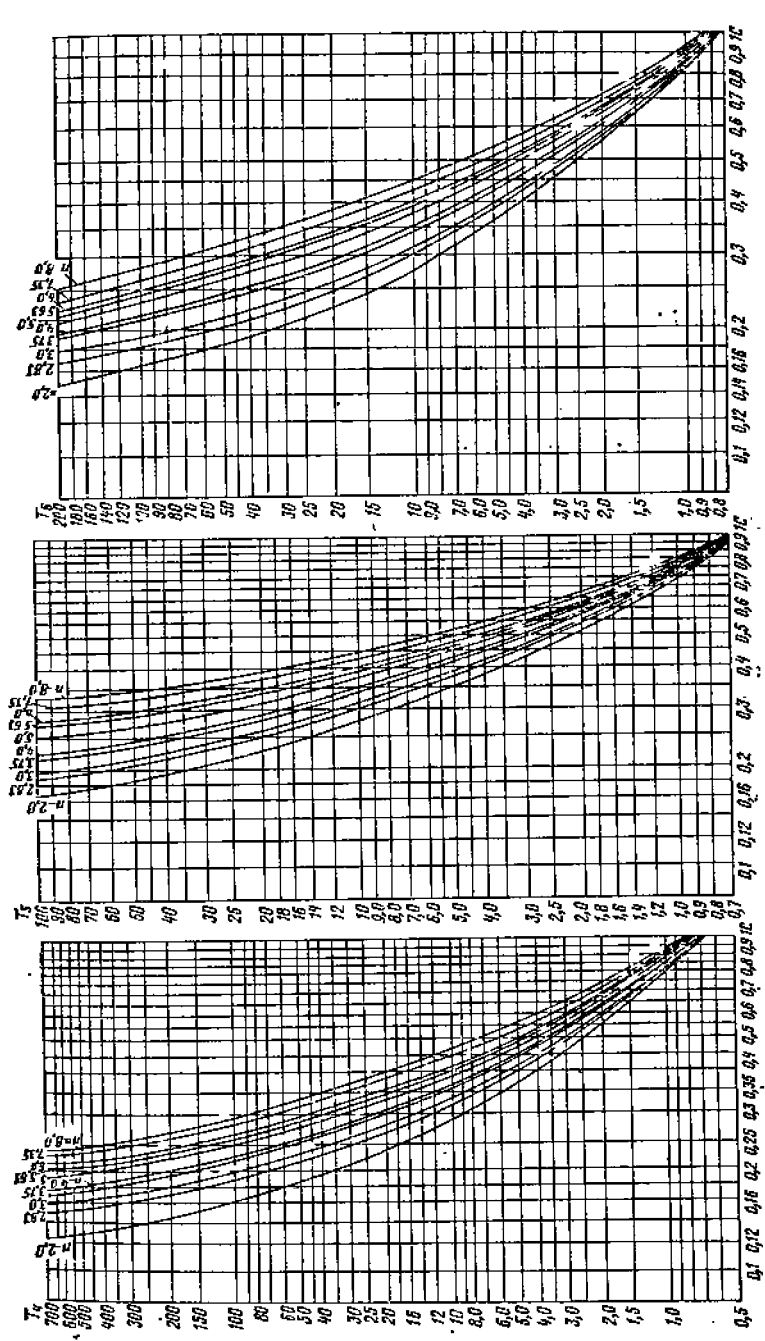
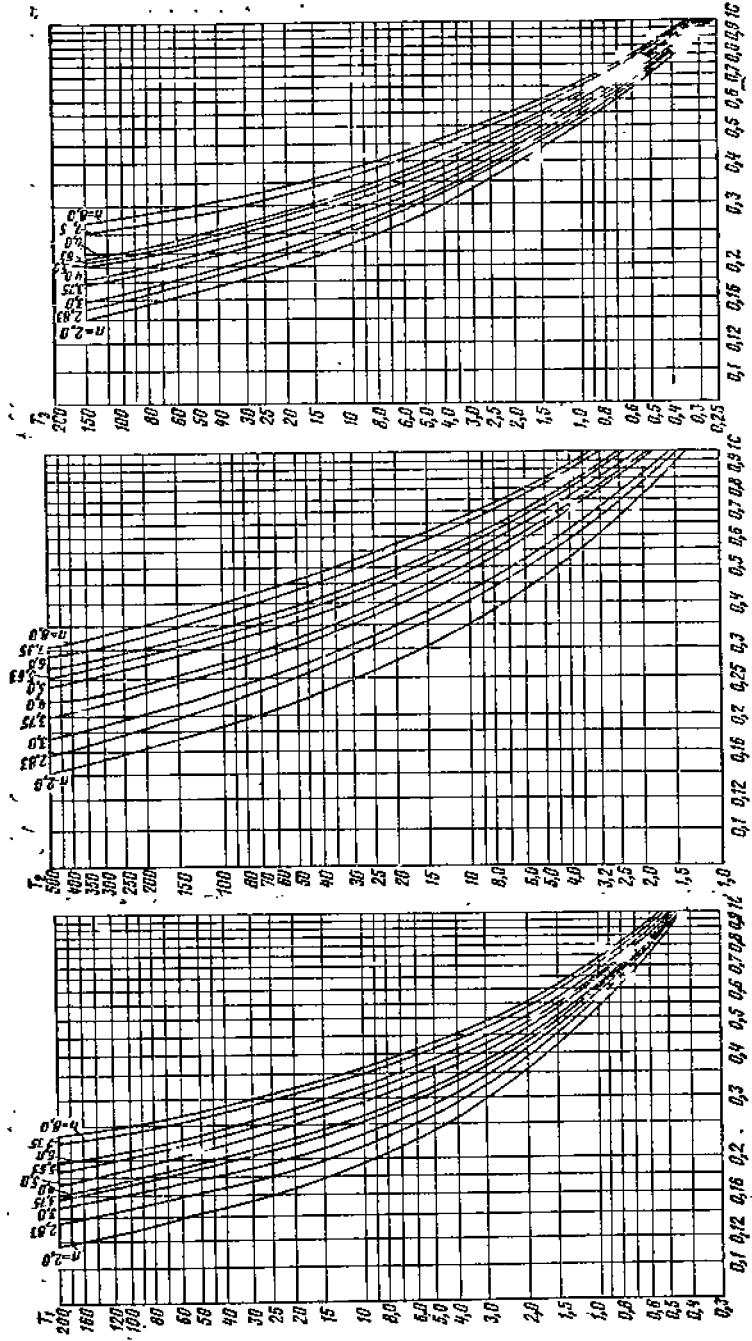


Рис. 2.12. Зависимости коэффициентов $T_1 \dots T_6$ от критерия C

Первоначальное заглубление (м) челюсти

$$y_0 = k_{п.з} L \operatorname{ctg} \mu',$$

где μ' см. на рис. 2.9, а.

Расчетное среднее заглубление (м) челюсти грейфера определяется условием:

$$v_{ср} \approx k_{п.з} v/(BL).$$

Удельное сопротивление (Па) внедрению челюстей

$$p_0 = \left(1 + \frac{a_K}{s_0}\right) \left[31 \rho g f_0^2 y_{ср} + \tau \left(31 f_0 - \frac{1}{f_0}\right)\right].$$

Сила сопротивления (Н) внедрению челюсти в материал

$$P_1 = B s_0 p_0.$$

Сила сопротивления (Н) перемещению материала по челюсти и трения по ней

$$P_0 = 0,5 \rho g B y_0^2 \operatorname{ctg} \gamma_0 \operatorname{tg} (\varphi_0 + \gamma_0) (1 + k_0),$$

$$\text{где } k_0 = \frac{2y_0}{3B} \frac{\operatorname{tg} \varphi_0}{\operatorname{tg}^2 \gamma_0 \operatorname{tg} (\varphi_0 + \gamma_0)}.$$

Сила сопротивления (Н) на боковых сторонах челюсти

$$P_2 = 2 p_0 y_i s_0 / \sin \alpha_i.$$

где y_i — текущее заглубление челюсти; α_i — текущий угол поворота челюсти.

Обобщенный параметр

$$C = 2 p_0 \frac{s_0}{B \rho R_0 g} (1 + k_E),$$

где $k_E = \frac{\rho y_{ср}^2}{6 \rho_0 s_0} \frac{\operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg}^2 \gamma_0 \sin \mu'}{\sin \varepsilon_{ср}}$ (здесь $\varepsilon_{ср}$ — средний задний угол челюсти; $\varepsilon_{ср} = (\varepsilon_H + \varepsilon_K)/2$, где ε_H и ε_K — соответственно начальный и конечный задние углы).

Задавая значения кратности u_c по графикам на рис. 2.12, определяют в зависимости от значения C возможные значения T_1, \dots, T_6 , удовлетворяющие условию

$$V \rho g \left[1 + k_p k_\phi \frac{R_0}{E} \operatorname{tg} (\varphi + \varepsilon_K) (1 + k_K)\right] T_1 + 2 P_1 T_2 + 2 k_p k_\phi \frac{R_0}{E} P_0 T_3 + m_{грг} g = \frac{[\xi_1 + 0,5 \xi_3 + (u_c - 1)] T_4 + \frac{r}{E} \xi_4 T_5 + 0,5 \xi_2 T_6}{[\xi_1 + 0,5 \xi_3 + (u_c - 1)] T_4 + \frac{r}{E} \xi_4 T_5 + 0,5 \xi_2 T_6}.$$

После подстановки значений стабильных параметров уравнение упрощается

$$G_{грг} = V \rho g \frac{\left[1 + 0,75 k_\phi \frac{R_0}{E} \operatorname{tg} (\varphi + \varepsilon_K) (1 + k_K)\right] T_1 + 2 P_1 T_2 + 1,5 k_\phi \frac{R_0}{E} P_0 T_3}{(u_c - 0,7) T_4 + 0,45 \frac{r}{E} T_5 + 0,1 T_6}.$$

По установленному значению u_c определяют u (см. табл. 2.5)

2.2.6. ПРОВЕРКА ЗАЧЕРПЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГРЕЙФЕРА

Проверить зачерпывающую способность грейфера можно по формуле, используемой предприятиями, создающими грейферы для перегрузочных работ на водном транспорте [3]:

$$p_0 \operatorname{ctg} \theta = \frac{S_{\text{зам}} (u - 1)}{2BR} \left[L_{\text{ч}} - (R - h_{\text{ч}}) \operatorname{tg} \theta - \frac{au}{u - 1} \right],$$

где $p_0 \operatorname{ctg} \theta$ — линейная нагрузка на кромке челюсти, Н/м; $S_{\text{зам}}$ — суммарное усилие в замыкающих канатах.

Минимальные значения $p_0 \operatorname{ctg} \theta$ в зависимости от объемной плотности перегружаемого материала приведены ниже:

| | | | |
|---|-------------|------------|-----------|
| $\rho, \tau/\text{м}^3$ | 0,8 ... 1,2 | 1,21 ... 2 | 2,1 ... 3 |
| $p_0 \operatorname{ctg} \theta \text{ min}, \text{ кН/м}$ | 20 ... 25 | 25 ... 50 | 30 ... 60 |

Пример 2.1. Рассчитать грейфер (см. рис. 2.8) для крана грузоподъемностью $Q = 16$ т. Материал — среднекусовая руда объемной плотностью не более $\rho = 2,4 \text{ т/м}^3$. Характеристика зачерпываемого материала: расчетный размер типового куска $a_K = 0,06 \dots 0,16$ м (принимая $a_K = 0,13$ м); коэффициент внутреннего трения $f_0 = 0,6$; угол внутреннего трения $\varphi_0 = 31^\circ$; коэффициент трения руды о сталь $f = 0,6$; угол трения руды о сталь $\varphi = 31^\circ$; угол естественного откоса $\gamma = 40^\circ$; угол скольжения $\gamma_0 = 45^\circ - 15,5^\circ = 29,5^\circ$; начальное сопротивление сдвигу $\tau = 0,3$ кПа. Согласно данным табл. 2.2 по объемной плотности этот материал следует отнести к группе IV, для которой (см. табл. 2.4)

$$k_2 = m_{грг}/Q \approx 0,43.$$

Сила действия, или вес, грузеного грейфера $Q_r = Qg = 16 \cdot g \approx 160$ кН, следовательно вес грейфера при $k_2 = 0,98$ (см. табл. 2.4, материал по гранулометрическому составу относится к группе КНУ)

$$G_{грг} = 0,43 k_2 Q_r = 0,43 \cdot 0,98 \cdot 160 \approx 68 \text{ кН}.$$

Объем грейфера определим при $k_1 = 0,97$ (см. табл. 2.4):

$$V = \frac{Q}{\rho} \frac{k_1 - k_2}{k_2} = \frac{16}{2,4} \frac{0,97 - 0,43}{0,98} = 2,5 \text{ м}^3,$$

Округляем до ближайшей стандартной величины $3,8 \text{ м}^3$. Вес материала $G_M = V \rho g = 3,8 \cdot 2,4 \cdot 9,8 \approx 91,5$ кН.

Определим параметры грейфера (см. табл. 2.4 и рис. 2.8, 2.9) Ширина челюсти (грейфера)

$$B = k_{ш} \sqrt[3]{V} = 1,21 \cdot 1,56 \approx 1,9 \text{ м}.$$

Длина челюсти в закрытом грейфере

$$L_{\text{ч}} = k_{д} \sqrt[3]{V} = 0,9 \cdot 1,56 \approx 1,4 \text{ м}.$$

Высота челюсти до шарнира тяги при $\theta = 30^\circ$

$$h_{\text{ч}} = L_{\text{ч}} \operatorname{tg} \theta = 1,4 \cdot 0,577 \approx 0,8 \text{ м}.$$

Расстояние от середины грейфера до шарнира челюсти $a = 0,265$ м. Жорда челюсти

$$M = \sqrt{L_{\text{ч}}^2 + h_{\text{ч}}^2} = \sqrt{1,4^2 + 0,8^2} = 1,61 \text{ м}.$$

Условный радиус (высота) челюсти

$$R = (0,42 \cdot k_{д} k_{ш} + 0,577 k_{д} + 0,2) \sqrt[3]{V} = (0,42 \cdot 0,9 \cdot 1,06 + 0,577 \cdot 0,9 + 0,2) 1,56 = 1,75 \text{ м},$$

тогда

$$R_0 = \sqrt{R^2 + a^2} = \sqrt{1,75^2 + 0,265^2} = 1,77 \text{ м}.$$

Полуразмах челюсти

$$L_p = R \sin \alpha_{\max} + a = 1,75 \cdot \sin 75^\circ + 0,265 = 1,75 \cdot 0,966 + 0,265 \approx 1,95 \text{ м.}$$

Плечо челюсти

$$E = \sqrt{(R - h_q)^2 + (L_q - a)^2} = \sqrt{0,95^2 + 1,135^2} \approx 1,48 \text{ м.}$$

Заданый угол челюсти: начальный $\epsilon_R = 90^\circ$; конечный $\epsilon_K = 14^\circ$; средний $\epsilon_{CP} = 52^\circ$.

Радиус центра тяжести челюсти $r = 0,8E = 1,2 \text{ м.}$

Толщина челюсти

$$s = 0,012p \sqrt{V} = 0,012 \cdot 2,4 \sqrt{3,8} = 0,045 \text{ м.}$$

Толщина челюсти с учетом скоса на кромке контакта с материалом

$$s_0 = 0,5s = 0,5 \cdot 0,045 = 0,0225 \text{ м.}$$

Полная высота закрытого грейфера

$$H_0 = R + h_0 \approx 1,75 + 1,25 \approx 3 \text{ м,}$$

$$\text{где } h_0 = \sqrt[5]{V} = \sqrt[5]{3,8} = 1,25 \text{ м.}$$

Конструктивно, применительно к рис. 2.8, можно принять $a_r = 0,4 \text{ м}$; $b_r = 0,6 \text{ м}$;
 $c_r = 0,25 \text{ м.}$

Длина тяги

$$l_T = \frac{L_q - c_r}{\sin \beta \cos \delta} = \frac{1,4 - 0,25}{0,845 \cdot 0,982} = 2,15 \text{ м,}$$

$$\text{где } \beta = \arctg \frac{L_q - c_r}{H_0 - h_q - a_r} = \arctg \frac{1,4 - 0,25}{3 - 0,8 - 0,4} \approx 33^\circ;$$

$$\delta = \arctg \frac{B/2 - b_r}{H_0 - h_q - a_r} = \frac{0,95 - 0,6}{3 - 0,8 - 0,4} \approx 11^\circ.$$

Углы:

$$\theta = \arccos \frac{L_q}{M} = \arccos \frac{1,4}{1,61} = \arccos 0,866 \approx 30^\circ;$$

$$\nu = \arcsin \frac{a}{R_0} = \arcsin \frac{0,265}{1,77} = \arcsin 0,15 \approx 9^\circ;$$

$$\psi = \arccos \frac{R - h_q}{E} = \arccos \frac{1,75 - 0,8}{1,48} = \arccos 0,63 \approx 50^\circ;$$

$$\mu = 90^\circ - (\theta + \nu) = 90^\circ - (30^\circ + 9^\circ) = 51^\circ;$$

$$\mu' = \mu + \theta - \epsilon = 51^\circ + 25^\circ - 14^\circ = 62^\circ;$$

$$\lambda = \varphi + \nu = 50^\circ + 9^\circ = 59^\circ;$$

$$\omega = 90^\circ + (\theta - \psi) = 90^\circ + (30^\circ - 50^\circ) = 70^\circ.$$

Проверка: $\mu + \lambda + \omega = 51^\circ + 59^\circ + 70^\circ = 180^\circ$.

Коэффициент

$$k_k = \frac{2}{3} \frac{\lg \varphi}{\lg^2 \gamma_0 \lg(\varphi + \epsilon_K)} \frac{1}{B} \sqrt{2 \lg \epsilon_K \frac{V}{B}} = \frac{2 \cdot 0,6 \sqrt{2 \cdot 0,219 \cdot 3,8/1,9}}{3 \cdot 0,31 \cdot 1,19} = 0,68.$$

Усредненный коэффициент для плоскодоговой формы челюсти $k_\phi = 1,4$ (см. с. 71).

Коэффициент первоначального заглабления для кусковых материалов $k_{D, \text{в}} = 0,2$.

Коэффициент среднего заглабления $k_{c, \text{в}} = 0,75$.

Коэффициент $k_p = 0,75$.

Коэффициенты ξ_1, \dots, ξ_4 учитываются по их усредненным значениям $\xi_1 = 0,25$;
 $\xi_2 = 0,2$; $\xi_3 = 0,1$; $\xi_4 = 0,45$.

Расчетное первоначальное заглабление

$$u_0 = k_{D, \text{в}} L \operatorname{ctg} \mu' = 0,2 \cdot 3,9 \cdot 0,532 = 0,425 \text{ м.}$$

Расчетное среднее заглабление

$$u_{CP} = k_{c, \text{в}} V/(BL) = 0,75 \cdot 3,8/(1,9 \cdot 3,9) = 0,385 \text{ м.}$$

2.6. Значения T_1, \dots, T_6 при $C = 0,44$

| Кратность полиспаста | | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 | T_5 | T_6 |
|----------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| кинематическая u | силовая u_c | | | | | | |
| 4 | 3,92 | 2 | 14,5 | 2 | 5 | 4,3 | 5,5 |
| 5 | 4,75 | 2,2 | 18 | 2,3 | 6 | 5,2 | 6 |
| 6 | 5,73 | 3 | 27 | 2,8 | 8 | 6 | 7,5 |
| 8 | 7,59 | 4 | 52 | 3,9 | 10 | 8,5 | 9 |

Удельное сопротивление внедрению челюстей

$$p_0 = \left(1 + \frac{a_n}{s}\right) \left[310f_{0y}^2 \epsilon_{CP} + \tau \left(31f_0 - \frac{1}{f_0}\right)\right] =$$

$$= \left(1 + \frac{0,13}{0,225}\right) \left[31 \cdot 2,4 \cdot 0,36 \cdot 0,385 + 0,3 \left(31 \cdot 0,6 - \frac{1}{0,6}\right)\right] = (1 + 5,8) (102 + 5) = 730 \text{ кПа.}$$

Сила сопротивления внедрению челюсти

$$P_1 = E s_0 p_0 = 1,9 \cdot 0,0225 \cdot 730 = 31 \text{ кН.}$$

Коэффициент

$$k_0 = \frac{2y_0}{3E} \frac{\lg \varphi_0}{\lg^2 \gamma_0 \lg(\varphi_0 + \gamma_0)} = \frac{2 \cdot 0,425 \cdot 0,6}{3 \cdot 1,9 \cdot 0,556^2 \cdot 1,767} = 0,164.$$

Сила сопротивления перемещению материала по челюсти и трения в ней

$$P_0 = 0,5p_g B y_0^2 \operatorname{ctg} \gamma_0 \lg(\varphi_0 + \gamma_0) (1 + k_0) = 0,5 \cdot 2,4 \cdot 9,8 \cdot 1,9 \cdot 0,425^2 \cdot 1,767 \cdot 1,164 \approx$$

$$\approx 11,8 \text{ кН.}$$

Коэффициент

$$k_e = \frac{\rho y_{CP}^2}{6s_0 p_0} \frac{\lg \varphi \operatorname{ctg}^2 \gamma_0 \sin \mu'}{\sin \epsilon_{CP}} = \frac{2,4 \cdot 0,385^2}{6 \cdot 0,0225 \cdot 730} \frac{0,6 \cdot 1,767^2 \cdot 0,891}{0,788} = 0,073.$$

Параметр

$$C = 2p_0 \frac{s_0}{B p R_0 g} (1 + k_e) = 2 \cdot 730 \frac{0,0225}{1,9 \cdot 2,4 \cdot 1,77 \cdot 9,8} (1 + 0,073) = 0,44.$$

Для определения необходимой кратности полиспаста, следует установить значения коэффициентов T_1, \dots, T_6 . Определяем их по графикам на рис. 2.12 при учете КПД вту-трейного полиспаста замыкающего каната, являющегося функцией КПД блока, который при применении в узлах трения подшипников качения можно принимать $\eta_g = 0,98$.

Соответствующие значения T_1, \dots, T_6 при кинематической u и силовой u_c кратности полиспаста для $C = 0,44$ приведены в табл. 2.6.

Необходимый вес грейфера при различной кратности полиспаста замыкающего каната

$$G_{ГР} = \frac{V \rho g \left[1 + 0,75k_\phi \frac{R_0}{E} \lg(\varphi + \epsilon_K) (1 + k_k)\right] T_1 + 2P_1 T_2 + 1,5k_\phi \frac{R_0}{E} P_0 T_3}{(u_c - 0,7) T_4 + 0,45 \frac{r}{E} T_5 + 0,1T_6} =$$

$$= \frac{91,5 (1 + 0,75 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,68) T_1 + 2 \cdot 31 T_2 + 1,5 (1,4/1,2) 14,8 T_3}{(u_c - 0,7) T_4 + 0,36 T_5 + 0,1 T_6} =$$

$$= \frac{194 T_1 + 62 T_2 + 37 T_3}{(u_c - 0,7) T_4 + 0,36 T_5 + 0,1 T_6}.$$

Подсчет проведем для указанных в табл. 2.6 кратностей u

$$u = 4$$

$$G_{ГР} = \frac{194 \cdot 2 + 62 \cdot 14,5 + 37 \cdot 2}{3,22 \cdot 5 + 0,36 \cdot 4,3 + 0,1 \cdot 5,5} = \frac{385 + 900 + 74}{16,1 + 1,55 + 0,55} = \frac{1360}{18,2} \approx 75 \text{ кН;}$$

$$u = 5$$

$$G_{ГР} = \frac{194 \cdot 2,2 + 62 \cdot 18 + 37 \cdot 2,3}{4,03 \cdot 6 + 0,36 \cdot 5,2 + 0,1 \cdot 6} = \frac{425 + 1113 + 85}{24,18 + 1,86 + 0,6} = \frac{1625}{26,64} \approx 61 \text{ кН};$$

$$G_{ГР} = \frac{194 \cdot 3 + 62 \cdot 27 + 37 \cdot 2,8}{6,03 \cdot 8 + 0,36 \cdot 6 + 0,1 \cdot 7,5} = \frac{580 + 1680 + 104}{40,24 + 2,16 + 0,75} = \frac{2364}{43,15} \approx 55 \text{ кН};$$

$$G_{ГР} = \frac{194 \cdot 4 + 62 \cdot 52 + 37 \cdot 3,9}{6,89 \cdot 10 + 0,36 \cdot 8,5 + 0,1 \cdot 9} = \frac{780 + 3230 + 144}{68,9 + 3,1 + 0,9} = \frac{4154}{72,9} \approx 57 \text{ кН}$$

Как следует из результатов приведенного расчета, весу грейфера $G_{ГР} = 61 \text{ кН}$ удовлетворяет кратность $u = 5$.

Грейферы указанного назначения обычно и выполняют с этой кратностью полиспаста замыкающего каната. Дальнейшее повышение кратности приводит к значительному повышению нагруженности элементов грейфера, что нецелесообразно.

Зачерпывающую способность грейфера можно дополнительно проверить по зависимости для линейной нагрузки на кромке челюсти:

$$P_0 \text{ min пог} = \frac{S_{зам} (u - 1)}{2BR} \left[L_ч - (R - h_ч) \operatorname{tg} \theta - \frac{au}{u - 1} \right] =$$

$$= \frac{160 (5 - 1)}{2 \cdot 1,9 \cdot 1,75} \left[1,4 - (1,75 - 0,6) \operatorname{tg} 30^\circ - \frac{0,265 \cdot 5}{5 - 1} \right] = 96,5 (1,4 - 0,55 - 0,33) = 50 \text{ кН м}$$

Это значение соответствует экспериментально установленному для материала с объемной плотностью до 3 т/м^3 (см. п. 2.2.6).

2.3. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ДВУХЧЕЛЮСТНОГО ГРЕЙФЕРА НА ПРОЧНОСТЬ

2.3.1. ПАРАМЕТРЫ НАГРУЖЕНИЯ

Предельная нагруженность элементов грейфера имеет место при полном использовании грузоподъемности крана и восприятии всей нагрузки только замыкающим канатом, т. е. при $S_R = Q_G$. Необходимо также учитывать динамичность нагружения. При этом на головку грейфера от полиспаста замыкающего каната передается усилие

$$S_T = S_R (u_c - 1),$$

а нагрузка, действующая на нижнюю траверсу грейфера,

$$S_{ТР} = S_R u_c,$$

где u_c — силовая кратность полиспаста (см. табл. 2.5).

Локальные сопротивления P_L , возникающие при зачерпывании материала, можно условно заменить общим сопротивлением P , приложенным к кромке челюсти. Разложим P на вертикальную P_b и горизонтальную P_r составляющие, обозначив $P_b = k_r P_r$. Нагрузка от головки грейфера передается на челюсть через тяги, усилие в которых, приходящееся на одну челюсть

$$S_T = \frac{1}{2 \cos \beta} \left[G_{ГР} \left(\xi_1 + \frac{\xi_2}{2} \right) + S_r \right].$$

Реакцию в шарнирах челюсти, связывающих ее с траверсой, также можно разложить на вертикальную и горизонтальную составляющие. Так как траверса соединена с головкой односторонней связью, вертикальная составляющая для одной челюсти

$$Y = S_{ТР}/2 - \xi_2 G_r/2.$$

Вес зачерпнутого материала можно считать функционально зависимым от угла раствора челюстей, т. е. $g_M = V \rho g \cos \alpha$.

При этих условиях равновесие челюсти можно рассматривать в соответствии со схемой, представленной на рис. 2.13, считая P_r , k_r и горизонтальную составляющую реакции в шарнире X неизвестными.

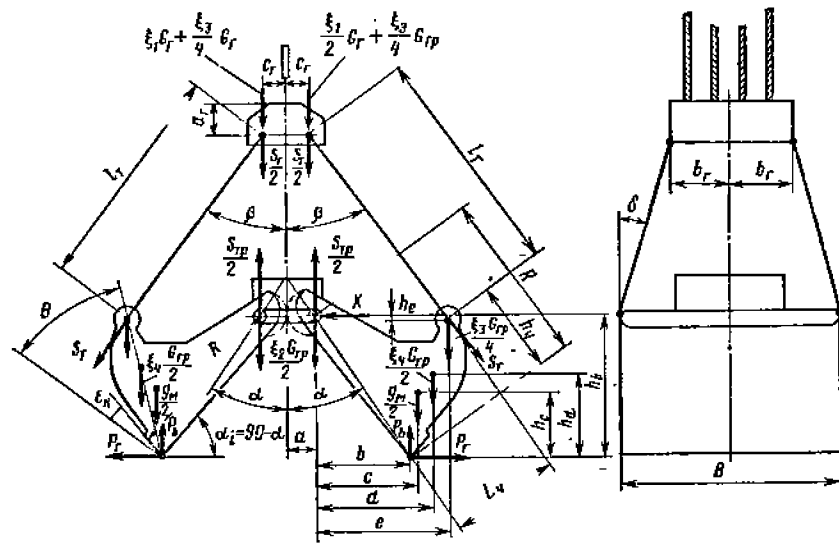


Рис. 2.13. Расчетная схема грейфера

Для правой челюсти:

$$\sum X = P_r + S_T \sin \beta - X = 0;$$

$$\sum Y = -k_r P_b - 0,5 S_{ТР} + S_T \cos \beta +$$

$$+ G_{ГР} \left(\frac{\xi_2}{2} + \frac{\xi_3}{4} + \frac{\xi_1}{2} \right) + \frac{V \rho g}{2} \cos \alpha = 0;$$

$$\sum M = S_T (e \cos \beta - h_e \sin \beta +$$

$$+ G_r \left(\frac{\xi_3}{4} e + \frac{\xi_4}{2} d \right) \frac{V \rho g}{2} c \cos \alpha - P_b (h_b + k_r b) = 0.$$

Из уравнения $\sum M = 0$ получаем

$$P_r = \frac{S_T (e \cos \beta - h_e \sin \beta) + G_{ГР} \left(\frac{\xi_3}{4} e + \frac{\xi_4}{2} d \right) + \frac{V \rho g}{2} c \cos \alpha}{k_r b + h_b} = \frac{A}{k_r b + h_b}$$

При подстановке P_r в уравнение $\sum Y = 0$ находим

$$k_r \frac{A}{k_r b + h_b} = S_T \cos \beta + G_{ГР} \left(\frac{\xi_2}{2} + \frac{\xi_3}{4} + \frac{\xi_1}{2} \right) +$$

$$+ \frac{V \rho g}{2} \cos \alpha - 0,5 S_{ТР} = B,$$

откуда

$$k_r = \frac{B}{A} (k_r b + h_b) = \frac{B h_b}{A - B b},$$

где

$$A = S_T (e \cos \beta - h_e \sin \beta) + G_{ГР} \left(\frac{\xi_2}{4} e + \frac{\xi_1}{2} d \right) + \frac{V \rho g}{2} c \cos \alpha;$$

$$B = S_T \cos \beta + G_{ГР} \left(\frac{\xi_2}{2} + \frac{\xi_3}{4} + \frac{\xi_1}{2} \right) + \frac{V \rho g}{2} \cos \alpha - 0,5 S_{ГР}.$$

Следовательно,

$$P_{Г} = \frac{A}{k_{Г} b + h_b} = \frac{A}{\frac{B h_b b}{A - B b} + h_b} = \frac{A - B b}{h_b};$$

$$X = P_{Г} + S_T \sin \beta.$$

Так как максимума использования грузоподъемности крана можно ожидать при переходе от зачерпывания к подъему грейфера, значения $k_{Г}$, $P_{Г}$ и X целесообразно находить при $\alpha = 0$.

Определим зависимость между углами α и β :

$$I_T \sin \beta = e; E \cos [90^\circ - (\alpha + \lambda)] = e;$$

$$\beta = \arcsin \frac{E}{I_T} \sin (\lambda + \alpha).$$

Пример 2.2. Определить значения $k_{Г}$, P и X для грейфера, рассмотренного в примере 2.1, при $\alpha = 0$.

Найдем базовые параметры:

$$\beta = \arcsin \frac{E}{I_T} \sin \lambda;$$

$$E = 1,48 \text{ м}; I_T = 2,15 \text{ м}; \lambda = 59^\circ; \sin 59^\circ = 0,857.$$

Следовательно

$$\beta = \arcsin \frac{1,48}{2,15} \cdot 0,857 = \arcsin 0,59 = 36^\circ;$$

$$\sin \beta = 0,59; \cos \beta = 0,809;$$

$$b = 0; h_b = R_0 = 1,77 \text{ м};$$

$$e = L_q = 1,4 \text{ м}; h_e = E \cos \lambda = 1,48 \cdot \cos 59^\circ = 1,48 \cdot 0,515 = 0,76 \text{ м};$$

$$d = 0,8R \sin \left(\alpha + \frac{\lambda}{2} \right) = 0,8 \cdot 1,75 \cdot \sin 29,5^\circ = 1,5 \cdot 0,492 = 0,74 \text{ м};$$

$$h_d = 0,8R \cos \left(\alpha + \frac{\lambda}{2} \right) = 0,8 \cdot 1,75 \cdot \cos 29,5^\circ = 1,5 \cdot 0,870 = 1,3 \text{ м};$$

$$c = 0,35L_q = 0,35 \cdot 1,4 = 0,5 \text{ м}; h_c = 0,5 (h_q + L_q \sin 30^\circ) = 0,5 (0,8 + 1,4 \cdot 0,5) = 0,75 \text{ м};$$

$$\xi_1 = 0,25; \xi_2 = 0,20; \xi_3 = 0,10; \xi_4 = 0,45; u = 5; u_0 = 4,75; V \rho g = 91,5 \text{ кН};$$

$$G_{ГР} = 68 \text{ кН}; Q_{Г} = 160 \text{ кН}; S_{К} = 160 \text{ кН}; S_0 = S_{К} (u_0 - 1) = 160 (4,75 - 1) = 600 \text{ кН};$$

$$S_{ГР} = S_{К} u_0 = 160 \cdot 4,75 = 760 \text{ кН}.$$

Определяем усилия

$$S_T = \frac{1}{2 \cos \beta} \left[G_{ГР} \left(\xi_1 + \frac{\xi_3}{2} \right) + S_{Г} \right] = \frac{1}{2 \cdot 0,809} (68 \cdot 0,3 + 600) = 385 \text{ кН};$$

$$P_{Г} = \frac{A - B b}{h_b} = \frac{301 - 18 \cdot 0}{1,77} = 170 \text{ кН}; k_{Г} = \frac{B h_b}{A - B b} = \frac{18 \cdot 1,77}{301 - 18 \cdot 0} = 0,106;$$

$$P_b = P_{Г} k_{Г} = 170 \cdot 0,106 = 18 \text{ кН},$$

где

$$A = 385 (1,4 \cdot 0,809 - 0,76 \cdot 0,59) + 68 \left(\frac{0,1}{4} \cdot 1,4 + \frac{0,45}{2} \cdot 0,74 \right) + 0,5 \cdot 91,5 \cdot 0,5 = 265 + 13 + 23 = 301 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$B = 385 \cdot 0,809 + 68 \left(\frac{0,2}{2} + \frac{0,1}{4} + \frac{0,45}{2} \right) + 91,5 \cdot 0,5 - 0,5 \cdot 760 = 323 + 24 + 46 - 380 = 18 \text{ кН}.$$

Сила P_b способствует подъему грузевого грейфера. При этом

$$X = P_{Г} + S_T \sin \beta = 170 + 385 \cdot 0,59 = 385 \text{ кН};$$

$$Y = S_{ГР} / 2 - \xi_2 G_{ГР} / 2 = 0,5 (760 - 0,2 \cdot 68) = 376 \text{ кН};$$

$$P = \sqrt{P_{Г}^2 + P_b^2} = \sqrt{170^2 + 18^2} = 173 \text{ кН}.$$

По полученным значениям P , X , Y и S_T должен быть приведен прочностной расчет элементов грейфера согласно п. 1.1.4 с учетом динамических нагрузок, зависящих от условий работы (см. п. 1.2.3) и определяемых коэффициентом динамичности.

2.8.2. КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ДВУХЧЕЛЮСТНОГО ГРЕЙФЕРА

При двухшарнирном соединении (рис. 2.14, а) челюстей каждая челюсть имеет свои полуоси, закрепленные в нижней траверсе, а при одношарнирном (рис. 2.14, б) — челюсти имеют общие полуоси. Одношарнирное крепление используют преимущественно в грейферах небольшого объема. Тяги, шарнирно соединенные с задними проушинами челюстей, связывают их с головкой грейфера.

Челюсти выполняют в виде пространственной металлоконструкции П-образной формы [7, 9]. Параметры челюсти из-за сложности конфигурации устанавливают на основании эмпирических зависимостей. Габаритные размеры челюсти — ширина B , длина L_q , ордината шарнира тяги h_q , ордината шарнира R , толщина ножа s и s_0 даны в п. 2.2.2. Ширину ножа надо выбирать из условия обеспечения его прочности при встрече середины челюсти в процессе зачерпывания с непреодолимым препятствием. При усилении смыкания челюстей P , ширине челюсти B , толщине ножа S и ширине b (см. рис. 2.14, а) изгибающий момент с учетом закрепления ножа в боковинах челюсти

$$M_{изг} = PB/8,$$

а момент сопротивления $W = bs_1^2/6$,

где s_1 — толщина ножа с учетом толщины самой челюсти, к которой он приварен.

Тогда напряжение изгиба

$$\sigma_{изг} = M/W = 6PB/(8bs_1^2),$$

откуда необходимая ширина ножа

$$b = 0,75PB/(s_1^2 \sigma_{изг}).$$

Для расчетов следует принимать $\sigma_{изг} = 0,9\sigma_T$ (где σ_T — предел текучести). Толщину листового металла челюсти выбирают из конструктивных соображений

$$s_{л} = (0,3 \dots 0,5) s.$$

Элементы челюсти сваривают непрерывным усиленным швом. В челюсти выполняют две проушины для подвешивания ее к нижней траверсе и две проушины для крепления тяг. На проушину подвески действует равнодействующая N сил X и Y :

$$N = 0,5 \sqrt{X^2 + Y^2}.$$

На проушину тяги действует усилие $0,5S_T$.

Нижнюю траверсу грейфера выполняют в виде коробчатой балки, в торце которой размещены полуоси для крепления челюстей.

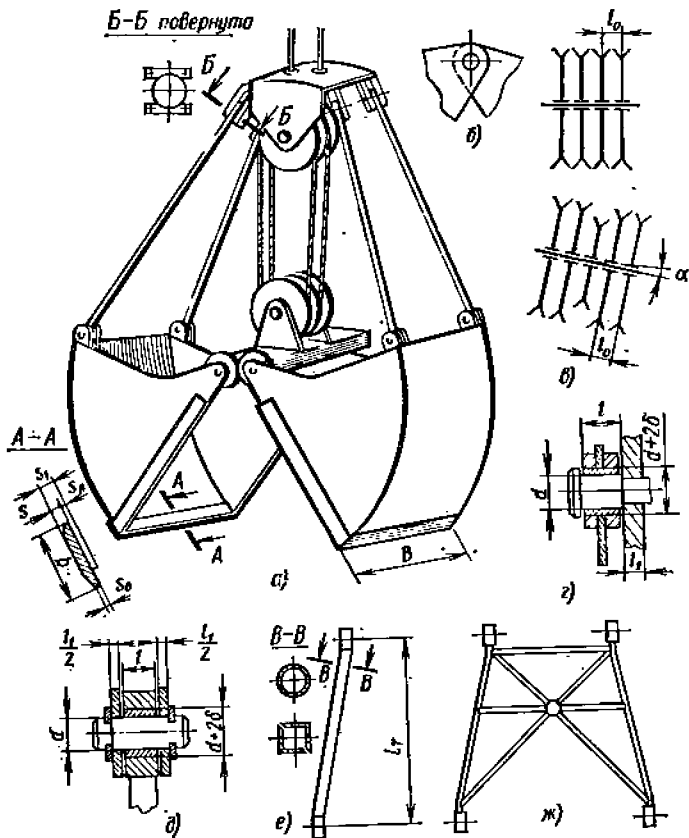


Рис. 2.14. Схема двухчелюстного грейфера: а — общий вид при двухшарнирном креплении челюстей; б — одношарнирное крепление челюстей; в — размещение канатных блоков полиспаста в головке и траверсе; г — шарнир челюсти; д — шарнир тяги; е — тяга; ж — комбинированная тяга

В средней части траверсы устанавливают подвижные блоки полиспаста замыкающего каната. Для уменьшения диаметра оси блоков ее можно выполнять многоопорной за счет листовых опор, вставляемых между блоками и образующих конструкцию, присоединяемую к траверсе. Головка грейфера по конструкции отличается от нижней траверсы отсутствием осей для челюстей и наличием четырех проушин для крепления тяг. Для удобства перехода каната с блоков головки ва блоки траверсы последние повернуты на некоторый угол α , который зависит от диаметра D_6 блока (по центрам канатов) и расстояния l_0 между блоками (рис. 2.14, е)

$$\alpha = \arctg(l_0/D_6).$$

Ширину центральной проушины l (рис. 2.14, г и д) или суммарную толщину двух концевых проушин рассчитывают, исходя из допустимого давления $p \leq 20$ МПа при термически обработанных стальных контактирующих поверхностях, $p \leq 8$ МПа при контакте термически не обработанных стальных поверх-

ностей и $p \leq 4$ МПа при контакте стальной и бронзовой поверхностей. Давление

$$p = T/(dl),$$

где T — действующая нагрузка; d — диаметр оси (валика).

Толщину δ стенки втулки принимают обычно равной 12...16 % от диаметра d оси (соединительного валика). Последний рассчитывают как консольную балку для шарниров челюстей и как двухопорную балку для шарниров тяг.

Наружный диаметр проушины $D_{пр}$ определяют, исходя из ее прочности на разрыв по диаметральной плоскости:

$$D_{пр} = T/([\sigma] l) + d + 2\delta.$$

В одном из элементов соединения (целесообразнее наружном) ось должна быть плотно посажена и закреплена от вращения достаточно надежным способом. Общую ширину наружных элементов (см. рис. 2.14, д) определяют, исходя из допустимых напряжений смятия:

$$[\sigma_{см}] = T/(dl_1), \text{ откуда } l_1 = T/(d [\sigma_{см}]),$$

где $[\sigma_{см}] = 0,75\sigma_T$.

Тяги грейферов малого объема (до 1 м³) выполняют в виде отдельных стержней (рис. 2.14, е); при большем объеме тяги одной челюсти связывают в общую металлоконструкцию (рис. 2.14, ж). Так как ширина головки грейфера меньше ширины челюстей, в одиночных тягах помимо продольных усилий могут возникать напряжения изгиба. Рассчитывать тягу следует на продольное сжатие по обычному методу:

$$F_T = 0,5S_T/(\varphi [\sigma_{сж}]),$$

где F_T — площадь поперечного сечения тяги; $0,5S_T$ — действующая нагрузка на одну тягу; φ — коэффициент, учитывающий продольный изгиб; $[\sigma_{сж}]$ — допускаемое напряжение сжатия для материала тяги.

Тяги обычно изготавливают из толстостенных круглых или квадратных труб или сваривают из двух уголков для грейферов малого и среднего объемов и из двух швеллеров для грейферов большого объема. Тяги комбинированного типа рассчитывают как решетчатые конструкции на нагрузку $0,5S_T$, приложенную к местам присоединения тяг к головке, и проверяют на поперечную устойчивость от сжимающей силы S_T .

Элементы грейфера рассчитывают на усталостную прочность (выносливость) в соответствии с положениями, изложенными в п. 1.1.

В качестве примера общей компоновки на рис. 2.15 приведена конструкция четырехканатного грейфера для перегрузки угля для крана грузоподъемностью 10 т. Масса грейфера 4,25 т; масса зачерпываемого материала 5,75 т; кратность полиспаста 2 × 3.

Проходной канал для замыкающего каната имеет следующие нормированные размеры (рис. 2.16): $d \geq d_k$; $R \geq 7d_k$; $r \geq 0,5d_k$; $a \geq 0,75d_k$ (где d_k — диаметр каната). Размеры профиля ручья канатного блока (рис. 2.17): $R = 0,53d_k$; $R_1 = 0,2d_k$; $R_2 = 0,7d_k$; $h = 1,4d_k$; $h_1 = 0,4d_k$; $a = 2,5d_k$; $b = 1,8d_k$; $f = 0,07d_k$; $g = 0,5d_k$.

2.3.а. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ ГРЕЙФЕРА

При изготовлении грейферов должны соблюдаться требования, регламентированные ГОСТ 18496—73. Конструкция и качество выполнения грейфера должны обеспечивать безопасность его эксплуатации в соответствии с требованиями норм Госгортехнадзора СССР.

Грейферы желательнее выполнять в виде сменного оборудования, причем все одноименные части серийных грейферов одной модели должны быть взаимозаменяемыми. Концы одноименных канатов сдвоенных полиспастов и подвесок грейферов (при четырехканатном исполнении) должны присоединяться отдельно к балансирующему устройству на грейфере. Допускается использование грейфера

2.7. Материал для изготовления элементов грейфера

| Элементы грейфера | Материал для изготовления | Вид термообработки | Твердость HRC, не менее |
|--|---|--|-------------------------|
| Оси, валы | Сталь 45 по ГОСТ 1050—74 Сталь 40X по ГОСТ 4543—71 | Закалка, отпуск | 35 |
| Втулки шарниров | Сталь 20 по ГОСТ 1050—74 Сталь 18ХГ по ГОСТ 4543—71 Сталь 25Л-П по ГОСТ 977—75 | Цементация или азотирование поверхностей трения на глубину 1,5 мм Закалка, отпуск | 45 56 |
| Втулки направляющие для канатов | Сталь 45 по ГОСТ 1050—74 Сталь 40X по ГОСТ 4543—71 Сталь 45Л-Ш по ГОСТ 977—75 | Закалка, отпуск | 35 |
| Съемные зубчатые секторы челюстей | Сталь 45 по ГОСТ 1050—74 Сталь 40X по ГОСТ 4543—71 Сталь 45Л-Ш по ГОСТ 977—75 | Закалка, отпуск | 35 |
| Блоки литые | Сталь 35Л-П по ГОСТ 977—75 Сталь 45Л-П по ГОСТ 977—75 | Поверхностная закалка ручья | 35 |
| Прочие литые детали | Сталь 25Л-Ш по ГОСТ 977—75 | Отжиг | — |
| Режущие пояса (ножи) челюстей. Несъемные зубчатые сектора челюстей | Сталь 10ХСНД в 10Г2С1Д по ГОСТ 5521—76 | — | — |
| Элементы сварных деталей и металлоконструкций | ВСт3—ВСт4, ВСт3Гпс по ГОСТ 380—71 с гарантией свариваемости; сталь 10Г2С1Д, 10ХСНД, 09Г2, 09Г2С по ГОСТ 5521—76, сплав АМг6 по ГОСТ 4784—74 | — | — |

Кромки ножей закрытого грейфера должны плотно прилегать одна к другой. Допускаются зазоры не более 2 мм на отдельных участках, суммарная длина которых не должна превышать 20 % ширины грейфера, и превышение одной кромки относительно другой в сомкнутом положении на величину не более 20 % толщины кромок.

Все несмазываемые поверхности грейфера должны быть окрашены. На грейфере должна быть прикреплена металлическая табличка, выполненная по ГОСТ 12969—67 и ГОСТ 12971—67, содержащая сведения, предусмотренные нормами Госгортехнадзора СССР. Применение плоских надписей на табличке не допускается. Табличка должна быть закреплена на одной из наиболее долговечных частей грейфера в доступном для рассмотрения месте, не подверженном загрязнению и соприкосновению с перегружаемым материалом и внешними предметами. Массу грейфера (собственную) проверяют взвешиванием с точностью до $\pm 2\%$. Качество сборки проверяют на грейфере с запасованным полнспастом, путем раскрытия и закрытия челюстей на весу, подъема и опускания грейфера попеременно на замыкающих и поддерживающих канатах. Зачерпывающую способность грейфера определяют путем пробных зачерпываний материала (для перегрузки которого грейфер предназначен) с горизонтальной поверхности свеже-насыпанного штабеля. Испытание должно проводиться при безостановочном движении замыкающих канатов с высоты 1 м над штабелем, причем поддерживающие канаты и оттяжка — успокоитель должны быть ослаблены на всем про-

в качестве балансира, если расстояние между местами присоединения к нему концов одноименных канатов превышает 18 диаметров каната для подгребающих (штвбующих) грейферов и 40 диаметров для грейферов остальных типов. При использовании грейфера в качестве балансира коэффициент запаса прочности надо принимать не менее чем в 1,5 раза больше коэффициента запаса прочности, предусмотренного нормами Госгортехнадзора.

Конструкции соединительных устройств канатов должны быть легко доступны, чтобы можно было быстро заменить как грейфер, так и канаты в его полнспастах; при этом необходимо предусмотреть устройства, исключающие выход канатов из ручьев блоков в результате их ослабления или наклона грейфера на угол до 90° в любую сторону. Узлы трения канатных блоков надо выполнять на подшипниках качения и снабжать надежными уплотнениями. Направляющие устройства на выходе канатов из головки грейфера должны представлять собой систему блоков или стальных направляющих втулок (их размеры показаны на рис. 2.16).

Канатные блоки должны изготавливаться из стали литыми с профилем ручья, показанным на рис. 2.17. Допускается применение сварных и штампованно-сварных блоков, литых из алюминиевых и магниевых сплавов, а также футерованных блоков. Все канатные блоки, а также и опорные ролики для канатов в собранном грейфере должны, при отсутствии на них нагрузок, свободно проворачиваться от руки. Все шарнирные сочленения частей грейфера должны разбираться и собираться вручную без ощутимых признаков защемления. Смазочные полости, зазоры и каналы во всех элементах грейфера, включая канатные блоки и шарнирные соединения, должны быть заполнены смазкой, а смазочные отверстия проверены на проходимость смазки по назначению.

Элементы конструкций грейферов изготавливают из материалов, указанных в табл. 2.7. Можно применять и другие материалы, если их параметры не ниже указанных в таблице. Предпочтительны высокопрочные свариваемые стали марок 14ХМНДФР, 14Х2ГМР, 12Г2СМФ, алюминиево-цинково-магнелиевые само-закаливающиеся сплавы типа В92, а также сплавы на основе титана.

Поверхностной наплавке должны быть подвергнуты следующие элементы:

- а) кромки режущих поясов (ножей) и примыкающие к ним с обеих сторон поверхности шириной не менее удвоенной толщины ножа, причем направленный слой должен быть гладким или с валиками, перпендикулярными к кромке ножа;
- б) кромки внутренних ребер на днищах челюстей;
- в) у грейферов для абразивных не липких материалов внутренние поверхности днищ челюстей должны быть подвергнуты сетчатой наплавке; валики наплавленного металла должны быть ориентированы под углом 45° к кромке ножа; толщина наплавленного слоя не менее 3 мм.

Наплавленный металл должен быть устойчив к абразивному изнашиванию и выкрашиванию при ударах и деформациях. Наплавку надо производить одним из следующих материалов:

- электродами по ГОСТ 10051—75;
- проволокой по ГОСТ 10543—75;
- сталингом по ГОСТ 11546—75.

Допустимо применение и других наплавочных материалов, если они обеспечивают такое же (как вышеуказанными материалами) или более высокое качество наплавленного слоя.

Все неразъемные соединения в конструкции грейфера должны быть сварными. Применение заклепочных соединений допускается только для элементов, изготовленных из разнородных материалов, например стали и алюминиевого сплава, причем места контактов этих материалов должны иметь защитные покрытия, предотвращающие их электрохимическую коррозию. Сварные соединения должны удовлетворять требованиям норм Госгортехнадзора для ответственных элементов крановых металлоконструкций.

Контроль качества сварных швов осуществляется по ГОСТ 3242—79. Поверхности сварных швов должны быть очищены от брызг металла, наплывов, окалины и шлака. Точность и качество поверхности реза деталей металлоконструкций, образованного кислородной или плазменно-дуговой резкой, должны соответствовать нормам К 333 и П 3330 по ГОСТ 14792—69.

тяжении зачерпывания. Зачерпывание рядовых и кусковых материалов должно проводиться не менее 3 раз, причем необходимо определить среднюю зачерпнутую массу. Для мелкосыпучих сортированных материалов допускается однократное пробное зачерпывание. После каждого зачерпывания зачерпнутый материал взвешивается. Точность взвешивания $\pm 3\%$.

Изготовленный грейфер проходит приемо-сдаточные испытания и проверку соответствия рабочим чертежам завода-изготовителя. Грейферы транспортируются без упаковки транспортом любого вида по группе ОЖ1 по ГОСТ 15150—69. Грейферы для кранов грузоподъемностью свыше 16 т допускаются транспортировать в разобранном виде. Хранение грейферов должно производиться по условиям, предусмотренным группой ОЖ3 по ГОСТ 15150—69.

Долговечность (ресурс) грейфера, изготовленного с выполнением перечисленных выше требований, нормируется в тоннах переработанного материала на 1 т массы грейфера:

| | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| Номинальная грузоподъемность, т | До 5 | 5 ... 16 | Свыше 16 |
| Ресурс, т/т | 250·10 ³ | 200·10 ³ | 160·10 ³ |

Нормированный ресурс снижается на 20 % при перегрузке материалов с высокой абразивностью (кокса, агломерата, металлургических шлаков), с высокой температурой — свыше 200 °С, или кусковатостью, равной или большей приведенной на с. 65. При определении соответствия выполненных работ ресурсу исходят из такого состояния грейфера, при котором полное восстановление ремонтными средствами его нормальной работоспособности невозможно. Нормы безотказности (наработки на отказ), параметры потока отказов, вероятность безотказной работы на протяжении заданной наработки должны устанавливаться по ГОСТ 13377—75 с учетом следующего. Средняя наработка на отказ должна быть не менее 0,33 его ресурса; закон распределения экспоненциальный. Замена канатов исчерпывающих свой ресурс не считается отказом грейфера. Испытания на надежность совмещаются с нормальной эксплуатацией грейфера на предприятии-потребителе. Количество грейферов и продолжительность испытаний назначают такими, чтобы наблюдаемое количество отказов за время испытаний было не менее 25, а количество случаев достижения грейферов предельного состояния не менее 8.

2.4. ГРЕЙФЕРЫ НЕСТАНДАРТНЫХ ТИПОВ

2.4.1. ОДНОКАНАТНЫЕ ГРЕЙФЕРЫ

Одноканатные грейферы являются сменным оборудованием крюковых кранов и применение их на перегрузочных работах экономически обоснованно лишь в случае несистематического использования вперемежку с перегрузкой штучных грузов. Конструктивное выполнение одноканатных грейферов разнообразно, но всегда базируется на применении замковых устройств, связывающих головку грейфера с нижней траверсой в процессе подъема грузеного грейфера, и размыкаемых при разгрузке грейфера, осуществляемой вручную или при встрече грейфера с упором. Так как одноканатные грейферы обычно выполняют по бесполиспастной схеме, их используют преимущественно для перегрузки несlejавшихся мелкосыпучих материалов с небольшой объемной плотностью.

Описание ряда конструктивных решений одноканатных грейферов приведено в работе [8].

Одноканатный грейфер рассчитывается аналогично двухканатному.

2.4.2. ПРИВОДНЫЕ ГРЕЙФЕРЫ

Приводные грейферы, так же как и одноканатные, являются оборудованием крюковых кранов, но в отличие от них работают по схеме двухканатных (четыреканатных) грейферов. Замыкающий канат при зачерпывании и разгрузке приводится механизмом, связывающим головку грейфера с его траверсой.

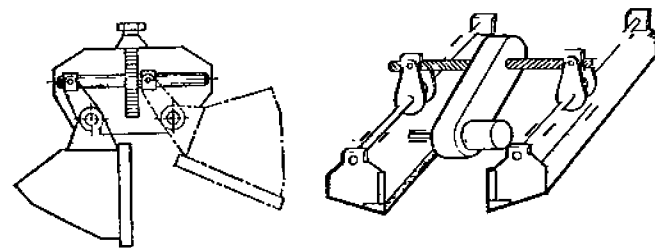


Рис. 2.18. Двухчелюстной приводной грейфер с электромеханическим приводом и винтовой передачей механизма смыкания челюстей

В подвешенных на канатах грейферах стягивающее усилие между головкой и траверсой

$$S_{ст} = S_{зам} u_c = Q_r u_c,$$

где $S_{зам} = Q_r$ (здесь Q_r вес поднимаемого груза и грейфера).

При электромеханическом канатном механизме стягивания челюстей грейфера его кратность $u_{ст}$ может быть отличной от u_c . При определении $S_{ст}$ следует учитывать, что масса грейферов с приводным механизмом замыкания больше массы нормальных двухканатных грейферов. Приводной механизм целесообразнее размещать на головке грейфера (см. рис. 2.1), а не на его траверсе, так как в этом случае он полностью используется для создания черпающего усилия.

Помимо канатных известно большое количество различных схем замыкающих механизмов грейферов с винтовыми и зубчатыми передачами (рис. 2.18).

Двухчелюстные грейферы с электромеханическим приводом (рис. 2.19) серийно выпускает завод «Струма» (г. Перник, НРБ) (табл. 2.8) и завод им. С. М. Кирова (г. Лейпциг, ГДР) (табл. 2.9).

Более простую конструкцию имеют приводные грейферы со стягивающим устройством в виде гидро- или пневмолкателя, соединяющим головку и траверсу грейфера (рис. 2.20). Параметры двухчелюстного грейфера, выпускаемого фирмой Демаг (ФРГ), приведены в табл. 2.10.

Наиболее простое конструктивное решение получается при непосредственном креплении грейфера к стреле крана, однако в таком варианте применяются только грейферы технологического назначения. Для перегрузочных работ целесообразнее применять канатно-подвесные грейферы, но необходимо учитывать, что в них

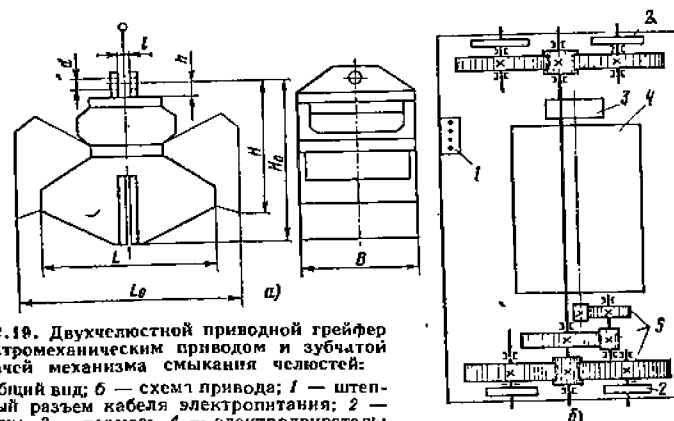


Рис. 2.19. Двухчелюстной приводной грейфер с электромеханическим приводом и зубчатой передачей механизма смыкания челюстей: а — общий вид; б — схема привода; 1 — штепсельный разъем кабеля электропитания; 2 — челюсти; 3 — тормоз; 4 — электродвигатель; 5 — зубчатые передачи

| Модель | Тип | Объем, м³ | Масса, т | Электродвигатель | | | Основные размеры, мм | | | | | | | |
|-------------------------------|--|-----------|----------|------------------|---------------|-------------------------------------|----------------------|------|----------------|------|------|----|----|-----|
| | | | | Тип | Мощность, кВт | Синхронная частота вращения, об/мин | L ₁ | L | H ₀ | H | B | l | d | h |
| ГМЛ-0,63 ГМЛ-1,25 ГМЛ-2 | Легкий ($\rho \leq 1,2 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$) | 0,63 | 0,75 | A01-12S1 | 3 | 1500 | 1810 | 1380 | 1376 | 1080 | 1153 | 88 | 40 | 113 |
| | | 1,25 | 1,2 | A02-41/4 | 5,5 | 1500 | 2290 | 1730 | 1640 | 1340 | 1330 | 88 | 45 | 113 |
| | | 2 | 1,8 | A02-42/4 | 7,5 | 1500 | 2650 | 2070 | 1900 | 1530 | 1549 | 94 | 65 | 145 |
| ГМС-0,4 ГМС-0,8 ГМС-1 | Средний ($\rho \leq 2 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$) | 0,4 | 0,75 | A0HS-4 | 3 | 1500 | 1440 | 1120 | 1110 | 980 | 1153 | 82 | 40 | 115 |
| | | 0,8 | 1,2 | A02-41/4 | 5,5 | 1500 | 1910 | 1500 | 1440 | 1260 | 1330 | 88 | 45 | 115 |
| | | 1 | 1,8 | A02-42/4 | 7,5 | 1500 | 2370 | 1860 | 1730 | 1470 | 1549 | 94 | 65 | 145 |
| ГМГ-0,63 ГМГ-1 | Тяжелый ($\rho \leq 2,6 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$) | 0,63 | 1,90 | A02-41/4 | 5,5 | 1500 | 1630 | 1300 | 1270 | 1120 | 1330 | 88 | 45 | 115 |
| | | 1 | 1,90 | A02-42/4 | 7,5 | 1500 | 1940 | 1530 | 1498 | 1380 | 1549 | 94 | 65 | 145 |

2.9. Параметры двухчелюстных грейферов с электрогидравлическим приводом смыкания челюстей завода им. С. М. Кирова (ГДР)

| Модель | Ряд | Объем, м³ | Масса, т | Мощность электро-двигателя, кВт | Минимальная грузоподъемность (т) при перегрузке | Основные размеры, мм | | |
|-------------------|-----|-----------|----------|---------------------------------|--|----------------------|------|-----|
| | | | | | | B | L | l |
| 302 322 352 | I | 0,63 | 0,72 | 4,0 | угля $\rho \leq 1,1 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$ | 1160 | 1390 | 85 |
| | | 1,25 | 1,18 | 5,5 | гравия $\rho \leq 1,8 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$ | 1360 | 1770 | 115 |
| | | 2,00 | 1,86 | 7,5 | руды $\rho \leq 2,5 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$ | 1820 | 2070 | 145 |
| 302 322 352 | II | 0,4 | 0,7 | 4,0 | — | 1160 | 1120 | 85 |
| | | 0,8 | 1,14 | 5,5 | — | 1360 | 1520 | 85 |
| | | 1,6 | 1,8 | 7,5 | — | 1820 | 1860 | 110 |
| 322 352 | III | 0,63 | 1,1 | 5,5 | — | 1360 | 1270 | 85 |
| | | 1,0 | 1,8 | 7,5 | — | 1620 | 1530 | 110 |

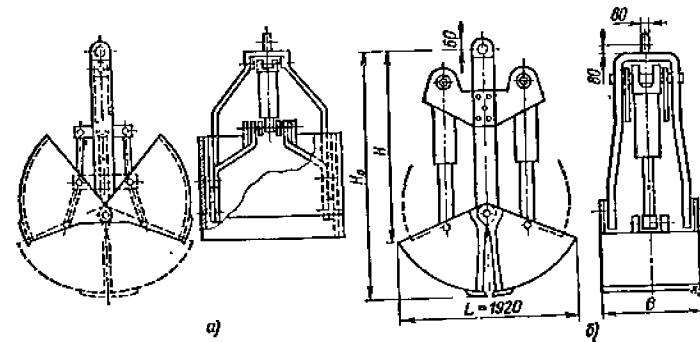


Рис. 2.20. Двухчелюстной приводной грейфер с гидравлическим приводом смыкания челюстей:
а — с одним гидротолкателем и траверсой к челюстям; б — с двумя гидротолкателями

усложнена подача рабочей среды к цилиндрам толкателей. Для ее упрощения можно разместить электроприводной насос или компрессор непосредственно на головке грейфера. Подача электропитания может быть осуществлена гибким кабелем, навитым на приводной кабельный барабан, установленный на кране (рис. 2.21, табл. 2.11). Несколько более усложненным является конструктивное решение, при котором насос или компрессор размещают на конструкции крана, там же располагается приводной барабан с навитым шлангом для рабочей среды, вращаемый совместно с барабаном механизма подъема.

Ряд грейферов, указанных в табл. 2.11, является унифицированным со стандартной приводной частью. Челюсти грейфера съемные и могут быть заменены для длиномерных лесоматериалов лопастными (лапчатыми) при объеме грейфера 0,8 и 1,25 м³, а для волокнистых материалов — вильчатыми.

Ввиду постоянной мощности приводного электродвигателя заполнение грейфера при перегрузке материалов III ряда ($\rho \leq 2,6 \text{ т/м}^3$) должно быть неполным.

Диаметр цилиндра толкателя определяют в зависимости от требуемого усилия стягивания $S_{ст}$ и давления рабочей среды p :

$$0,785d^2 p k = S_{ст},$$

где $k = 1,25 \dots 1,3$ — коэффициент, учитывающий потери давления на преодоление трения поршня и штока в цилиндре.

2.10. Параметры грейферов с индивидуальными гидротолкателями на каждую челюсть (см. рис. 2.20, б), выпускаемых фирмой Демаг (ФРГ)

| Объем, м³ | Масса, т | Основные размеры, мм | | |
|-------------------|----------------------|----------------------|------|----------------|
| | | B | H | H ₀ |
| 0,8 1,0 1,2 | 1,18 1,24 1,33 | 850 | 2060 | 2880 |
| | | 1000 | | |
| | | 1200 | | |
| 1,6 | 1,44 | 1600 | 1930 | 2620 |

Примечание. Нормальное давление жидкости в системе составляет 25 МПа, максимальное — 28 МПа.

Следовательно,

$$d \approx 1,25 \sqrt{S_{ст}/p}$$

Конструкция грейфера получается наиболее компактной, если в качестве рабочей среды использовать масло при давлении $p = 16..25$ МПа. При применении воздуха под давлением $p_B = 0,6..0,8$ МПа диаметры цилиндров получаются в 5–6 раз большими, что предопределяет возможность использования пневмопривода только в грейферах малого объема.

Для уменьшения хода штока, необходимого для полного раствора челюстей, тяги присоединяют к челюсти как можно ближе к центральному шарниру (см. рис. 2.20) или используют кривошпы (см. рис. 2.19 и 2.21). При этом изменяется соотношение плеч, причем для обеспечения того же усилия на рабочих кромках челюстей надо создать большее усилие на штоке толкателя.

Пример 2.3. Рассчитать гидропривод грейфера (см. рис. 2.21) для перегрузки гравия ($\rho = 1,8$ т/м³) для крана грузоподъемностью $Q = 5$ т.

Учитывая, что гидропривод, размещенный в головке грейфера, утяжеляет его, прием полезную грузоподъемность

$$V_p = 0,45Q = 0,45 \cdot 5 = 2,25 \text{ м}^3$$

При насыпной плотности $\rho = 1,8$ т/м³ объем грейфера

$$V = 1,25 \text{ м}^3$$

Используя данные табл. 2.11 для грейфера ENG-3,2 принимаем размеры: ширина B в свету 1690 мм; длина в свету 1420 мм. Тогда высота челюсти, заполняемая материалом,

$$h_{ч.м} = \frac{V}{BL} = \frac{1,25}{1,69 \cdot 1,42} \approx 0,55 \text{ м}$$

Примем расстояние до шарнира $h_{ш} = 0,7$ м.

Линейная нагрузка на кромке челюсти $p = 25$ кН/м (см. п. 2.2.6). Общая рабочая длина челюстей с учетом переменного давления по высоте челюсти

$$l = 2 \cdot 1,69 + \frac{4 \cdot 0,55}{2} \approx 4,48 \text{ м}$$

Сопротивление зачерпыванию

$$P = pl = 25 \cdot 4,48 \approx 110 \text{ кН}$$

Оно приложено примерно на расстоянии $a = 0,5$ м от шарнира. Принимаем радиус кривошпы $r = 130$ мм; число гидротолкателей $n = 2$. Усилие, которое должно быть создано каждым гидротолкателем.

$$S_{ст} = \frac{Pa}{2r} = \frac{110 \cdot 0,5}{2 \cdot 0,13} \approx 210 \text{ кН}$$

Принимаем давление рабочей жидкости $p = 16$ МПа. Необходимый диаметр цилиндра гидротолкателя

$$d = 1,3 \sqrt{\frac{S_{ст}}{p}} = 1,3 \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{16 \cdot 10^6}} = 0,14 \text{ м}$$

Необходимый ход штока гидротолкателя при повороте челюсти на угол $\alpha = 80^\circ$

$$s = 2r \sin(\alpha/2) = 2 \cdot 130 \cdot 0,643 = 167 \text{ мм}$$

Количество жидкости, подаваемой насосом в процессе зачерпывания при двух толкателях,

$$Q_H = 2 \cdot 0,785 d^2 s = \frac{2 \cdot 0,785 \cdot 14^2 \cdot 16,7}{10^3} = 5,1 \text{ л}$$

При продолжительности закрытия 12 с необходимая подача насоса

$$Q_H = 5,1 \frac{60}{12} = 25,5 \text{ л/мин} = \frac{25,5}{10^3 \cdot 60} = 0,425 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Мощность двигателя для привода насоса

$$N = \frac{Q_H p}{10^3} = \frac{0,425 \cdot 16 \cdot 10^6}{10^3 \cdot 10^3} = 6,8 \text{ кВт}$$

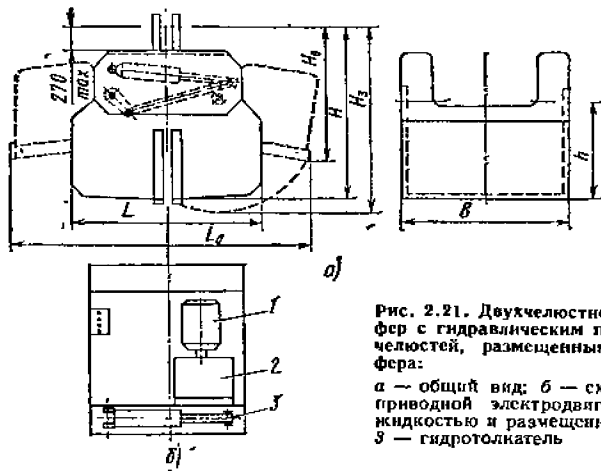


Рис. 2.21. Двухчелюстной приводной грейфер с гидравлическим приводом смыкания челюстей, размещенным в головке грейфера:

а — общий вид; б — схема привода; 1 — приводной электродвигатель; 2 — бак с жидкостью и размещенным в нем насосом; 3 — гидротолкатель

2.11. Параметры двухчелюстных грейферов с электрогидроустановкой, размещенной на головке, выпускаемых заводом им. С. М. Кирова (г. Лейпциг, ГДР)

| Модель | Ряд | Объем, м ³ | Масса, т | Минимальная грузоподъемность (т) при перегрузке | | |
|---------|-------|-----------------------|----------|---|---|---|
| | | | | угля $\rho \leq 0,8 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$ | гравия $\rho \leq 1,8 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$ | руды $\rho \leq 2,5 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$ |
| ENG-1-1 | I | 2 | 1,61 | 3,2 | — | — |
| ENG-1-2 | I, II | 0,5 | 1,18 | 1,6 | 2,09 | — |
| ENG-2-2 | I, II | 0,8 | 1,24 | 1,88 | 2,68 | — |
| ENG-3,2 | I, II | 1,25 | 1,50 | 2,47 | 3,75 | — |
| ENG-2-3 | III | 0,5 | 1,24 | 1,88 | 2,68 | 2,5 |
| ENG-3-3 | III | 0,8 | 1,5 | 2,5 | 3,48 | 3,3 |

| Модель | Продолжительность, с | | Основные размеры, мм | | | | | | |
|---------|----------------------|-----------|----------------------|------|------|------|----------------|----------------|-----|
| | закрытия | раскрытия | B | L | L | H | H ₀ | H ₃ | h |
| ENG-1-1 | 12 | 7,5 | 1690 | 1820 | 2885 | 1160 | 1355 | 1535 | 790 |
| ENG-1-2 | 7,5 | 4,5 | 1190 | 1055 | 2110 | 940 | 1070 | 1190 | 550 |
| ENG-2-2 | 7,5 | 4,5 | 1190 | 1365 | 2275 | 950 | 1165 | 1280 | 635 |
| ENG-3,2 | 12 | 7,5 | 1690 | 1420 | 2535 | 1145 | 1195 | 1410 | 630 |
| ENG-2-3 | 7,5 | 4,5 | 1190 | 1365 | 2275 | 950 | 1155 | 1280 | 635 |
| ENG-3-3 | 12 | 7,5 | 1690 | 1420 | 2535 | 1145 | 1195 | 1410 | 630 |

Примечание. Электропривод питается трехфазным током частотой 50 Гц, напряжением 220, 380 и 500 В. Двигатель с короткозамкнутым ротором мощностью 5 кВт. Допустимая продолжительность включения ПВ $\geq 30\%$ при $t \leq 40^\circ\text{C}$; ПВ $\geq 40\%$ при $t \leq 30^\circ\text{C}$.

2.4.3. МНОГОЧЕЛЮСТНЫЕ ГРЕЙФЕРЫ

Многочелюстные грейферы (см. рис. 2.1 и 2.22) для данной грузоподъемности крана имеют большую массу, чем двухчелюстные. Соотношение параметров их менее закономерно, чем в двухчелюстных грейферах; ориентировочные значения приведены ниже.

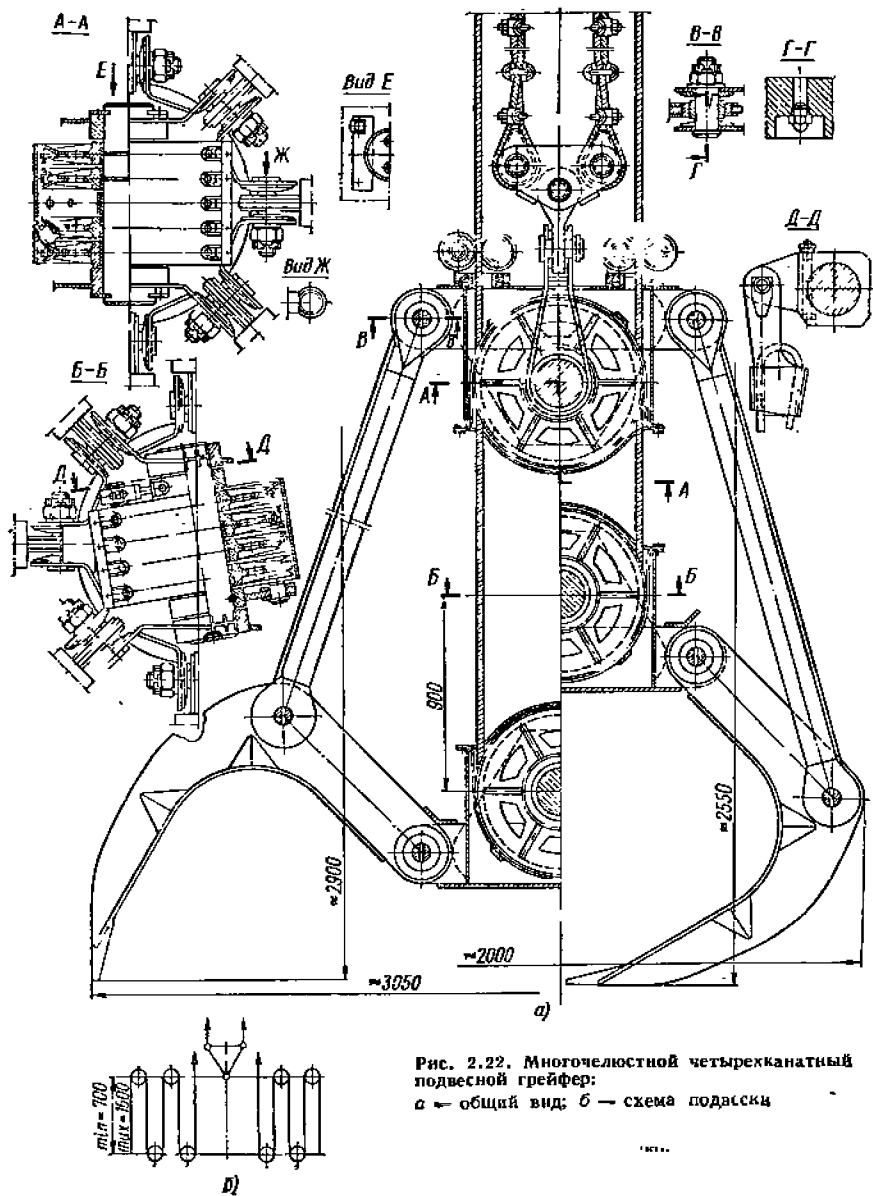


Рис. 2.22. Многочелюстной четырехканатной подвешной грейфер:
а — общий вид; б — схема подвеса

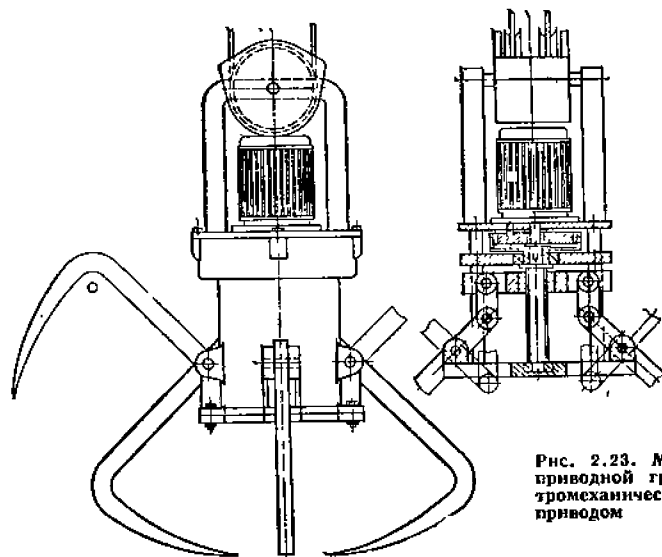


Рис. 2.23. Многочелюстной приводной грейфер с электромеханическим винтовым приводом

В зависимости от грузоподъемности крана Q масса многочелюстного грейфера

$$m_{ГР} = (0,55...0,65) Q = k_M Q,$$

откуда следует, что масса материала

$$m_M = Q - m_{ГР} = Q(1 - k_M) = V\rho.$$

Диаметр многочелюстного грейфера зависит от рода перегружаемого материала и для закрытого грейфера определяется по формуле

$$D_{закр} = k_M \sqrt[3]{V} = k_M \sqrt[3]{\frac{Q}{\rho} (1 - k_M)},$$

где $k_M = 2,2$ для крупного и среднего металлолома, $2,25$ — для крупнокусковых камней, $2,3$ — для металлолома легких металлов и металлической стружки.

Диаметр открытого грейфера

$$D_{отн} \approx (1, 25...1, 3) D_{закр}.$$

Общая высота многочелюстного грейфера

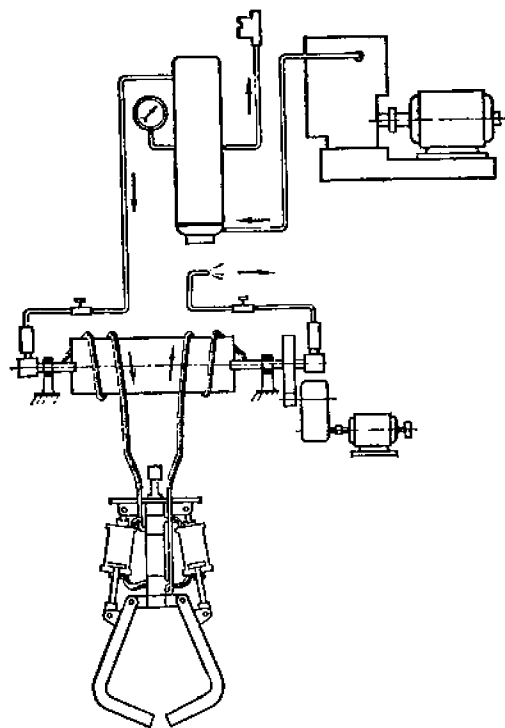
$$H_0 = k_H \sqrt[3]{V} \text{ м},$$

где $k_H = 2,15$ для крупного и среднего металлолома, $2,3$ — для крупнокусковых камней и металлической стружки.

Приведенные значения k_M , k_M и k_H можно использовать для предварительного определения габаритных размеров грейферов. Фактическое значение этих коэффициентов должно устанавливаться по принятой конструктивной схеме грейфера.

Многочелюстные грейферы, так же как и двухчелюстные, могут быть выполнены приводными (моторными) с электромеханическим канатным приводом,

Рис. 2.24. Многочелюстной приводной грейфер с пневмодолгателями челюстей и компрессорной установкой на кране



электромеханическим винтовым приводом (рис. 2.23), с пневматическим приводом и размещением компрессорной установки на кране (рис. 2.24).

Многочелюстные грейферы проектируются и изготавливаются индивидуально для выполнения перегрузочных операций с конкретными материалами.

2.5. ХАРАКТЕРИСТИКА ГРЕЙФЕРОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Грейферы широко используют в морских и речных портах и на железнодорожных станциях, промышленных предприятиях — металлургических и машиностроительных заводах, заводах стройматериалов, горной промышленности, лесной и деревообрабатывающей промышленности.

Несмотря на столь широкое применение, централизованное производство грейферов не организовано и их изготавливают на предприятиях различных ведомств для нужд этих ведомств. Выпускаемые специализированными предприятиями грейферные краны поставляют с грейферами. В связи с этим номенклатура грейферов, находящихся в эксплуатации, велика. Необходимо также учесть, что при одинаковых объемах параметры грейфера зависят и от перегружаемого ими материала, что еще более увеличивает количество типоразмеров. Хотя нормализация грейферов в общегосударственном масштабе не проводится, ведомственная нормализация осуществляется.

Базовыми функциональными и габаритными параметрами грейферов являются:

- тип;
- V — объем грейфера;
 - $m_{гр}$ — масса грейфера;
 - B — ширина грейфера;
 - $L (D)$ — длина раскрытого грейфера (диаметр раскрытого многочелюстного грейфера);
 - H — высота раскрытого грейфера;
 - $L_0 (D_0)$ — длина закрытого грейфера (диаметр многочелюстного закрытого грейфера);
 - H_0 — высота закрытого грейфера;
 - n — кратность полиспаста замыкающего каната;
 - l_k — ориентировочная длина хода замыкающего каната в грейфере при полном раскрытии;
 - d_k — диаметр замыкающего каната;
 - a_1 — расстояние между замыкающими канатами (в четырехканатном грейфере);

- a_2 — расстояние между поддерживающими канатами (в четырехканатном грейфере);
- a — расстояние между замыкающим и поддерживающим канатами (в двухканатном грейфере);
- R — условный радиус челюсти;
- m_m — масса материала;
- $m_{гр+m}$ — масса грейфера и материала;
- Q — грузоподъемность грейфера;
- z — число челюстей.

В табл. 2.12 приведены основные параметры грейферов.

Внешние контуры грейферов одного типа мало отличаются, поэтому можно ограничиться несколькими схемами, приведенными на рис. 2.1. Характеристика материалов, перегружаемых грейферами, приведена в табл. 1.2 и 2.2. Как видно из рассмотрения контрольных параметров грейферов, приведенных в последних двух строках таблиц, грейферы удовлетворяют требованиям ГОСТ 24599—81.

Как уже отмечалось, наиболее широко грейферы используются при проведении перегрузочных работ на транспорте, поэтому значительная часть материалов, помещенных в таблицы, относится к грейферам, разработанным в проектных организациях Министерства морского флота СССР и Министерства речного флота РСФСР и изготавливаемых производственными организациями этих ведомств [4]. Приведены данные и о грейферах, изготавливаемых предприятиями других ведомств. В таблицах приняты следующие условные обозначения организации:

- I — Черноморское ЦПКБ Министерства морского флота СССР;
- II — ЦПКБ Министерства речного флота РСФСР;
- III — Укргипроречтранс;
- IV — Завод ПТО им. С. М. Кирова (Ленинград).

При указании типов грейферов используется их деление:

по конструкции:

- A — двухчелюстной двухканатный (рис. 2.1, а);
- AA — двухчелюстной четырехканатный (рис. 2.1, б);
- AAA — двухчелюстной одноканатный (рис. 2.1, в);
- Б — двухчелюстной двухканатный штивующий;
- ББ — двухчелюстной четырехканатный штивующий (рис. 2.1, г);
- В — трехчелюстной двухканатный (рис. 2.1, ж);
- ВВ — трехчелюстной четырехканатный;
- Г — четырехчелюстной двухканатный;
- ГГ — четырехчелюстной четырехканатный (рис. 2.1, д);
- Д — шестичелюстной двухканатный;
- ДД — шестичелюстной четырехканатный;
- Е — восьмичелюстной двухканатный (рис. 2.1, и);
- ЕЕ — восьмичелюстной четырехканатный;
- Ж — клещевой двухканатный;
- ЖЖ — клещевой четырехканатный (рис. 2.1, к);

по назначению

- | | |
|----------------|---|
| З — для зерна; | К — для камня; |
| У — для угля; | М — для металлолома; |
| П — для песка; | ПЛ — для пылевидных материалов; |
| Л — для леса; | С — для пищевых продуктов (сахара, соли и др.); |
| Р — для руды; | |

При написании типа грейфера обозначение «по назначению» указывается через тире к обозначению «по конструкции» с добавлением объемной плотности материала, например: грейфер двухчелюстной четырехканатный для руды объемной плотностью $2,7 \text{ т/м}^3$ обозначается в графе «Тип» как «AA—P—2,7».

| Тип | V, м ³ | m _{гр.} , кг | мм | | | мм | | | α | γ _{в.} , м | d _к | a ₁ | a ₂ | a | R | m _н | m _{гр.н} | Q, т | m _{гр} m _н | m _{гр} m _н |
|--|-------------------|-----------------------|------|-------|------|----------------------------------|----------------|-----|-------|---------------------|----------------|----------------|----------------|------|-------|----------------|-------------------|------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | | B | L (D) | H | L ₀ (D ₀) | H ₀ | α | | | | | | | | | | | | |
| Двухчелюстные грейфры для перегрузки зерна насыпной плотностью до 0,8 т/м ³ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А-3-0,8 | 2,8 | 2550 | 1170 | 3540 | 3300 | 2310 | 3050 | 4 | 6,5 | 23 | — | — | 310 | 1500 | 2 450 | 5 000 | 5 | 0,51 | 1,04 | |
| А-3-0,8 | 4,3 | 1900 | 1700 | 3600 | 3660 | 2430 | 3223 | 3 | 5,85 | 24 | — | — | 340 | 1600 | 3 100 | 5 000 | 5 | 0,38 | 0,6 | |
| АА-3-0,7 | 6,5 | 5750 | 1246 | 4500 | 4300 | 3250 | 3720 | 2x4 | 8 | 24 | 630 | 240 | — | 1850 | 4 250 | 10 000 | 10 | 0,58 | 1,32 | |
| Двухчелюстные грейфры для перегрузки материалов насыпной плотностью до 1,2 т/м ³ (угля) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А-У-1 | 1 000 | 1100 | 2400 | 2550 | 1710 | 2240 | 2240 | 4 | 5,53 | 17,5 | — | — | 160 | 1225 | 1 000 | 2 000 | 2 | 0,5 | 1 | |
| А-У-1 | 1 230 | 1350 | 2740 | 2840 | 2034 | 2410 | 2410 | 4 | 6,3 | 17,5 | — | — | 160 | 1400 | 1 600 | 2 300 | 3 | 0,41 | 0,78 | |
| А-У-1,3 | 2,3 | 2040 | 1566 | 3810 | 3250 | 2730 | 2730 | 4 | 6,74 | 22,5 | — | — | 400 | 1750 | 3 000 | 5 040 | 5 | 0,41 | 0,68 | |
| АА-У-1 | 2,5 | 2100 | 1600 | 3250 | 3235 | 2580 | 2545 | 2x2 | 5,62 | 17 | 350 | 1230 | — | 1900 | 2 500 | 4 600 | 5 | 0,42 | 0,8 | |
| АА-У-1 | 2,5 | 3000 | 1500 | 3180 | 2675 | 2160 | 2290 | 2x4 | 5,2 | 19,5 | 300 | 1090 | — | 1750 | 2 500 | 4 500 | 5 | 0,4 | 0,86 | |
| АА-У-1,06 | 2,5 | 2000 | 1912 | 3080 | 3100 | 2495 | 2495 | 4 | 8 | 22,5 | — | — | 175 | 1550 | 2 600 | 4 850 | 5 | 0,45 | 0,86 | |
| АА-У-1,2 | 2,5 | 1950 | 1692 | 2810 | 3175 | 2070 | 2725 | 4 | 8 | 23,5 | — | — | 210 | 1400 | 3 000 | 4 350 | 5 | 0,39 | 0,67 | |
| АА-У-1 | 2,6 | 2010 | 1770 | 2920 | 3115 | 2360 | 2645 | 4 | 6,5 | 22,5 | — | — | 170 | 1340 | 2 600 | 5 670 | 6,3 | 0,32 | 0,77 | |
| АА-У-1,06 | 3,2 | 2090 | 2080 | 3500 | 3220 | 2480 | 2590 | 2x3 | 5,93 | 22,5 | 600 | 1000 | — | 1650 | 3 400 | 5 490 | 10 | 0,43 | 0,62 | |
| АА-У-1,1 | 5 | 4300 | 3240 | 3810 | 3700 | 2620 | 3145 | 2x3 | 6,76 | 22,5 | 500 | 960 | — | 1400 | 5 500 | 10 050 | 10 | 0,41 | 0,75 | |
| АА-У-1,1 | 5,6 | 4300 | 3410 | 4150 | 3525 | 2620 | 3145 | 2x3 | 6,76 | 21,5 | 500 | 1030 | — | 1850 | 6 150 | 10 460 | 10 | 0,43 | 0,72 | |
| АА-У-1,2 | 6,3 | 3750 | 3410 | 4150 | 3500 | 3250 | 3250 | 2x3 | 8,3 | 28,5 | 560 | 1350 | — | 1920 | 7 850 | 13 600 | 16 | 0,36 | 0,74 | |
| АА-У-1,1 | 7,1 | 6000 | 5100 | 4270 | 4300 | 3275 | 3275 | 2x3 | 7,67 | 26 | 580 | 1350 | — | 2000 | 8 100 | 13 900 | 16 | 0,37 | 0,72 | |
| АА-У-1,2 | 8 | 6550 | 5400 | 4270 | 4300 | 3272 | 3272 | 2x3 | 10,04 | 26 | 400 | 1250 | — | 2200 | 7 800 | 13 800 | 16 | 0,38 | 0,67 | |
| АА-У-1 | 9 | 6250 | 5400 | 4620 | 4420 | 3740 | 4000 | 2x3 | 9,01 | 22 | 560 | 1350 | — | 2195 | 9 000 | 15 250 | 16 | 0,41 | 0,7 | |
| АА-У-1,1 | 5 | 4400 | 1850 | 4150 | 3350 | 3400 | 3350 | 2x3 | 7,35 | 22 | 560 | 1125 | — | — | 5 500 | 9 900 | 10 | 0,39 | 0,7 | |
| АА-У-1,1 | 8 | 6780 | 3300 | 4800 | 4000 | 3800 | 3850 | 2x3 | 7,8 | 26 | 625 | 1250 | — | — | 9 150 | 15 930 | 16 | 0,4 | 0,75 | |

Двух- и трехчелюстные грейфры для перегрузки материалов насыпной плотностью до 2 т/м³ (песка и других строительных материалов)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|-------|--------|----|------|------|
| А-П-2 | 0,8 | 1080 | 1250 | 2100 | 19075 | 1340 | 1770 | 4 | 4,74 | 26 | — | — | 105 | 1055 | 1 600 | 2 680 | 3 | 0,36 | 0,67 |
| В-П-2 | 1,25 | 1200 | 1194 | 2500 | 2070 | 2070 | 2478 | 3 | 3,81 | 23 | — | — | 230 | 1300 | 2 200 | 3 400 | 3 | 0,36 | 0,55 |
| А-П-2 | 1,35 | 1190 | 1625 | 2920 | 2985 | 2180 | 2460 | 4 | 4,96 | 23 | — | — | 270 | 1200 | 2 700 | 4 850 | 5 | 0,44 | 0,8 |
| А-П-2 | 1,3 | 1940 | 1625 | 2550 | 2390 | 1860 | 2250 | 4 | 6,81 | 29,2 | — | — | 160 | 1300 | 3 000 | 4 940 | 5 | 0,39 | 0,65 |
| АА-П-2 | 1,6 | 1860 | 1665 | 2220 | 3460 | 2220 | 2700 | 2x4 | 6,74 | 28,2 | — | — | 270 | 1550 | 3 200 | 5 060 | 5 | 0,37 | 0,58 |
| АА-П-1,9 | 1,6 | 1980 | 1690 | 2670 | 2745 | 1940 | 2380 | 2x4 | 4,52 | 19,2 | 800 | 1070 | — | 1400 | 3 000 | 4 990 | 5 | 0,4 | 0,67 |
| АА-П-1,9 | 3,2 | 3770 | 1900 | 3250 | 3800 | 2450 | 3400 | 2x4 | 7,4 | 24,5 | 1260 | 860 | — | 1800 | 5 800 | 9 900 | 10 | 0,38 | 0,62 |
| АА-П-1,6 | 3,6 | 4100 | 1916 | 3710 | 3875 | 2930 | 3285 | 2x4 | 8,12 | 28,5 | 1700 | 1100 | — | 1800 | 5 800 | 9 900 | 10 | 0,41 | 0,71 |
| В-П-2 | 1,5 | 6340 | 2060 | 2830 | 1120 | 2830 | 3480 | 4 | 5,85 | 32 | — | — | 580 | 1500 | 9 000 | 15 340 | 16 | 0,4 | 0,71 |
| ВВ-П-2 | 4,5 | 6260 | 2060 | 3650 | 4125 | 2860 | 3585 | 2x4 | 7,24 | 25 | 320 | 700 | — | 1600 | 9 000 | 15 260 | 16 | 0,4 | 0,71 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|-----|--------|----|-----|------|-----|------|--------|--------|----|------|------|
| А-П-1,9 | 5,3 | 5850 | 2280 | 3720 | 4630 | 2790 | 4040 | 4 | 8,72 | 33 | — | — | 350 | 2000 | 10 000 | 15 850 | 16 | 0,36 | 0,58 |
| АА-1,75 | 3,15 | 4370 | 1750 | 3625 | 4020 | 2920 | 3280 | 2x4 | 8,24 | 22 | 560 | 1125 | — | — | 5 500 | 9 370 | 10 | 0,44 | 0,8 |
| АА-2 | 2,8 | 4450 | 1690 | 3700 | 1020 | 2810 | 3570 | 2x5 | 9,7 | 22 | 560 | 1125 | — | — | 5 600 | 10 030 | 10 | 0,14 | 0,8 |
| АА-1,75 | 5,5 | 6000 | 2150 | 4200 | 4200 | 3400 | 3320 | 2x4 | 9,6 | 26 | 625 | 1230 | — | — | 9 800 | 15 800 | 16 | 0,38 | 0,62 |
| АА-2 | 4,75 | 5910 | 2050 | 4040 | 4100 | 3200 | 3220 | 2x3 | 11,325 | 26 | 625 | 1250 | — | — | 9 500 | 15 410 | 16 | 0,37 | 0,62 |

Двухчелюстные грейфры для перегрузки пылевидных материалов насыпной плотностью до 1,7 т/м³

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|-----|------|-----|------|-------|--------|----|------|------|
| А-П-1,7 | 1,8 | 1200 | 1478 | 2800 | 3200 | 2080 | 2780 | 4 | 6 | 23 | — | — | 955 | 1400 | 3 000 | 5 000 | 5 | 0,4 | 0,67 |
| А-П-1,4 | 2,5 | 2300 | 1478 | 3450 | 3450 | 2320 | 3090 | 4 | 6,5 | 23 | — | — | 330 | 1500 | 2 700 | 5 000 | 5 | 0,46 | 0,85 |
| А-П-1,4 | 2,1 | 2260 | 1646 | 3010 | 3285 | 2200 | 2870 | 4 | 6,5 | 23 | — | — | 220 | 1400 | 2 800 | 5 000 | 5 | 0,44 | 0,75 |
| АА-П-1,1 | 3,2 | 4400 | 2022 | 3300 | 3540 | 2400 | 3040 | 2x4 | 6,2 | 22,5 | 560 | 960 | — | — | 5 600 | 10 000 | 10 | 0,44 | 0,79 |
| АА-П-1,1 | 5,6 | 6200 | 2315 | 3760 | 3560 | 2930 | 3935 | 2x4 | 11 | 22,5 | 620 | 1225 | — | — | 9 800 | 16 000 | 16 | 0,39 | 0,63 |

Двух- и четырехчелюстные грейфры для перегрузки материалов насыпной плотностью до 2,7 т/м³ (руды)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|--------|--------|--------|------|------|------|
| А-Р-2,7 | 1,2 | 1,73 | 1178 | 2590 | 3030 | 1820 | 2700 | 4 | 5,56 | 23 | — | — | 110 | 1300 | 3 270 | 5 000 | 5 | 0,35 | 0,53 | |
| АА-2,7 | 2,5 | 3,07 | 1480 | 3550 | 3250 | 2080 | 3125 | 2x4 | 6,06 | 22,5 | 560 | 980 | — | — | 6 030 | 10 000 | 10 | 0,4 | 0,67 | |
| АА-Р-2,5 | 2,5 | 3,58 | 1740 | 3300 | 3250 | 2080 | 2700 | 2x4 | 7,64 | 23,5 | 400 | 1000 | — | — | 6 490 | 10 000 | 10 | 0,36 | 0,56 | |
| АА-Р-2,5 | 2,5 | 3,73 | 1810 | 2970 | 3085 | 2490 | 2415 | 2x4 | 7,34 | 22,5 | 400 | 1000 | — | — | 1800 | 10 000 | 10 | 0,37 | 0,62 | |
| АА-Р-2,5 | 3,2 | 4,2 | 2090 | 3520 | 3700 | 2500 | 2700 | 2x4 | 8,2 | 22 | 500 | 1000 | — | — | 1680 | 8 800 | 10 000 | 10 | 0,42 | 0,72 |
| АА-Р-2,5 | 4,2 | 5,28 | 2300 | 3190 | 3315 | 2780 | 3440 | 2x4 | 10,9 | 28,5 | 1515 | 1870 | — | — | 1990 | 10 720 | 16 000 | 16 | 0,33 | 0,49 |
| АА-Р-2,7 | 4,75 | 6,3 | 2400 | 4280 | 4060 | 2960 | 3440 | 2x5 | 10,9 | 28,5 | 1515 | 1870 | — | — | 1990 | 9 700 | 16 000 | 16 | 0,41 | 0,64 |
| АА-Р-2,5 | 2,24 | 4,15 | 1400 | 3360 | 3840 | 2710 | 3110 | 2x5 | 10,9 | 22 | 560 | 1125 | — | — | 5 600 | 9 750 | 10 | 0,41 | 0,64 | |
| АА-Р-3 | 1,9 | 4,3 | 1600 | 3400 | 4220 | 2400 | 3160 | 2x5 | 8,5 | 22 | 560 | 1125 | — | — | 5 700 | 10 000 | 10 | 0,43 | 0,76 | |
| АА-Р-2,5 | 4 | 5,7 | 1750 | 3900 | 4220 | 3100 | 3410 | 2x5 | 11,5 | 25 | 620 | 1250 | — | — | 10 000 | 15 700 | 16 | 0,36 | 0,57 | |
| АА-Р-3 | 3 | 6,4 | 1800 | 3750 | 4220 | 2800 | 3190 | 2x5 | 10 | 26 | 620 | 1250 | — | — | 9 590 | 15 990 | 16 | 0,4 | 0,67 | |

Двухчелюстные штыковые грейфры для перегрузки материалов с различной насыпной плотностью

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|-------|--------|--------|------|------|-----|
| Б-У-1,4 | 2,3 | 2620 | 1800 | 6150 | 1700 | 1850 | 3440 | 2 | 3,4 | 23 | — | — | 200 | 1800 | 2 300 | 4 920 | 5 | 0,52 | 0,88 | |
| БВ-У-1,4 | 2,65 | 2150 | 1790 | 5220 | 1270 | 2230 | 2610 | 2x2 | 3,4 | 17 | 800 | 360 | — | — | 2 630 | 4 800 | 5 | 0,43 | 0,82 | |
| БВ-У-1,4 | 5,3 | 4170 | 6000 | 6240 | 1690 | 3000 | 3430 | 2x2 | 8,6 | 24 | 1312 | 918 | — | — | 5 830 | 10 000 | 10 | 0,42 | 0,72 | |
| БВ-Р-3,24 | 1,12 | 6000 | 1750 | 6000 | 1530 | 3000 | 3385 | 2x4 | 8,6 | 24 | 1100 | 450 | — | — | 3230 | 10 000 | 10 | 0,6 | 1,5 | |
| БВ-Р-3,24 | 2,24 | 3800 | 1740 | 6000 | 1460 | 3020 | 3325 | 2x3 | 9,6 | 28,5 | 1050 | 525 | — | — | 3180 | 6 200 | 10 000 | 10 | 0,56 | 1,3 |
| БВ-Р-3,24 | 2,24 | 3900 | 2000 | 6000 | 1630 | 3200 | 3350 | 2x4 | 6,6 | | | | | | | | | | | |

| Тип | V, м³ | m _{гр} , кг | мм | | | H ₀ | α | l _н , м | мм | | | | m _{гр+м} | Q, т | m _{гп} Q | m _{гп} m _м | |
|--|-------|----------------------|------|--------|------|----------------|------|--------------------|----------------------------------|----------------|-----|------|-------------------|-------|----------------------|-----------------------------------|----------------|
| | | | B | L (D) | H | | | | L ₀ (D ₀) | a ₁ | a | R | | | | | m _м |
| Двухчелюстные грейферы для перегрузки длинномерных лесоматериалов | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| II | 2,74 | 990 | 1000 | 2000 | 2200 | 1320 | 2140 | 2×4 | 3,8 | 13 | 300 | 140 | — | 830 | 2 100 | 3 000 | 0,47 |
| II | 4,8 | 1800 | 1372 | 2510 | 3120 | 1660 | 3106 | 4 | 3,9 | 23,5 | — | 230 | 1000 | 3 200 | 5 000 | 0,56 | |
| II | 7,2 | 3720 | 1780 | 2540 | 3220 | 2440 | 2678 | 2×2 | 6,12 | 24 | 900 | — | 1300 | 6 280 | 10 000 | 0,60 | |
| II | 8,5 | 3370 | 1600 | 2700 | 3600 | 2300 | 2580 | 2×4 | 6 | 22,5 | 240 | — | 1800 | 6 630 | 10 000 | 0,51 | |
| II | 9,2 | 3760 | 1700 | 3670 | 4000 | 1700 | 3200 | 2×4 | 6,8 | 22,5 | 240 | — | 1200 | 6 240 | 10 800 | 0,6 | |
| II | 14 | 5450 | 2336 | 4560 | 5240 | 2400 | 4250 | 3 | 7,8 | 33 | — | 450 | 1700 | 9 560 | 13 000 | 0,56 | |
| Многочелюстные грейферы для перегрузки различных крупнокусковых материалов | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | 0,75 | 3000 | — | (2400) | 2310 | (1750) | 1980 | 5 | 5,8 | 22,5 | — | — | 210 | 1690 | 2 000 | 5 000 | 1,5 |
| II | 1 | 2500 | — | (2700) | 2725 | (2200) | 2150 | 6 | 6,6 | 19,5 | — | — | 500 | 2100 | 2 500 | 5 000 | 1 |
| II | 1,6 | 5300 | — | (1320) | 3160 | (2770) | 2930 | 2×4 | 6,5 | 22,5 | 580 | 250 | — | 2800 | 4 700 | 10 000 | 1,12 |
| I | 3,5 | 5800 | — | (3650) | 3300 | (2850) | 2655 | 2×5 | 8,5 | 22,5 | 630 | 900 | — | 2400 | 2 200 | 8 000 | 2,6 |
| I | 0,8 | 1330 | — | (2600) | 2350 | (1850) | 1915 | 4 | 3,5 | 17,5 | — | — | 56 | 1650 | 1 670 | 3 000 | 0,8 |
| II | 0,8 | 2000 | — | (2350) | 2750 | (2130) | 2020 | 2×5 | 5,4 | 13 | 320 | 170 | — | 1600 | 1 000 | 3 000 | 2 |
| II | 1,6 | 3556 | — | (3200) | 3240 | (2680) | 2535 | 6 | 6 | 23,5 | — | — | 260 | 1700 | 1 850 | 5 000 | 1,7 |
| I | 1,6 | 3820 | — | (3730) | 3200 | (2600) | 2710 | 2×4 | 5,33 | 22,5 | 450 | 270 | — | 1400 | 3 680 | 7 500 | 1,05 |
| II | 8 | 6000 | — | (6250) | 5140 | (4120) | 4530 | 2×4 | 7,68 | 23 | 480 | 1100 | — | 2800 | 4 000 | 10 000 | 1,5 |

Примечание. В числителе указаны данные для грейферов порталных кранов, а в знаменателе — для грейферов мостовых кранов.

- 1 Для аплагита.
- 2 Для суперфосфата.
- 3 Для цемента.
- 4 Для угля.

- а Для руды.
- б Для сахара-сырца.
- в Для соли.
- г Для камня.

- р Для леса.
- 10 Для металлолома.
- 11 Для лесокороты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайсман А. А. Подъемно-транспортные машины. М.: Машиностроение, 1974. 432 с.
2. Зенков Р. Л. Методика расчета грейферов. — Тр. ВНИИПТмаша/ВНИИПТмаш, 1966, вып. 8 (72), с. 3—77.
3. Каракулин Г. Г. Эксплуатация в ремонт грейферов. М.: Транспорт, 1973. 104 с.
4. Каталог-справочник по грузозахватным устройствам. М.: Транспорт, 1977. 811 с.
5. Малеев Л. Н., Щербина Н. А. Оптимизация передаточного числа канатного грейфера. — В кн.: Морские порты. М.: Рекламинформбюро ММФ, 1976, вып. 9, с. 93—95 (Сб. науч. тр. Одесского ин-та инж. мор. флота).
6. Малеев Л. Н., Щербина Н. А. Расчетная зависимость для зачерпывающей способности двухчелюстного грейфера. — В кн.: Морские порты. М.: Рекламинформбюро ММФ, 1976, вып. 8, с. 113—114 (Сб. науч. тр. Одесского ин-та инж. мор. флота).
7. Румянцев Б. П., Глебоко Д. К. К вопросу о выборе конфигурации дна челюстей грейфера. — Тр. Волгогр. машиностроит. ин-та, 1971, № 14, с. 61—69.
8. Таубер Б. А. Грейферные механизмы. М.: Машиностроение, 1967. 424 с.
9. Ясиновский А. М. Некоторые вопросы теории прочностного расчета канатных грейферных систем. — В кн.: Морские порты. М.: Рекламинформбюро ММФ, 1976, вып. 8, с. 114—116 (Сб. науч. тр. Одесского ин-та инж. мор. флота).

3. МЕХАНИЧЕСКИЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ

По способу захвата груза строповые ГУ разделяют на универсальные (обхватывающие груз), зацепляющие и подхватывающие (табл. 3.1).

Универсальные строповые ГУ приспособлены для захвата различных грузов путем его обхвата гибкой ветвью каната, цепи или ленты (рис. 3.1).

Строповые ГУ для выполнения подъемно-транспортных операций подвешивают непосредственно на крюк крана при помощи соединительных звеньев (подвесок) или ими комплектуют траверсы различной конструкции. При комбинировании многоветвевой стропы с траверсой последняя стабилизирует пространственные положения отдельных его ветвей.

3.1. СТРОПОВЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

3.1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

В строповых ГУ основными элементами являются гибкие ветви и соединенные с ними захватные органы. Гибкие ветви обычно выполнены в виде отрезков канатов или, реже, цепи.

3.1 Классификация строповых ГУ

| Характеристика | Универсальные | Зацепляющие и подхватывающие | | |
|--------------------------------|---------------------------|--|---------------|--|
| | | одноветвевые | многоветвевые | штырьевые |
| Захватный орган | Канат, цепь, лента, сетка | Крюк, скоба, петля, П-образный подхват | Канат, штырь | Канат, штырь |
| Гибкая ветвь | Канат, цепь | Канат, цепь | Канат | Канат |
| Управление строповкой груза | Ручное | Ручное, дистанционное, автоматическое | Ручное | Ручное |
| Управление расстроповкой груза | » | То же | То же | Дистанционное ручное, дистанционное с электромагнитным или механическим приводом |

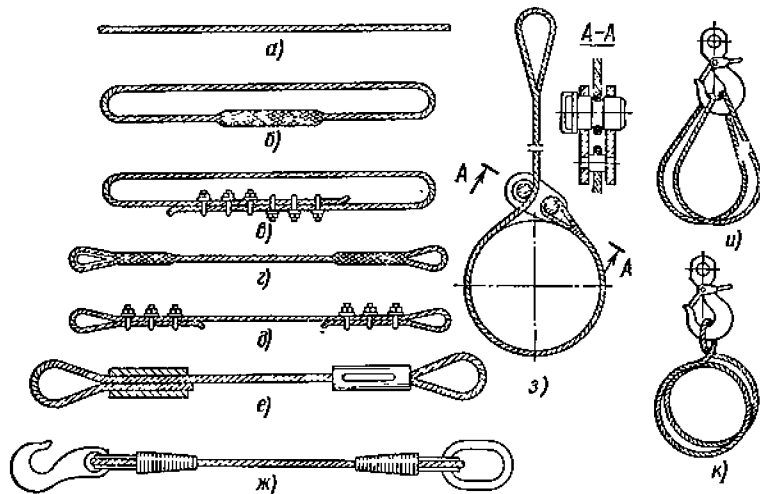


Рис. 3.1. Одноветвевые грузовые стропы: а — отрезок каната; б, в — универсальные; г, д, е — с концевыми петлями; ж — с крюком; з — с закладным пальцем; и, к — схемы подвески на крюк универсальных стропов

3.1.2. ГРУЗОВЫЕ КАНАТНЫЕ СТРОПЫ

Грузовые стропы применяют для подвески груза к крюку крана при выполнении подъемно-транспортных операций.

Различают стропы простые, предназначенные для навешивания грузов, имеющих специальные приспособления (рым-болты, крюки, петли и т. д.) и универсальные, предназначенные для строповки грузов обвязкой.

Строп выполняют в виде отрезка каната, цепи или ленты с соединительными элементами (кольцами, крюками или др.) на концах. При подъемно-транспортных и монтажных операциях используют стропы: простые — канатные (СК), цепные (Ц) и универсальные — канатные (УСК) и цепные (УЦ).

По количеству ветвей стропы разделяют на канатные — одноветвевые (1СК), двухветвевые (2СК, рис. 3.2, а), трехветвевые (3СК, рис. 3.2, б), четырехветвевые (4СК, рис. 3.2, в) и универсальные (УСК); цепные — одноветвевые (1Ц),

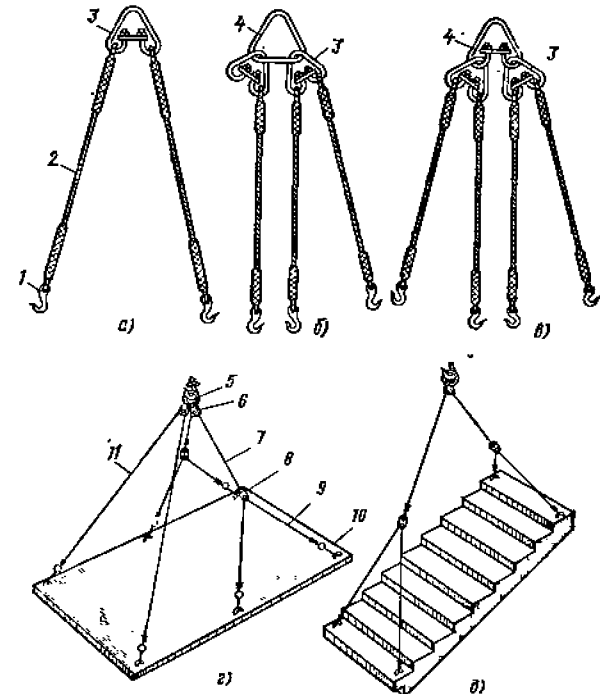


Рис. 3.2. Многоветвевые простые и уравновешивающие стропы: а — двухветвевой; б — трехветвевой; в — четырехветвевой; г, д — уравновешивающие (балансирующие) стропы

двухветвевые (2СЦ), трехветвевые (3СЦ), четырехветвевые (4СЦ) с двумя замкнутыми ветвями (СЦ2вз) и универсальные (УСЦ).

Строп, изображенный на рис. 3.1, а, применяют при подъеме груза, обвязка которого обычными стропами невозможна (концы каната закрепляют зажимами или такелажными узлами).

Универсальные стропы (см. рис. 3.1, б, в) изготовляют из канатов диаметром 6,3...63 мм с длиной замкнутой петли 1...30 м, концы каната соединяют заплеткой на длину, равную 40 диаметрам каната, или не меньше чем шестью зажимами.

Схемы подвески на крюк грузоподъемного механизма универсальных стропов показаны на рис. 3.1, и, к.

Одноветвевые стропы (см. рис. 3.1, з, д, е) изготовляют из отрезков каната диаметром до 30 мм. На концах каната заделывают коуши или делают петли в зависимости от назначения стропа. Свободные концы присоединяют к несущей части каната или заплетают (см. рис. 3.1, з), соединяют зажимами (см. рис. 3.1, д) или при помощи гильзо-клинового соединения (см. рис. 3.1, е).

Одноветвевой строп с крюком или другим захватным органом (см. рис. 3.1, ж) обычно применяют для захвата и транспортирования грузов, слабых монтажными деталями и приспособлениями — петлями, проушинами скобами и т. д.

Одноветвевой строп с закладным пальцем (см. рис. 3.1, з) предназначен для обвязки груза. Наличие закладного пальца 1 сокращает время прикрепления стропа и повышает удобство эксплуатации.

Многочетвевые стропы предназначены для подъема и транспортирования грузов за две, три или четыре точки (см. рис. 3.2). Широкое применение они получили для строповки элементов зданий (панелей, блоков и т. д.), снабженных петлями или проушинами. При использовании четырехветвевых стропа нагрузка должна передаваться на все ветви равномерно, что обеспечивается вспомогательными соединениями.

Многочетвевые стропы комплектуют из одноканатных стропов и нормализованных верхних и нижних звеньев. Верхние концы стропов 2 крепят к трехугольному звену 4 или к разъемному звену 3 (см. рис. 3.2, а, б, в), которые даже при разных длинах ветвей дают возможность путем поворота регулировать усилия в отдельных ветвях.

Многочетвевые уравнивающие стропы (см. рис. 3.2, г, д) применяют для подъема элементов при монтаже зданий. С их помощью поднимаемую конструкцию можно расконтать из горизонтального положения в вертикальное и наоборот.

В стропах используют блоки, создающие равномерное натяжение всех ветвей. Так, например, шестиветвевый строп состоит из петли (кольца б), на которую навешивают два одиорольных блока. На блоках запасованы стропы б и II. На концах стропа установлены крюки или карабины 10, при помощи которых стропы крепят к грузу. На конце стропа 7 имеются два одиорольных блока 8, через которые пропущены стропы 9. На концах стропа также есть крюки или карабины. Для строповки лестничных маршей применяют четырехветвевые стропы с ветвями разной длины (см. рис. 3.2, д). При использовании многочетвевых стропов разной длины угол наклона между ветвями должен быть не более 90°.

Канатные универсальные стропы УСК (ОСТ 24.090.48—79) изготовляют в двух исполнениях: 1 (рис. 3.3, а) и 2 (рис. 3.3, б). В первом концы заделаны в петлю 1 путем заплетки и обмотаны проволокой 2, во втором концы соединены путем заплетки.

Канатный одноветвевый строп (ОСТ 24.090.48—79) типа ИСК, (см. рис. 3, в) состоит из канатной ветви, верхнего звена 3 для навешивания стропа и нижнего звена 4 для навешивания груза, включающих в себя коуш 5 и проволочную оплетку 6. Допускается применение канатных ветвей стропов без коушей.

Для заделки концов канатов стропов используют втулочное соединение методом опрессовки и гильзо-клиновое соединение (рис. 3.3, д), а также заплетку (рис. 3.3, а, б, в).

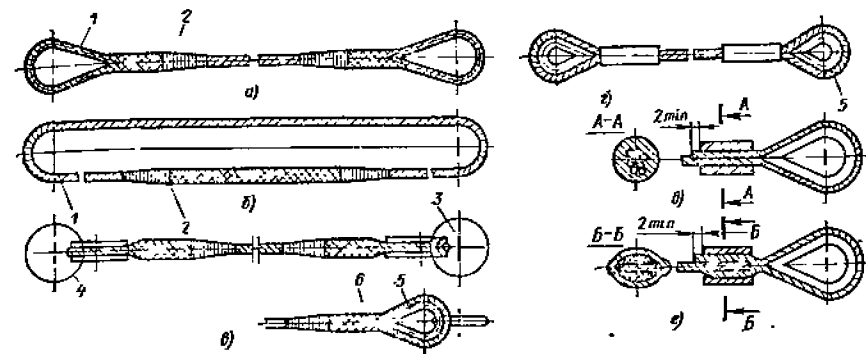


Рис. 3.3. Универсальные канатные стропы:

а — исполнение 1; б — исполнение 2; в — конструкция одноветвевых стропа; г — заделка конца каната втулкой; д — втулочное соединение методом опрессовки; е — втулочное гильзо-клиновое соединение

Втулочное соединение (рис. 3.3, д) представляет собой опрессованную конструкцию алюминиевой втулки на ветвях соединяемых канатов, которые прочно сцепляются между собой и металлом втулки, образуя в сечении однородное тело. Технологию изготовления соединений заключают в следующем: овальную алюминиевую втулку надевают на ветвь каната, образуя петлю вокруг коуша, таким образом, чтобы конец хвостовой ветви каната выходил из втулки после опрессовки не менее чем на 2 мм. Собранный заготовку соединения помещают в матрицу и сдавливают пуансоном до получения круглого поперечного сечения втулки.

Существуют два способа опрессовки алюминиевой втулки: в открытой и в закрытой матрице.

Гильзо-клиновое соединение (рис. 3.3, е) предназначается для заделки концов канатов с образованием петли под коуш и без него. Гильзо-клиновое соединение состоит из опрессованной цилиндрической гильзы, внутри которой между анкерными прядями каната помещается вкладыш.

Овальную стальную гильзу устанавливают на ветвь каната, образующую петлю вокруг коуша. Для натягивания каната на коуше гильзу вместе с хвостовой ветвью сдвигают к полученной петле, при этом необходимо следить за тем, чтобы при затягивании коуша петлей хвостовая ветвь выходила не менее чем на 20...30 мм из гильзы со стороны, противоположной коушу. В середину гильзы между ветвями каната забивают вкладыш. После закрепления коуша с петлей в тисках ударами в торец гильзы с противоположной стороны от коуша сбивают ее до закрепления каната на коуше. Собранный заготовку соединения опрессовывают.

Заплетка канатов при изготовлении петель на стропе (рис. 3.4, а) или соединении их концов (рис. 3.4, б) должна производиться с учетом того, чтобы число проколов каната каждой прядью было не менее 4 при диаметре каната d_k до 15 мм, 5 — при d_k от 15 до 28 мм и 6 при d_k свыше 28 мм. При этом последний прокол каждой прядью должен производиться половинным числом ее проволочек.

Многочетвевые стропы комплектуют из одноканатных стропов и нормализованных верхних и нижних звеньев в соответствии с ОСТ 24.090.48—79 (рис. 3.5). Стропы состоят из канатных ветвей 2, верхних для навешивания стропа и нижних для навешивания груза, звеньев 1 и 3 и переходных звеньев 4.

Расчетные схемы применяемых стропов приведены на рис. 3.6. Помимо обычно используемых двухветвевых (рис. 3.6, а) и четырехветвевых (рис. 3.6, б) применяют и шестиветвевые (рис. 3.6, в) стропы для захвата плиты в шести точках. Для участия всех строп в работе каждые две из них представляют собой один отрезок каната, огибающий блоки в точках А, Б и В.

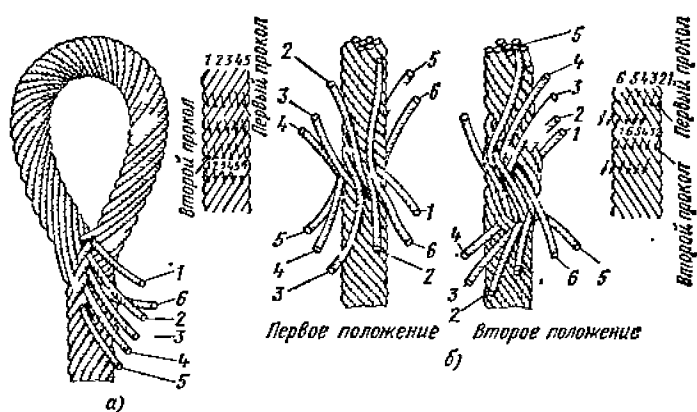


Рис. 3.4. Заплетка канатов стропа:
 а — петлевого; б — кольцевого; 1, 2, 3, 4, 5, 6 — пряди каната

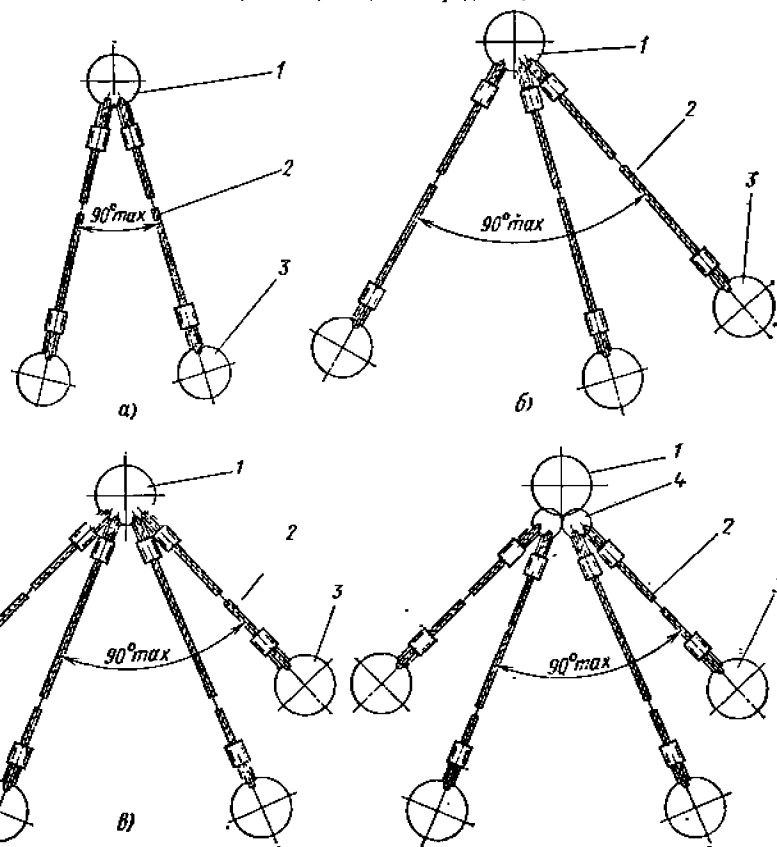


Рис. 3.5. Многоветвевые канатные стропа:
 а — двухветвевой типа 2СК; б — трехветвевой типа 3СК; в — четырехветвевой типа 4СК;
 г — четырехветвевой с дополнительными переходными овальными звеньями

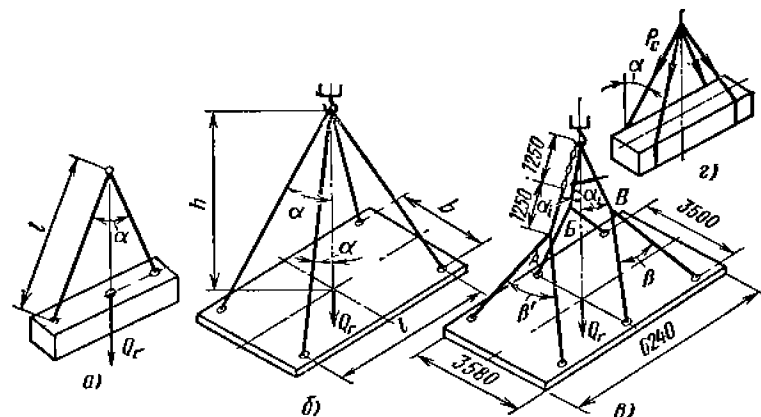


Рис. 3.6. Схемы для определения размеров стропа при строповке:
 а — за две точки; б — за четыре точки; в — за шесть точек; г — обвязкой

К осям блоков прикреплены отрезки цепей, сходящиеся на кольцо, навешанном на крюк крана. В этой конструкции обеспечивается равномерное распределение усилий по стропам. Для их нахождения действующую нагрузку Q_r считают распределенной по трем цепным тягам в зависимости от углов α_i , образованных тягами с вертикалью, проходящей через зев крюка. Полученное усилие распределяется между стропами в соответствии с углами β и β' .

Петли на концах канатов при креплении их на грузоподъемной машине, а также петли стропов, сопрягающиеся с кольцами, крюками и другими деталями, должны выполняться с применением коуша и закрепления каната (см. рис. 3.3; 3.4). При использовании стропа обвязкой (рис. 3.6, г) под углы изделия, охватываемого стропом, должны быть поставлены угловые прокладки, предохраняющие перелом каната стропа.

3.1.3. РАСЧЕТ КАНАТНЫХ ВЕТВЕЙ СТРОПОВ

Грузоподъемность стропа должна соответствовать усилию, которое на него передается от веса поднимаемого груза. Должны быть учтены условия применения и требования, изложенные в п. 1. Угол между ветвями стропов не должен превышать 90° .

Для стропов применяют стальные канаты средней гибкости с органическим сердечником конструкции 6×37 с временным сопротивлением разрыву $1400 \dots 2000$ МПа по ГОСТ 3079—80. При отсутствии канатов средней гибкости допускается применение относительно жестких канатов с органическим сердечником конструкции 6×19 с временным сопротивлением разрыву $1400 \dots 2000$ МПа по ГОСТ 2688—80.

Для канатных стропов, поставляемых в районы с холодным климатом (северное исполнение) необходимо применять относительно мягкие канаты.

Разрывное усилие каната

$$R = Sk,$$

где S — нагрузка, действующая на канат; k — коэффициент запаса прочности ($k = 5$ — для неперегигающихся и $k = 6$ — для перегигающихся канатов).

Стропы надо рассчитывать с учетом числа ветвей канатов и угла их наклона к вертикали. Для стропов общего назначения, имеющих несколько ветвей, угол между ветвями принимают равным 90° . Для стропов, предназначенных для под-

3.2. Нагрузки (кН), действующие на ветвь стропа

| Масса груза, кг | Угол между ветвями, град | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| | 0 | | 60 | | 90 | | 120 | |
| | Число ветвей | | | | | | | |
| | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 |
| 500 | 2,50 | 1,25 | 3 | 1,5 | 3,5 | 1,75 | 5 | 2,5 |
| 630 | 3,15 | 1,57 | 3,78 | 1,89 | 4,45 | 2,22 | 6,3 | 3,15 |
| 800 | 4,2 | 2 | 4,5 | 2,25 | 5,75 | 2,88 | 8 | 4 |
| 1 000 | 5 | 2,5 | 5,75 | 2,78 | 7,6 | 3,5 | 10 | 6 |
| 1 250 | 6,25 | 3,13 | 7,25 | 3,63 | 9 | 4,5 | 12,5 | 6,25 |
| 1 600 | 8 | 4 | 3,6 | 4,8 | 11,28 | 5,64 | 16 | 8 |
| 2 000 | 10 | 5 | 11,5 | 5,75 | 14,25 | 7,13 | 20 | 10 |
| 2 500 | 12,5 | 6,25 | 14,5 | 7,25 | 17,75 | 8,88 | 25,6 | 12,5 |
| 3 200 | 16 | 8 | 19,2 | 9,6 | 22,56 | 11,28 | 32 | 16 |
| 4 000 | 20 | 10 | 23 | 11,5 | 28,5 | 14,25 | 40 | 20 |
| 5 000 | 25 | 12,5 | 28,75 | 14,38 | 35,5 | 17,75 | 50 | 25 |
| 6 300 | 31,5 | 15,75 | 37,8 | 18,9 | 44,42 | 22,21 | 63 | 31,5 |
| 8 000 | 40 | 20 | 46 | 23 | 56,75 | 28,33 | 80 | 40 |
| 10 000 | 50 | 25 | 52,5 | 28,75 | 71 | 35,5 | 100 | 50 |
| 12 500 | 62,5 | 31,25 | 72,5 | 36,25 | 90 | 45 | 125 | 62,5 |
| 16 000 | 80 | 40 | 96 | 48 | 112,8 | 56,4 | 160 | 80 |
| 20 000 | 100 | 50 | 115 | 57,5 | 142,5 | 71,25 | 200 | 100 |

ема определенного груза, при расчете можно учитывать фактический угол (см. рис. 3.6)

$$\alpha = \arctg[\sqrt{b^2 + l^2} / (2h)].$$

Усилие в ветви стропа

$$S = Q_{\Gamma} / (nk' \cos \alpha),$$

где Q_{Γ} — вес подвешиваемого груза; n — число ветвей стропа; k' — расчетный коэффициент неравномерности нагрузки на ветвь стропа, зависящий от числа ветвей (при $n = 1$ и 2 $k' = 1$, при $n = 4$ и 8 $k' = 0,75$)

Технические характеристики и конструктивные размеры многоветвевых стропов приведены в ОСТ 24.09.048—79, а нагрузки, действующие на ветвь стропа, указаны в табл. 3.2.

3.1.4. ГРУЗОВЫЕ ЦЕПНЫЕ СТРОПЫ

Цепные стропы, как и стальные канатные, можно использовать для подъема и перемещения любых грузов на всех участках. По сравнению с канатными цепные стропы более гибки и пригодны для подъема грузов с острыми ребрами без подкладок. Их можно применять при высокой температуре грузов, они хорошо накладываются на груз, снимаются с него, что очень важно при работе в горячих цехах с раскаленными деталями.

Цепные стропы по сравнению с канатными имеют большую массу, не допускают резких динамических нагрузок и рвутся внезапно, а дефекты цепей трудно обнаруживаются. Эти недостатки ограничивают применение цепных стропов, особенно при подъеме тяжеловесных и ответственных грузов в местах большой концентрации людей и оборудования. Стропы, изношенные более чем на 10 % по диаметру цепной стали или имеющие свыше 30 % негодных звеньев по другим причинам, к дальнейшей эксплуатации не допускаются.

Цепные стропы изготавливают следующих типов: одноветвевые — 1СЦ; двухветвевые — 2СЦ; трехветвевые — 3СЦ; четырехветвевые (4СЦ); четырехветвевые с двумя замкнутыми ветвями — СЦ2вз; универсальные — ЦСУ. Конструкции цепных стропов приведены на рис. 3.7, а их размеры в ОСТ 24.090.48—79.

Ветви цепных стропов рассчитывают тем же методом, что и ветви канатных стропов при коэффициенте запаса прочности $k \geq 5$.

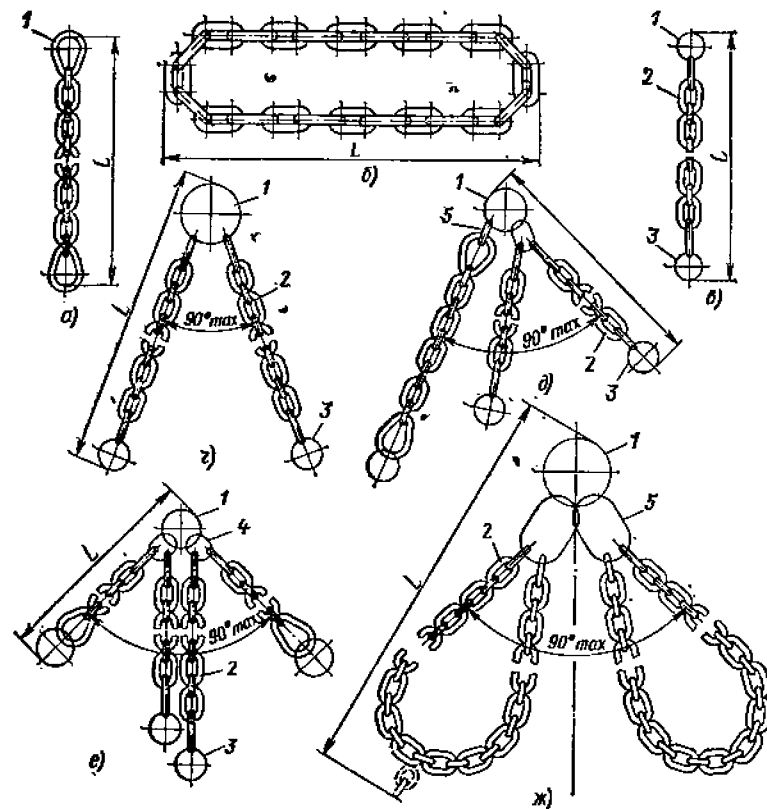


Рис. 3.7. Цепной строп:

а — цепная ветвь стропа; б — универсальный типа УСЦ; в — одноветвевый 1СЦ; г — двухветвевый 2СЦ; д — трехветвевый 3СЦ; е — четырехветвевый 4СЦ; ж — четырехветвевый с двумя замкнутыми ветвями СЦ2вз; 1 — верхнее звено; 2 — цепь; 3 — нижнее звено; 4, 5 — соединительные звенья

Для стропов обычно применяют сварные некалиброванные цепи (табл. 3.3). Сращивание цепей допускается электросваркой или кузнечно-горновой сваркой, вставкой новых звеньев или при помощи специальных соединительных звеньев.

3.3. Параметры сварных грузовых цепей (ГОСТ 2319—70)

| Калибр цепи, мм | Шаг звена, мм | Разрушающая нагрузка, кН | Масса 1 м цепи, кг | Калибр цепи, мм | Шаг звена, мм | Разрушающая нагрузка, кН | Масса 1 м цепи, кг |
|-----------------|---------------|--------------------------|--------------------|-----------------|---------------|--------------------------|--------------------|
| 6 | 19 | 14 | 0,75 | 10 | 28 | 40 | 2,25 |
| 7 | 22 | 18 | 1 | 11 | 31 | 46 | 2,7 |
| 8 | 23 | 26 | 1,35 | 13 | 36 | 66 | 3,8 |
| 9 | 27 | 32 | 1,8 | 16 | 44 | 102 | 5,8 |

3.4. Изгибающие моменты в криволинейной части соединительных звеньев стропов

| Форма звена | Соотношение основных размеров | M_H |
|--|---|----------------------------|
| Грузовая петля: овоидная (рис. 3.10, а) треугольная (рис. 3.10, б) | $\beta = 75^\circ; h = 1,5R$ | $-0,28PR$ |
| | $\beta = 75^\circ; h = 4R$ | $-0,25PR$ |
| Звено: овальное (рис. 3.10, в) | — | $-PR \frac{l+R}{2l+\pi R}$ |
| овоидное (рис. 3.10, а) | $\beta = 75^\circ; R_1 = 2R_2;$ $h = 1,5R_1$ | $-0,28PR_1$ |
| | $\beta = 60^\circ; R_1 = 2R_2;$ $h = 1,5R_1$ | $-0,318PR$ $-0,323PR_1$ |

Примечание. Значения изгибающих моментов с положительным знаком соответствуют растяжению с отрицательным — сжатию волокон.

для наружного волокна

$$\sigma^* = \frac{-M_H h_2}{J_x} \frac{R}{R+h_2},$$

где M_H — изгибающий момент (табл. 3.4); h_1 и h_2 — ординаты волокон поперечного сечения звена относительно оси x ; R — радиус кривизны центральной оси сечения; J_x — момент инерции площади поперечного сечения звена.

Для звеньев по рис. 3.10, г, е в формуле по определению расчетных напряжений изгиба вместо R следует подставлять значения большого радиуса — R_1 .

С учетом того, что петля является кривым бруском для возможности расчета ее по формулам прямого бруса $\sigma_H = M/W$ в расчетную формулу следует вводить коэффициент эквивалентности, зависящий от формы рассчитываемого сечения:

$$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_H \epsilon_{\text{экв}},$$

где $\epsilon_{\text{экв}}$ — коэффициент эквивалентности, зависящий от величины $\chi = R/(R \pm h_{1,2})$ (рис. 3.10, и).

При $R/(R \pm h_{1,2}) = 1$ значения коэффициента эквивалентности соответствуют случаю изгиба прямого бруса.

Разъемное треугольное звено. Расчет разъемного звена производят по трем расчетным схемам (рис. 3.11, б) при действии нагрузки Q_r под углом $\alpha = 0^\circ$ к вертикали, $\alpha = 45^\circ$ и $\alpha = 60^\circ$.

Ниже приведен ориентировочный расчет звена, разработанный в ЦНИИОМТП применительно к ОСТ 24.090.49—79.

Обычно наибольшие напряжения в материале звена имеют место при $\alpha = 0^\circ$. Наибольший изгибающий момент в сечении I—I (рис. 3.11, а)

$$M_H = (Q_r/2)(L/2) - Xh,$$

где $X \approx 0,15Q_r$ — усилие, создаваемое отпором планки; h — плечо силы X .

Напряжение на внутреннем сжатом волокне в точке сечения I—I

$$\sigma_I = \frac{M_H (d/2) - z_0}{Fz_0} \frac{1}{R_K},$$

где $z_0 = hR_K$ — смещение нейтральной оси от центра тяжести сечения (здесь $h \approx 0,024 \rightarrow 0,03$ — коэффициент смещения; R_K — внутренний радиус скобы в сечении); $F = \pi d^2/4$ — площадь поперечного сечения скобы диаметром d .

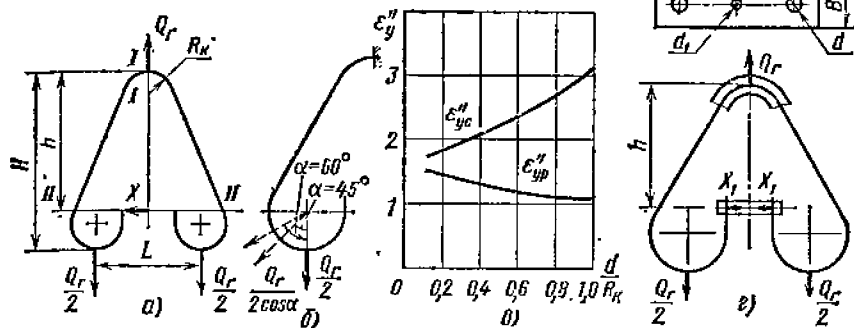


Рис. 3.11. Расчетные схемы треугольного звена:

а — при вертикальном нагружении; б — при боковом нагружении; в — коэффициент эквивалентности кривого бруса из стали с $\sigma_T = 200 \dots 260$ МПа; г — расчетная схема соединительной планки

Предел текучести при изгибе для сжатых волокон кривого бруса

$$\sigma_{T,н}^* = \sigma_T \epsilon_{yc}^*,$$

где ϵ_{yc}^* — коэффициент эквивалентности кривого бруса для сжатых волокон (рис. 3.11, в).

Запас прочности при изгибе для растянутых волокон

$$K_H = \sigma_{T,н}^* / \sigma_T.$$

Предельный изгибающий момент

$$M_P = \sigma_B W,$$

где $W = 0,1d^3$ — момент сопротивления изгибу.

Запас прочности по предельной нагрузке (моменту $M_{пр}$)

$$K_I = M_{пр} / M_H.$$

Напряжение на наружном (растянутом) волокне в точке сечения I—I

$$\sigma_I = \frac{M_H (d/2) + z_0}{Fz_0} \frac{1}{R_K + d}.$$

Предел текучести при изгибе кривого бруса для растянутых (наружных) волокон

$$\sigma_{T,н}^* = \sigma_T \epsilon_{yp}^*,$$

где ϵ_{yp}^* — коэффициент эквивалентности для растянутых волокон кривого бруса (рис. 3.11, в).

Запас прочности по изгибу:

$$K_H = \sigma_{T,н}^* / \sigma_I.$$

Соединительную планку разъемного треугольного звена рассчитывают при нагружении скобы звена отвесно направленными усилиями (рис. 3.11, г).

Напряжение в опасном сечении

$$\sigma_P = X_I / [(B - d) s],$$

где $X_I = 0,2Q_r$ — усилие в планке; B — ширина планки; d — диаметр отверстий; s — толщина планки.

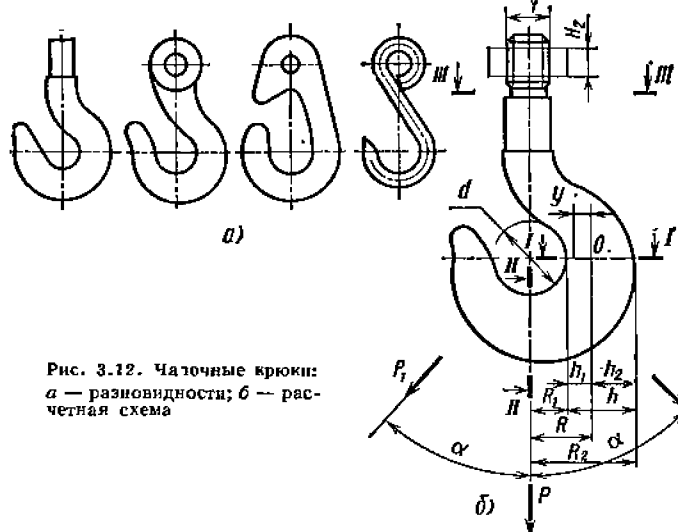


Рис. 3.12. Чалочные крюки: а — разновидности; б — расчетная схема

Запас прочности $K = \sigma_B / \sigma_P$.

Чалочные крюки. Крюки рассчитывают по формулам расчета кривого бруса. Сила P , действующая на крюк, проходит через центр кривизны осевой линии крюка, опасным является горизонтальное сечение I—I (рис. 3.12, б).

Напряжение в любой точке сечения I—I

$$\sigma = Py / [FK_0 (R - y)],$$

где K_0 — коэффициент (табл. 3.5); F — площадь поперечного сечения.

Напряжение в крайних волокнах

$$\sigma_1 = \frac{P}{F} \frac{h_1}{K_0 R_1}; \quad \sigma_2 = \frac{P}{F} \frac{h_2}{K_0 R_2},$$

где R_1, R_2 — радиусы кривизны внутреннего и наружного волокон.

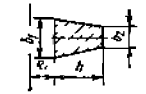
3.5. Значения коэффициента K_0

| $\frac{K}{h}$ | Сечение | | | | | |
|---------------|--------------------|---------------|----------------|-------------|--------------|----------------|
| | круглое и овальное | прямоугольное | Трапецидальное | | | Трапецидальное |
| | | | $b/B = 0,25$ | $b/B = 0,5$ | $b/B = 0,75$ | |
| 1 | 0,0717 | 0,0986 | 0,0755 | 0,0875 | 0,0945 | |
| 1,1 | 0,0577 | 0,0789 | 0,0615 | 0,0707 | 0,0760 | |
| 1,2 | 0,0476 | 0,0647 | 0,0512 | 0,0585 | 0,0626 | |
| 1,3 | 0,0399 | 0,0542 | 0,0432 | 0,0493 | 0,0525 | |
| 1,4 | 0,0340 | 0,0461 | 0,0371 | 0,0421 | 0,0448 | |
| 1,5 | 0,0291 | 0,0397 | 0,0322 | 0,0364 | 0,0389 | |
| 1,75 | 0,0212 | 0,0286 | 0,0235 | 0,0265 | 0,0279 | |
| 2 | 0,0161 | 0,0216 | 0,0180 | 0,0201 | 0,0212 | |
| 3 | 0,0070 | 0,0094 | 0,0080 | 0,0089 | 0,0092 | |
| 4 | 0,0039 | 0,0052 | 0,0045 | 0,0050 | 0,0052 | |
| 5 | 0,0025 | 0,0033 | 0,0029 | 0,0032 | 0,0033 | |

3.6. Значения коэффициента K_P

| b_2/b_1 | R_1/h | | | | | | | | | |
|-----------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |

Для трапецидального сечения



| | | | | | | | | | | |
|-----|---|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,1 | — | — | 7,53 | 7,84 | 8,25 | 8,71 | 9,20 | 9,7 | 10,22 | 10,75 |
| 0,2 | — | — | 7,67 | 7,94 | 8,33 | 8,76 | 9,23 | 9,71 | 10,22 | 10,72 |
| 0,3 | — | — | 7,87 | 8,12 | 8,49 | 8,91 | 9,37 | 9,85 | 10,34 | 10,84 |
| 0,4 | — | — | 8,10 | 8,34 | 8,69 | 9,11 | 9,56 | 10,04 | 10,53 | 11,03 |
| 0,5 | — | — | 8,35 | 8,57 | 8,92 | 9,33 | 9,79 | 10,26 | 10,76 | 11,26 |
| 0,6 | — | — | 8,60 | 8,81 | 9,16 | 9,57 | 10,03 | 10,51 | 11 | 11,52 |
| 0,7 | — | — | 8,86 | 9,06 | 9,40 | 9,82 | 10,28 | 10,70 | 11,26 | 11,78 |
| 0,8 | — | — | 9,12 | 9,31 | 9,65 | 10,07 | 10,53 | 11,02 | 11,53 | 12,05 |
| 0,9 | — | — | 9,38 | 9,56 | 9,90 | 10,31 | 10,78 | 11,27 | 11,79 | 12,32 |
| 1 | — | — | 9,63 | 9,80 | 10,14 | 10,56 | 11,03 | 11,53 | 12,05 | 12,59 |

Для круглого и эллиптического сечений



| | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| — | 19,23 | 14,67 | 13,73 | 13,68 | 13,98 | 14,45 | 15,01 | 15,64 | 16,30 | 16,99 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

Максимальное напряжение

$$\sigma_{\max} = (P/F) K_P,$$

где K_P — коэффициент, характеризующий использование материала сечения (табл. 3.6).

Напряжения в вертикальном сечении II—II крюка определяют исходя из того, что ветви стропов могут быть отклонены от линии действия силы P на угол α . Нормальное напряжение в сечении (учитывающее растяжение и изгиб) определяют по вышеприведенным формулам, в которые вместо силы P подставляют силу $P_1 = P/(2\cos \alpha)$. Если угол α не задан, то принимают $\alpha = 45^\circ$.

Касательное напряжение

$$\tau = P/(2F).$$

Расчетное напряжение

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{II}^2 + \tau^2},$$

где σ_{II} — нормальное напряжение изгиба (или изгиба с растяжением).

Напряжение в сечении III—III хвостовой части крюка

$$\sigma_P = N/F,$$

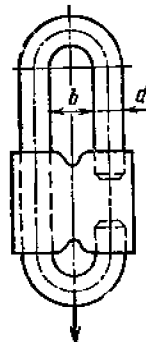
где N — сила, направленная вдоль крюка; F — площадь сечения.

Касательное напряжение в резьбе

$$\tau = P/(\pi d_1 K_m K_1 H_2),$$

где d_1 — внутренний диаметр резьбы; K_m — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по виткам (при $d/s < 9$ $K_m = 5s/d$, при $9 \leq d/s \leq 16$ $K_m = 0,56$, здесь d и s — наружный диаметр и шаг резьбы; для крюков следует применять резьбу с $d/s \leq 15$); K_1 — коэффициент полноты резьбы (относительно длины основания винта к шагу резьбы), для метрической резьбы $K_1 = 0,87$, для трапецидальной $K_1 = 0,65$; H_2 — высота гайки.

Рис. 3.13. Схема карабина



Допускаемое напряжение $[\sigma]$ криволинейной части кованых и штампованных крюков, выполненных из вязкой малоуглеродистой стали (Ст3 или сталь 20) приведено ниже:

Режим работы Ручной привод Легкий и средний Тяжелый и весьма тяжелый
 $[\sigma]$ $\sigma_T/1,05$ $\sigma_T/1,3$ $\sigma_T/1,65$

Допускаемое напряжение прямолинейной части крюка (хвостовика по рис. 3.12), рассчитываемой на растяжение, принимают $[\sigma] = \sigma_T/5$. Допускаемое касательное напряжение резьбы $[\tau] = 0,6 [\sigma]$.

Карабины (рис. 3.13). Расчет на прочность производится для совместного действия растяжения и изгиба по формуле

$$\sigma_1 = (Qg/F) + (M_{из}/W_x),$$

где Q — грузоподъемность карабина; $F = \pi d^2/4$ — площадь сечения скобы (здесь d — диаметр скобы карабина); $W_x = \pi d^3/32$ — момент сопротивления сечения; $M_{из} = Qg(b + d)/2$ — изгибающий момент (здесь b — зев карабина).

Коэффициент запаса прочности

$$K_{п} = \sigma_{T,н}/\sigma_1.$$

Результаты расчета скоб карабинов грузоподъемностью 0,32...2 т для стали при $\sigma_T = 250$ МПа $\sigma_{T,н} = 300$ МПа приведены в табл. 3.7.

3.7. Результаты расчета скоб карабинов (по данным ЦНИИОМТП)

| Параметр | Грузоподъемность, т | | | | | | | | |
|--|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,32 | 0,4 | 0,5 | 0,63 | 0,8 | 1 | 1,25 | 1,6 | 2 |
| Диаметр d , мм | 15 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 28 | 32 | 36 |
| Зев карабина b , мм | 18 | 20 | 24 | 26 | 30 | 32 | 36 | 40 | 44 |
| Площадь сечения F , см ² | 1,76 | 2,01 | 2,54 | 3,14 | 3,80 | 4,90 | 6,16 | 8,04 | 10,18 |
| Момент сопротивления W_x , см ³ | 0,33 | 0,4 | 0,57 | 0,78 | 1,05 | 1,53 | 2,16 | 3,21 | 4,58 |
| Изгибающий момент $M_{из}$, кН·см | 5,28 | 7,20 | 10,50 | 14,50 | 20,80 | 28,50 | 40,00 | 57,60 | 80,00 |
| Действующее напряжение σ_1 , МПа | 1,78 | 2 | 2,05 | 2,06 | 2,2 | 2,08 | 2,06 | 1,98 | 1,95 |
| Коэффициент запаса | 1,68 | 1,5 | 1,46 | 1,45 | 1,36 | 1,44 | 1,45 | 1,51 | 1,54 |

3.2. СТРОПОВЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА С ДИСТАНЦИОННЫМ И АВТОМАТИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

3.2.1. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА С ДИСТАНЦИОННОЙ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОТЦЕПКОЙ И ЗАЦЕПКОЙ КРЮКОВ

Применение дистанционной и автоматической зацепки и отцепки крюков стропов повышает производительность кранового оборудования и труда такелажников и обеспечивает безопасность производства строповочных работ. В простых устройствах этого типа крюк поворачивается при помощи рычага или канатика при ослабленных стропях.

На рис. 3.14 показано универсальное ГУ с дистанционной отцепкой крюков, предназначенное для подъема и монтажа строительных конструкций. Оно со-

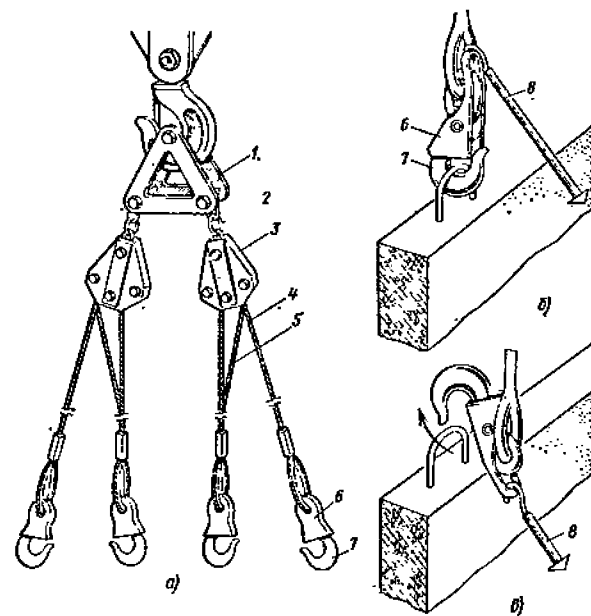


Рис. 3.14. Универсальное ГУ с дистанционной отцепкой крюков; а — общий вид; б — грузовой крюк с грузом; в — положение крюка при его снятии с груза

стоит из подвески 1, прикрепленных к ней через кольца 2 обоймы 3 с блоками, чалочных ветвей стропов 4 и уравнительных канатов 5. Стропы 4 на свободных концах оборудованы грузовыми крюками 7 с обоймами 6, перекрывающими зев крюка и снабженными тягами 8, за которые осуществляется поворот крюка (рис. 3.14, б и в). Конструкция подвески позволяет воспринимать односторонние нагрузки за счет возможности ее поворотов относительно крюка монтажного края в вертикальной плоскости, а наличие колец 2 обеспечивает поворот относительно вертикальной оси обоймы 3 в пределах 120°.

Грузоподъемность устройства 10 т, масса 195 кг.

На рис. 3.15 изображено ГУ ЗСП—3А для строповки и дистанционной расстроповки строительных конструкций, технологического оборудования и других

строповки строительных конструкций, технологического оборудования и других грузов. ГУ состоит из обоймы 1, специального крюка 2, установленного в обойме на пальце 3, рукоятки 8 с фиксатором 11, пружины растяжения 10, распорной пружины 13, опирающейся на тарелки 12, и направляющего стержня с вилкой 6. На консоли рычага 5, жестко связанного с крюком, имеются отверстия 7 и 9 для закрепления деталей.

Один конец рукоятки, выполненный в виде вилки, охватывает рычаг, а другой кольцом соединяется с расстроповочным шнуром. Рукоять может поворачиваться на рычаге вокруг оси отверстия 9 на 135°, при этом фиксатор 11, входя

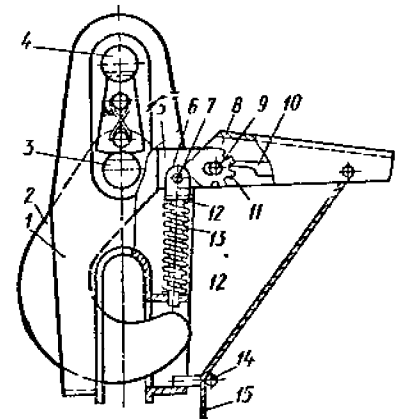


Рис. 3.15. ГУ ЗСП—3А для строповки и дистанционной расстроповки строительных конструкций и технологического оборудования

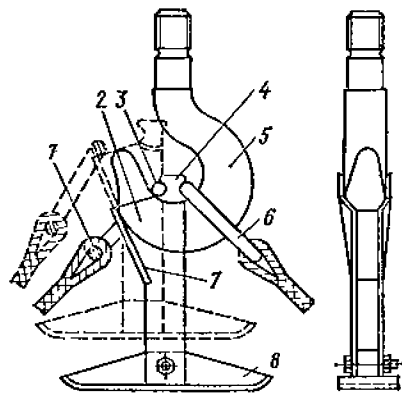


Рис. 3.16. Устройство для автоматического освобождения крюка от петли грузового стропа:

1, 6 — петли грузового стропа; 2 — щеки скобы; 3 — фигурная скоба; 4 — перемычка; 5 — крюк; 7 — наклонная пластина; 8 — плата

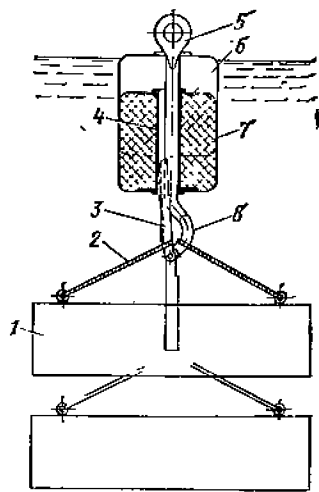


Рис. 3.17. Строповое устройство для отстропки груза при погружении в воду

в зацепление с любым из четырех пазов на рычаге 5, надежно фиксирует ее положение. В верхней части ГУ вставлен палец 4 для соединения его со стропом грузоподъемного механизма.

Зев перекрывается рогом крюка 2 и под действием пружины 13 постоянно замкнут. Он раскрывается при повороте рукоятки непосредственно рукой или натяжением расстроповочного шнура 15. Скоба 14 на обойме обеспечивает оптимальный угол между расстроповочным шнуром и рукояткой при ее горизонтальном положении.

Груз стропят, непосредственно зацепляя крюком за монтажные петли, или при помощи дополнительных кольцевых стропов обвязкой на «удав». Перед подъемом груза рукоятку устанавливают так, чтобы при дистанционном раскрытии ГУ угол между натянутым расстроповочным шнуром и рукояткой достигал 90°. Когда соблюдение этого условия невозможно, рукоятку устанавливают в горизонтальное положение, а расстроповочный шнур пропускают через скобу 14. Для изменения положения рукоятки ее оттягивают до выхода фиксатора из зацепления с пазом на рычаге крюка, устанавливают в требуемое положение и фиксируют.

Дистанционную расстропку производят натяжением расстроповочного шнура после снятия нагрузки с крюка. Когда в дистанционной расстропке нет необходимости, рукоятку можно установить в крайнее нижнее положение.

Грузоподъемность ГУ 3 т, габаритные размеры 70 × 200 × 320 мм, масса 7,5 кг.

На рис. 3.16 приведено устройство для автоматического освобождения крюка от одного концевых звена петли грузового стропа при снятии с него груза.

Устройство, монтируемое на стандартном однорогом крюке, состоит из двух фигурных скоб, соединенных в верхней части перемычкой. Щеки скоб выгнуты по форме рога крюка и соединены наклонной пластиной, по которой скользит крюк. Фигурные скобы, перемычка и пластины образуют обойму, которая в нижней части снабжена пяткой.

Скоба верхним концом перекрывает зев крюка, что исключает выпадание концевых звеньев стропа при рабочем положении. Щека скобы служит для сбрасывания звена стропа с крюка.

Крюк освобождается от петли грузового стропа только при упоре пяты в груз. В этом случае крюк под действием силы тяжести скользит внутри обоймы, и звено стропа сбрасывается с крюка.

Штриховыми линиями показано взаимодействие деталей устройства в момент сбрасывания звена стропа с крюка.

Грузоподъемность устройства 5,1 т, масса 15,22 кг.

Разработано строповое устройство для автоматической строповки груза при погружении его в воду [А. с. 576275 (СССР)]. Оно имеет крюк 8 (рис. 3.17), выполненный в виде стебля и шарнирно соединенный с ним рычаг 3. Стебель снабжен рым-болтом 5. На стебель и рычаг свободно надет поплавков 7, обладающий положительной плавучестью. Во внутреннем отверстии поплавка вмонтирована трубка 4 при помощи фланцев 6. Стебель и рычаг связаны с грузом 1 при помощи стропа 2.

Устройство работает следующим образом. Для закрепления груза 1 на ГУ, связанном с судоподъемным средством рым-болтом 5, стропы 2 заводят на плечо стебля крюка 8, поворачивают рычаг 3 вверх до контакта со стеблем, после чего поплавков 7 опускают по стеблю 8, что обеспечивает фиксирование рычага 3 при помощи трубы 4 в закрытом положении.

Поднятый судовым грузоподъемным средством груз вываливают за борт и опускают в воду. При погружении под воду поплавков 7 в результате действия положительной плавучести поднимается по стеблю 8 и освобождает рычаг 3, который под действием стропов 2 откидывается вниз и освобождает последний вместе с грузом.

8.2.2. ШТЫРЬЕВО-СТРОПОВЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

К штырьевым-строповым (рис. 3.18) относятся ГУ, в которых для захвата груза (колонны, балки, трубы и др.) используется тросовый строп, а штырьевое устройство или, как его называют, штырьевой замок, служит вспомогательным приспособлением для удобной расстропки на расстоянии от груза, например на высоте. Замок представляет собой каркас, в котором закреплены валик и подвижной штырь. За валик строп заякоривается в штырьевом устройстве, а после застропки поднимаемого груза огибает штырь и свободной петлей навешивается на крюк крана (рис. 3.18, а).

После установки груза на место и ослабления стропа штырь выдергивается и ГУ освобождается. Упрощенная модель такого ГУ приведена на рис. 3.18, б. Петля стропа пропущена через отверстие каркаса и надета на штырь, последний в связи с этим выполняет функции валика и штырьевое устройство.

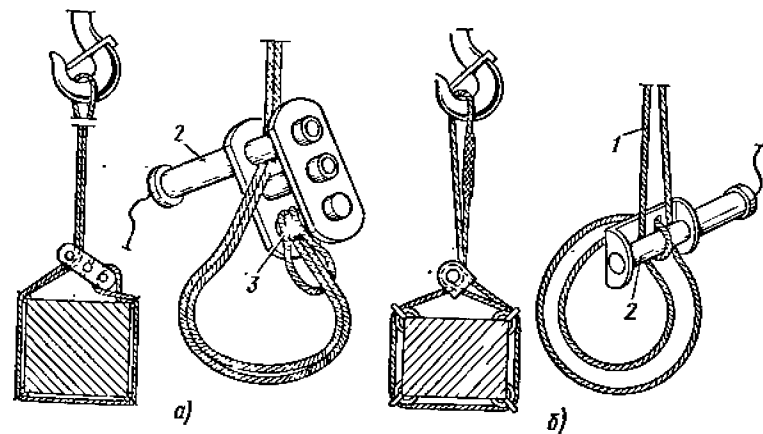


Рис. 3.18. Штырьевые-строповые ГУ;

а — со штырьевым устройством, отдельным от заякоривающего валика; б' — с совмещенным заякоривающим валиком и штырьевым устройством; 1 — строп; 2 — штырьевое устройство; 3 — заякоривающий валик

3.8. Параметры штырьво-строповых ГУ

| Грузоподъемность, т | Размеры, мм | | | | | | | | | Масса без стропы, кг |
|--|-------------|-----|------|-----|------|-----|----|-----|----|----------------------|
| | a | b | c | e | f | k | l | m | n | |
| Со скобой для закрывания стропы и вытягиваемым штырем (рис. 3.19, а) | | | | | | | | | | |
| 1 | 240 | 152 | 24 | 25 | 28 | 48 | 42 | — | — | 2,7 |
| 3 | 315 | 258 | 40 | 40 | 40 | 75 | 45 | — | — | 8,1 |
| 6 | 365 | 303 | 50 | 50 | 60 | 95 | 55 | — | — | 15,6 |
| С совмещенным закрывающим валиком и штырьвым замком (рис. 3.19, б) | | | | | | | | | | |
| 5 | 265 | 120 | 25 | 50 | 50 | 145 | 70 | — | 14 | 14,1 |
| 10 | 326 | 210 | 40 | 102 | 100 | 170 | 92 | — | 20 | 33 |
| Со скобой для закрывания стропы и винтовым штырьвым замком (рис. 3.19, в) | | | | | | | | | | |
| 5 | 320 | 230 | 40 | 35 | 40 | 85 | 60 | 76 | 30 | 10 |
| 10 | 390 | 273 | 50 | 40 | 50 | 100 | 70 | 85 | 40 | 35 |
| 15 | 460 | 375 | 52,5 | 50 | 52,5 | 160 | 90 | 100 | 50 | 40 |

В табл. 3.8 приведены некоторые параметры штырьво-строповых ГУ, применяемых при монтаже строительных конструкций (колонн, балок и др.).

Для быстрой строповки различных грузов при выполнении такелажных, строительных и монтажных работ применяют универсальный строп с инвентарными опорами и дистанционной расстроповкой (рис. 3.20, табл. 3.9). Строп в основном предназначен для подъема сборных железобетонных конструкций, не имеющих закладных монтажных деталей. При помощи его можно монтировать колонны, фермы, балки, ригели и другие сборные конструкции.

Строп состоит из четырех инвентарных опор (подкладок), прижимаемых к поднимаемому изделию канатом, и штыревого замка, позволяющего производить дистанционную расстроповку смонтированных конструкций. Для дистанционной расстроповки замок имеет палец (штырь), пружину и канатик диаметром 4,2 мм и длиной 5 м.

В тресте «Востокметаллургомонтаж» разработаны строповые ГУ различной грузоподъемности (табл. 3.10), в которых замок для дистанционной расстроповки груза снабжен отводным роликом, а устройство для фиксации обратной ветви

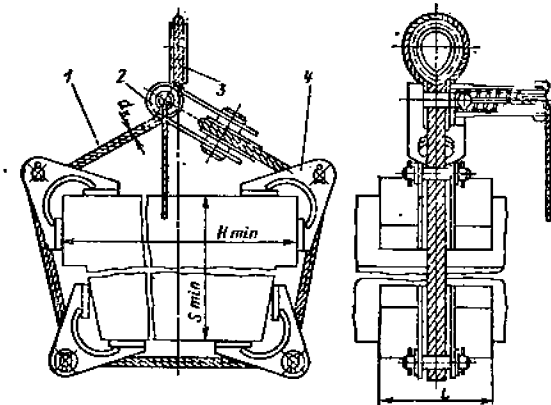


Рис. 3.20. Универсальный строп с инвентарными опорами и дистанционной расстроповкой:
1 — строп; 2 — штырьво-строповый замок; 3 — коуш; 4 — опора

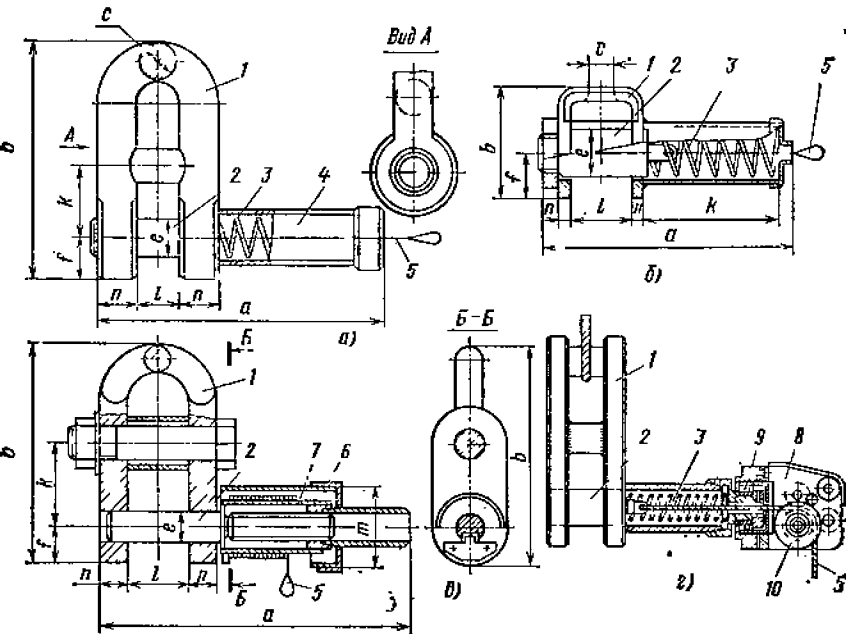


Рис. 3.19. Штырьво-строповый замок:

а — со скобой для закрывания стропы и вытягиваемым штырем; б — с совмещенным закрывающим валиком и штырьвым замком; в — со скобой для закрывания стропы и винтовым штырьвым замком; e — с поворотным приспособлением; 1 — скоба; 2 — штырь; 3 — пружина; 4 — корпус пружины; 5 — вытягивающий тросик; 6 — корпус винтового устройства; 7 — гайка-барaban; 8 — поворотное приспособление; 9 — шарикоподшипник; 10 — ролик

Штырьво-строповые замки выполняют различной конструкции (рис. 3.19). На рис. 3.19, а приведен штырьво-строповый замок с каркасом, выполненным в виде скобы с сваренной перелонкой для жесткости. Штырь связан с пружиной, удерживающей его в скобе; для освобождения стропы штырь, преодолевая сопротивление пружины, канатом вытягивается из одной стороны дугового каркаса; после ослабления троса штырь пружиной подается в каркас.

На рис. 3.19, б изображено аналогичное штырьво-строповое устройство, в котором штырь совмещен с закрывающим валиком. Так как на штырь действует остаточное натяжение стропы и частично вес ГУ, при вытягивании его приходится преодолевать силу трения, возникающую между стропом, штырем и гнездом, по которому он перемещается. Эта сила довольно велика, в связи с чем вытягивать штырь трудно.

В штырьво-строповом устройстве, показанном на рис. 3.19, в, процесс вытягивания канатика облегчен за счет того, что штырь снабжен винтовым хвостовиком, взаимодействующим с вращаемой гайкой-барabanом, на которую навит управляющий канатик. При натяжении канатика гайка-барaban вращается, а винт поступательно перемещается, так как вращению его препятствует шпонка, входящая в паз валика. Устройство применяют при подъеме стальных, железобетонных конструкций и технологического оборудования.

В устройстве, изображенном на рис. 3.19, г, вытягивание троса обеспечивается под любым углом в пространстве при помощи поворотного приспособления, которое установлено на кожухе замка на шарикоподшипнике. Пружина, размещенная в кожухе, удерживает подвижный штырь в закрытом положении. Канатик для расстроповки соединен с подвижным пальцем.

3.9. Параметры универсального стропы

| Грузоподъемность, т | Размеры, мм | | | | | Масса, кг |
|---------------------|-------------|-----|----------------|-----|--------------|-----------|
| | H | S | d _к | L | Длина каната | |
| 2,5 | 300 | 160 | 13 | 150 | 3 200 | 18,2 |
| | | | | | 4 000 | 19,1 |
| 4 | 350 | 200 | 17,5 | 150 | 4 000 | 25,5 |
| | | | | | 5 000 | 27,8 |
| 6,3 | 450 | 200 | 22 | 160 | 5 000 | 39,7 |
| | | | | | 6 300 | 44 |
| 10 | 650 | 250 | 26 | 180 | 6 300 | 63,9 |
| | | | | | 8 000 | 72 |
| 16 | 800 | 250 | 325 | 180 | 8 000 | 111,4 |
| | | | | | 10 000 | 126,6 |

3.10. Параметры строповых ГУ треста «Востокметаллургмонтаж»

| Грузоподъемность (при вертикальном положении стропы), т | Диаметр каната, мм | Габаритные размеры, мм | Масса, кг |
|---|--------------------|------------------------|-----------|
| 1 | 13 | 160×62×75 | 1,4 |
| 3 | 19,5 | 200×80×105 | 3,5 |
| 5 | 26 | 255×94×117 | 6 |
| 10 | 37 | 315×126×150 | 11,6 |
| 15 | 30,5 | 330×170×150 | 14,5 |

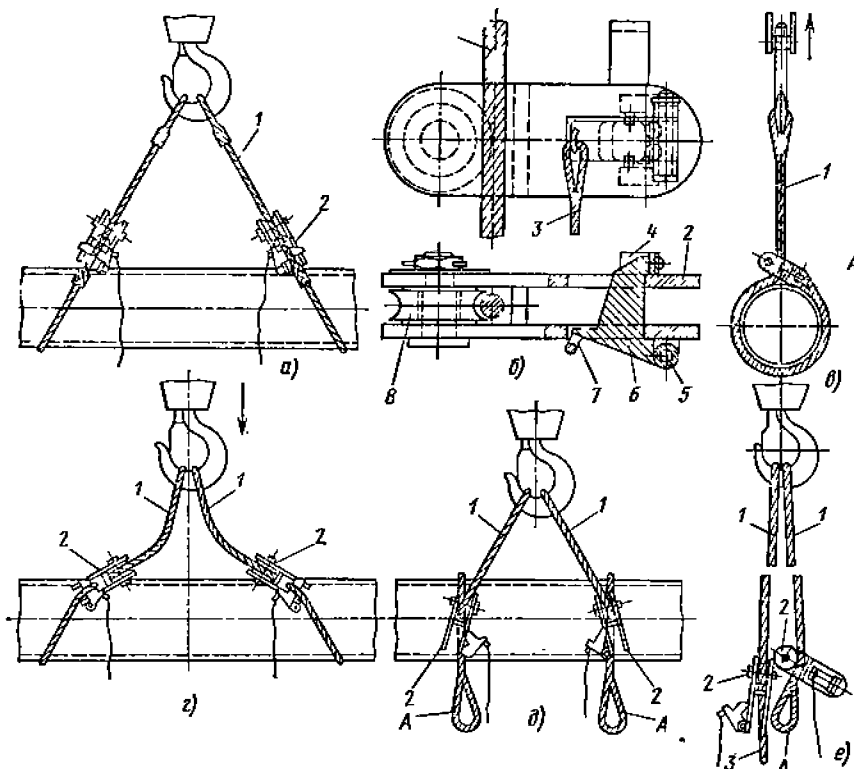


Рис. 3.21. Строповое ГУ с якорным замком для дистанционной расстропки конструкции треста «Востокметаллургмонтаж»: а — общий вид; б — замок; в, г, д, е — моменты размыкания стропы

стропа выполнено в виде поворотного двухлучевого рычага, связанного с тросиком дистанционного управления (рис. 3.21).

Преимущество такой конструкции стропового ГУ заключается в том, что его канат при натяжке груза не трется о корпус, вследствие чего повышается его срок службы. ГУ предназначено для строповки секций трубопроводов крупными блоками, длинномерных конструкций типа балок, ферм, монтируемых на высоте и увязываемых мертвой петлей. Для закрепления поднимаемой конструкции используют двухпетлевые (облегченные) и универсальные (кольцевые) стальные стропы.

Строп для подъема груза (рис. 3.21, а, б) состоит из собственно стропы 1 и дистанционно управляемого замка, выполненного в виде корпуса из двух соединенных между собой щек 2. Внутри щек с одной стороны установлен на оси отводной ролик 8, а с другой — устройство для фиксации обратной ветви стропы, выполненное в виде поворотного двухлучевого рычага 6 с ушком 7, связанным с канатиком 3 дистанционного управления. На одной из щек замка расположена пружинная защелка 4, а на другой — ось 5 вращения рычага, которая размещена в плоскости, параллельной плоскости мертвой петли. Для сборки стропы с замком ролик 8 вынимают из щек 2, заводят строп 1 между щеками и устанавливают ролик 8 на место.

Груз, предназначенный для подъема, охватывают стропом 1, подвешенным петлей на крюк грузоподъемного устройства, поворотом двухлучевого рычага 6 вокруг оси 5 освобождают пространство между щеками 2, в которое вводят петлю А обратной ветви стропы. Поворачивают двухлучевого рычага 6 внутрь петли стропы 1 и щек 2 до фиксации ее пружинной защелкой. Движением крюка вверх затягивают строп вокруг груза мертвой петлей.

При затягивании стропы ролик 8 вращается на оси, что обеспечивает равномерное, без рывков, натяжение стропы 1 и надежное замыкание двухлучевого рычага 6. Когда груз установлен на место и закреплен, опускают крюк, отблкая натяжение стропы 1, натяжением канатика 3 размыкают замок. После отстропки замок повисает (удерживается) на нижней петле А стропы 1. Строп готов к очередному подъему.

Строповое ГУ грузоподъемностью 15 т отличается тем, что в его конструкции предусмотрены два ролика вместо одного.

3.2.3. ШТЫРЬЕВО-СТРОПОВЫЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Наибольшие преимущества имеют строповые ГУ с дистанционным управлением, с электромагнитным и пневматическим приводом дистанционного управления расстропкой из кабины крана. Они обеспечивают безопасность работ при монтаже строительных конструкций и ускорение монтажных и такелажных операций. Основные типы применяемых в настоящее время штырьевых строповых механизированных ГУ показаны на рис. 3.22.

Общая схема строповки груза показана на рис. 3.22, а. Представленные на рис. 3.22, б, в ГУ грузоподъемностью 10 т идентичны и отличаются только приводом для вытягивания штыря. В конструкции, изображенной на рис. 3.22, б, привод рычажно-пневматический при давлении воздуха 0,3 МПа. В качестве пневмотолкателя использована тормозная камера автомобиля. Масса ГУ 45 кг.

В конструкции, показанной на рис. 3.22, в, привод рычажно-электрический при напряжении переменного тока 36 В. В качестве толкателя применен тормозной магнит типа КМТ-101, но можно использовать и любой другой аналогичной характеристики. Масса ГУ 55 кг.

ГУ, изображенное на рис. 3.22, г, имеет грузоподъемность 20 т. Штырь постоянно замкнут пружиной. Для его оттягивания используется непосредственно без рычажной передачи электромагнит, питаемый переменным или постоянным током.

Разработаны конструкции штырьевых строповых ГУ с управлением при помощи тормозных электромагнитов. Основное отличие их заключается в том, что при помощи ГУ можно лучше направлять штырь, удлинив опорную втулку.

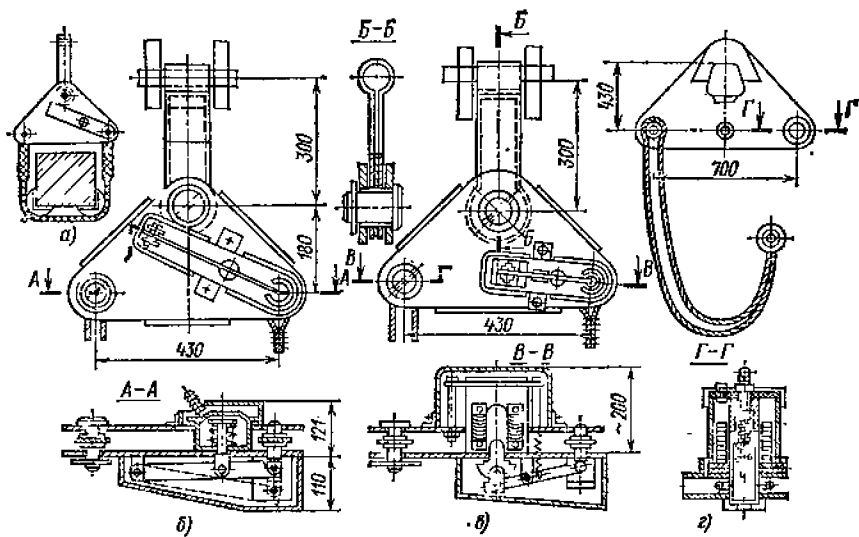


Рис. 3.22. Штырьевые строповые механизированные ГУ с дистанционным управлением: а — общая схема; б — с рычажно-пневматическим приводом; в — с рычажным электромагнитным приводом; г — с безрычажным электромагнитным приводом

Такие ГУ предназначены для подъема, перемещения и монтажа металлических, сборных железобетонных конструкций массой до 16 т. В качестве привода для втягивания штыря применены электромагниты типа МИС, работающие на переменном токе при напряжении 127 В.

На рис. 3.23 показаны унифицированные штырьевые строповые ГУ с рычажно-электромагнитным приводом грузоподъемностью 4, 10 и 16 т (табл. 3.11). ГУ состоит из корпуса 1, серьги 2, магнитного привода, рычага 3, рукоятки 4, запорного штыря, электроснастки и одноветвевго стропа с коушами. Корпус представляет собой сварную конструкцию из листовой стали. Запорный штырь состоит из собственно штыря, цилиндра и пружины.

3.11. Параметры унифицированных штырьевых строповых ГУ с дистанционным управлением (рычажно-электромагнитным приводом)

| Показатель | Грузоподъемность, т | | |
|------------------------|---------------------|----------|------|
| | 4 | 10 | 16 |
| Тип электромагнита | МИС-6100 | МИС-8100 | 8100 |
| Ход штока, мм | 30 | 60 | 40 |
| Усклне, Н: | | | |
| максимальное | 280 | — | 580 |
| минимальное | 129 | — | 175 |
| Габаритные размеры, мм | | | |
| длина | 344 | 680 | 1020 |
| ширина | 440 | 520 | 930 |
| высота | 800 | 1055 | 1630 |
| Масса, кг | 35 | 96,5 | 210 |

Примечание Напряжение в сети 127 В, питающий кабель типа КРПТ-3Х × 2,5 мм.

При застроповке груза стропом охватывается нужный элемент конструкции, и свободный конец стропа надевается на выдвижную часть штыря. В открытом состоянии штырь удерживается магнитом, в закрытом — пружиной. Расстроповка конструкции осуществляется подвижным штырем механически при помощи магнитного привода кнопочным управлением из кабины крана или вручную рукояткой.

Все штырьевые строповые ГУ с пневматическим и электромагнитным приводами управляются дистанционно крановщиком из кабины крана. Электромагнит включается магнитным пускателем и кнопкой, установленными обычно в кабине крана. Для предотвращения случайного включения в цепи катушки магнитного пускателя последовательно с кнопкой установлен выключатель, который необходимо включать непосредственно перед нажатием кнопки и после расстроповки снова отключать. Третья жила питающего кабеля предназначена для заземления. Один конец ее должен быть подключен к корпусу ГУ, другой — к металлическим конструкциям крана.

При применении траверсы с двумя ГУ на ней устанавливают клеммный ящик, к которому присоединяют кабель от обоих устройств.

3.2.4. ШТЫРЬЕВЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Для перемещения и подъема из горизонтального положения в вертикальное при монтаже железобетонных и металлических конструкций, в основном колонн, снабженных специальными полостями или отверстиями, применяют штырьевые ГУ. Особенностью их является приспособленность для дистанционного выдерживания штыря из отверстия тонким тросом, что имеет существенное значение при оперировании высокими колоннами. Штырьевые ГУ часто выполняют в виде подвешенной к стропу обоймы П-образной формы, в нижней части боковин которой имеются отверстия с входящим в них штырем. На рис. 3.24 приведены такие

3.12. Параметры штырьевых ГУ для монтажа колонн

| Грузоподъемность, т | Размеры (рис. 3.25), мм | | | | Грузоподъемность, т | Размеры (рис. 3.25), мм | | | |
|---------------------|-------------------------|-----|-----|------|---------------------|-------------------------|------|------|------|
| | B | S | K | L | | B | S | K | L |
| 4 | 400 | 640 | 680 | 1600 | 16 | 600 | 820 | 948 | 4000 |
| | | | | 2000 | | | | | 5000 |
| | | | | 2500 | | | | | 6300 |
| | | | | 3200 | | | | | 8000 |
| 10 | 400 | 680 | 746 | 1600 | 25 | 600 | 820 | 965 | 4000 |
| | | | | 2000 | | | | | 5000 |
| | | | | 2500 | | | | | 6300 |
| | | | | 3200 | | | | | 8000 |
| 16 | 500 | 820 | 846 | 2500 | 32 | 800 | 1020 | 1171 | 4000 |
| | | | | 3200 | | | | | 5000 |
| | | | | 4000 | | | | | 6300 |
| | | | | 5000 | | | | | 8000 |

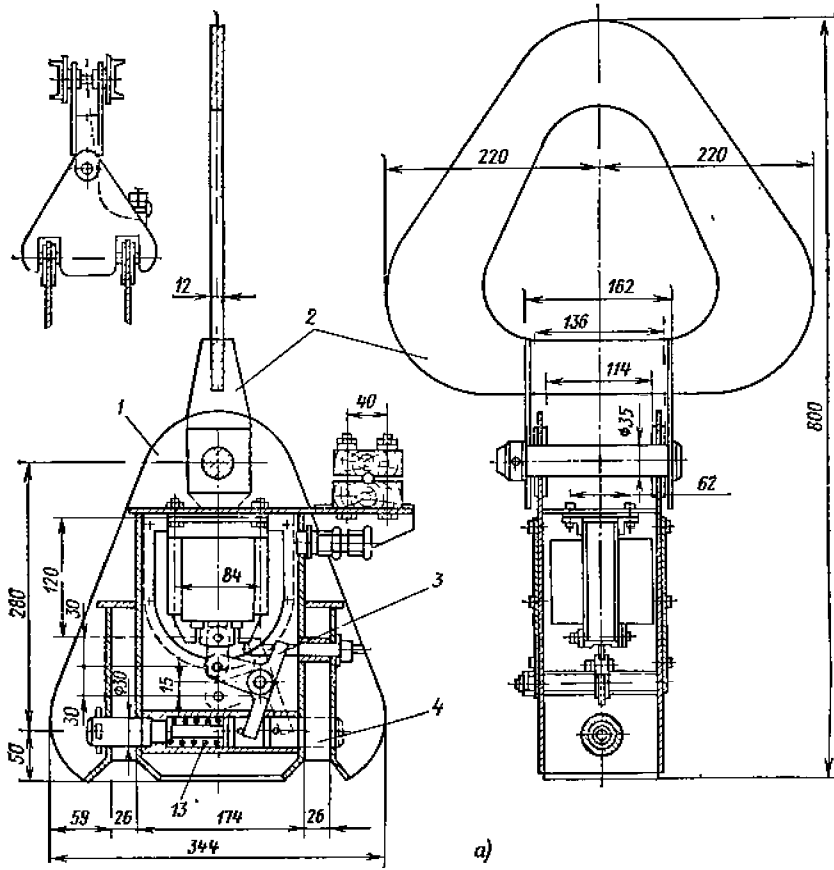
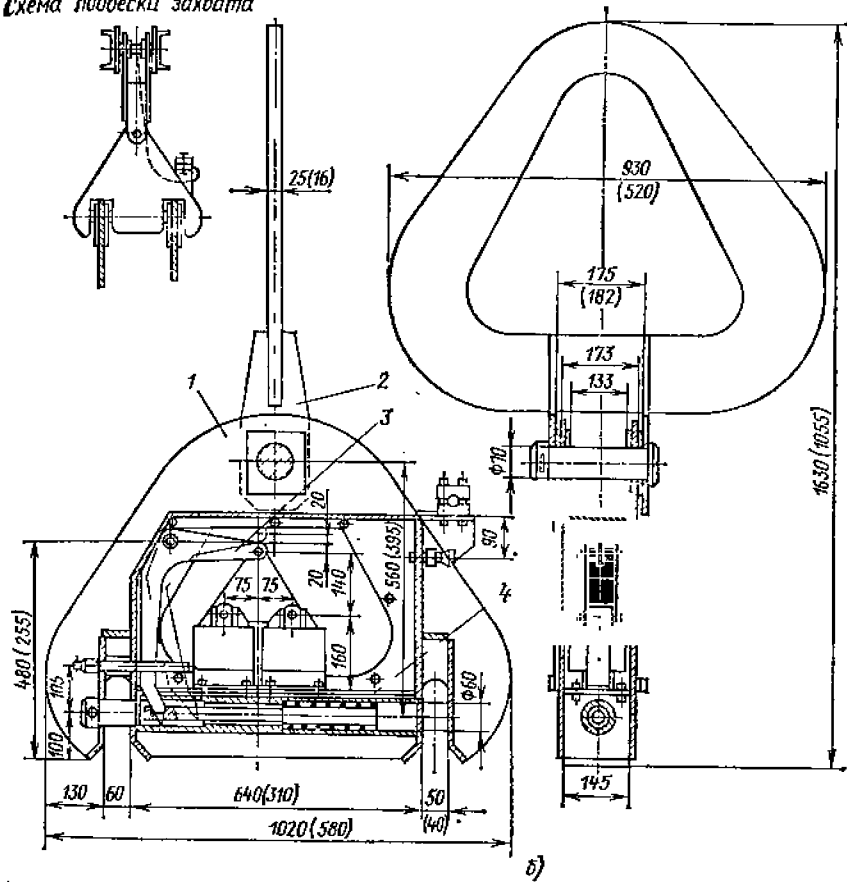


Схема подвески захвата



(рычажно-электромагнитным приводом) грузоподъемностью

Рис. 3.23. Унифицированные штырьво-строповые ГУ с дистанционным управлением
а — 4 т; б — 10 и 16 т

устройства для объемных металлических или железобетонных колонн. Для направления штыря при выходе его из боковин ГУ к последнему приваривают легкую консоль. На ней устанавливают блок (рис. 3.24, а) или крепят канатную петлю (рис. 3.24, б), через которую пропускают управляющий трос.

При грузоподъемности до 5 т ГУ обычно выполняют одностроповыми, при большей грузоподъемности — двухстроповыми, для подъема колонн малой и средней длины с отверстиями для штыря у верхнего конца колонны используется ГУ с верхней связью боковин (рис. 3.24, а, б); для подъема колонны большой длины (при возможности подъема их кранами с короткой стрелой) с отверстием для штыря в средней части — двухстроповое ГУ с боковой связью боковин (рис. 3.24, в).

Штырьевые ГУ для монтажа колонн унифицированы (табл. 3.12). Их оборудуют пружинными замками. Штырь (палец) в рабочем положении удерживается пружиной, расположенной внутри приваренной к замку трубки, а вытягивается привязанным к нему тросом, проходящим внутри трубки и направляемым по оси штыря. К тросу должно быть приложено усилие, необходимое для сжатия пружины.

На рис. 3.25 приведены штырьевые ГУ грузоподъемностью 4...32 т с дистанционной расстроповкой, предназначенные для работы с нормализованными или унифицированными траверсами грузоподъемностью 4, 10, 16, 25, 32 т. Устройство имеет два стропы, два карабина и палец в сборе. Строп состоит из стального каната, зажимов и коушей. Последними ГУ надевается на пальцы траверсы. Один из стропов имеет карабин с устройством для дистанционной расстроповки. Карабин представляет собой сварную конструкцию из двух щек (правой и левой), двух вкладышей, двух полуколец, двух ограничителей, трубы и двух пластин (на одном карабине), при помощи которых к левой щеке крепится специальное устройство (штырьевой замок) для дистанционной расстроповки груза (рис. 3.25, в). Второй карабин состоит из двух щек, втулки и ограничителя. Для крепления каната в карабине на щеки надевают скобу.

Монтируемые колонны шириной 500, 600 и 800 мм должны иметь закладные стальные втулки с внутренним отверстием, соответствующим диаметру пальца.

Для ликвидации недостатков, присущих штырьевым ГУ с ручным дистанционным управлением, были разработаны устройства с применением электро-механического и пневмогидравлического приводов.

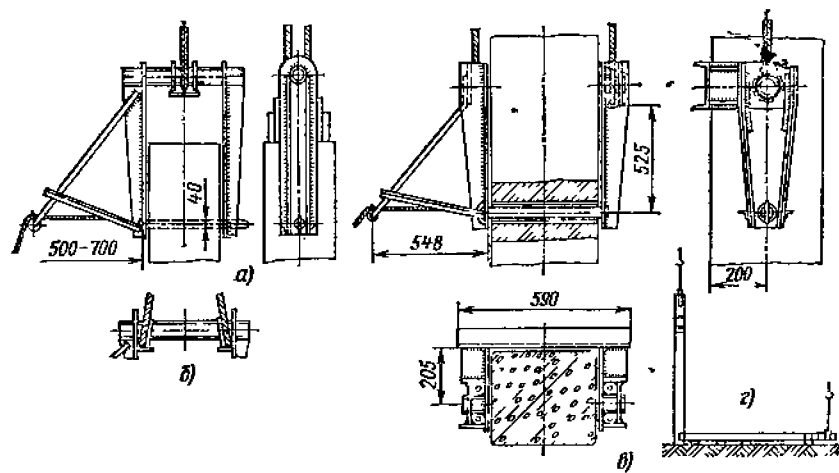


Рис. 3.24. Штырьевые ГУ для объемных колонн:
 а — одностроповое, надеваемое на колонну сверху; б — двухстроповое; в — двухстроповое, надеваемое на колонну сбоку; г — схема подъема колонны в рабочее положение

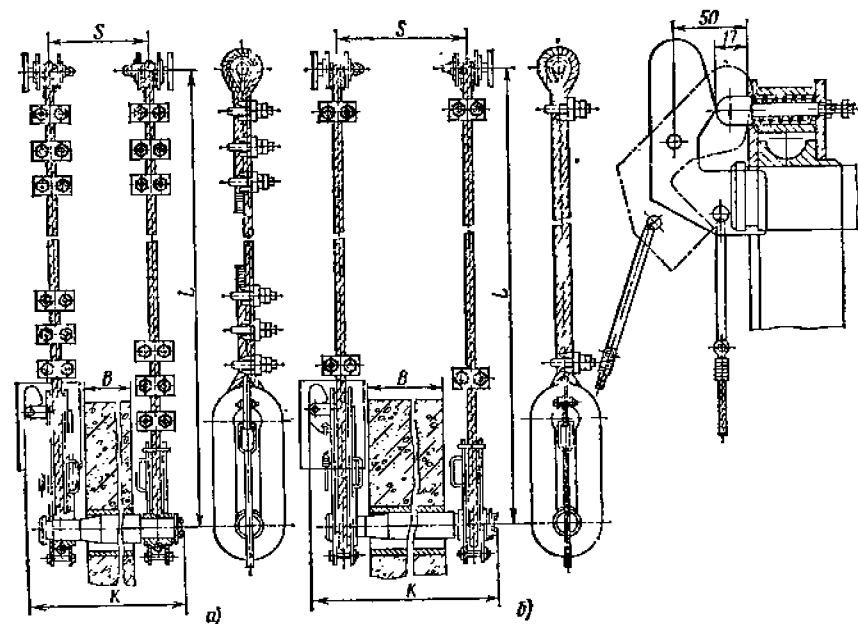


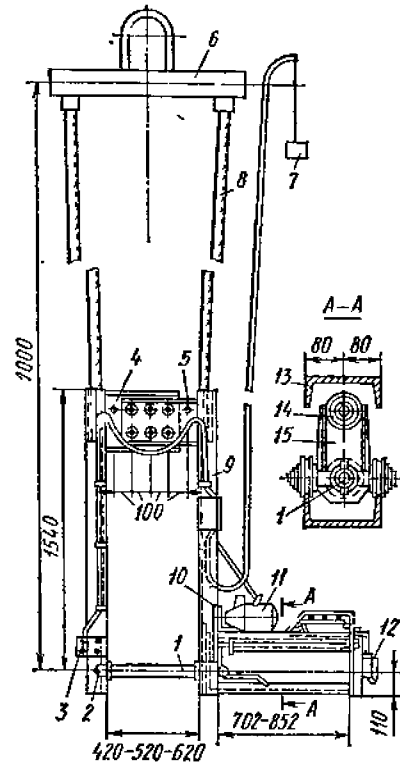
Рис. 3.25. Штырьевые ГУ грузоподъемностью 4 ... 32 т с дистанционной расстроповкой:
 а — с канатными стропами; б — с универсальными стропами; в — замок

Рис. 3.26. Штырьевое ГУ с электромеханическим приводом и дистанционным управлением

Штырьевые ГУ с электромеханическим приводом штыря и дистанционным управлением (рис. 3.26) используют для подъема стальных и железобетонных конструкций. Управлять приводом можно непосредственно с ГУ, что необходимо при надевании захвата на перегружаемое изделие, и дистанционно из кабины крана, что удобно при снятии ГУ с груза. Для оперирования с колоннами массой 2,5...25 т ГУ подвешивают на канатных тросах 8 к траверсе 6.

ГУ выполнено в виде корпуса, состоящего из двух боковин 9, соединенных разрезной перемычкой 5. Перемычка состоит из двух стержней, входящих один в другой и соединенных болтами 4, что позволяет, меняя места крепления, сдвигать или раздвигать боковины в зависимости от габаритов изделия. Отверстия в нижней части боковин закрыты фланцами 12, в которые входит штырь 1. К одной из боковин прикреплена площадка 13, на которой размещен привод штыря, состоящий из связанного со штырем поводка-гайки 15, перемещающейся по винту 14 диаметром 40 мм, вращаемый через зубчатую передачу 10 реверсивным электродвигателем 11. Крайние положения винта ограничиваются конечными выключателями 2. На площадке 13 размещена кнопочная станция 3 управления электродвигателем. Для электропитания и дистанционного управления используется кабель 7.

Сменными деталями для колонн разных размеров являются штыри и фланцы. Масса ГУ без траверсы 470 кг, масса траверсы 380 кг.



3.3. ЛАПЧАТЫЕ ПОДДЕРЖИВАЮЩИЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

3.3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Рабочие органы лапчатых (вилочных) ГУ располагаются непосредственно под грузом или проходят в монтажные петли, отверстия груза или поддона, на котором лежит груз (рис. 3.27).

По способу подведения лап (вил) под груз или его элементы различают ГУ с неповоротными, горизонтально-поворотными и вертикально-поворотными лапами (табл. 3.13). Применяют ГУ, в которых лапы выполняют в виде коромысла поворотными как вокруг вертикальной, так и горизонтальной оси.

Лапчатые поддерживающие ГУ в зависимости от назначения могут иметь различное конструктивное исполнение, они приспособлены для подхвата грузов, лежащих на подкладках, в зазор между которыми лапы заводят настолько, чтобы центр тяжести груза находился на одной вертикали с точкой подвеса и пред-

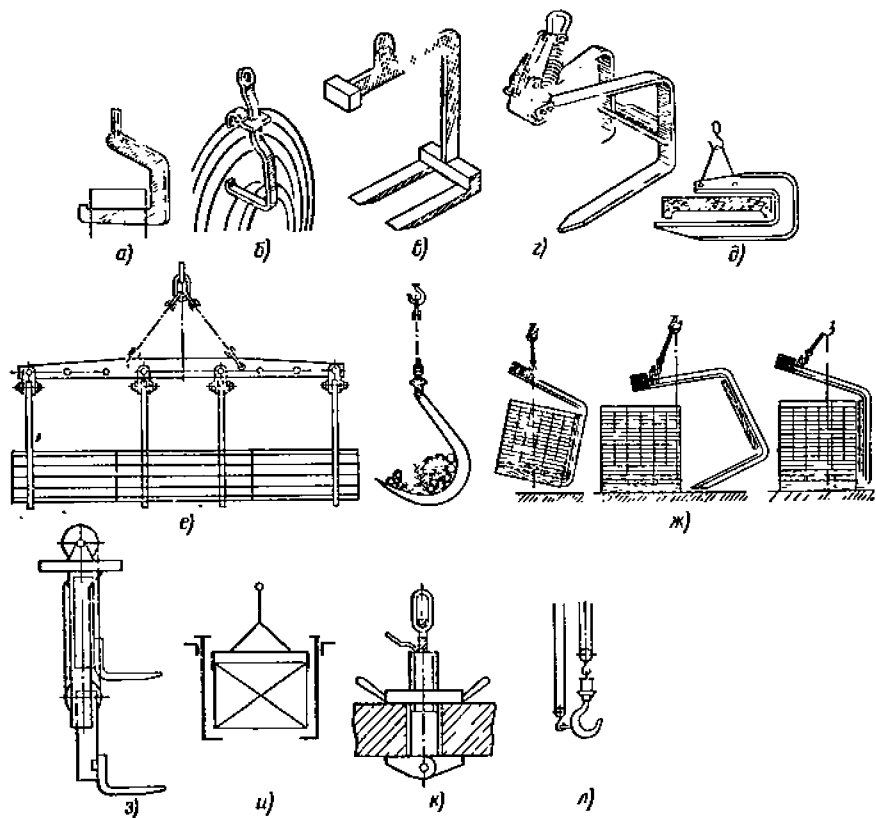


Рис. 3.27. Лапчатые поддерживающие ГУ:

а, б — одиночные; в, г — двойные; д — для бетонных плит; е — счетверенное на траверсе для длинномерных грузов; ж — подъем груза, уложенного на поддон; з — неповоротное ГУ, жестко закрепленное на телескопической колонне крана-штабелера; и — с вертикально-поворотными лапами симметрично расположенными на раме; к — коромысловое для тонкостенных плит; л — устройство, управляемое отдельным подъемным механизмом

отвращалось самопроизвольное спадание грузов с лап. Кроме того, их можно использовать для подхвата грузов, имеющих полости. В первом случае ГУ выполняют двойными (рис. 3.27, в и г) или с большим числом лап при работе с длинномерными грузами, при этом лапы укрепляют на траверсе (рис. 3.27, з).

Целесообразно точку подвеса лап размещать так, чтобы ненагруженная лапа имела наклон вперед к свободному концу для удобства заведения ее в паз груза или между подкладками и выведении из них, а нагруженная имела наклон назад в сторону спинки для обеспечения устойчивости положения груза на лапе (рис. 3.27, ж).

Для обеспечения горизонтального положения лап при заводке порожнего и подъеме нагруженного ГУ необходимо перемещать точку подвеса так, чтобы она оставалась всегда под центром тяжести ГУ. Для уравновешивания ГУ применяют различные приспособления.

Дистанционное управление подхватами и поддерживающими рабочими органами осуществляется как электромеханическими устройствами, так и при помощи гидравлических или, реже, пневматических силовых цилиндров.

3.13. Классификация лапчатых поддерживающих ГУ

| Показатель | Лапы | | | |
|---|-----------------------------------|---|--------------------------------|--|
| | неповоротные | горизонтально-поворотные | вертикально-поворотные | в виде коромысла |
| Расположение лап относительно оси подвеса | Несимметричное | | Симметричное | |
| По числу лап | Одиночные, двойные, многолапчатые | | Многолапчатые | Одиночные |
| Стабилизация устойчивости груза | Без уравновешивания | Уравновешивание противовесом или пружиной | Без уравновешивания | |
| Управление поворотом лап | — | Ручное; дистанционное | Дистанционное и автоматическое | Ручное полуавтоматическое и автоматическое |

Оперирование крановым лапчатым ГУ упрощается при наличии на кране двух механизмов подъема (рис. 3.27, л). В этом случае лапы прикрепляют шарнирно к траверсе, подвешиваемой на крюк основного механизма подъема, а их стенки соединяют второй легкой траверсой, которая управляется вторым, с меньшей грузоподъемностью, механизмом подъема.

3.3.2. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА С ГОРИЗОНТАЛЬНО-ПОВОРОТНЫМИ ЛАПАМИ (ВИЛАМИ)

Крановые ГУ с поворотными лапами (вилами) в вертикальной плоскости предназначены в основном для перегрузки укрупненных пакетов тарно-штучных грузов на поддонах или пакетов длинномерных грузов, а также отдельных единиц груза. Широко распространены вилочные консольные ГУ С-образной формы (см. рис. 3.27).

Помимо необходимости самоуравновешивания важно обеспечить точность наводки ГУ под транспортируемый груз. На рис. 3.28 приведены основные типы вилочных поворотных ГУ для штучных грузов, размещенных на поддонах (табл. 3.14).

На рис. 3.29 изображена схема кранового ГУ с управляемым наклоном вил для перегрузки пакетов штучных грузов на плоских поддонах. Оно состоит из траверсы 7, соединенной с вилами 11 тягами 2 и 9 так, что вилы, тяги и траверса образуют шарнирные параллелограммы. На концах тяг установлены

3.14. Параметры крановых ГУ с горизонтально поворотными лапами для перегрузки грузов на поддонах [12]

| Грузоподъемность ГУ, т | Грузоподъемность крана, т | Высота ГУ, м | Масса ГУ, кг | Размер поддона для груза, мм |
|------------------------|---------------------------|--------------|--------------|------------------------------|
| 0,9 (рис. 3.28, а) | 1 | 2,45 | 95 | Кирпич на поддонах |
| 3,2 (рис. 3.28, б) | 5 | 4,10 | 561 | 0,8×1,2 |
| 3,2 (рис. 3.28, в) | 5 | 5,10 | 360 | 1,2×1,6 |
| 5 (рис. 3.28, г) | 6,3 | 3,93 | 480 | 1,2×1,6 |
| 6,3 (рис. 3.28, д) | 7,5 | 7,79 | 850 | 1,2×1,6 |
| 6,3 (рис. 3.28, е) | 10 | 5,26 | 1100 | 1,2×1,6 |

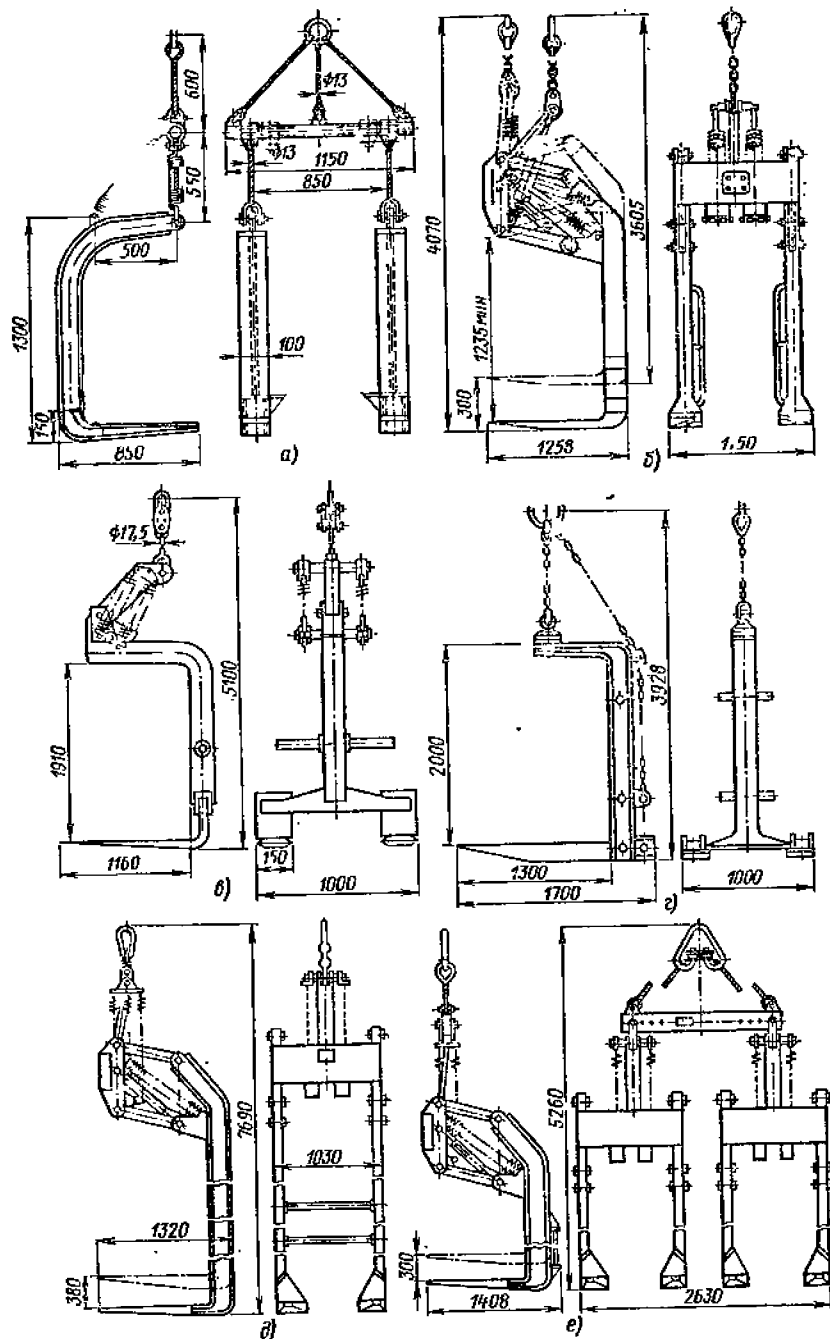


Рис. 3.28. ГУ с горизонтально-поворотными лапами для перегрузки штучных грузов на поддонах грузоподъемностью:
 а — 0,9 т (для кирпича); б, в — 3,2 т; г — 5 т; д — 6,3 т; е — 3,15 × 2 = 6,3 т (спаренный)

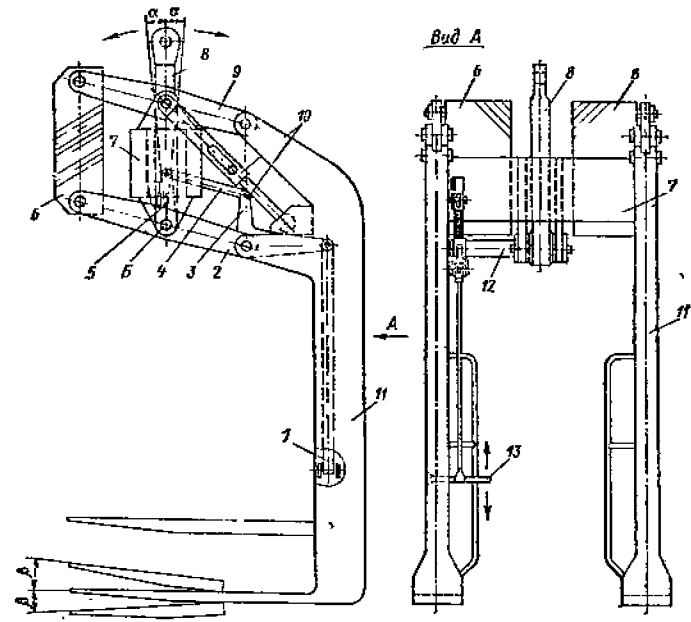


Рис. 3.29. Крановое вилочное ГУ с управляемым наклоном вил для перегрузки пакетов штучных грузов на плоских поддонах

противовесы 6, уравнивающие силу тяжести вил, причем каждая вила уравновешена самостоятельным противовесом. При взвешенном состоянии порожнего ГУ подхваты вил расположены горизонтально. Ограничение хода вил вниз осуществляется ломающей тягой 10. К траверсе шарнирно прикреплены серьги 8, верхние концы которых соединены с крюком крана. Серьга соединена с траверсой в точке Б. На опорах траверсы установлен вал 12, один конец которого жестко соединен с серьгой, а другой шарнирно с рычагом 5. Последний тягой 4 связан с угловым рычагом 3, установленным на виле. Второй конец углового рычага соединен стержнем 1 с рукояткой 13 управления, установленной на лапе.

ГУ работает следующим образом. Когда оно без груза висит на крюке крана, вилы 11 противовесами 6 удерживаются в верхнем положении. Если к рукоятки 13 управления усилие не приложено, серьга 8 расположена вертикально, а подхваты вил — горизонтально. Краном опускают ГУ так, чтобы вилы установились несколько выше пазов поддона, одновременно поворотом рукоятки управления рабочий отклоняет серьгу от вертикального положения в нужную сторону на угол α . При этом вилы отклоняются от горизонтали на угол β . Отклоняя вилы на угол, равный углу наклона поддона относительно своей продольной оси, рабочий вводит вилы в пазы поддона, после чего освобождает рукоятку управления. При подъеме (груженого захвата) серьга вновь устанавливается вертикально, а подхваты — горизонтально.

Техническая характеристика ГУ

| | |
|--|------|
| Грузоподъемность, т | 3,2 |
| Расстояние от центра тяжести груза до передних стенок, мм | 645 |
| Вертикальное перемещение, мм | 300 |
| Угол наклона вил от горизонтального положения вверх и вниз, град | 12 |
| Наибольшее усилие для поворота вил, Н | 60 |
| Расстояние между наружными кромками вил, мм | 1150 |
| Зев, мм: | |
| с грузом | 1375 |
| без груза при поднятых вилах | 1045 |
| Масса, кг | 900 |

Конструкция кранового вилочного ГУ (рис. 3.30) позволяет обеспечить уплотненную укладку пакетов в складах. Устройство состоит из двух вилок 1, жестко закрепленных на соединенных между собой двух балках 2. К балке 3 шарнирно прикреплены канат 4 и тяга 9. Канат 4 соединен с серьгой 7 с канатом 8, при помощи которого ГУ навешивается на крюк крана. На серьге 8 шарнирно закреплен балансир 5 с противовесом 6. Для удобства наведения ГУ на груз между балками 2 имеется рукоятка.

В загруженном состоянии ГУ висит на канатах 4 и 7, а противовес 5 находится в крайнем верхнем положении. В порожнем состоянии он висит на тягах 9; канат 4 ослаблен. Порожнее ГУ уравновешено противовесом 6 и может быть перемещено по вертикали усилием рук рабочего на 400 мм.

ГУ, представленное на рис. 3.31, состоит из рамы 1, которая образована двумя парами полос, связанных трубами, а также листом, образующим упорную стенку для груза. Между полосами каждой пары уложены прокладки. Снизу к раме приварены вилы. Рама 1 связана тягами 6 и 2 с рамой 5, сваренной аналогично первой из полос, разделенных прокладками и попарно связанных трубой и полосой. В совокупности обе рамы с тягами 6 и 2 образуют шарнирный четырехзвенник. Тяга 5 продлена за шарнир 4 и на конце своим несет контргруз 3.

Масса контргруза и размеры шарнирного четырехзвенника подобраны так, что в порожнем и грузежном состояниях рама 1 остается в вертикальном положении. В обоих случаях общий центр тяжести вилок с грузом оказывается на линии, проходящей через крюк. Манипулирование ГУ в вертикальной плоскости путем простого его смещения вверх и вниз позволяет завести его под груз, находящийся в штабеле или в ячейке стеллажа.

Для предотвращения смещения и расстропованния слоев перегружаемого пакета разработаны лапчатые ГУ с прижимным устройством.

ГУ, изображенные на рис. 3.32, а, используют для транспортирования и складирования горячих болванок, в частности для перевозки блюмов. Оно

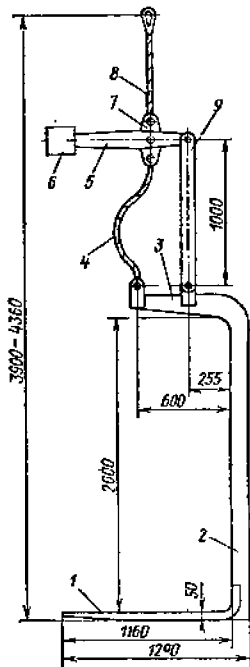


Рис. 3.30. Крановое вилочное ГУ со свободным подвешиванием

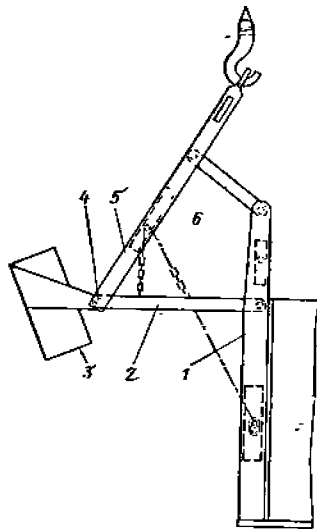


Рис. 3.31. Крановое вилочное ГУ фирмы «Делфи Холдинг Ко, Инк»

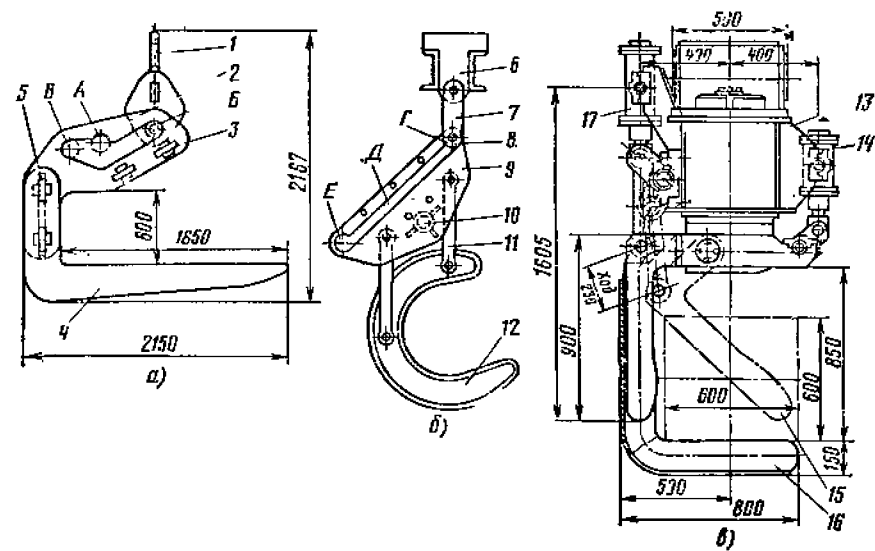


Рис. 3.32. ГУ для металла:

а — для горячего проката; б — автоматическая траверса для увязанных пактов проката; в — для сортового проката (с гидравлическим приводом)

состоит из подвески 1, двух щек 2, передней 3 и задней 5 пластин и двух лап 4. ГУ работает следующим образом. Краном его подвозят к холодильнику (оборудование прокатных цехов, на котором охлаждается металл после прокатки) с блюмами, при этом ось подвески находится в положении А, обеспечивающем равновесие ГУ без груза (внутренняя поверхность лап параллельна полу). Введя лапы в проемы между стойками холодильника, поднимают ими пачку блюмов. Одновременно с этим при опускании ГУ ось подвески краном переводят в положение Б, обеспечивающее равновесие ГУ с грузом. Затем краном поднимают груз и подвозят его к штабелю. ГУ опускают на верхний ряд блюмов, и ось подвески с помощью крана заводят в положение В, обеспечивающее наклон ГУ за счет смещения его центра тяжести от положения равновесия. Блюмы начинают скатываться по наклонной плоскости на штабель, а кран постепенно отъезжает назад по мере разгрузки блюмов. Закончив разгрузку, краном подвозят ГУ к холодильнику и опускают его рядом на пол для перемещения оси подвески в положение А, а затем в положение Б. Далее процесс повторяется. При помощи ГУ можно перевозить одновременно четыре — шесть блюмов длиной 3...5,5 м, сечением 320 × 320 и 350 × 360 мм и массой до 13 т.

Траверса с ГУ для транспортирования и погрузки пакетов проката массой до 8 т, длиной 5...7 м показана на рис. 3.32, б. К траверсе 6, скобой 7 шарнирно прикреплены две серьги 9, соединенные между собой поперечной 10. Каждая серьга имеет прорезь Д с концевыми отверстиями Г и Е, в которой перемещается палец 8 скобы 7. К серьгам 9 с помощью тяг 11 шарнирно подвешены С-образные лапы 12.

Траверсу навешивают на крюк крана. Для захвата связки металла устройство опускают до упора лап. В это время палец 8 скобы 7 размещен в гнезде Е, которое по отношению к гнезду Г находится в верхнем положении, а лапы 12 в связи с этим опрокинуты. При дальнейшем опускании траверсы палец 8, опускаясь по прорези Д, переходит из отверстия Г в отверстие Е. Затем траверса поднимается, серьги 9 разворачиваются. Лапы 12 в это время заходят под связку металла и подхватывают его. Груз поднимается и транспортируется. Разгрузка осуществляется в обратном порядке.

ГУ для сортового проката, показанное на рис. 3.32, *в*, можно использовать для транспортирования пакетов сортового проката прямоугольной и круглой формы. Оно состоит из траверсы 13 грузовых лап 16, фиксирующих скоб (на рисунке не показаны), сталкивающих рычагов 15, гидротолкателя 14 для привода фиксирующих скоб и гидротолкателя 17 для привода сталкивающих рычагов. Для захвата груза под пакет подводят грузовые скобы и, чтобы предотвратить скатывание груза, фиксирующие скобы поворачивают на угол 5°. В таком положении ГУ остается на весь период транспортирования груза.

При погрузке пакета фиксирующие скобы опускаются и сталкивающие рычаги сталкивают пакет с грузовых скоб. При помощи ГУ можно транспортировать пакеты массой до 10 т, длиной более 4 м.

3.2.3. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА С ВЕРТИКАЛЬНО-ПОВОРОТНЫМИ ЛАПАМИ

ГУ с вертикально-поворотными лапами используют обычно для оперирования с пакированными грузами, уложенными на подставки. Широко применяют для перемещения пакетов металла, лесоматериалов и других грузов ГУ с автоматическим поворотом лап коническими передачами при подъеме.

Автоматическое ГУ портального типа ЗП-2 для пакированных пиломатериалов (рис. 3.33, *а*) в качестве рабочего органа имеет четыре вертикально-поворотных вилочных подхвата 5. Оно содержит раму 12, траверсу 10, к которой прикреплен ползун, механизм фиксации со стойкой 13 и четыре тяги 8, шарнирно соединенные с четырьмя рычагами 6 горизонтальных валов 1. На последних закреплены конические зубчатые шестерни 2, входящие в зацепление с шестернями 3, расположенными на верхних концах вертикальных штанг 4. К ползуну 11 прикреплен упор 9, а к стойке 13 — звездочка 7, которые, взаимодействуя между собой, периодически сцепляют траверсу 10 с рамой 12.

Когда траверса сцеплена с рамой, вилочные подхваты располагают параллельно продольной оси пакета пиломатериалов (досок) так, чтобы они не мешали опусканию ГУ на пакет. После упора рамы в верхние доски пакета траверса с ползуном опускается до тех пор, пока упор ползуна не повернет звездочку. При подъеме ГУ звездочка занимает положение, при котором ползун и стойка расцепляются. Траверса поднимается, увлекая за собой тяги и связанные с ними рычаги. Последние через коническую передачу поворачивают вертикальные валы на 90°, и подхваты оказываются под пакетом пиломатериалов.

При опускании пакета на подкладки траверса с ползуном приближается к раме до тех пор, пока упор ползуна не коснется звездочки. Затем тяги, опускаясь, поворачивают рычаги и связанные с ними через зубчатую передачу вертикальные валы с подхватами в исходное положение. Теперь при подъеме звездочка поворачивается так, что ползун сцепляется со стойкой, и ГУ освобождается от груза.

Применяется аналогичное устройство (ЗВ-3), снабженное механизмом для прижима груза.

Техническая характеристика ГУ с вертикально-поворотными лапами

| Тип | ЗП-2 | ЗВ-3 |
|------------------------------------|------|------|
| Грузоподъемность, т | | 6,3 |
| Размеры пакетов мм: | | |
| длина | 2000 | 6500 |
| ширина | 1350 | |
| высота | 1300 | |
| Габаритные размеры устройства, мм: | | |
| длина | 3200 | 2520 |
| ширина | 1730 | 2170 |
| высота | 2165 | 2220 |
| Масса, кг | 810 | 985 |
| Наличие прижима | Нет | Есть |

Другое исполнение имеет ГУ (рис. 3.33, *б*) в виде подвешиваемой на кране квадратной или прямоугольной траверсы, в углах которой размещены поворот-

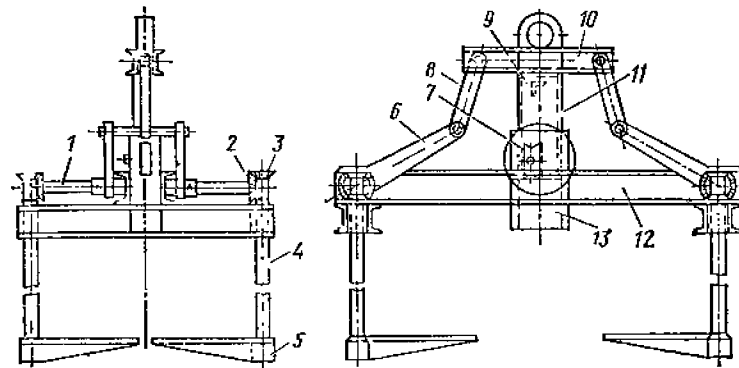
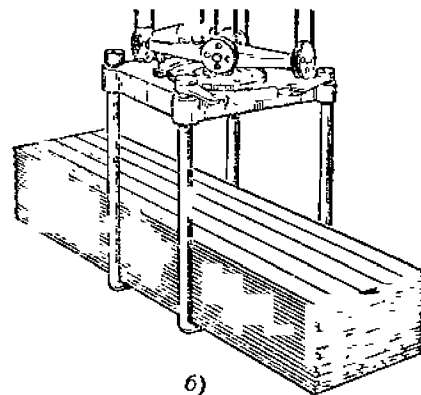


Рис. 3.33. ГУ с вертикально-поворотными лапами:

а — автоматическое; *б* — приводное



обычно размещают на траверсе с приводом насоса от электродвигателя, чтобы траверса была связана с кабиной только электропроводами. При крайних положениях лап (закрытом, открытом) в кабине крановщика должен загораться световой сигнал. Ненагруженные лапы должны вращаться свободно, что предохраняет небольшую мощность приводного двигателя.

Одной из разновидностей ГУ с вертикально-поворотными лапами, обеспечивающими захват и транспортирование пакетов штучных грузов различной высоты является устройство для пакетов плит (рис. 3.34) с ручным приводом поворота лап. Оно состоит из прямоугольной рамы 6 со скобой 5 для навешивания на подъемный механизм и полых стоек 3 с поворотными захватными органами. Последние выполнены в виде смонтированных в стойках 3 с возможностью поворота относительно вертикальных осей телескопических штанг 2, снабженных в нижних частях подхватными лапами 1. Верхние части штанг связаны между собой общим цепным приводом. На стойках закреплены под углом 90° друг относительно друга ограничители 9 и 10 поворота валов.

Привод состоит из установленных на каждой штанге звездочек 4, охваченных перекрестно цепью 7. Последняя перемещается рукояткой 8, закрепленной на одной из штанг [А. с. 668868 (СССР)].

На рис. 3.35 приведено ГУ с вертикально-поворотными лапами для перегрузки тяжелых труб большого диаметра. Оно выполнено в виде навешиваемой на крюк крана траверсы 9, оборудованной горизонтальными опорами 8, которыми ГУ опирается на трубу. На торцах траверсы размещаются подвижные

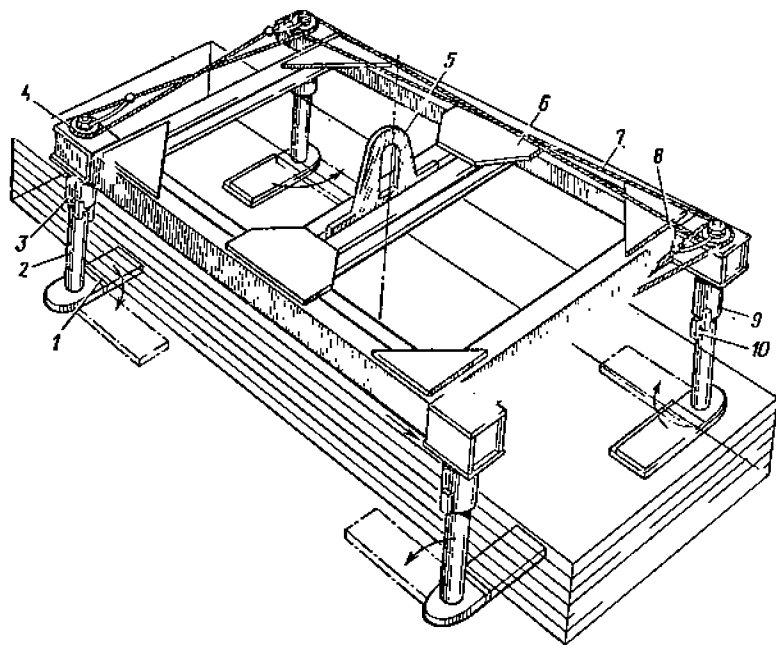


Рис. 3.34. ГУ для транспортирования плит различной высоты

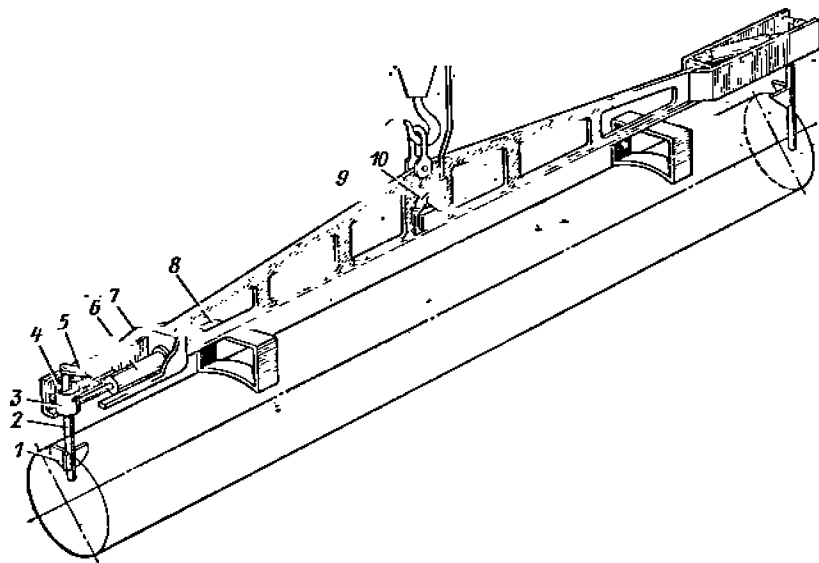


Рис. 3.35. ГУ с вертикально-поворотными лапами для транспортирования труб большого диаметра

в направляющих 3 ползуны 4, в которых вращаются вертикальные поворотные стойки 2 с лапами 1.

Ползун 4 перемещается штоком гидротолкателя 6, а стойка 2 вращается при помощи кривошипа 5 гидротолкателем 7.

Перемещение ползуна 3 обеспечивает возможность оперирования с трубами, различными по длине. Насосная установка 10, включая золотники с электромагнитным приводом, размещается в центре траверсы и связана с кабиной крана только электропроводами.

3.3.4. КОРОМЫСЛОВЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Коромысловые ГУ применяют для транспортирования грузов, имеющих сквозные отверстия, под которые можно разместить поворотный вокруг вертикальной или горизонтальной оси несущий элемент — коромысло, воспринимающий вес груза.

Простейшее коромысловое ГУ состоит из коромысла, подвешенного на канате или цепи к крюку грузоподъемного механизма (рис. 3.36). Его грузоподъемность может составлять от нескольких килограммов до 60 т.

При выборе коромысел необходимо учитывать, чтобы размер A (рис. 3.36, а) был больше размера D на 10...20 мм. Если отверстие, в которое вставляется коромысло, будет больше плеча A , то коромысло выскочит из отверстия и груз сорвется со стропа. Наименьший диаметр отверстия детали, необходимый для заводки, разворачивания и вытаскивания коромысла рукой, должен быть не менее 120...130 мм. Если отверстие в детали мало или коромысло тяжелое и при заводке может защемить руку, то применяют тросик для разворота коромысла снаружи (рис. 3.36, б). Параметры по данным УЗТМ (Уральского завода тяжелого машиностроения им. Серго Орджоникидзе) приведены в табл. 3.15.

Коромысловые ГУ применяют для транспортирования и монтажа тонкостенных плит перекрытий и покрытий (рис. 3.37).

Петлевое ГУ (рис. 3.37, а) предназначено для подачи плит перекрытий с панелевоза на этажи возводимого здания. Оно состоит из петли 1 и планки 2. Планка надевается на петлю до ее сварки и свободно вращается на ней. При

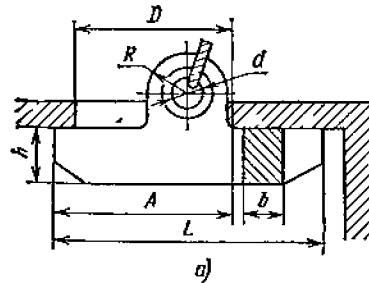
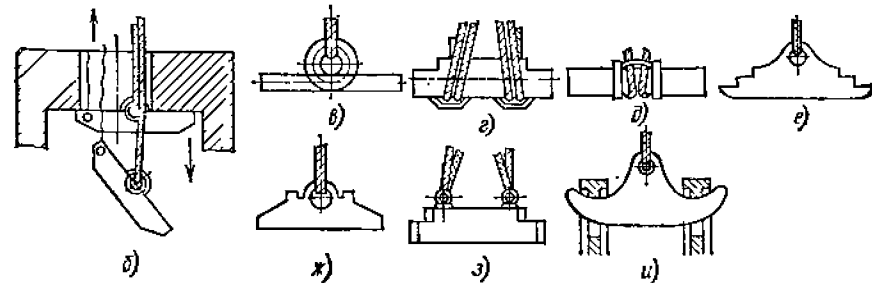


Рис. 3.36. Коромысло:

а, б — обкованные для стропки деталей среднего и легкого веса; в — гнутые для легких грузов; г — круглые с лысками для особо тяжелых грузов; д — для средних по весу грузов; е, з — для стропки при сборке цилиндров и других деталей, когда необходимо их центрировать; ж — для стропки конусных деталей; и — для подвешивания деталей с одинаковой массой



3.15. Параметры коромысел (см. рис. 3.36; а) по данным УЗТМ

| Грузоподъемность, т | Размер отверстия детали, мм | | Размеры, мм | | | | | Масса, кг |
|---------------------|-----------------------------|------------|-------------|------|-----|----|----|-----------|
| | наименьший | наибольший | L | d | h | R | b | |
| 0,4 | 40 | 58 | 100 | 8,5 | 20 | 14 | 16 | 0,26 |
| 0,6 | 45 | 70 | 125 | 10,1 | 25 | 15 | 16 | 0,40 |
| 0,9 | 50 | 90 | 150 | 12,7 | 30 | 18 | 16 | 0,56 |
| 1,2 | 60 | 100 | 175 | 15,2 | 35 | 21 | 20 | 0,96 |
| 1,5 | 68 | 115 | 200 | 18 | 40 | 22 | 24 | 1,47 |
| 2 | 78 | 130 | 225 | 20,5 | 45 | 26 | 24 | 1,91 |
| 2,5 | 85 | 140 | 250 | 21,5 | 50 | 28 | 24 | 2,42 |
| 3 | 90 | 160 | 275 | 22,3 | 55 | 30 | 24 | 3,12 |
| 4 | 105 | 170 | 300 | 27 | 60 | 35 | 30 | 4,32 |
| 5 | 110 | 180 | 325 | 29,2 | 65 | 38 | 30 | 5,10 |
| 7,5 | 130 | 205 | 350 | 35 | 80 | 45 | 36 | 8,35 |
| 10 | 150 | 230 | 400 | 41 | 90 | 52 | 40 | 12,30 |
| 13 | 170 | 290 | 500 | 47 | 100 | 60 | 50 | 20,46 |

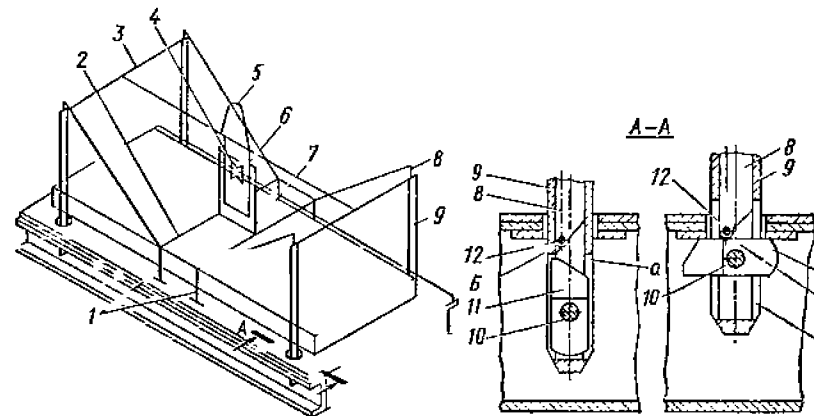


Рис. 3.36. Автоматическое коромысловое ГУ для изделий с вертикальными отверстиями

установке ГУ в монтажное отверстие планка располагается длинной стороной вдоль петли. В рабочее положение (поперек петли) планку (коромысло) устанавливают вручную одновременно с натяжением стропов подвески.

Техническая характеристика коромыслового ГУ

| | | |
|------------------------------|-----|-----|
| Грузоподъемность, т | 1,6 | 2 |
| Толщина плиты перекрытия, мм | 100 | 140 |
| Габаритные размеры, мм: | | |
| длина | 140 | 140 |
| ширина | 90 | 90 |
| высота | 222 | 245 |
| Масса, кг | 2,4 | 3 |

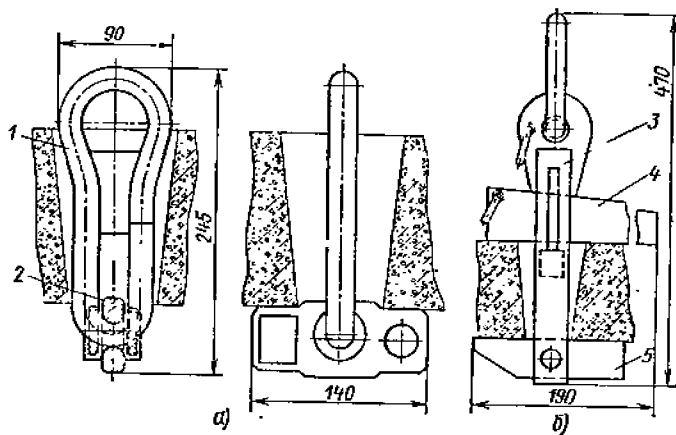
На рис. 3.37, б показано ГУ для монтажа панелей перекрытия. Оно состоит из корпуса 3, клина 4 и лапы 5. После установки ГУ в отверстие панели лапа автоматически поворачивается вокруг своей оси. Сверху ГУ закрепляют в панели клина. Грузоподъемность ГУ 1 т, масса 3,5 кг, длина 190 мм, ширина 110 мм и высота 470 мм.

Унифицированное ГУ (табл. 3.16) для тонкостенных плит перекрытий или покрытий (рис. 3.37, в) имеет цилиндрический корпус 7, внутри которого расположен шток 8. На оси 6 последнего свободно насажена чека 10; на штоке закреплена пружина 9.

На рис. 3.38 изображено автоматическое коромысловое ГУ для изделий с вертикальными отверстиями. Оно содержит раму 2, соединенную с подвижной траверсой 3 при помощи механизма фиксации. Последний выполнен в виде направляющей стойки 7, смонтированной на раме, и закрепленного на траверсе полузуба 6. Направляющая стойка и ползун связаны между собой стопорным устройством 4 механизма фиксации. Каждый захватный орган представляет собой закрепленный на раме штоковый толкатель 8, размещенный в жестко соединенной с траверсой направляющей гильзе 9 с прорезью а, в которой на оси 10 смонтирован опорный поворотный рычаг 11. На свободном конце толкателя закреплен ролик 12. Ось 10 смещена относительно взаимодействующей с рычагом 11 поверхности В толкателя 8 на величину б.

3.16. Параметры унифицированных ГУ (см. рис. 3.37, в)

| Грузоподъемность, т | Размеры, мм | | | Масса, кг |
|---------------------|-------------|-----|----|-----------|
| | B | L | d | |
| 0,63 | 140 | 115 | 12 | 6,2 |
| 1 | 140 | 135 | 14 | 6,7 |
| 1,6 | 150 | 155 | 18 | 7,2 |



а)

б)

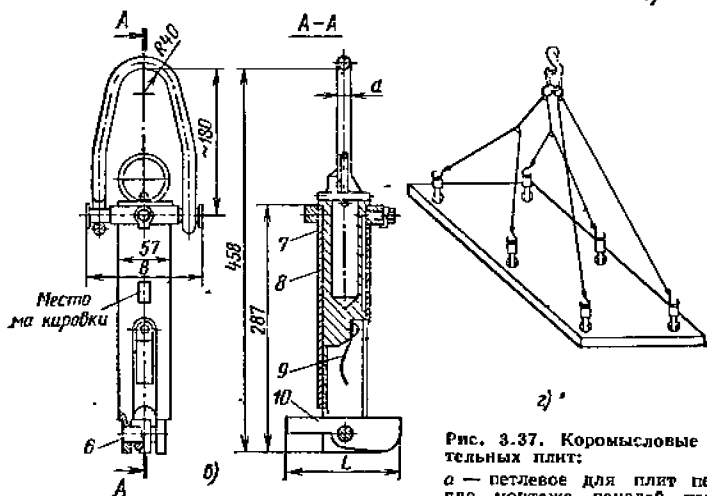


Рис. 3.37. Коромысловые ГУ для строительных плит:

а — петлевое для плит перекрытий; б — для монтажа панелей перекрытий; в — унифицированное для тонкостенных плит перекрытий; г — схема подъема изделий

г)

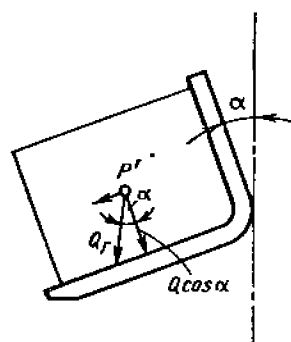


Рис. 3.39. Силы, действующие на лапчатые (вилочные) ГУ

Один из концов опорного поворотного рычага выполнен со скосом, благодаря чему другой конец служит противовесом, обеспечивая рычагу в свободном состоянии вертикальное положение.

В нижней части рамы 2 закреплены ограничительные упоры 1, а на траверсе 3 имеется грузовая серьга 5, при помощи которой захват подвешивается к крюку крана [А. с. 626017 (СССР)].

3.3.5. РАСЧЕТ ЛАПЧАТЫХ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

При транспортировании груза на лапчатом ГУ может возникнуть опасность его соскальзывания (рис. 3.39) под действием силы P' , которая достигает наибольшего значения при внезапном торможении движущегося лапчатого ГУ с грузом. Ограничивающим фактором, предотвращающим соскальзывание груза, является наклон лап назад. При наклоне их вперед сила, вызывающая скольжение груза вдоль лап

$$P' = -\mu Q_r \cos \alpha + Q_r \sin \alpha = Q_r (-\mu \cos \alpha + \sin \alpha),$$

где μ — коэффициент трения скольжения между вилами и грузом (при скольжении стали по стали $\mu \approx 0,2$, дерева по стали $\mu \approx 0,3$, бетона по стали $\mu \approx 0,4$); Q_r — вес груза; α — угол наклона лап вперед.

Сила, вызывающая соскальзывание груза при торможении,

$$P'' \approx \frac{Q_r}{g} j \left(\frac{1}{\cos \alpha} - \mu \sin \alpha \right) = Q_r \left(\frac{j}{g} \sin \alpha - \mu \cos \alpha \right).$$

Суммарная сила

$$P = P' + P'' = Q_r \left[\sin \alpha - \mu \cos \alpha + \frac{j}{g} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - \mu \sin \alpha \right) \right],$$

где j — ускорение (замедление) при торможении; g — ускорение свободного падения.

Чтобы не произошло соскальзывания груза при внезапном торможении, должно соблюдаться условие $P < 0$.

При $P = 0$ можно определить угол α наклона лап назад, при котором сила, вызывающая скольжение груза, равна нулю.

В несимметричных лапчатых ГУ центр тяжести самого ГУ обычно не расположен на одной вертикали с центром тяжести груза, из-за чего одновременная горизонтальность лап висящего ГУ с грузом и без груза не обеспечивается.

Отклонение лап без груза от горизонтали затрудняет их ввод в пазы груза, например поддона. Значительное отклонение лап с грузом от вертикали, особенно наклон лап вниз, вызывает опасность падения груза. Для надежного его удержания угол наклона лап вверх должен быть небольшим (1...3°).

ГУ уравнивают для обеспечения горизонтального положения лап без груза и заданного наклона концов их вверх — при подъеме с грузом (рис. 3.40) (РТУМ 31.4001—75).

Наиболее простой способ уравнивания вилочного ГУ — применение противовеса, расположенного в левой части и обеспечивающего смещение общего центра тяжести ГУ (рис. 3.40, в). Габарит противовеса по оси x не должен выходить за габариты груза.

Вес противовеса

$$G_{\Pi} = (b - \sqrt{b^2 - 4ac}) / (2a),$$

где $b = Q_r(x_{\Pi} - x_{Q_r}) - (2G_3 + Q_r) a$ (здесь x_{Π} , x_{Q_r} — абсциссы центров тяжести противовеса и груза соответственно; G_3 — вес ГУ); $a = h_{Q_r+G} \operatorname{tg} \alpha_Q$ (здесь h_{Q_r+G} — расстояние по вертикали между центром тяжести ГУ и точкой O его подвеса; α_Q — угол

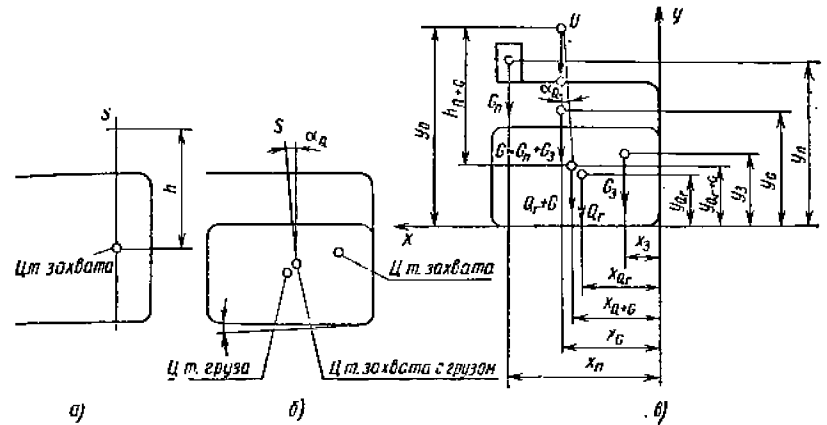


Рис. 3.40. Расчетная схема уравнивания ГУ с противовесом: а — без груза; б — с грузом; в — с грузом и противовесом

наклона вил с грузом к горизонтали); $c = G_3 Q_r (x_{Q_r} - x_2) + G_3 (G_3 + Q_r) a$ (здесь x_2 — абсцисса центра тяжести ГУ).

Вес противовеса можно определить по приближенной формуле

$$G_{\Pi} = \frac{x_{Q_r} - x_2 + h_{Q_r+G} \operatorname{tg} \alpha_Q}{x_{\Pi} - x_{Q_r} - h_{Q_r+G} \operatorname{tg} \alpha_Q} G_3.$$

Абсцисса точки O подвеса ГУ принимается равной абсциссе центра тяжести ГУ с противовесом

$$x_G = (G_3 x_2 + G_{\Pi} x_{\Pi}) / G,$$

где $G = G_3 + G_{\Pi}$ — вес ГУ с противовесом.

Ордината точки O

$$y_O = y_{Q_r+G} + h_{Q_r+G},$$

где y_{Q_r+G} — ордината центра тяжести ГУ с грузом; $y_{G+Q_r} = (Q_r y_{Q_r} + G_3 y_3 + G_{\Pi} y_{\Pi}) / (Q_r + G)$ (здесь y_{Q_r} , y_3 , y_{Π} — ординаты центров тяжести груза, ГУ (без противовеса) и противовеса).

При приближенном определении веса противовеса заданный угол α_Q проверяют по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_Q = (x_G - x_{Q_r+G}) / h_{Q_r+G}$$

где x_{Q_r+G} — абсцисса центра тяжести ГУ с грузом; $x_{Q_r+G} = (Q_r x_{Q_r} + G x_G) / (Q_r + G)$.

При отличии угла α_Q от заданного необходимо скорректировать вес противовеса.

Лапчатое ГУ с подпружиненным рычагом подвески для уравнивания по сравнению с ГУ с противовесом имеет малую собственную массу и компактную конструкцию. Недостатком является относительная сложность конструкции.

Расчетная схема ГУ с подпружиненным рычагом подвески приведена на рис. 3.41, а. Рычаг AOB шарнирно соединен с корпусом ГУ в точке O и может проворачиваться в пределах, ограничиваемых упорами. При подъеме ГУ без груза рычаг AOB удерживается в нижнем (установочном) положении одной или несколькими пружинами AC , обеспечивая горизонтальное положение вил,

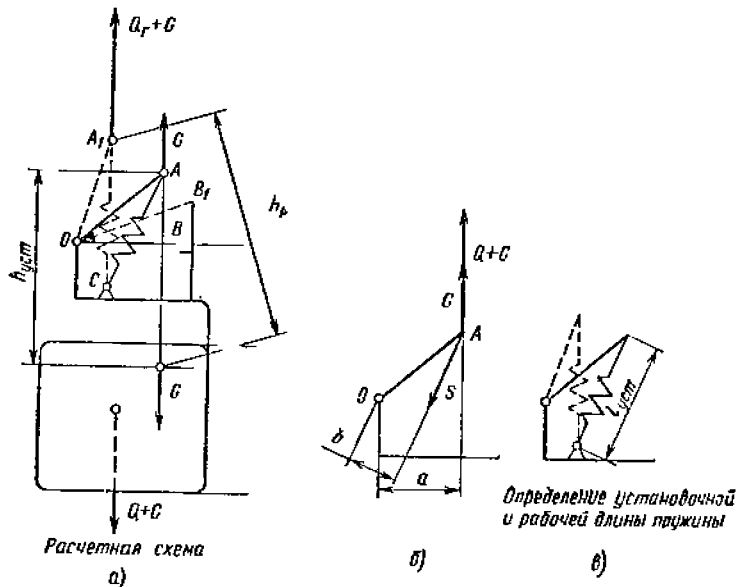


Рис. 3.41. Уравновешивание ГУ с подпружиненным рычагом подвески:
 а — расчетная схема; б — установочное положение рычага ОА; в — схема для определения установочной и рабочей длины пружины

а точка В прижата к нижнему упору. При подъеме ГУ с грузом рычаг АОВ, преодолевая усилия пружин АС, поворачивается в крайнее верхнее положение, обеспечивая заданный угол α_0 наклона вил с грузом к горизонту, а точка В рычага прижата к верхнему упору. Упоры фиксируют конечные положения рычага относительно ГУ и предотвращают раскачивание последнего.

Условие уравновешивания ГУ (рис. 3.41, б) имеет вид:

$$Gal/b \leq S \leq (Q_{\min} + G) d/b,$$

где G — собственный вес ГУ; a, b — плечи сил $G, S, (Q_{\min} + G)$; S — сила пружины; Q_{\min} — минимальный вес поднимаемого груза.

Условие уравновешивания проверяется в установочном, рабочем, и в нескольких промежуточных положениях рычага АОВ.

Пружины выбирают в следующем порядке.

1. Определяют установочную силу пружин

$$S_{уст} = K_{уст} (a_{уст}/b_{уст}) G,$$

где $K_{уст} = 1,05 \dots 1,1$ — коэффициент запаса установочной силы пружин; $a_{уст}, b_{уст}$ — плечи a и b , соответствующие установочному положению рычага АОВ.

2. Рассчитывают работу пружин при переходе от установочного положения к рабочему

$$A = K_A G (h_{уст} - h_p),$$

где $K_A = 1,1 \dots 1,5$ — соотношение работы растяжения пружины и работы опускания ГУ; $h_{уст}$ и h_p см. на рис. 3.41, а.

3. Находят рабочую силу пружин

$$S_p = 2A/(l_p - l_{уст}) - S_{уст}.$$

где $l_p, l_{уст}$ — длины пружин в рабочем и установочном положениях (рис. 3.41, в),

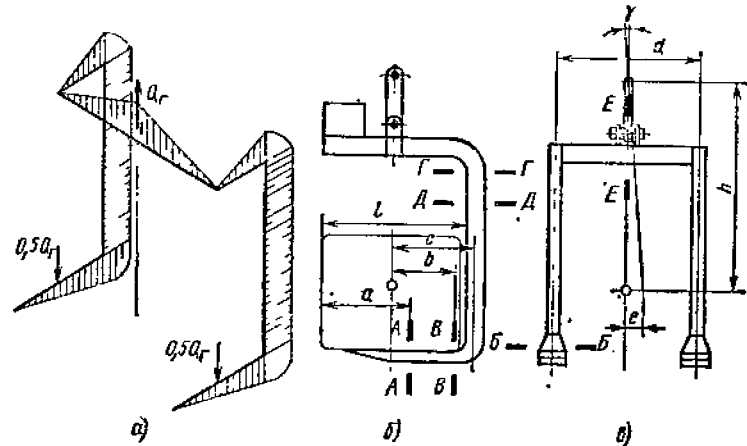


Рис. 3.42. Расчетные схемы вилочного несимметричного ГУ с двумя стойками
 а — схема сил и эпюры изгибающих моментов; б — схема ГУ при симметричной нагрузке; в — схема ГУ при боковом смещении груза

4. Проверяют соблюдение условия уравновешивания ГУ по вышеприведенной формуле при рабочем положении рычага АОВ. Если условие не соблюдается, то увеличивают длину рычага АО.

5. Находят силу одной пружины при установочной рабочей и максимальной деформациях

$$P_1 = S_{уст}/i_{пр}; \quad P_2 = S_p/i_{пр}; \quad P_3 = (1, 1 \dots 1, 2) P_2,$$

где $i_{пр}$ — число пружин рычага.

6. По ГОСТ 13772—68 подбирают параметры пружин, соответствующие силе P_2 (диаметр проволоки d , наружный диаметр D_n и жесткость витка ξ_1).

7. По ГОСТ 13765—68 определяют высоту пружины и возможность ее встраивания. При отсутствии такой возможности увеличивают либо диаметр D_n пружины, либо длину АО рычага АОВ и повторяют расчет.

8. Производят поперечный расчет условия уравновешивания ГУ.

В лапчатом ГУ наиболее напряженным элементом является спинка лапы. При расчете лапчатого ГУ на прочность следует исходить из того, что груз может воздействовать на свободный конец лапы, а при лапах, подвешенных к траверсе, опираться на две лапы независимо от их общего числа. При расчете ГУ со сдвоенными лапами следует ориентироваться на возможность нагружения одной из лап в размере $2/3$ от общего веса груза. Исходя из указанных соображений, определяют силу Q_r , приходящуюся на наиболее нагруженную лапу и плечо a ее действия. Тогда (см. рис. 3.27) момент, изгибающий спинку лапы,

$$M_n = Q_r a.$$

Напряжение в материале лапы

$$\sigma = Q_r/F + M_n/W,$$

где F — площадь поперечного сечения; W — момент сопротивления этого сечения.

На рис. 3.42 приведена расчетная схема вилочного несимметричного ГУ с двумя стойками.

При расчете его на прочность вес ГУ не учитывают.

Изгибающие моменты и напряжения в сечениях (рис. 3.42, б, в)

$$A \rightarrow A: M_A = [Q_r/(2l)] (a^2/2); \quad \sigma_A = M_A/W_A;$$

$$B \rightarrow B: M_B = 0,5Q_r c; \quad \sigma_B = \xi_B M_B/W_B + 0,5Q_r F/B;$$

$$B - B: M_B = 0,5Q_r b; \quad \sigma_B = \zeta_B M_B W_B;$$

$$\Gamma - \Gamma: M_\Gamma = 0,5Q_r c; \quad \sigma_\Gamma = \zeta_\Gamma M_\Gamma W_\Gamma + 0,5Q_r F_\Gamma;$$

$$D - D: M_D = M_\Gamma = 0,5Q_r c; \quad \sigma_D = M_D W_D \pm 0,5Q_r F_D;$$

$$E - E: M_E = 0,25Q_r d; \quad \sigma_E = M_E W_E;$$

где W — моменты сопротивления соответствующих сечений; F — площади сечений; ζ_B, ζ_Γ — коэффициенты, учитывающие кривизну балки.

В приведенном расчете не учтены силы, вызванные случайным поперечным смещением (рис. 3.42, в) центра тяжести груза относительно оси симметрии ГУ. Расчет действителен при углах поперечного перекаса поддона γ , не превышающих 3° . Угол γ определяется из равенства

$$\operatorname{tg} \gamma \approx e/h.$$

Если угол γ превышает 3° , необходимо дополнительно рассчитать элементы ГУ на изгиб и кручение от сил перекаса, напряжения от которых суммируются с напряжениями от основных сил.

Расчетная схема симметричного ГУ с жесткими поворотными лапами приведена на рис. 3.43.

Штриховой линией показано положение ненагруженных лап. После установки ГУ под грузом лапы поворачиваются на 90° для удержания последнего. Плечо равнодействующей силы давления груза на лапы, зависящее от отношения b/c (рис. 3.43, а), определяют по графику (рис. 3.43, в) (РТМ 31.4001—75).

Изгибающие моменты в сечениях (рис. 3.43, а)

$$M_1 = 0,25Q_r a; \quad M_2 = 0,25(c - a) Q_r; \quad M_3 = 0,25Q_r L.$$

Стойки лапы рассчитывают на совместное действие растяжения и изгиба, остальные элементы на изгиб.

Максимальное давление в оси вращения лап (рис. 3.43, в)

$$p = GM_1/(e^2 a).$$

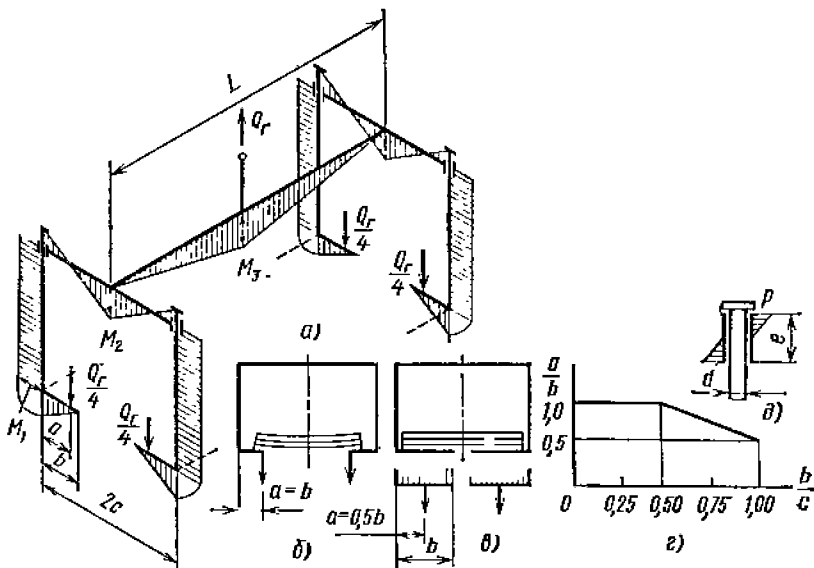


Рис. 3.43. Расчетные схемы симметричного ГУ с жесткими поворотными лапами: а — эпюра изгибающих моментов; б — для коротких вилок; в — для длинных вилок; г — определение плеча a ; д — распределение давления в шарнире

3.4. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТЕЙНЕРОВ

3.4.1. ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТЕЙНЕРОВ

Контейнеры, используемые для перемещения различных грузов, разделяют в зависимости от назначения на универсальные (ГОСТ 18477—79) и среднетоннажные (ГОСТ 22377—77).

Габаритные размеры универсальных контейнеров приведены на рис. 3.44 и в табл. 3.17.

Длины контейнеров таковы, что между каждыми двумя рядом стоящими контейнерами имеется зазор 76 мм, необходимый для ввода грузозахватного устройства. По всем углам контейнера размещены специальные элементы — фитинги, используемые как опоры контейнеров при их штабелировании и как гнезда для ввода концевых звеньев грузозахватных устройств. Фитинги сваривают из стальных листов — верхние и нижние элементы толщиной до 30 мм, остальные — до 20 мм. Каждый фитинг имеет три отверстия.

Нижние фитинги используют для крепления контейнера на транспортном средстве, а также и для закрепления пальцами в их боковых отверстиях канатных стропов (рис. 3.45, а). Боковые и торцовые отверстия верхних фитингов можно использовать для застропки контейнера вручную (рис. 3.45, б, в). Верхние отверстия верхних фитингов используют для захвата контейнеров поворотными штырями (рис. 3.45, г, ж) специальных рамных ГУ — спредеров.

Угловые фитинги крупнотоннажных контейнеров имеют конструкцию и параметры, определяемые ГОСТ 20527—75. Различают верхние и нижние правые и левые фитинги (рис. 3.46).

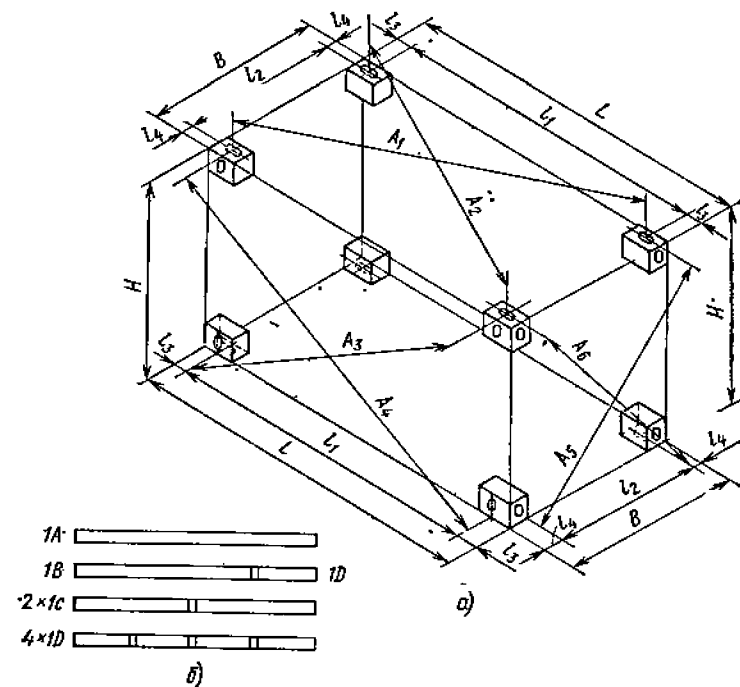


Рис. 3.44. Габаритные размеры универсальных контейнеров: а — общая схема и размеры; б — схема укладки контейнеров различных размеров

| Тип | Обозначение типоразмера | Масса брутто, т | | Габаритные размеры, мм | | | Размещение фитингов для грузозахватных устройств по ГОСТ 20527-75 (см. рис. 3.44, а) | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|-------|-----------------------|--------------------|---------|---------|
| | | Номинальная | Максимальная | Длина L | Ширина B | Высота H | l_1 | l_2 | l_3 | l_4 | K_1^* | K_2^* |
| ГОСТ 18477-76 (СТ СЭВ 773-77) | 1А | 30 | 30,48 | 12 192 ⁰ ₋₁₀ | 2438 ⁰ ₋₅ | 2438 ⁰ ₋₅ | 11 985 | 2259 | 101,5 _{-1,5} | 89 _{-1,5} | 19 | 10 |
| | 1В | 25 | 25,40 | 9 125 ⁰ ₋₆ | 2438 ⁰ ₋₅ | 2438 ⁰ ₋₅ | 8 919 | 2259 | 101,5 _{-1,5} | 89 _{-1,5} | ** | ** |
| | 1С | 20 | 20,32 | 6 058 ⁰ ₋₆ | 2438 ⁰ ₋₅ | 2438 ⁰ ₋₅ | 5 853 | 2259 | 101,5 _{-1,5} | 89 _{-1,5} | 13 | 10 |
| | 1D | 10 | 10,16 | 2 991 ⁰ ₋₅ | 2438 ⁰ ₋₅ | 2438 ⁰ ₋₅ | 2 787 | 2259 | 101,5 _{-1,5} | 89 _{-1,5} | 10 | 10 |
| Среднетоннажные | УУК-5 | 5 | 5 | 2 100 ^{±5} | 2650 ^{±7} | 2400 ^{±5} | 2 471 | 1895 | 89,5 | 102,5 | ** | ** |
| | УУК-3 | 3 | 3 | 2 100 ^{±5} | 1325 ^{±3} | 2400 ^{±5} | 1 940 | 1100 | 80 | 112,5 | ** | ** |

* Размеры $A_1 \dots A_8$ по рис. 3.44 не регламентируются, однако должно быть соблюдено условие $K_1 = A_1 - A_8$ или $K_1 = A_3 - A_4$.
 ** Размеры $A_1 \dots A_8$ по рис. 3.44 не регламентируются, однако должно быть соблюдено условие $K_2 = A_1 - A_8$ или $K_2 = A_3 - A_4$.

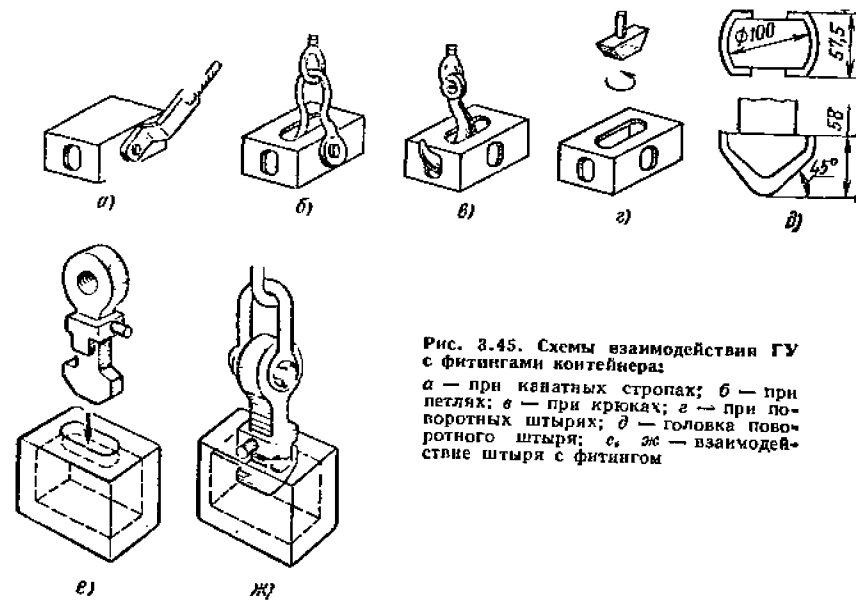


Рис. 3.45. Схемы взаимодействия ГУ с фитингами контейнера:
 а — при кевлатных стропах; б — при петлях; в — при крюках; г — при поворотных штырях; д — головка поворотного штыря; е, ж — взаимодействие штыря с фитингом

3.18. Расчетные нагрузки на фитинги

| | Условия возникновения нагрузок | Нагрузка на угловой фитинг, кН | |
|---|---|--------------------------------|--------|
| | | верхний | нижний |
| Штабелирование контейнеров | без эксцентриситета | — | 810 |
| | при эксцентриситете в поперечном направлении 25,4 мм и в продольном направлении 38 мм | 680 | |
| Подъем контейнеров | вертикальная нагрузка | 150 | — |
| | нагрузка под углом 30° к горизонтали | — | 300 |
| Растягивающая (сжимающая) нагрузка | | — | 380 |
| Нагрузка от закрепления на палубе судна | вертикальная составляющая | 300 | |
| | горизонтальная составляющая | 150 | |
| Сосредоточенная нагрузка | | — | 150 |

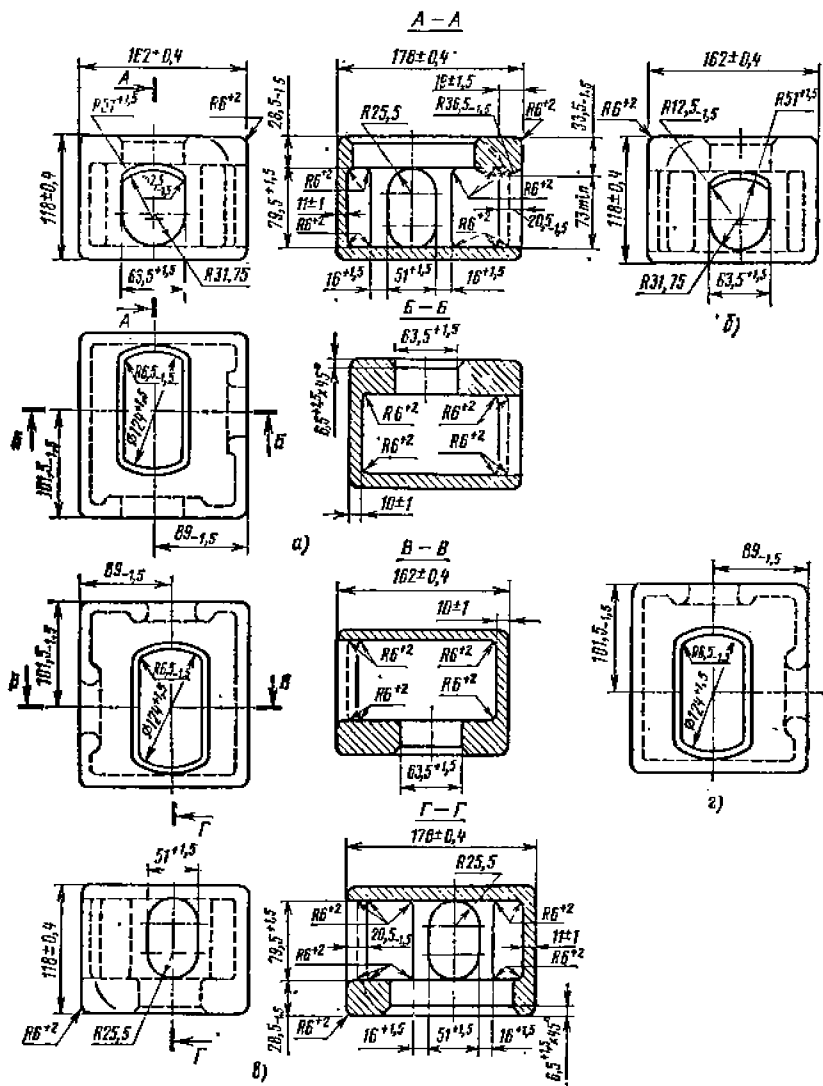


Рис. 3.46. Конструкции угловых фитингов:
 а — верхний правый; б — верхний левый; в — нижний левый; г — нижний правый

Угловые фитинги отливают из стали марки 20ГЛ (ГОСТ 7832—65) или других сталей, удовлетворяющих следующим требованиям: содержание углерода не должно быть более 0,2 %, серы и фосфора 0,03 %; предел текучести не менее 294 МПа, предел прочности не менее 540 МПа; ударная вязкость при 20 °С не менее 49 Дж/см².

Угловые фитинги должны выдерживать нагрузки, возникающие при эксплуатации контейнеров массой брутто 30 и 48 т (табл. 3.18).

Схема действия сил на контейнеры регламентирована ГОСТ. 20259—74.

3.4.2. ПАРАМЕТРЫ СПРЕДЕРОВ

ГОСТ 23002—78 регламентирует основные размеры и параметры спредеров, используемых для перегрузки при застропке сверху, крупнотоннажных контейнеров с угловыми фитингами портальными, козловыми, мостовыми и другими кранами, перемещающимися по рельсовым путям (табл. 3.19 и рис. 3.47).

3.19. Габаритные размеры и параметры спредеров

| Параметр | Тип контейнера по ГОСТ 18477—79 (по рекомендации СЭВ РС 3577—73 и Регистру СССР) | | |
|---|--|----------------|----------------|
| | УУК-10 (1D) | УУК-20 (1C) | УУК-30 (1A) |
| A ₁ (предельное отклонение ±3), мм | 2787 | 5853 | 11 985 |
| A ₂ (предельное отклонение ±1,5), мм | | 2259 | |
| Предельное отклонение между A ₂ и A ₄ или A ₄ и A ₂ , мм, не более | | 6 | |
| B (предельное отклонение —5), мм | 2991 | 2438 | 12 192* |
| L (предельное отклонение —5), мм | 10 160 | 6058 | 30 480* |
| Грузоподъемность, кг, не более | | 20 320 | |
| Частота вращения, об/мин, не более | | 1,5 | |
| Время поворота поворотных замков, с, не более | | 2 | |
| Масса, т, не более | 4 | 6 | 10 |

Примечание. С учетом стационарных направляющих размеры B и L увеличиваются на 140 мм (не более).

* Предельное отклонение 10 мм.

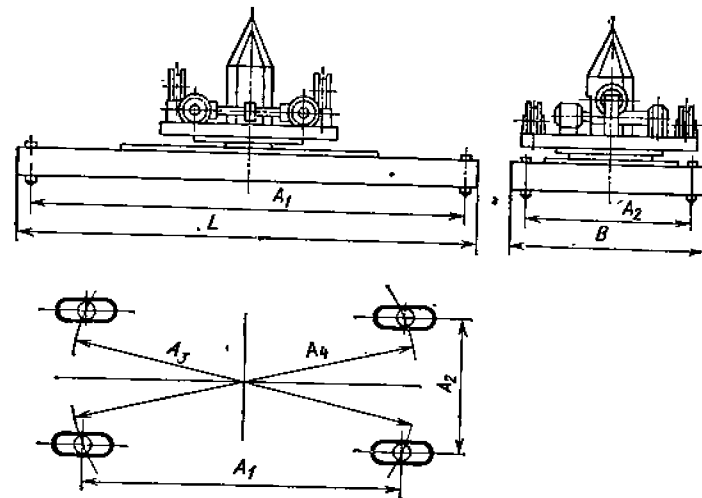


Рис. 3.47. Схема спредера

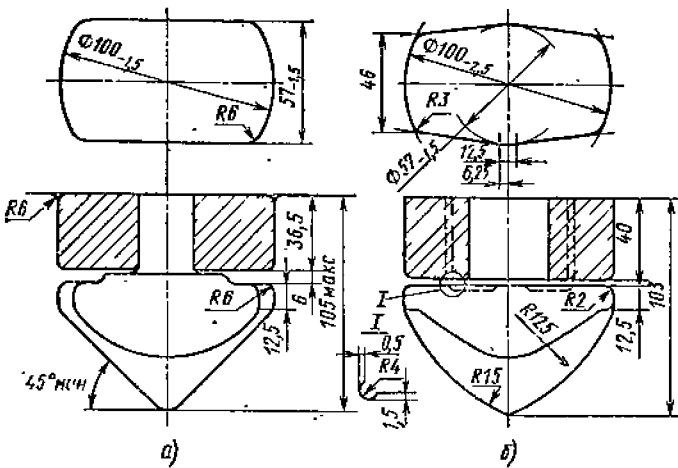


Рис. 3.48. Конструкции поворотных замков спредера

Конструктивно спредеры могут выполняться различно. ГОСТ 23002—78 предусматривает предпочтительность их конструктивного выполнения (1, 2, 3, 4):

| | |
|---|---|
| Подвеска спредера: | |
| двух- или четырехточечная | 1 |
| жесткая | 2 |
| одноточечная: | |
| подвижная* | 3 |
| неподвижная | 4 |
| Система управления спредером: | |
| автоматическая | 1 |
| полуавтоматическая | 2 |
| дистанционная | 3 |
| Места установки механизма поворота спредера: | |
| на спредере | 1 |
| на кране | 2 |
| Тип привода механизмов поворота спредера и поворотных замков: | |
| электромеханический | 1 |
| гидравлический | 2 |
| другие приводы | 3 |
| ручной | 4 |

* Только для контейнеров типов УУК-20 и УУК-30.

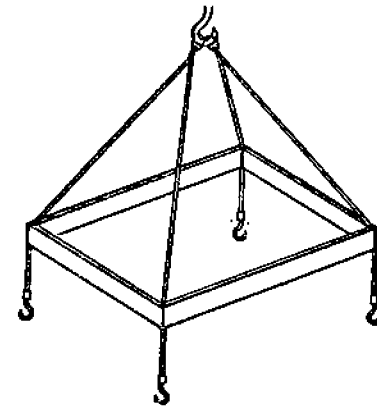
Примечание. При одноточечной или двухточечной подвеске спредер может быть съемным.

Поворотные замки спредеров по ГОСТ 20527—75 могут выполняться как с параллельными боковыми сторонами (рис. 3.48, а), так и с наклонными (рис. 3.48, б) из стали с пределом текучести не менее 300 МПа и пределом прочности не ниже 540 МПа.

3.4.3. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ

Рамные ГУ (спредеры) могут быть как простыми (рис. 3.49), так и более совершенными, приспособленными для захвата контейнеров одного и нескольких типоразмеров; в этом случае их раму выполняют телескопически раздвижной или с дополнительной навесной рамой. Рама оборудована устройством (траверсой, блоками, стропами) для навешивания ее на крюк крана, а по углам управля-

Рис. 3.49. Упрощенное рамное ГУ с крючьями, выводимыми вручную в фитинги



емыми поворотными штырями, вводимыми в верхние отверстия фитингов. Управление поворотом штырей может быть ручным и приводным.

Для удобства работы рама снабжена направляющими башмаками, охватывающими контейнер при посадке на него ГУ. Рамные ГУ могут быть оборудованы также устройствами, обеспечивающими их наклон на угол до 10° при необходимости захвата наклонно стоящего контейнера.

Так как контейнеры могут быть загружены неравномерно, центр тяжести их смещается, поэтому в некоторых конструкциях ГУ предусмотрена возможность продольного смещения их подвеса к крюку крана до 1,2 м (для контейнеров типов 1А и 1С).

Наиболее ответственными элементами рамного ГУ являются штыри. Механизмы их поворота снабжают контрольными устройствами, предотвращающими подъем контейнера, если какой-либо из них не повернулся и не занял рабочего положения.

На рис. 3.50 показано рамное ГУ для контейнеров, используемых в системе речного флота. Оно предназначено для перегрузки контейнеров типа 1С. Габаритные размеры 6,2 × 2,6 × 5 м, масса 3 т.

Основой ГУ является оборудованная направляющими башмаками 1 рама 2, в углы которой встроены штыри 3, снабженные звездочками 4 цепной передачи 5, связывающей их с узлом управления 6. С ним же тягами 7 соединена траверса 8.

Устройство работает в автоматическом режиме. После наведения рамы 2 на контейнер и опускания ее с вводом штырей 3 в отверстия фитингов траверса 8 продолжает опускаться и приводит в движение цепную передачу, которая воздействуя на звездочки поворачивает штыри на 90°. При подъеме траверсы управляющее устройство занимает первоначальное положение (чтобы штыри не повернулись в исходное положение применена муфта свободного хода) и ГУ вместе с контейнером может быть поднято.

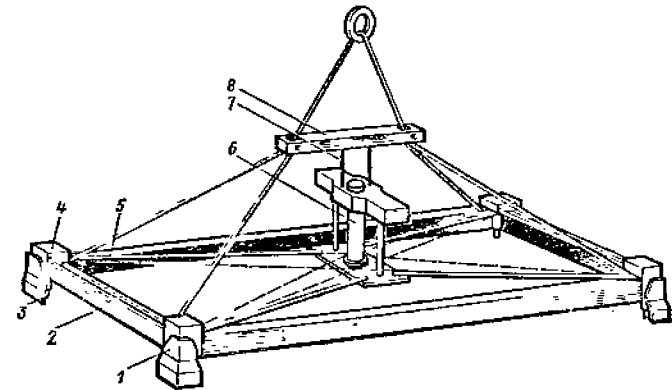


Рис. 3.50. Автоматизированное ГУ

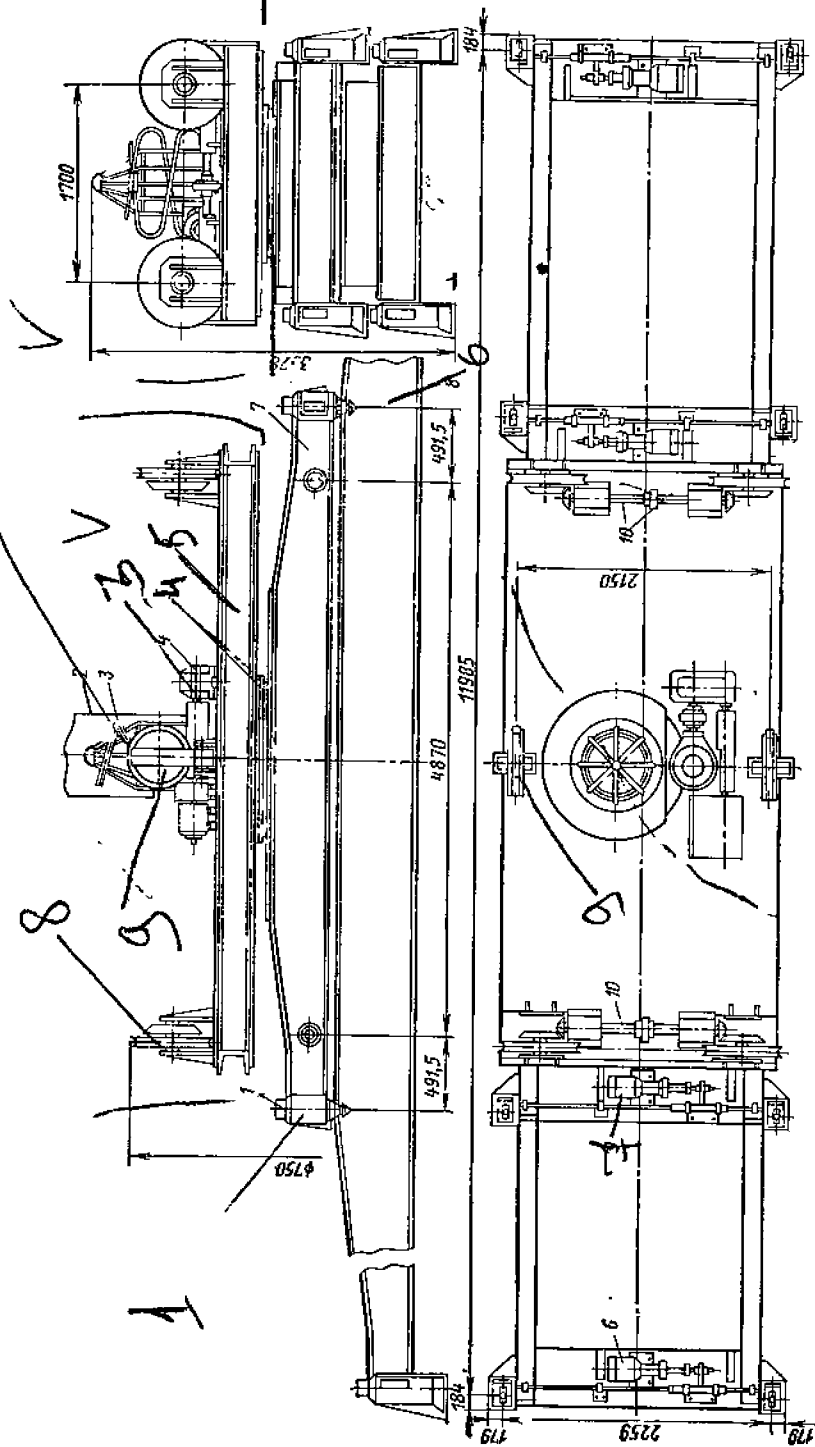


Рис. 3.51. Контейнерное ГУ с управляемым поворотным штырем: 1 — поворотные штыри; 2 — кожух; 3 — корзина для укладки электрокабеля; 4 — механизм вращения; 5 — опорно-поворотное устройство; 6 — блочная рама; 7 — грузозахватная рама для контейнеров типа 1С; 8 — грузозахватная рама для контейнеров типа 1А; 9 — механизм поворота штырей; 10 — механизм балансировки канатных блоков

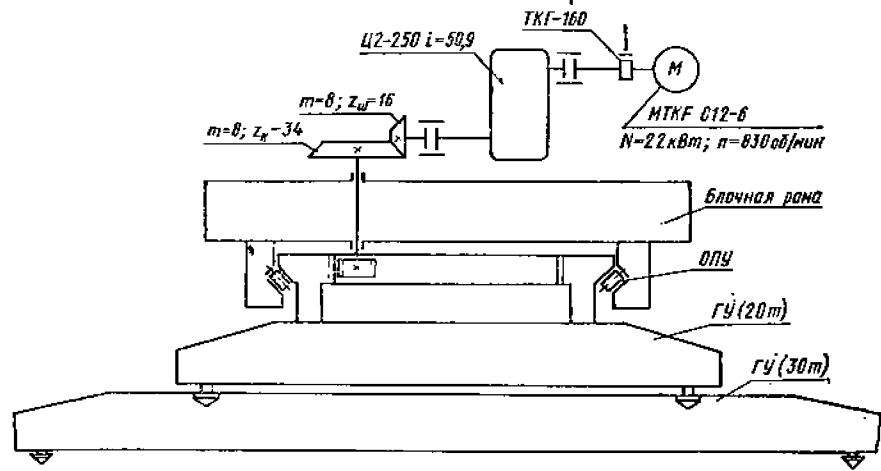


Рис. 3.52. Кинематическая схема контейнерного ГУ

После установки контейнера на место штыри выводятся при подъеме управляющей траверсы 8 (под воздействием цепной передачи штыри поворачиваются и затем выводятся из фитингов контейнера).

Несколько иначе выполнено ГУ для контейнеров типа 1С и 1А (см. табл. 3.17), разработанное во ВНИИПТМАШ (рис. 3.51).

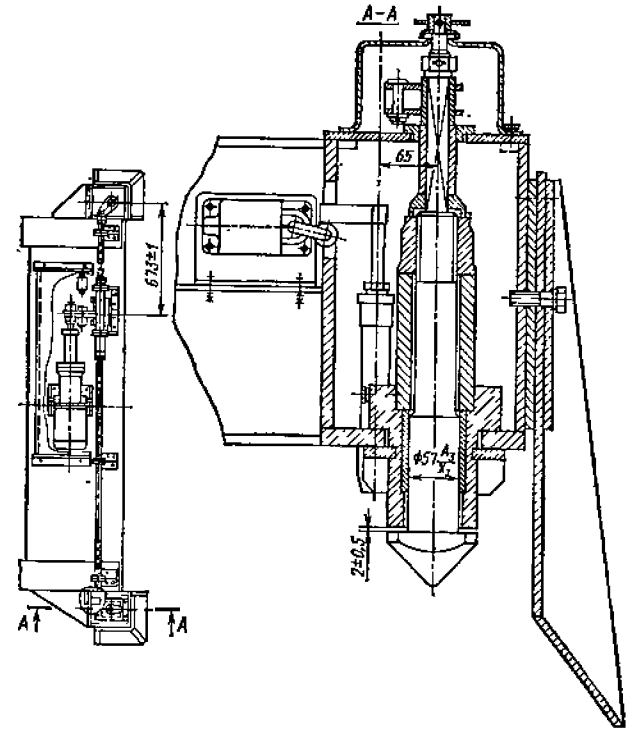


Рис. 3.53. Механизм поворота штырей

Базовым является ГУ для контейнеров типа 1С, грузоподъемностью 20 т. ГУ для контейнеров типа 1А грузоподъемностью 32 т имеет дополнительную раму 8, по конструкции аналогичную раме 7, грузоподъемностью 20 т, но имеющую другие размеры, соответствующие контейнеру типа 1А. Для ее закрепления к основной раме используют штыри последней.

ГУ, показанное на рис. 3.51, состоит из так называемой блочной рамы 6 прямоугольной формы, в углах которой находятся канатные блоки, огибаемые канатом. При помощи последнего рама подвешена к козловому контейнерному крану. Для предотвращения перекашивания и раскачивания контейнера в диагональном направлении канатные блоки одной стороны заблокированы между собой при помощи конических зубчатых передач 10.

Под блочной рамой 6 размещено опорно-поворотное устройство 5 (ОПУ) кранового типа, приводимое механизмом вращения 4, состоящим из индивидуального электродвигателя, двухпарного зубчатого редуктора и конической зубчатой передачи (рис. 3.52). К внутреннему кольцу ОПУ подвешена прямоугольная грузозахватная рама 7 (см. рис. 3.51) для контейнера типа 1С, несущая по углам поворотные штыри 1, взаимодействующие с фитингами контейнера. Поворот штыря 5 осуществляется специальными механизмами 9 (рис. 3.53), расположенными по коротким сторонам грузозахватной рамы и выполненными в виде пары винт — гайка, где винт непосредственно связан с валом приводного электродвигателя, а гайка перемещается и воздействует на продольно подвижный в направляющих стержень, поворачивающий кривошип штырей.

Управление электродвигателями приводов ОПУ и штырей осуществляется из кабины крана через многожильный гибкий кабель, укладываемый при изменении высоты подъема в спиральный желоб, укрепленный на боковой поверхности решетчатой конструкции 3 (см. рис. 3.51) так называемой корзинки, размещенной в центре устройства.

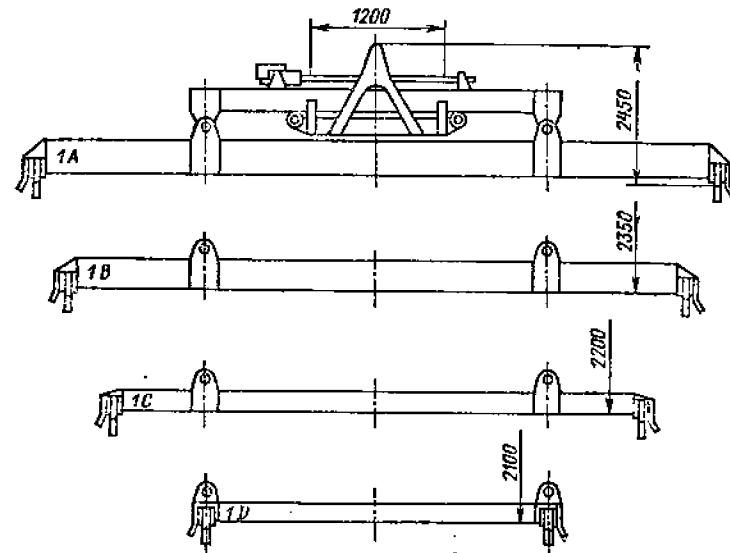


Рис. 3.54. Схема контейнерного ГУ со сменными рамами (ФРГ)

На рис. 3.54 показана изготавливаемая в ФРГ конструкция ГУ со сменными рамами для контейнеров различных типоразмеров.

На рис. 3.55 показано изготавливаемое в Швеции ГУ с пневмоприводом для поворота штырей 1 с подачей воздуха из баллона 6. Управление осуществляется с пульта 6. Устройство снабжено четырьмя оттяжками 7 для управления им при установке на контейнер. Имеется указатель 2 положения штырей. В раме выполнены пружины 3 для крепления канатов подвески; пазы 4 предназначены для

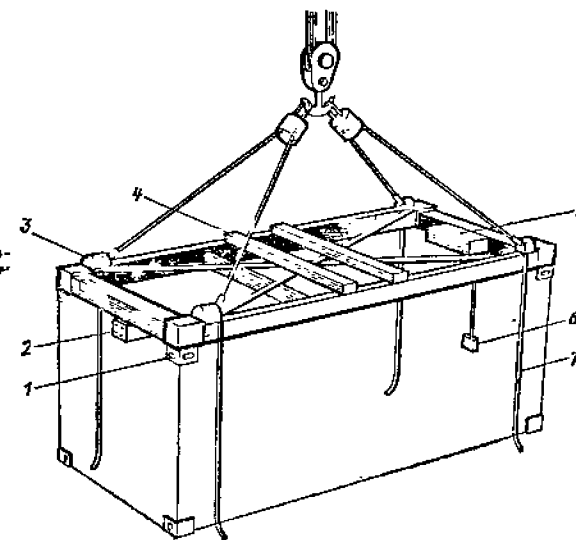


Рис. 3.55. Схема контейнерного ГУ с пневмоприводом штырей (Швеция)

Техническая характеристика ГУ

| | |
|---|---------------------|
| Типы перегружаемых контейнеров | 1С; 1А |
| Угол поворота устройства в плане от основного положения, град | 60 ... 240 |
| Время закрепления, с | 10 |
| Кинематическое исполнение | У1 по ГОСТ 15150—69 |
| Установленная мощность электродвигателей, кВт: | |
| механизма поворота | 2,2 |
| механизмов перемещения штырей | 2×0,75 |
| механизма перемещения штырей дополнительной рамы грузоподъемностью 32 т | 2×0,75 |
| Масса (кг) ГУ грузоподъемностью: | |
| 20 т | 4850 |
| 32 т | 9900 |

Винтовая передача является изнашиваемым узлом этой системы ввиду вращения винта с большой частотой. Для ликвидации этого узла можно применить гидротолкатель, питаемый от индивидуальной насосной установки. Такая конструкция разработана в системе МПС. Ряд других конструкций приведен в [18, 21].

3.4.4. ЗАРУБЕЖНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТЕЙНЕРОВ

Значительное число ГУ для контейнеров используется в зарубежной практике [10, 16]. Большинство из них предназначено для оперирования с контейнерами типа 1С.

В ГУ, изготавливаемом в ВНР, рама выполнена в виде продольной хребтовой балки с траверсами по концам. В траверсах установлены поворотные штыри, управляемые гидротолкателями. Гидронасосная установка с приводом от электродвигателя размещена на хребтовой балке. Электроэнергия подается по гибкому кабелю. Управление гидротолкателями может осуществляться из кабины крана или непосредственно с ГУ. Для ликвидации перекоса неравномерно загруженного контейнера применена тележка, передвигающаяся вдоль хребтовой балки при помощи винтовой передачи.

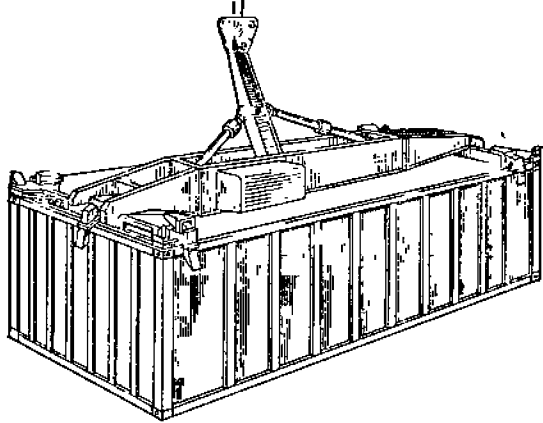


Рис. 3.56. Контейнерное ГУ с регулируемой точкой подвеса к крюку крана

переноса ГУ вилочным автопогрузчиком. Для регулирования точки подвеса контейнера при его неравномерной загрузке применяют специальные устройства с гидротолкателями, устанавливающими точку подвеса грузозахватного устройства над центром тяжести контейнера (рис. 3.56).

Так как рамные ГУ не всегда приспособлены для поворота контейнеров относительно вертикальной оси (ориентирования), краны нередко оборудуют поворотными устройствами. В одной из конструкций козлового крана тележка состоит из двух частей — неповоротной, передвигающейся вдоль пролетного строения, с цилиндрическим вертикальным отверстием и поворотной, несущей подъемный механизм и вращающейся на кольцевом рельсе, уложенном на неповоротную часть тележки.

В напряженно эксплуатируемых кранах для предотвращения раскачивания контейнера применяется ГУ на специальном подвесе (рис. 3.57). Подъем контейнера осуществляется концевыми барабанами. Внутренние барабаны используются для регулирования положения ГУ при его посадке на контейнер.

3.4.5. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СРЕДНЕТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ

Среднетоннажные контейнеры имеют массу брутто 2,5 (3,0) и 5 т. Их габаритные размеры приведены в табл. 3.20.

Среднетоннажные контейнеры можно изготавливать как с угловыми фитингами, так и с верхними рымными узлами.

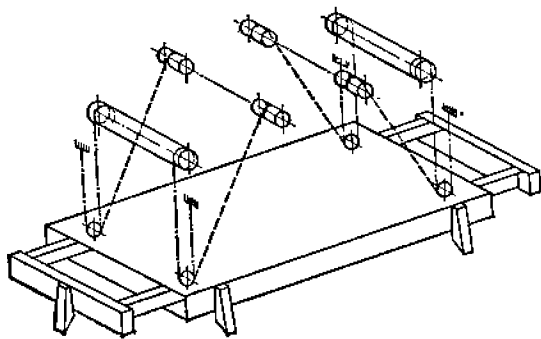


Рис. 3.57. Схема подвеса контейнерного ГУ

| Типоразмер * | Размеры, мм | | | | | | |
|--|-------------|------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | L | B | H | l ₁ | l ₂ | b ₂ | b ₁ |
| УУК-2,5 (3) ** СК-1-5 СК-3-5 СК-4-5 | 2100 | 1325 | 2400 | 1100 | 500 | 1165 | 80 |
| УУК-5 | 2100 | 2650 | 2400 | 1940 | 80 | 1420 | 615 |
| УУК-2,5 (3) *** УУК-5У | 2100 | 1325 | 2400 | 1940 | 80 | 1100 | 1125 |

- * Модели УУК по ГОСТ 18477—79; модели СК по ГОСТ 19417—74.
- ** С дверью в торцевой стенке.
- *** С дверью в боковой стенке.

Угловые фитинги применяют те же, что и в крупнотоннажных контейнерах. Рымные узлы располагаются в соответствии с рис. 3.58 и данными табл. 3.20. Ими оборудуют контейнеры общего и индивидуального пользования, подвергающиеся при перевозке перегрузкам. Контейнеры УУК-5 могут быть дополнительно оборудованы угловыми фитингами.

Рым-болты изготавливают из горячекатаной круглой стали диаметром 28 мм по ГОСТ 2590—71 марки 09Г2, категории 6 по ГОСТ 19281—73.

Ниши рымных узлов должны изготавливаться из листовой горячекатаной стали толщиной 4 мм по ГОСТ 19903—74 марки Ст3 сп (пс) группы В, категории 1 по ГОСТ 14673—69.

Сварные соединения рым-болтов в местах их заделки, а также ниш, в которых они размещаются, должны производиться электродами по ГОСТ 9467—75 или сварочной проволокой по ГОСТ 2246—70, обеспечивающими предел прочности сварного соединения не меньше нижнего предела прочности основного металла, установленного для стали данной марки.

Каждый из рымных узлов, размещаемых на контейнере, включая и его крепление, должен выдерживать нагрузку $0,58mg$, приложенную под углом 60° к горизонтальной плоскости (где m — масса брутто, g — ускорение свободного падения).

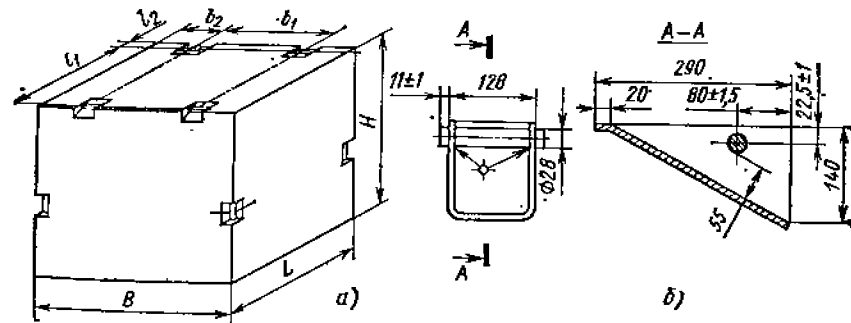


Рис. 3.58. Габаритные размеры среднетоннажного контейнера и его рымного узла
а — контейнер; б — рымный узел

ГУ, взаимодействующее с рымными узлами среднетоннажных контейнеров, согласно ГОСТ 22661—77 должно быть оборудовано поворотным устройством и приспособлено для строповки плотно стоящих контейнеров с разностью по высоте их крыш до 300 мм, наклоненных под углом до 10° к горизонтالي, а также при двухъярусном складировании.

Масса ГУ вместе с комплектующим оборудованием не должна быть больше 15 % его грузоподъемности.

Несущие рабочие органы ГУ, непосредственно взаимодействующие с рымными устройствами контейнера, должны изготавливаться из стали любой из следующих марок: 40Х, 40ХНМА, 40ХНМ по ГОСТ 4543—71, 10ХСНД по ГОСТ 19282—73, 09Г2С, 09Г2, 15ХСНД, 10ХСНД по ГОСТ 5058—65, а также сталей других марок с характеристиками не ниже тех, которые имеют стали перечисленных выше марок.

Заварка и заделка дефектов в несущих рабочих органах не разрешается. Конструкция ГУ должна исключать возможность самоотцепления контейнера в поднятом положении и при установке его на любые опорные поверхности. Устройство должно быть оборудовано системой блокировки и сигнализации, исключающей подъем контейнера, застропленного менее чем за четыре рым-болта. Индикатор правильности захвата должен быть установлен в кабине крановщика.

3.5. ЗАЖИМНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

3.5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ

Зажимные ГУ в зависимости от конструктивного исполнения захватных органов могут удерживать при транспортировании грузы различной геометрической формы. В зависимости от способа захвата и удержания груза их разделяют на опорно-зажимные и фрикционно-зажимные (рис. 3.59).

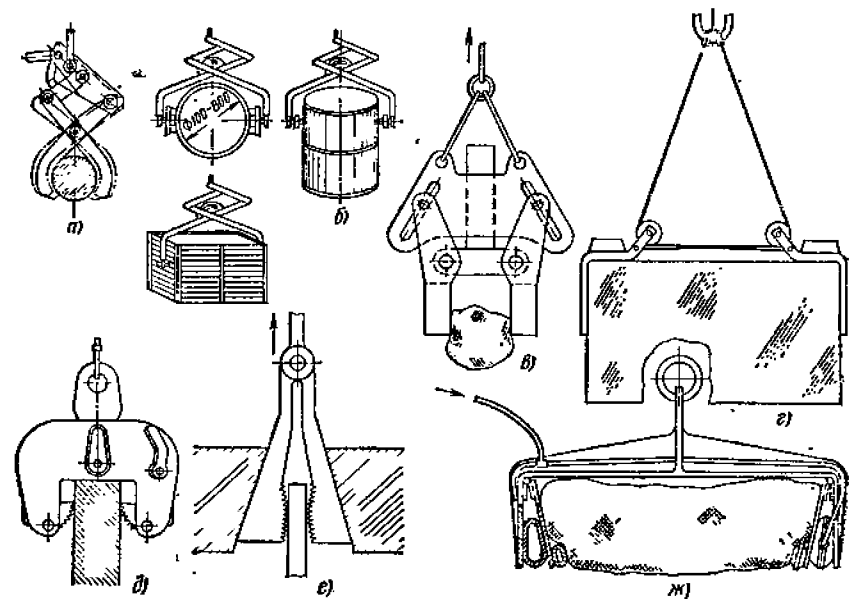


Рис. 3.59. Схема зажимного ГУ: а — клещевого; б — фрикционного самозажимного; в — фрикционного кулисного зажимного; г — канатно-рычажного; д — эксцентрикного; е — клинового; ж — надувного

Опорно-зажимные ГУ выполняют как клещевые рычажные системы; свободные концы рычагов охватывают груз или его элементы (рис. 3.59, а).

Во фрикционно-зажимных ГУ груз удерживается силой трения путем его сжатия (рис. 3.59, б) или распора изнутри (рис. 3.59, в) прижимными элементами. Наибольшее распространение получили рычажно-клещевые, рычажно-клиноватые, эксцентрикные, клиновые (цанговые), а также комбинированные ГУ, сочетающие в себе элементы ГУ различных типов, например рычажно-клиновых, рычажно-эксцентрикных и др.

Зажимные ГУ по сравнению с механическими устройствами других типов в наибольшей степени приспособлены для механизации и автоматизации перемещений работ.

Фрикционно-зажимные ГУ выполняют самозажимными и приводными. В первых усилия зажатия создаются за счет сил тяжести груза и ГУ, которые передаются на зажимные органы при помощи рычажных, натяжных, распорных, клиновых и гидравлических (безнасосных) и других передаточных устройств. Во вторых усилия зажатия создается при помощи электромеханического, гидравлического или пневматического привода.

Схемы рычажных систем самозажимных ГУ могут быть различными. Важную роль при конструировании фрикционно-зажимных ГУ имеет выбор оптимального передаточного отношения. В одних случаях получение требуемого передаточного отношения зависит от необходимости получения большого хода зажимных органов, в других — больших усилий для обжатия груза. Схемы и оптимальные передаточные отношения рычажных и других передач выбирают в каждом конкретном случае в том числе с учетом требований техники безопасности.

Фрикционно-зажимные ГУ с гидравлическим и пневматическим приводом иногда выполняют безрычажными, что значительно облегчает и удешевляет их, они широко применяются в строительстве для оперирования с грузами прямоугольной формы и гладкими боковыми поверхностями: балками, перемычками, блоками, прогонами, а также железобетонными трубами и др.

Управление приводными зажимными ГУ может быть дистанционным; они пригодны для оперирования с грузами, имеющими широкий диапазон размеров. Регулирование размера зева для определенного груза, так же как захват его или освобождение, могут осуществляться непосредственно оператором крана.

Зажимные ГУ могут быть выполнены и в виде эластичной емкости (кольца, трубы и т. п.), форма которой определяется типом груза. Управляемое усилие сжатия создается путем надувания емкости, расположенной внутри или снаружи груза. Когда надутое пневматическим или гидравлическим способом емкости расширяются, их закрепляют на грузе (рис. 3.59, ж).

3.5.2. КЛЕЩЕВЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Клещевые ГУ (табл. 3.21) выполняют как рычажные системы в виде ножниц, рычаги которых имеют свободные концы, охватывающие какой-либо выступающий элемент груза, например, полку балки, головку рельса, закранный бочок или непосредственно груз (рис. 3.60, а, б, в, г). Для захвата и транспортирования длинномерных грузов несколько ГУ монтируют на траверсе (рис. 3.60, б).

3.21. Параметры клещевых ГУ для балок (см. рис. 3.60, д)

| Грузоподъемность, г | Размер, мм | | | Масса, кг |
|---------------------|------------|-----|-----|-----------|
| | A | B | H | |
| 1,6 | 200 | 120 | 185 | 10 |
| 2,5 | 220 | 170 | 305 | 30 |
| 4 | — | — | — | 63 |
| 6,3 | — | — | — | 108 |
| 10 | — | — | — | 183 |

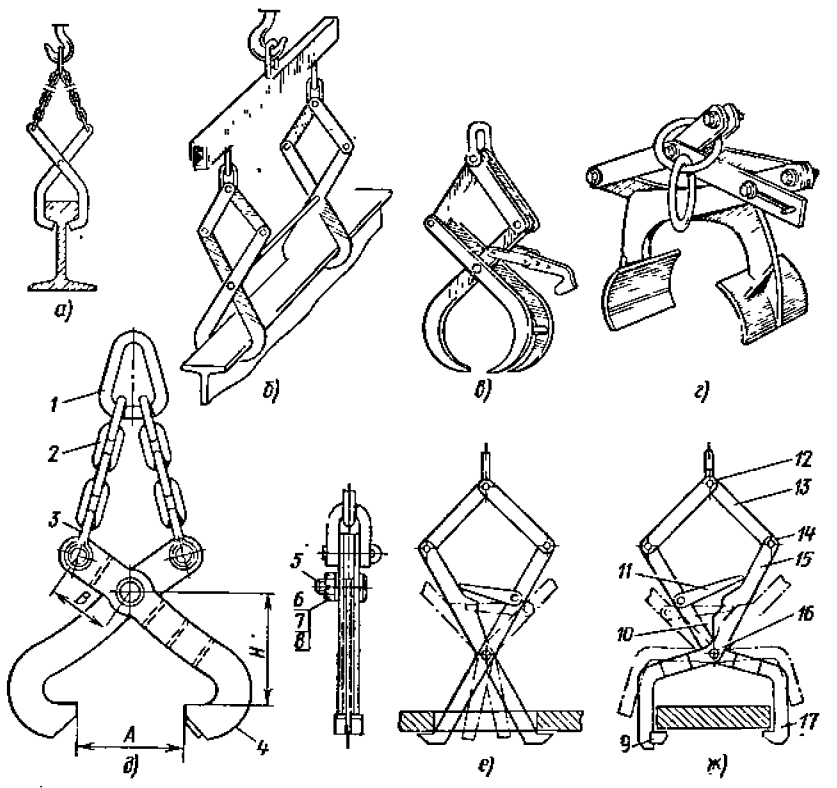


Рис. 3.60. Клещевое ГУ:
 а — для рельсов; б — сдвоенное на траверсе для балок; в — сдвоенное на траверсе для труб; г — с защелкой для стабилизации рычагов в открытом положении; д — для подъема и транспортирования балок при изготовлении металлоконструкций; е — с фиксирующим рычагом для грузов с отверстиями; ж — с фиксирующим рычагом для грузов со свободным опиранием на лапы: 1 — навесное звено; 2 — цепная ветвь; 3 — скоба; 4 — захватные клещи; 5 — ось; 6 — гайка; 7 — шайба; 8 — шплинт; 9 — съезная опора; 10, 13 — упоры; 11 — фиксирующий рычаг; 12 — ось; 13 — рычаг; 14 — ось; 16 — ось; 17 — лапы

Для удержания ГУ в раскрытом положении для свободной насадки на груз без участия стропальщика применяют защелки, связывающие рычаги ГУ между собой и управляемые вручную или автоматически, самовыключающиеся при упоре ГУ в груз (рис. 3.60, в). Полуавтоматические ГУ клещевого типа (рис. 3.60, е, ж) предназначены для транспортирования строительных изделий и узлов технологического оборудования, имеющих опорные поверхности в виде стенок, плоскостей или различных отверстий. Фиксирующее устройство, состоящее из рычага, шарнирно связанного с одной из захватных лап, и упора, расположенного с внутренней стороны другой лапы, обеспечивает свободный съём и заводку ГУ перед подъемом на изделие без участия стропальщика.

Клещевые ГУ широко применяют для перегрузки и транспортирования труб. На рис. 3.61 приведено ГУ для труб разного диаметра, применяемое в строительстве. Оно состоит из корпуса, двух рычагов и двухветвевго стропы. ГУ снабжено защелкой, которая автоматически фиксирует его в открытом положении и обеспечивает раскрытие рычагов при опускании трубы на опоры. Для захвата труб разного диаметра имеются сменные колодки.

Техническая характеристика полуавтоматических ГУ для труб (см. рис. 3.61)

| | | |
|--|---------------|----------|
| Грузоподъемность, т | 3,2 | 5 |
| Диаметр труб, мм: | | |
| без колодки | 500; 530; 560 | 820 |
| с одной колодкой | 450; 480 | 720 |
| с двумя колодками | 402; 426 | 630; 600 |
| Наибольшая длина трубы, мм | 4000 | 4000 |
| Габаритные размеры (в открытом положении), мм: | | |
| длина <i>L</i> | 860 | 1120 |
| ширина <i>B</i> | 275 | 275 |
| высота <i>H</i> | 2750 | 2900 |
| Масса, кг | 198 | 242,3 |

В трубопроводном строительстве для одиночных труб и плетей из труб длиной до 36 м нашли применение полуавтоматические клещевые ГУ, которые освобождаются от груза автоматически при снятии нагрузки. ГУ разработано в СКБ «Газстроймашина». Оно состоит из корпуса 4 (рис. 3.62) с приваренными к нему двумя крюками 5. На осях 2 корпуса шарнирно укреплены рычаги 3, нижние плечи которых снабжены опорными площадками 1, а в отверстиях верхних плечей установлены звенья 6. Звенья надеты на кольцо 7, которое снабжено ручкой 8 и штырями 9.

Клещевое ГУ навешивается на крюк крана трубоукладчика кольцом 7. В исходном положении (рис. 3.62, а) корпус крюками 5 подвешен на штырях 9 кольца 7. Рычаги 3 из-за того, что верхние их плечи имеют больший, чем нижние, момент от действия собственного веса относительно точек поворота (осей 2), повернуты вокруг, в результате чего ГУ находится в раскрытом состоянии.

После касания корпусом ГУ поверхности трубы вручную поворачивают кольцо 7, выводя штыри 9 из зевы крюков 5, затем осуществляют подъем кольца крюком трубоукладчика. При этом кольцо 7 при повороте звеньев 6 поворачивает рычаги 3 вокруг осей 2 до тех пор, пока опорные площадки 1 нижних плеч рычагов не коснутся трубы. После этого при дальнейшей выборке каната произойдет плотный захват трубы и подъем ГУ вместе с трубой (рис. 3.62, в). Труба надежно удерживается за счет больших усилий, возникающих под действием веса трубы и передаваемых на нее через рычаги.

Освобождение клещевого ГУ от груза происходит автоматически следующим образом. После касания трубой поверхности земли движение ее прекращается, но крюк трубоукладчика продолжает опускаться. При этом нагрузка с кольца 7 и рычагов 3 снимается; ничем не удерживаемое кольцо 7 под действием веса ручки 8 поворачивается, рычаги 3 из-за разницы весов верхних и нижних плеч также поворачиваются вокруг осей 2 до крайнего, раскрытого положения (верхние их плечи при этом опускаются до упора звеньев 6 в корпус 4). В этот момент кольцо 7 заканчивает поворот и штыри 9 заходят в зевы крюков 5 корпуса ГУ. При подъеме крюка вверх последнее будет находиться в исходном раскрытом положении.

ГУ КЗ выпускаются промышленностью десяти марок грузоподъемностью 0,75 ... 23 т для труб диаметром 0,089 ... 1,42 м (табл. 3.22).

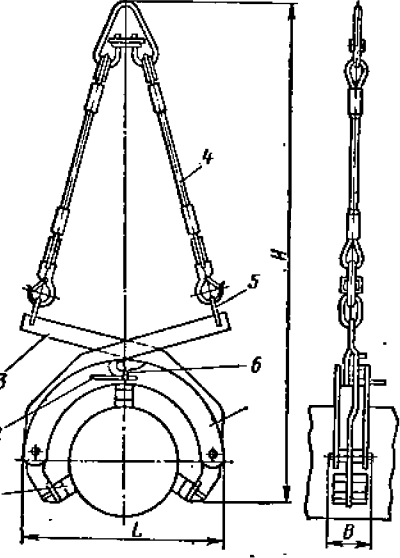


Рис. 3.61. Клещевое полуавтоматическое ГУ для труб:
 1 — колодка; 2 — ручка защелки; 3 — рычаг; 4 — строп; 5 — серьга; 6 — защелка

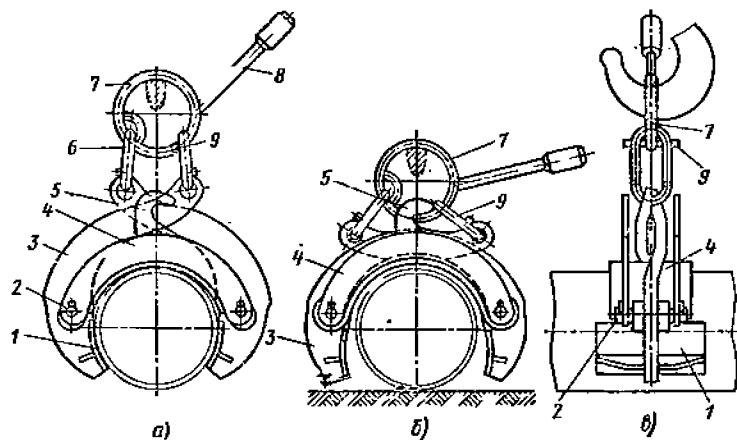


Рис. 3.62. Клещевое ГУ типа КЗ:
а — поднятие груза; б — опускание на груз; в — вид сбоку

3.22. Параметры ГУ типа КЗ

| Марка | Диаметр трубы, мм | Грузо-подъемность, т | Масса, кг | Марка | Диаметр трубы, мм | Грузо-подъемность, т | Масса, кг |
|--------|-------------------|----------------------|-----------|----------------------------------|-------------------|----------------------|-----------|
| К-111 | 89 ... 114 | 0,75 | 7 | КЗ-1221С (в северном исполнении) | 1220 | 15 | 806 |
| КЗ-161 | 114 ... 168 | 1 | 11 | | | | |
| КЗ-2 | 219 | 2 | 20,3 | КЗ-1421С (в северном исполнении) | 1420 | 23 | 926 |
| КЗ-3 | 325 | 3 | 38 | | | | |
| КЗ-5 | 529 | 3,7 | 108,4 | | | | |
| КЗ-7 | 720 | 5 | 214 | | | | |
| КЗ-8 | 820 | 6,5 | 313 | | | | |
| КЗ-10 | 1020 | 12 | 488 | | | | |

Расчет клещевых опорных ГУ заключается в определении их кинематических и габаритных параметров. Вертикальная нагрузка Q_r создает распорное усилие (рис. 3.63)

$$N = Q_r / (2 \sin \alpha),$$

что определяет усилие

$$S = kNa/b = kaQ_r / (2b \sin \alpha),$$

где коэффициент $k \approx 1,05 \dots 1,1$ учитывает потери в шарнире.

Вместе с тем с учетом веса ГУ $G_0 = 0,05Q_r$ усилие

$$S = (Q_r + G_0) / (2 \sin \beta).$$

Следовательно,

$$kaQ_r / (2b \sin \alpha) \geq (Q_r + G_0) / (2 \sin \beta).$$

С учетом значений k и G_0

$$\sin \alpha / \sin \beta \approx a/b.$$

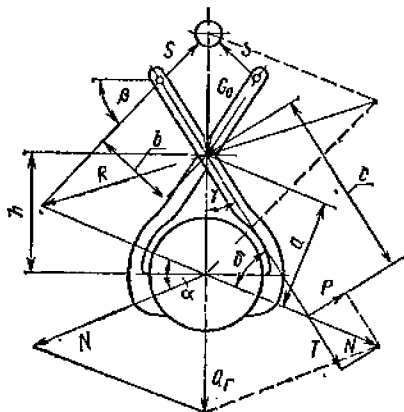


Рис. 3.63. Расчетная схема клещевого ГУ

Это соотношение и определяет габаритные и кинематические параметры клещевого ГУ.

Реакцию R в шарнире целесообразно находить графически, как показано на рис. 3.63. Аналитическое выражение ее следующее

$$R = \sqrt{(S \cos \beta + N \cos \alpha)^2 + (S \sin \beta - N \sin \alpha)^2}.$$

Расчетным является сечение рычага в шарнире, где он растягивается под действием усилия

$$T = N \cos \delta = N \cos [180^\circ - (90^\circ + \alpha) - \gamma] = N \sin (\alpha + \gamma)$$

и изгибается под действием момента

$$M = Pc \approx Nc \sin \delta.$$

Так как

$$\sin \delta = \sin [180^\circ - (90^\circ + \alpha) - \gamma] = \cos \alpha (\alpha + \gamma),$$

$$c = h \sin (90^\circ + \alpha) / \sin \delta = h \cos \alpha / \cos (\alpha + \gamma),$$

получим

$$M = Nh \cos \alpha \cos (\alpha + \gamma) / \cos (\alpha + \gamma) = Nh \cos \alpha.$$

Следовательно, условие прочности рычага будет иметь вид:

$$\sigma_{\text{доп}} \geq T/F + M/W,$$

где F и W — соответственно площадь и момент сопротивления сечения рычага с учетом размещения в лем шарнира.

3.5.3. РЫЧАЖНЫЕ ФРИКЦИОННЫЕ САМОЗАЖИМНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Рычажные фрикционные самозажимные ГУ (табл. 3.23) выполняют в виде рычажных систем, рычаги которых несут на свободных концах захватные органы, например шарнирно-прикрепленные башмаки, которыми захватывается груз, удерживаемый в ГУ силой трения. ГУ этого типа применяют для оперирования с грузами прямоугольной и круглой формы (блоками, болванками, ящиками, рулонами и др.). Груз зажимается как путем стягивания хвостовых плеч рычагов (рис. 3.64, а, б, в), так и путем распора хвостовых плеч рычагов (рис. 3.64, г).

Для обеспечения свободной посадки ГУ на груз используют приспособление, удерживающее его в раскрытом положении и выполненное в виде пружин, размыкающих ГУ, или управляемое сцепляющее приспособление в виде рычагов с защелками (рис. 3.64, в, з).

ГУ, приведенное на рис. 3.64, в, снабжено приспособлением для автоматического съема с груза и предназначено для перегрузки рулонов листовой стали и других аналогичных грузов. Оно имеет двоянную клещевину 10, шарнирно соединенную с одинарной П-образной скобой 12, одинарной клещевинной 3 и двоянной П-образной скобой 1. Обе скобы связаны между собой штифтом 13 и могут незначительно смещаться по имеющемуся пазу. К верхним концам клещевин шарнирно прикреплены двоянная 7 и одинарная 4 тяги, которые соединены со скобой 5 штырем 6.

На штыре свободно подвешена защелка 8. Ее колебания ограничиваются направляющей планкой 9. К нижним концам клещевин шарнирно подвешены башмаки 14, скобы 11 и упоры 2, которые ограничивают перемещение П-образных скоб при подъеме порожнего ГУ.

Скобой 5 ГУ навешивается на крюк крана. При этом маятниковая защелка прижимается к штифту и между П-образными скобами и башмаками создается зазор, необходимый для установки ГУ на рулон. При дальнейшем опускании крюка крана верхняя часть ГУ опускается и защелка прутком выводится из зацепления со штифтом. Затем поднимается рулон, который прочно зажат между П-образными скобами и башмаками. Для освобождения груза верхнюю часть ГУ опускают до тех пор, пока зев маятниковой защелки не окажется ниже штифта. При повторном подъеме груза зев защелки автоматически упирается в штифт и клещевинны и скобы остаются разжатыми.

На рис. 3.65 представлены некоторые рычажные фрикционно-зажимные ГУ, применяемые в строительной промышленности ГДР (табл. 3.24).

3.23. Параметры рычажных фрикционных самозажимных ГУ

| Грузоподъемность, т | Раскрытие, мм | Габаритные размеры, мм | | | Масса, кг | Назначение |
|---------------------|---------------|------------------------|--------|--------|-----------|------------|
| | | длина | ширина | высота | | |

Со стягивающей рычажной системой. Для фиксации в открытом положении ГУ имеет рычаг-ограничитель, устанавливающий зажимные башмаки на два размера груза по толщине (см. рис. 3.64, а)

| | | | | | | |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|----|--|
| 0,4 | 320 ... 420 | 956 ... 645 | 783 ... 956 | 783 ... 956 | 22 | Для перемещения небольших штучных грузов (контейнеров, кирпичных блоков и др.) |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|----|--|

Со стягивающей рычажной системой и с совмещенными средними шарнирами рычагов в один шарнир, без горизонтального звена (см. рис. 3.64, б)

| | | | | | | |
|-----|-------------|---|---|---|----|---|
| 0,4 | 300 ... 450 | — | — | — | 22 | Для подъема и транспортирования круглых деталей, изготовленных из толстолистового металла |
|-----|-------------|---|---|---|----|---|

При стягивании рычажной системы груз обжимается в четырех точках по внутреннему и наружному диаметру. Включает две П-образные скобы с губками, упирающимися в груз изнутри. Снаружи груз прижимается шарнирными рычагами, установленными на концах зажимных рычагов. Имеется устройство для автоматического съема груза (см. рис. 3.64, в)

| | | | | | | |
|---|---|------|-----|------|-----|---|
| 5 | 1050 ... 1450 * 650 ... 750 ** | 2000 | 180 | 2600 | 710 | Для перегрузки рулонов листовой стали и других грузов цилиндрической формы с внутренней цилиндрической полостью |
|---|---|------|-----|------|-----|---|

С распорной рычажной системой и управляемым сцепляющим приспособлением для удержания ГУ в раскрытом положении. Имеются четыре колодки со съёмными зубчатыми накладками (см. рис. 3.64, г)

| | | | | | | |
|-----|-----|------|-----|-----|-----|--|
| 1,1 | 750 | 1100 | 280 | 800 | 178 | Для захвата и транспортирования тубингов за параллельные борта |
|-----|-----|------|-----|-----|-----|--|

* По наружному диаметру.

** По внутреннему диаметру.

3.24. Параметры фрикционно-зажимных ГУ (ГДР)

| Параметр | Конструктивная схема | | |
|---------------------|----------------------|--------------|---------------|
| | Рис. 3.65, а | Рис. 3.65, б | Рис. 3.65, в |
| Грузоподъемность, т | 2 | 1 | 1,5 |
| Масса, т | 0,22 | 0,1 | 0,16 |
| Ширина зева S, мм | 190 ... 290 | 580 ... 600 | 720 ... 750 |
| Параметр | Конструктивная схема | | |
| | Рис. 3.65, г | Рис. 3.65, д | Рис. 3.65, е |
| Грузоподъемность, т | 2,5 | 1 | 2,5 |
| Масса, т | 0,25 | 0,07 | 0,22 |
| Ширина зева S, мм | 1440 ... 1500 | 60 ... 80 | 500 ... 600 |
| | | | 1750 ... 1850 |

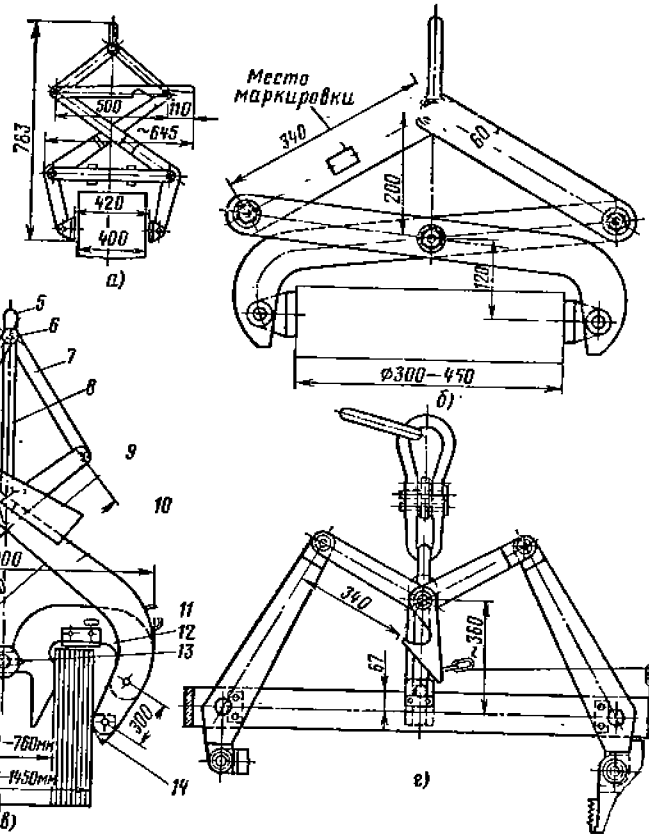


Рис. 3.64. Рычажное фрикционное самозажимное ГУ: а — со стягиваемой рычажной системой; б — со стягиваемой рычажной системой и с совмещенными средними шарнирами; в — для рулонов листовой стали; г — с распорной рычажной системой и управляемым сцепляющим устройством для удержания устройства в раскрытом положении

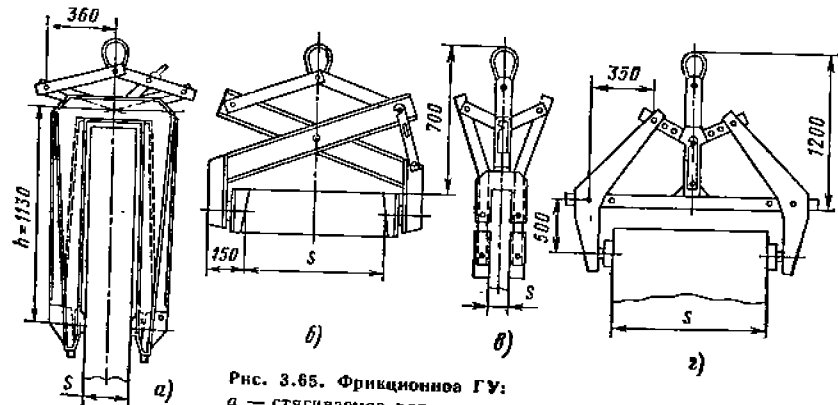


Рис. 3.65. Фрикционное ГУ: а — стягиваемое для узких грузов; б — стягиваемое для широких грузов; в — распорное для узких грузов; г — распорное для широких грузов

3.5.4. РЫЧАЖНО-КАНАТНЫЕ САМОЗАЖИМНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Рычажно-канатные самозажимные ГУ (рис. 3.66) содержат канат, огибающий блоки, установленные на зажимных рычагах. Наличие горизонтальной ветви каната (затяжки) способствует повышению силы сжатия груза. Использование для стягивания канатного полиспаста, ветви которого огибают блоки рычагов, обеспечивает значительное увеличение силы сжатия груза.

Рычажно-канатные ГУ широко применяются при перегрузке тарно-штучных грузов, имеющих значительный диапазон габаритных размеров (табл. 3.25).

3.5.5. РАСЧЕТ ФРИКЦИОННЫХ САМОЗАЖИМНЫХ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

В рычажных фрикционных самозажимных ГУ захватные органы сжимают боковую поверхность груза и удерживают его силой трения. Зажимное устройство обеспечивает необходимую силу сжатия (рис. 3.67). Сила R взаимодействия ГУ с грузом может быть разложена на горизонтальную N и вертикальную V или на нормальную V и касательную T составляющие. При уменьшении сил N или V ниже определенного значения наступит проскальзывание ГУ по грузу.

Предельная нормальная сила сжатия на захватных органах ГУ, при которой начинается проскальзывание груза,

$$V = Q_T / [2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)].$$

Предельная горизонтальная сила сжатия на захватных органах, при которой начинается проскальзывание груза,

$$N = \frac{Q_T \cos \alpha - \mu \sin \alpha}{2 \sin \alpha + \mu \cos \alpha} = \frac{Q_T}{2 \operatorname{tg}(\alpha + \rho)},$$

где Q_T — вес груза; α — угол наклона боковой поверхности груза к вертикали (обычно $\alpha \approx 0$); ρ и μ — угол и коэффициент трения между контактными поверхностями захватного органа (колесами, башмаками и др.) и груза.

При $\alpha = 0$ $N = Q_T / (2\mu)$.

В частных случаях угол α может быть положительным (рис. 3.67, б) или отрицательным (рис. 3.67, в).

Для надежного удержания груза на захватных органах необходимо развить усилие зажима $N_1 = Nk_1$, где k_1 — коэффициент запаса силы сжатия, равный 1,25 ... 1,6 (в зависимости от рода груза и характера работы). Чем точнее определено значение коэффициента трения μ , тем меньшее значение k_1 может быть принято.

Скольжение отсутствует при условии, что сила трения F на контактных поверхностях равна весу груза или превышает его

$$F = N\mu \geq Q_T / 2.$$

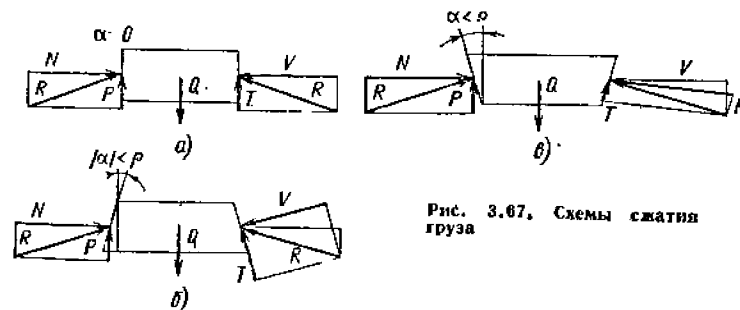
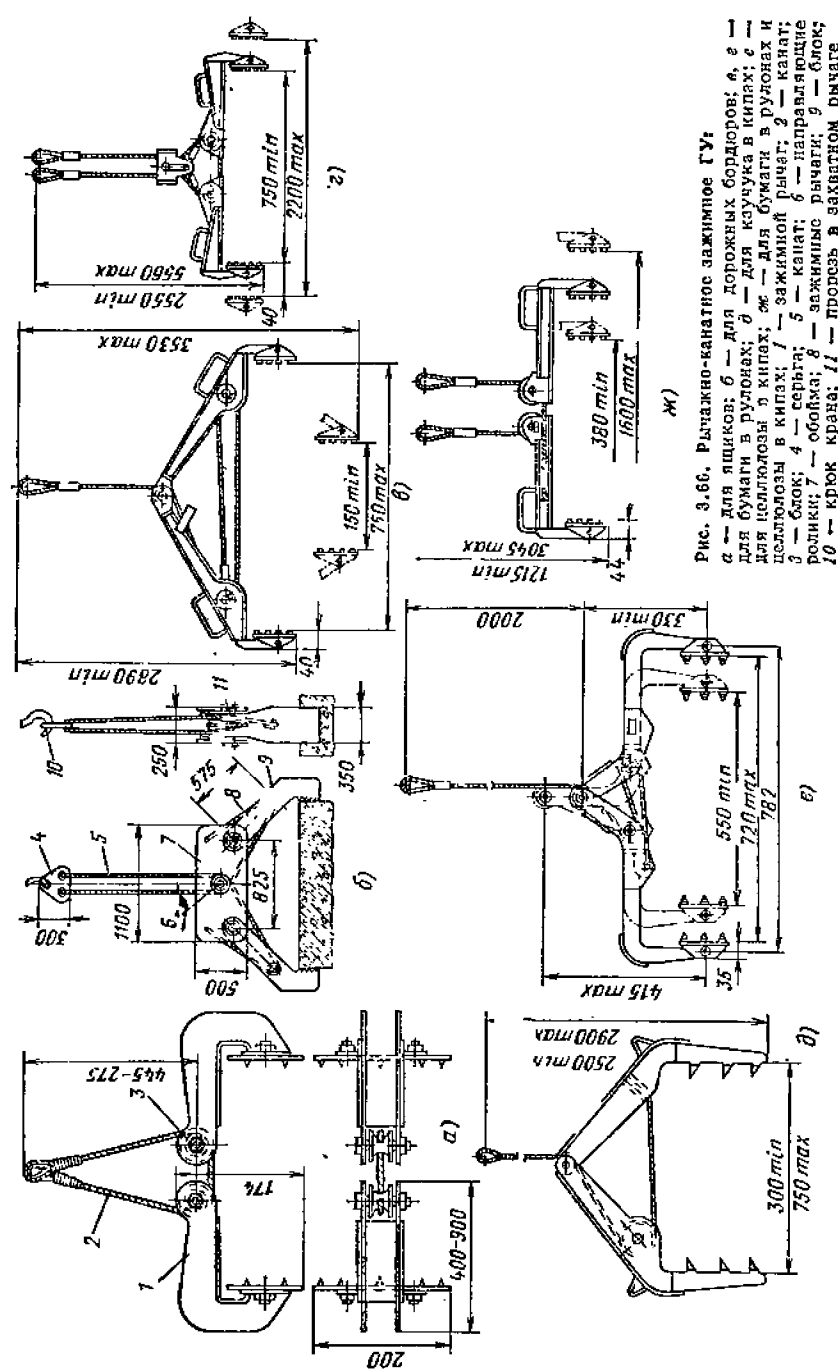


Рис. 3.67. Схемы сжатия груза

Рис. 3.66. Рычажно-канатное зажимное ГУ:
 а — для лещков; б — для дорожных бордюров; в, г — для бумаги в рулонах; д — для катушки в кипах; е — для целлолозы в кипах; ж — для катушки в рулонах и целлолозы в кипах; з — зажимной рычаг; 1 — канат; 2 — блок; 3 — канат; 4 — серьга; 5 — канат; 6 — направляющие ролики; 7 — обойма; 8 — зажимные рычаги; 9 — блок; 10 — крюк крана; 11 — прорез в захватном рычаге



3.25. Параметры рычажно-канатных самозажимных ГУ

| Грузоподъемность, т | Длина раскрытия, мм | Габаритные размеры, мм | | | Масса, кг | Назначение |
|---------------------|---------------------|------------------------|--------|--------|-----------|------------|
| | | Длина | Ширина | Высота | | |

Включает канат, огибающий блоки, установленные на захватных органах (см. рис. 3.66, а) [11]

| | | | | | | |
|------|-------------|-----|-----|-----|-----|--|
| 0,25 | 400 ... 900 | 440 | 200 | 650 | 5,4 | Подъем и транспортирование ящиков и других грузов в прочной таре |
|------|-------------|-----|-----|-----|-----|--|

Четыре ГУ подвешены на траверсе длиной 1500 мм (рис. 3.66, а) [11]

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|-----|--------------------------------------|
| 6 | — | — | — | — | 275 | Перегрузка цветного металла в пачках |
|---|---|---|---|---|-----|--------------------------------------|

Включает две ветви каната, огибающие блоки, установленные на захватных рычагах и обойме. Захватные рычаги шарнирно соединены с обоймой блоков и имеют прорезь для каната (см. рис. 3.66, б) [11]

| | | | | | | |
|-----|---------------|------|-----|------|----|---|
| 0,5 | 1500 ... 2000 | 2000 | 350 | 2800 | 85 | Транспортирование и укладка дорожных бордюров |
|-----|---------------|------|-----|------|----|---|

На траверсе подвешено четыре рычажных ГУ, снабженных полиспастом и обеспечивающих значительное увеличение сжимающей силы (см. рис. 3.65, а). Одновременно перегружает четыре рулона в вертикальном или горизонтальном положении [12]

| | | | | | | |
|-----------------------|-------------|-----|---|------|------------------|--|
| $0,35 \times 4 = 1,4$ | 150 ... 750 | 830 | — | 3530 | 11,5 (одного ГУ) | Перегрузка бумаги в рулонах диаметром 150 ... 750 мм |
|-----------------------|-------------|-----|---|------|------------------|--|

Четыре ГУ подвешены к траверсе для транспортирования в горизонтальном или вертикальном положении четырех рулонов (см. рис. 3.65, а) [12]

| | | | | | | |
|--------------------|--------------|------|---|------|----------------|---|
| $1,5 \times 4 = 6$ | 750 ... 2200 | 2280 | — | 5560 | 29 (одного ГУ) | Перегрузка бумаги в рулонах размерами 750 ... 2200 мм |
|--------------------|--------------|------|---|------|----------------|---|

24 ГУ прикреплены к одноветвевым стропам, подвешенным на овальное звено крюка крана. На каждый строп звена крюка подвешено четыре ГУ. Последнее включает затяжной канат, огибающий блоки, расположенные на одном захватном рычаге (см. рис. 3.65, б) [12]

| | | | | | | |
|-------------------------|-------------|-----|---|------|-----------------|--|
| $0,15 \times 24 = 3,45$ | 300 ... 750 | 850 | — | 2900 | 7,8 (одного ГУ) | Перегрузка каучука в кипках на ГУ размерами 300 ... 750 мм |
|-------------------------|-------------|-----|---|------|-----------------|--|

На рамной траверсе подвешено восемь рычажных ГУ (по четыре в одном ряду), снабженных полиспастами (см. рис. 3.65, в) [12]

| | | | | | | |
|----------------------|-------------|-----|---|------|------------------|---|
| $0,2 \times 8 = 1,6$ | 550 ... 720 | 852 | — | 2300 | 10,3 (одного ГУ) | Перегрузка целлюлозы в кипках размерами под ГУ 550 ... 720 мм |
|----------------------|-------------|-----|---|------|------------------|---|

На рамной траверсе подвешено 12 ГУ (по шесть в одном ряду). Каждое ГУ имеет канат, огибающий блоки, установленные на захватных органах (см. рис. 3.65, ж)

| | | | | | | |
|-----------------------|--------------|------|---|------|----------------|---|
| $0,6 \times 12 = 7,2$ | 380 ... 1600 | 1688 | — | 3045 | 18 (одного ГУ) | Перегрузка бумаги в рулонах и целлюлозы в кипках размерами под ГУ 380 ... 1600 мм |
|-----------------------|--------------|------|---|------|----------------|---|

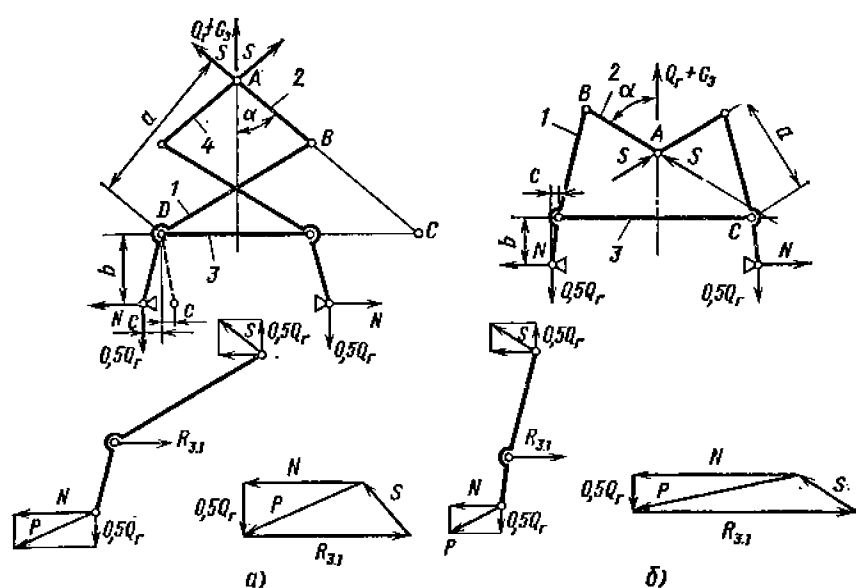


Рис. 3.68. Расчетные схемы рычажных фрикционно-зажимных ГУ: а — со стягивающей рычажной системой; б — с распорной рычажной системой

Во время возрастания усилия зажима при одновременном подъеме груза происходит скольжение рабочих площадок захватных органов по поверхности груза, что может привести к его повреждению. Поэтому в этом случае зажимное усилие должно быть развито полностью до начала подъема груза, т. е. под действием только веса ГУ. В этом случае

$$F = G u \eta / 2,$$

где G — вес ГУ; u — передаточная функция зажимного устройства; η — КПД ГУ.

При предварительном зажиме груза под действием усилий, создаваемых при закрытии захватных органов специальными дополнительными устройствами (силовым цилиндром, электромагнитом и др.), сила трения

$$F' = F + P_1 u_1 \eta_1,$$

где P_1 — сила, создаваемая дополнительным устройством; u_1 — передаточное отношение между исполнительным органом дополнительного устройства и рабочими площадками захватных органов; η_1 — КПД передачи дополнительного устройства — ГУ.

Силу сжатия N и усилия в шарнирах определяют из уравнения равновесия отдельных звеньев относительно оси шарнира.

Для ГУ со стягивающей рычажной системой (рис. 3.68) силу сжатия N и реакцию в шарнирах определяют следующим образом: на рычаг 1 действуют силы S и $0,5Q_r$, силы N и $R_{3,1}$ совпадают с направлением звена 3, так как на него не действуют никакие внешние силы.

Усилия S , действующие в шарнирах тяг 2 и 4, можно найти из условия равновесия узла А, раскладывая силу Q_r на составляющие по направлению тяг 2 и 4 (рис. 3.68, а). При угле α между вертикалью и тягой 2

$$S = (Q_r + G_g) / (2 \cos \alpha),$$

где Q_r — вес груза; G_g — вес ГУ.

Из уравнения равновесия рычагов относительно шарнира D:

$$S a + 0,5 Q_r c - N k_1 b = 0,$$

Откуда

$$N = (Sa + 0,5Q_{rc})/k_1 b.$$

После подстановки значений N и S получаем

$$\frac{Q_r k_1}{2\mu} = \left(\frac{Q_{ra}}{2 \cos \alpha} + \frac{Q_{rc}}{2} + \frac{G_3 a}{2 \cos \alpha} \right) / b,$$

откуда

$$\frac{k_1}{\mu} = \frac{a}{b \cos \alpha} + \frac{c}{b} + \frac{G_3}{Q_r} \frac{a}{b \cos \alpha},$$

или

$$\frac{k_1}{\mu} = \left[\frac{a \left(1 + \frac{G_3}{Q_r} \right)}{\cos \alpha} + c \right] / b,$$

что и определяет соотношение плеч a , b , c .

Реакции в шарнирах $R_{2,1}$ и P находят из силового многоугольника (рис. 3.68, а). Соотношение угловых скоростей звеньев 2 и 1 $k = BC/AB$.

Определение силы сжатия и усилий в шарнирах ГУ с распорной рычажной системой (рис. 3.68, б) производится так же, как и для рассмотренного выше ГУ.

Передаточная функция зажимного устройства $u = 2N/Q_r$, где N — горизонтальная сила сжатия, передаваемая захватным органом на груз (см. рис. 3.68), определенная без учета трения в шарнирах, но с учетом коэффициента запаса k_1 .

Передаточная функция обычно изменяется при изменении толщины поднимаемого груза, поэтому при проектировании ГУ следует стремиться к минимальному изменению ее в рабочем диапазоне.

Для ГУ, в которых при взаимодействии зажимных органов с грузом происходит их врезание в материал груза, взаимное проскальзывание слоев груза, передаточную функцию определяют экспериментально или на основании опыта длительной экслюатации аналогичных конструкций.

Коэффициент трения контактного элемента захватного органа и груза зависит от многих факторов и, в первую очередь, от рода поверхности взаимодействующей пары, параметров груза, чистоты контактирующих поверхностей, их формы (круглой или прямоугольной), влажности или загрязненности поверхности груза, давления на поверхности контакта (табл. 3.26).

Из-за потерь на трение в шарнирах рычагов и сопротивления в канатных блоках зажимного устройства может происходить некоторое снижение полезного

3.26. Значения коэффициента трения между контактным элементом захватного органа и грузом

| Поверхность | | Коэффициент трения μ |
|--|------------------|--------------------------|
| контактного элемента захватного органа | груза | |
| Гладкая металлическая | Металлическая | 0,12 ... 0,15 |
| Рифленая металлическая * | » | 0,3 ... 0,4 |
| Гладкая металлическая | Деревянная | 0,3 ... 0,5 |
| » | Бетонная | 0,55 ... 0,66 ** |
| Рифленая металлическая | » | 0,55 ... 0,7 ** |
| Гладкая металлическая | Газобетон | 0,5 ... 0,6 |
| Рифленая металлическая | » | 0,7 ... 0,9 |
| Обрезиненная | Газобетонная | 0,68 ... 0,78 |
| Гладкая металлическая | Камень-известняк | 0,13 ... 0,2 |
| Насеченная металлическая | » | 0,45 ... 0,65 |

* Насечка закалена.

** Большие значения относятся к $p = 1$ МПа, меньшие к $p = 5$ МПа.

усилия сжатия захватных органов. При этом КПД ГУ принимают равным 1 при установке подшипников качения во всех шарнирах рычагов; 0,9 для рычажных и 0,85 для полиспастных и рычажно-полиспастных ГУ при приближенном их расчете.

При уточненном расчете КПД определяют по формуле

$$\eta = 1 - \Delta N/N,$$

где ΔN — потери силы N , вызванные трением в шарнирах и сопротивлением в канатных блоках; N — горизонтальная сила сжатия, определенная без учета трения.

3.5.6. КОНСТРУКЦИИ ЗАХВАТНОГО ОРГАНА ЗАЖИМНОГО ГРУЗОЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА И ДАВЛЕНИЕ ПРИ ЕГО КОНТАКТЕ С ГРУЗОМ

Захватные органы (прижимы) фрикционно-зажимных ГУ выполняют в виде прижимных лап, башмаков или пластин. Захватные органы прикрепляют к ГУ жестко (рис. 3.69, а), шарнирно на цилиндрических (рис. 3.69, б) и шаровых (рис. 3.69, в) шарнирах. Применяют и другие конструкции крепления прижимов.

Конструкции захватных органов приведены на рис. 3.70. В зависимости от транспортируемого груза их выполняют жесткими, полужесткими и мягкими. Жесткие прижимы изготавливают из высокоуглеродистой стали с шипами, насечкой и гладкие и подвергают термообработке. Полуужесткие прижимы выполняют из металла с накладкой из толстой резины или конвейерной ленты, а мягкие — из металла с накладкой из пористой резины и других аналогичных материалов.

Конструкцию прижимов выбирают в зависимости от захватываемого груза — его формы, конструкции, размеров и способа его перегрузки. Основными требованиями к форме и материалу прижимных элементов являются обеспечение высокого коэффициента трения между контактирующими поверхностями, сохранности поверхности поднимаемого груза, длительного срока службы и неповреждаемости поверхности прижима. Особенно если она выполнена с насечкой. С этой целью рекомендуется насечки прижимов для транспортирования каменных материалов выполнять заостренными несимметричного профиля с передним углом заточки около 5° , из малоуглеродистых сталей 15 или 15Х с цементацией на глубину 0,8 мм. Возможна также поверхностная либо объемная закалка с низкотемпературным отпуском в случае применения сталей 45 или 45Х. На рис. 3.70, и показаны профили насечек прижимов для бетонных изделий, используемых в ГДР. Фрикционные резиновые накладки с высоким коэффициентом трения нельзя применять при каменных и других аналогичных материалах. Более целесообразно использование накладок в виде стальных канатов, расположенных нормально к направлению силы тяжести груза.

Давление в месте контакта прижимного элемента с грузом принимают изменяющимся по линейному закону по высоте и равномерно по ширине. Силы давления груза на шарнирный прижим (рис. 3.71) (сила N и N_0 приложены в центре прижима) определяют из соотношений:

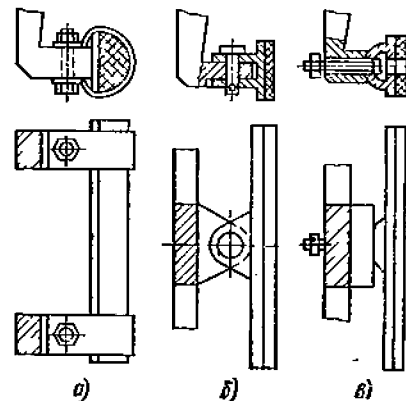
$$S = (Q_r + G_3)/(2 \cos \gamma); \quad S_0 = S \cos \beta;$$

$$N = N_0 \cos \alpha; \quad T = N_0 \sin \alpha;$$

$$N_0 = S_0 \operatorname{ctg} \alpha; \quad Z = S \cos \gamma;$$

$$\beta + \gamma = 90^\circ - \alpha.$$

Рис. 3.69. Крепление захватных органов: а — жесткое; б — балансировое; в — шаровое



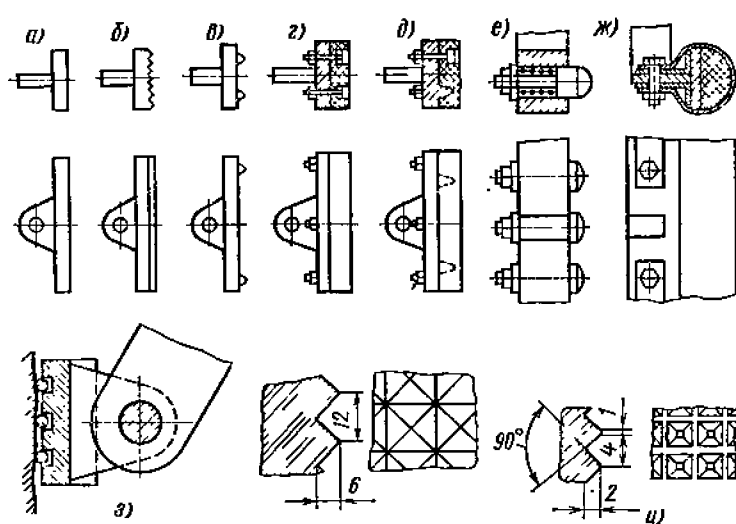


Рис. 3.70. Конструкция захватных органов зажимных ГУ: а — гладкая металлическая; б — с насечкой; в — с шипами; г — с накладкой из толстой резины; д — то же, с шипами внутри; е — в виде кулачков на пружине; ж — с накладкой из пористой резины, обтянутой конвейерной лентой; з — с накладкой из стальных канатов; и — профильные насечки поверхности контакта

Перенеся все силы в точку O в середине прижима, получим:

сжимающая сила N ;
 момент $M = Nl + Tc$;
 сдвигающая сила $Y = T + Q_r/2$.
 Тогда давления составляют от силы N

от момента по краям

$$p_0 = Nl/(bh);$$

$$p_1 = \frac{M}{W} = \frac{M}{(bh^2/6)} = \frac{6(Nl + Tc)}{bh^3};$$

окончательно по кромкам

$$p = p_0 \pm p_1,$$

где b — ширина прижима.

При $p_1 > p_0$ давление p становится отрицательным, что приводит к повороту прижима, сокращению площади контакта и резкому увеличению давления. Такое положение будет иметь место при $p_1 = p_0$, т. е. при

$$l > (h/6) \operatorname{ctg} \alpha.$$

Чтобы давление было равномерным, т. е. $p_1 = 0$, необходимо выполнение условия

$$p_1 = 6(Nl + Tc)/(bh^3) = 0 \text{ или } Nl = -Tc.$$

Рис. 3.71. Расчетная схема для определения давления в месте контакта зажимного элемента

Так как $T = N \operatorname{tg} \alpha$,

$$Nl = -N \operatorname{tg} \alpha \cdot c$$

и, следовательно,

$$l = -c \operatorname{tg} \alpha,$$

т. е. шарнир следует размещать выше середины прижима.

3.6. ЗАЖИМНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА С АВТОМАТИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

3.6.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Автоматизация работы зажимных ГУ обычно осуществляется путем фиксирования их захватных органов в положениях захвата груза, его перемещения, освобождения груза и перемещения грузозахватного устройства без груза (порожного). Для этого применяют различные приспособления, элементы которых связаны с подвижными и неподвижными частями ГУ и взаимодействующие между собой при его работе. Обычно автоматический захват и освобождение груза осуществляются последовательным движением крюка крана вверх и вниз. Даже при небольшом навыке крановщик легко осваивает эти операции.

Применение ГУ с автоматическим управлением для выполнения различных работ, особенно погрузочно-разгрузочных повышает производительность труда и способствует улучшению условий безопасности производства работ, так как не требуется непосредственного участия человека при обработке грузов. Если не надо ориентировать груз в пространстве, то отпадает необходимость в дополнительном обслуживающем персонале; оператор грузоподъемной машины один осуществляет операции по перегрузке грузов.

Одним из преимуществ ГУ с автоматическим управлением является возможность использования большинства из них непосредственно на крюке крана и без подвода энергии, что помимо автоматизации операций застропки и отстропки грузов обеспечивает быструю их замену без перепасовки канатов грузоподъемного полиспаста. Однако большое разнообразие грузовых единиц, различные формы, массы, размеров и других параметров создают некоторые трудности для серийного изготовления ГУ с автоматическим управлением и лишают их универсальности.

В простом исполнении ГУ с автоматическим управлением его захватывающие и зажимные элементы соответствуют размеру груза; при малых зазорах между захватывающими элементами посадка ГУ на груз без участия такелажника усложняется и удлиняется по времени.

При возрастании скоростей движения крана появляется необходимость в дополнительных устройствах, обеспечивающих точную наводку ГУ на груз. Разработанные в последнее время различные устройства для устранения вышеуказанных недостатков ГУ значительно усложняют их конструкции. В то же время для поддержания постоянной работоспособности и надежности они нуждаются в более тщательном обслуживании.

3.6.2. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА С ЧЕТЫРЕХТАКТНЫМ МЕХАНИЗМОМ ФИКСАЦИИ ЗАХВАТНЫХ ОРГАНОВ

Наибольшее применение имеют ГУ с механизмом фиксации захватных органов, работающим по четырехтактному циклу. Широкое распространение получило механическое ГУ с автоматическим управлением с использованием механизма фиксации положения зажимных рычагов (рис. 3.72, а). Оно состоит из рамы 8 с направляющей 2 и опорами 1, на которых при помощи осей 4 шарнирно смонтированы захватные рычаги 3 и траверсы 6 с сергой; при помощи последней ГУ подвешивается на крюке крана. Плечи захватных рычагов 3 шарнирно соединены жесткими тягами 5 с траверсой 6. Рама 8 соединена с траверсой 6 меха-

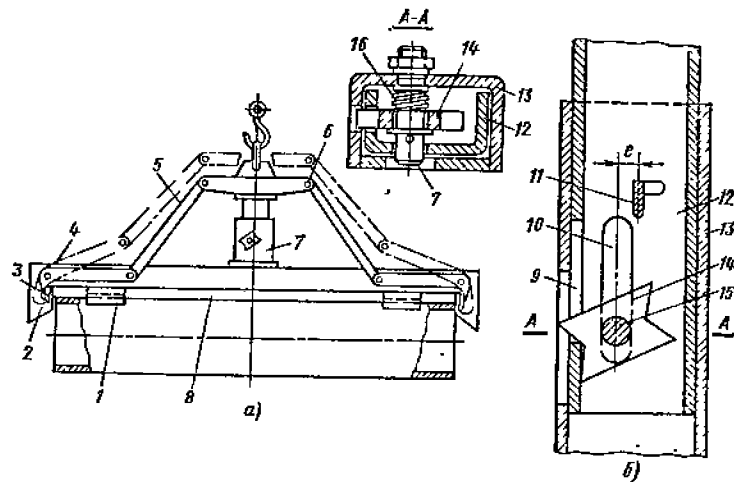


Рис. 3.72. Автоматическое ГУ с четырехтактным механизмом фиксации захватных органов
а — общий вид; б — механизм фиксации

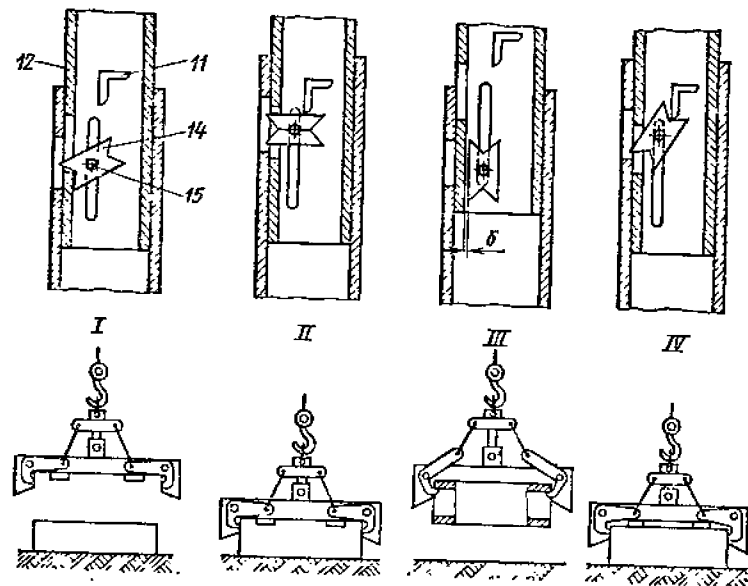


Рис. 3.73. Схема работы механизма фиксации автоматизированного ГУ (позиции по рис. 3.72)

низмом фиксации 7, который (рис. 3.72, б) состоит из коробчатой стойки 13, являющейся направляющей, и входящего в нее ползуна 12. На стойке укреплена ось 15 с насаженной на нее свободноповоротной звездочкой 14. На ползуне укреплен упор 11, сделан паз 10 для прохода в него оси 15. В прилегающих стенках стойки и ползуна против звездочки выполнены прорезы 9 в виде прямоугольных окон. Звездочка 14 подпружинена пружиной 16 для предотвращения от свободного поворота.

Коробчатая стойка 13 прикреплена на раме, а ползун 12 — на траверсе ГУ. Ось со звездочкой и упор присоединены соответственно к стойке и ползуну с эксцентриситетом e , благодаря которому создается крутящий момент, поворачивающий звездочку в направлении часовой стрелки.

Работа ГУ и механизма фиксации характеризуется четырехтактным циклом, при каждом такте которого звездочка занимает строго определенное положение (рис. 3.73).

Такт I. Исходное положение. Звездочка расклинена в прорези ползуна и препятствует перемещению стойки вместе с рамой вниз относительно ползуна с траверсой; она находится под нагрузкой от силы тяжести стойки и рамы. Захватные рычаги открыты. Жесткие тяги, соединяющие плечи захватных рычагов с траверсой, под нагрузкой не находятся.

Такт II. Опускание ГУ на груз. В момент посадки рамы на груз ее движение вниз вместе со стойкой и, следовательно, звездочкой прекращается; крюк крана с траверсой и ползуном продолжает опускаться. Ползун, упираясь в удлиненную плоскость звездочки, поворачивает ее. Нижняя кромка прорези ползуна, заклинившая в такте I звездочку, теперь не препятствует ее повороту, так как она опускается при движении ползуна вниз. Звездочка занимает горизонтальное положение.

Такт III. Захватывание груза и его подъем. При подъеме крюка траверса вместе с ползуном перемещается вверх, поворачивая звездочку нижней кромкой прорези ползуна. Одновременно жесткие тяги поворачивают захватные рычаги, рабочие концы которых производят захват груза. При дальнейшем подъеме происходит плотный захват груза, отрыв его от площадки и перемещение. В таком положении механизм фиксации полностью разгружен; нагрузка от силы тяжести груза, рамы и стойки передается через захватные рычаги на жесткие тяги и далее на траверсу и крюк крана. Звездочка занимает вертикальное положение.

Такт IV. Освобождение от груза и приведение ГУ в исходное положение. При опускании груза в момент касания площадки рама со стойкой останавливается; крюк крана вместе с траверсой и ползуном продолжает опускаться. Ползун, перемещаясь вниз внутри стойки, упирается своим упором в вырез звездочки и поворачивает ее. Одновременно жесткие тяги поворачивают захватные рычаги, освобождая ГУ от груза. На рис. 3.73 показан момент полного опускания ползуна вниз; звездочка повернулась на оси и своим лучом вошла в прорези ползуна и стойки. Теперь при подъеме крюка ползун будет перемещаться вверх, коснется нижней кромкой своей прорези наклонной плоскости луча звездочки и повернет ее до расклинивания. В момент расклинивания произойдет отрыв захвата от груза и его дальнейший подъем. ГУ и механизм фиксации вновь займут положение такта I. Далее цикл повторится.

Относительно несложное конструктивное выполнение и возможность изготовления механизма фиксации в виде отдельного узла делает его универсальным и позволяет использовать в ГУ различной конструкции; при этом последнее становится автоматическим.

3.6.3. РАСЧЕТ МЕХАНИЗМА ФИКСАЦИИ

Расчетной нагрузкой для механизма фиксации является вес ГУ в порожнем состоянии при расклинивании звездочки. При перемещении груженого ГУ (подъем, транспортирование и опускание) механизм фиксации не подвержен нагрузкам, звездочка находится в вертикальном положении (см. рис. 3.74, III).

В опущенном положении ГУ при освобождении груза звездочка расклинивается упором сверху под действием силы тяжести подвижных частей (см. рис. 3.73, IV).

Нагрузка на ось звездочки

$$F = G_{п.ч} / \cos \alpha,$$

где $G_{п.ч}$ — вес подвижных частей ГУ; α — угол наклона звездочки к вертикали.

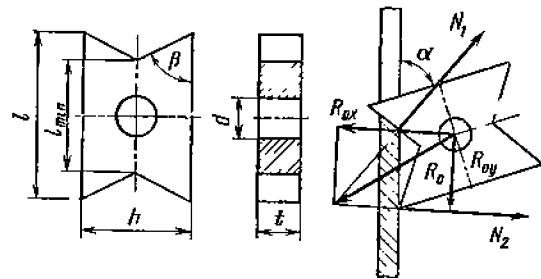


Рис. 3.74. Расчетная схема четырехзатного механизма фиксации ГУ

В процессе подъема, транспортирования и опускания ГУ к месту погрузки звездочка расклинивается нижним вырезом в нижнюю кромку паза ползуна (см. рис. 3.73, I). На звездочку, находящуюся в равновесии, действуют три силы:

реакция оси звездочки R_0 и реакции ползуна N_1 и N_2 (рис. 3.74). Реакции N_1 и N_2 направлены по нормали к опорным поверхностям, а R_0 — в точку пересечения сил N_1 и N_2 . Горизонтальная составляющая силы R_0 является силой распора, вертикальная — весом неподвижных частей ГУ.

В опущенном положении устройства при захвате груза звездочка расположена горизонтально (см. рис. 3.73, II); на ее ось действует сила тяжести подвижных частей грузозахватного устройства с учетом веса крюковой подвески.

Толщину звездочки t и диаметр оси d определяют, исходя из нагрузки на ось звездочки. Следует учитывать конечное закрепление оси звездочки в стенке (см. рис. 3.74).

Ширину звездочки h проверяют по условию прочности, но обычно принимают $h \approx 3d$.

Длина звездочки

$$l = l_{\min} + h \operatorname{ctg} \beta,$$

где l_{\min} — наименьшая длина звездочки, обычно $l_{\min} = h$; β — угол наклона рабочей поверхности звездочки (рекомендуется принимать $\beta = 50 \dots 60^\circ$).

Ось должна быть установлена на одном уровне с серединой прямоугольного паза направляющей. Расстояние от оси звездочки до стенки стойки должно быть таким, чтобы зазор δ в грузе состоянии между звездочкой и стойкой ползуна с прорезью был не более 2 ... 3 мм (см. рис. 3.73, III) [4].

3.6.4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ С ЧЕТЫРЕХЗАТНЫМ МЕХАНИЗМОМ ФИКСАЦИИ

ГУ наиболее распространенных типов с автоматическим управлением, снабженных четырехзатным механизмом фиксации положения захватных органов в процессе их работы показаны на рис. 3.75—3.77 (табл. 3.27).

3.27 Параметры ГУ с автоматическим управлением и механизмом фиксации

| Грузоподъемность, т | Расстояние между осями захватных органов, мм | Габаритные размеры, мм | | | Масса, кг | Назначение |
|---------------------|--|------------------------|--------|--------|-----------|------------|
| | | Длина | Ширина | Высота | | |

Состоит из двух рам: подвижной и неподвижной. Подвижная рама снабжена грузовой скобой, соединенная с рычажной системой с клещевым захватным органом и перемещается по направляющим, закрепленным на неподвижной раме, к концам которых приварены пластины с прорезями. Внутри прорезей перемещаются пальцы клещезахватного органа. Между рамами размещен механизм фиксации рычагов системы (см. рис. 3.75, а) [1]

| | | | | | | |
|---|------|------|-----|------|-----|--|
| 3 | 3000 | 3200 | 500 | 1400 | 290 | Транспортирование опор контактной сети электрифицируемых железнодорожных линий |
|---|------|------|-----|------|-----|--|

Конструктивное выполнение то же, что по рис. 3.75, а [1]

| | | | | | | |
|---|------|------|-----|------|-----|---------------------------------------|
| 1 | 2000 | 2200 | 400 | 1300 | 190 | Транспортирование опор автоблокировки |
|---|------|------|-----|------|-----|---------------------------------------|

| Грузоподъемность, т | Расстояние между осями захватных органов, мм | Габаритные размеры, мм | | | Масса, кг | Назначение |
|---------------------|--|------------------------|--------|--------|-----------|------------|
| | | Длина | Ширина | Высота | | |

Конструктивное выполнение то же, что и по рис. 3.75, а, но в отличие от него ГУ снабжено дополнительной верхней траверсой со стропами, которые предназначены для одновременной перегрузки двух форм или четырех полуформ с опорами. Зажимные рычаги могут автоматически отклоняться от вертикальной оси, что необходимо для изменения расстояния между осями захватываемых опор [1]

| | | | | | | |
|---|------|------|-----|------|-----|---|
| 5 | 3000 | 6340 | 800 | 1600 | 950 | Для одновременного транспортирования двух опор автоблокировки на заводах железобетонных конструкций или погрузки опор на подвижной состав |
|---|------|------|-----|------|-----|---|

Имеется устройство, позволяющее изменять положение захватных органов в зависимости от длины перегружаемой плиты. Количество одновременно поднимаемых плит 1, 2 (см. рис. 3.75, б) [1]

| | | | | | | |
|------------|---------------|------|-----|------|------|--|
| 5 (тип I) | 5760 ... 6400 | 6600 | 950 | 2200 | 1000 | Штабелирование и перегрузка железобетонных труб на автомобильном и железнодорожном транспорте на складах готовой продукции заводов ЖБК |
| 5 (тип II) | 2700 ... 3180 | 3400 | 950 | 2200 | 900 | |

Конструктивное исполнение и принцип действия такие же, как и для ГУ, показанного на рис. 3.75, б, дополнительно оборудовано крюками со стропами грузоподъемностью 2 т

| | | | | | | |
|----|---------------|------|---|------|-----|--|
| 8 | 5680 | 6400 | — | 1680 | 835 | Транспортирование труб с раструбом различных диаметров, незначительно отличающихся по длине. Крюки используются для захвата труб небольшого диаметра. Для подъема формовочной кровельной настилы и перекрытия при загрузке и разгрузке пропарочных камер на железобетонных заводах |
| 10 | 1380 ... 4000 | 4100 | — | — | 900 | |

Захватные органы траверсы попарно соединены между собой канатами, запасованными на два расположенных один под другим полиспаста, подвижные блоки которых закреплены на раме, а неподвижные на траверсе. Траверса содержит раму, в направляющих которой передвигаются каретки с захватами. Между подвижной балкой и рамой смонтирован механизм фиксации. На концах балки смонтированы верхняя и нижняя системы четырехкратного полиспаста (см. рис. 3.75, в) [11]

| | | | | | | |
|----|--|------|---|------|-----|---|
| 10 | 1700 ... 3200 (ширина транспортируемых форм) | 4200 | — | 3000 | 890 | Транспортирование форм различной ширины при изготовлении строительных изделий |
|----|--|------|---|------|-----|---|

Выполнено в виде клещей, сжимающих торцевые стенки ящика. Снабжено механизмом фиксации, обеспечивающим попеременность раскрытия и сжатия клещей (см. рис. 3.76, а) [11]

| | | | | | | |
|-----|-----|-----|---|-----|----|-------------------------------------|
| 0,1 | 800 | 920 | — | 630 | 31 | Транспортирование деревянных ящиков |
|-----|-----|-----|---|-----|----|-------------------------------------|

К корпусу при помощи тяг, образующих четырехзвенник, присоединены лапы с шипами. К лапам приварены опорные дуги, удерживающие грузозахватное устройство вертикально в ящике. В средней части корпуса размещен механизм фиксации прижимных лап (см. рис. 3.76, б) [12]

| | | | | | | |
|---|------|------|-----|------|-----|--|
| 2 | 1130 | 1340 | 800 | 1250 | 465 | Перегрузка кирпича в ящиках размером в месте захвата 800 ... 1130 мм |
|---|------|------|-----|------|-----|--|

| Грузоподъемность, т | Расстояние между осями захватных органов, мм | Габаритные размеры, мм | | | Масса, кг | Назначение |
|--|--|------------------------|----------------------|--------|-----------|---|
| | | Длина | Ширина | Высота | | |
| В корпусе размещен механизм распора трех лап и механизм фиксации штока с конусом (см. рис. 3.77, а) [11] | | | | | | |
| 5 | 2000 2500 (внутренний диаметр трубы) | 2310 | 2000 | 1798 | 640 | Перегрузка краем железобетонных труб в вертикальном положении |
| 1,5 | 50 (ход распорных лап) | — | — | — | 210 | Перегрузка железобетонных колец диаметром 1000 ... 1500 мм |
| Конструктивное выполнение то же, что и по рис. 3.77, а | | | | | | |
| 10 | 2000 2500 3000 (диаметра трубы) | 1945 2046 3046 | 1684 2080 2538 | 2620 | 1030 | Для перегрузки труб |

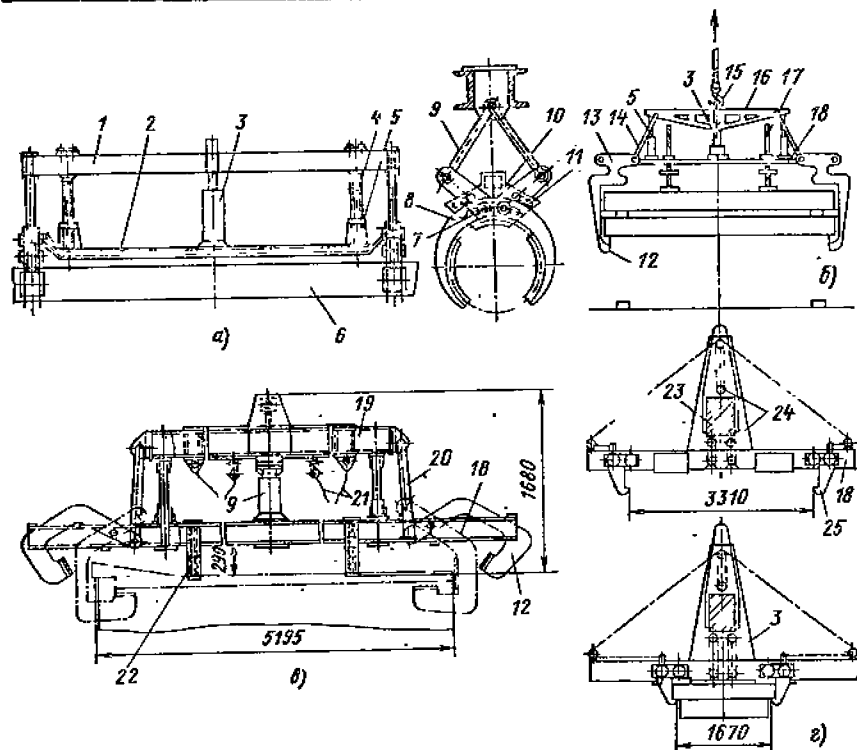


Рис. 3.75. ГУ с автоматическим управлением для строительных изделий:
 а — для длинномерных железобетонных конструкций; б — для железобетонных плит;
 в — для транспортировки труб в горизонтальном положении; г — грузозахватная траверса для транспортировки грузов различной ширины; 1 — подвижная рама; 2 — неподвижная рама; 3 — механизм фиксации; 4 — направляющая; 5 — упор; 6 — транспортируемая опора; 7 — палец; 8 — клещевой захват; 9 — рычажная система; 10 — пластина; 11 — прорезь; 12 — захватный орган; 13 — поворотный кронштейн; 14 — тяга; 15 — серьга; 16 — траверса; 17 — винтовой упор; 18 — рама; 19 — траверса; 20 — тяга; 21 — строп; 22 — ловитель упора; 23 — подвижная балка; 24 — полнсасть; 25 — каретка с захватами

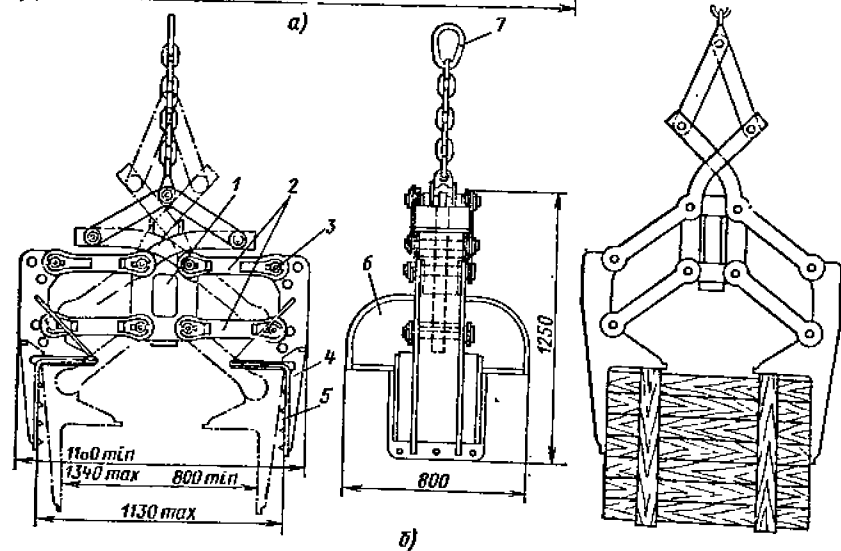
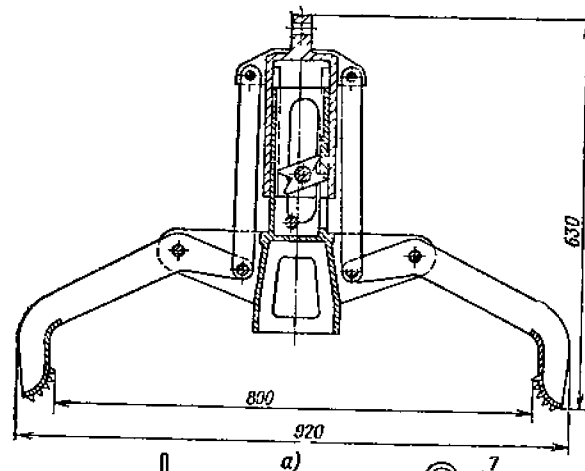


Рис. 3.76. ГУ с автоматическим управлением;

а — для деревянных щипков массой до 1 т; б — для щипков с кирпичом с переменной шириной захвата; 1 — корпус; 2 — тяга; 3 — палец для крепления лап; 4 — шрижидная лапа; 5 — шип; 6 — дуги; 7 — кольцо

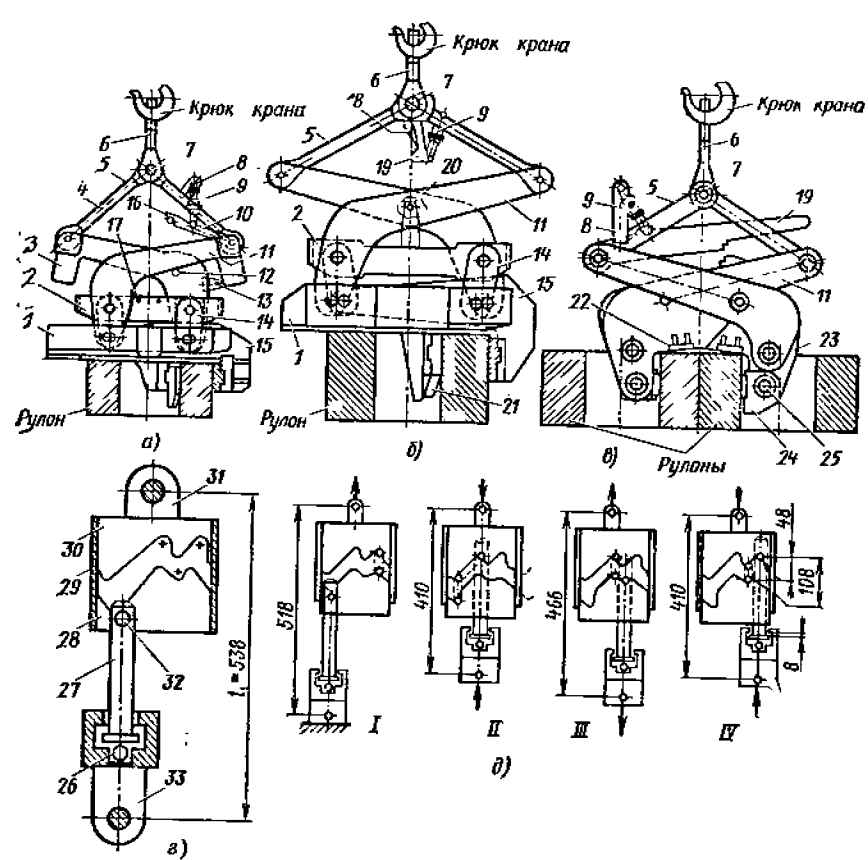
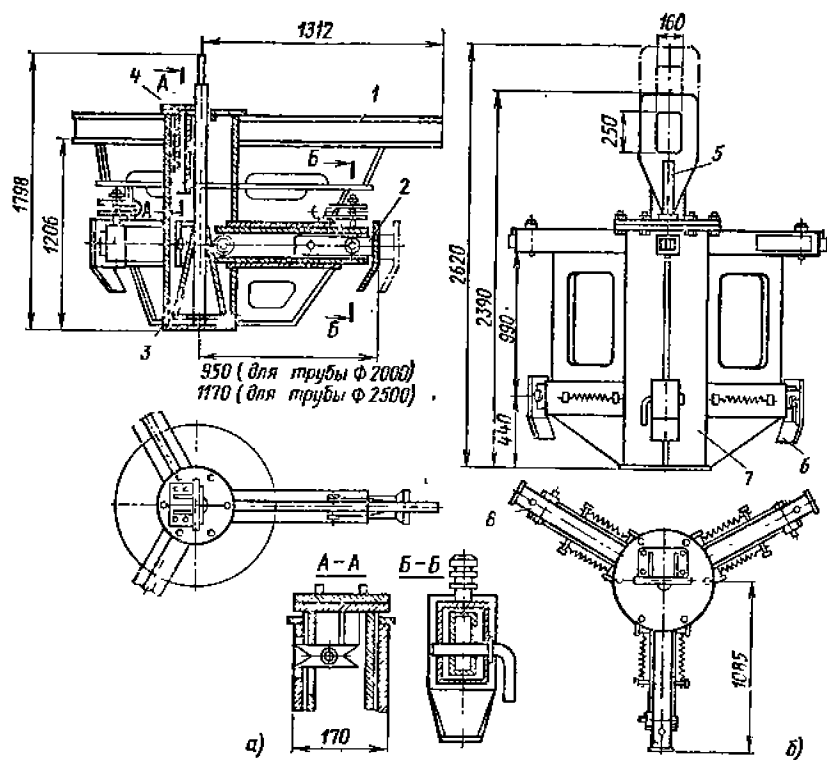


Рис. 3.77. ГУ с автоматическим управлением для перегрузки краном труб:
 а — грузоподъемностью 5 т; б — грузоподъемностью 10 т; 1 — опорная рама; 2 — разжимное устройство; 3 — колусная траверса; 4 — механизм фиксации положения распорных лап; 5 — сердечник; 6 — телескопические лапы; 7 — корпус; 8 — выдвижные ограничители

Рис. 3.78. ГУ с автоматическим управлением для металлических рулонов:
 а, б — для одного рулона грузоподъемностью 10 и 35 т соответственно; в — для двух рулонов; г — штоковый затвор; д — положение затвора в процессе работы; I — положение штока затвора при раскрытых клещах перед взятием рулона; II — то же, при раскрытых клещах при подъеме рулона; III — при зажатых клещах рулонов; IV — при раскрытых клещах при подъеме ГУ без рулона

3.28. Параметры стальных рулонов

| Ширина полосы (высота рулона, мм) | Диаметр, мм | | Масса, т |
|-----------------------------------|-------------|------------|----------|
| | наружный | внутренний | |
| 650 | 1475 | 750 | 6,5 |
| 700 | 1550 | | 7,25 |
| 780 | 1525 | | 8 |
| 870 | 1500 | | 9 |
| 1030 | 2050 | 850 | 21 |
| 1200 | | | 24,1 |
| 1350 | | | 27 |
| 1680 | | | 33,6 |
| 1030 | 2000 | 850 | 19,4 |
| 1200 | | | 22,2 |
| 1350 | | | 25 |
| 1680 | | | 31 |

3.6.5. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУЛОНОВ

Для перегрузки стальной полосы в рулонах в вертикальном положении, размеры которых приведены в табл. 3.28, применяют шарнирно-рычажные фрикционно-зажимные ГУ грузоподъемностью 10, 20 и 35 т. В них использован специальный штоковый затвор для фиксации зажимных органов в четырех положениях: порожнем, при взятии рулонов, подъеме — транспортировании рулона, освобождении.

ГУ грузоподъемностью 10 т применяют для транспортирования одного рулона массой до 9 т; 35 т — одного рулона массой 34 т; 20 т — одновременно двух одинаковых рулонов каждый массой до 9 т.

ГУ грузоподъемностью 35 т производят разгрузку рулонов с платформ в штабеля, а ГУ грузоподъемностью 10 и 20 т — разгрузку с платформ и полувагонов.

ГУ с автоматическим управлением грузоподъемностью 10 т (рис. 3.78, а) состоит из шарнирно-соединенных держателя 15, траверсы 1, серег 14, обоймы 2, рычагов 11, тнг 5, на общем шарнире 7 которых расположена грузовая скоба 6. Для обеспечения четкой работы устройства в стесненных условиях при погрузке рулонов в полувагоны рычаги 11 выполнены с противовесами 3, а их поворот ограничен упорами 17. Поворот тяг 5 ограничивается фиксатором 4. Верхним шарниром штоковый затвор 9 через переходной крошечки 8 соединен с тягой 5, а его нижний шарнир закреплен на защелке 10, взаимодействующей при работе ГУ с осью 12.

В исходном положении (ГУ без рулона) защелка 10 упирается вилкой 16 в ось 12, чем обеспечивается замыкание рычажной системы. При установке ГУ на рулон оно полностью раскрывается, эксцентрик 13, поворачиваясь с рычагом 11, поднимает вверх защелку. При подъеме груза защелка и ось разъединяются, и ГУ захватывает рулон.

ГУ с автоматическим управлением грузоподъемностью 35 т (рис. 3.78, б) состоит из шарнирно-соединенных держателя 15, траверсы 1, серы 14, обоймы 2, рычагов 11, тяг 5, штокового затвора 9. На общем для тяг 5 шарнире 7 расположена грузовая скоба 6 и крюк 18, взаимодействующий при работе ГУ с планкой 19. На держателе и траверсе закреплены прижимные губки 21.

В исходном положении (ГУ без рулона) планка 19 упирается в выступ 20, носок крюка 18 застопорен планкой, чем обеспечивается замыкание рычажной системы. При установке ГУ на рулон оно полностью раскрывается, крюк, скользя по планке 19, отклоняется от вертикального положения. При подъеме груза крюк проходит мимо планки и ГУ захватывает рулон. В местах разгрузки устройство освобождается от рулона и под действием собственного веса полностью раскрывается. Начинается следующий цикл работы.

Автоматическое грузозахватное устройство грузоподъемностью 20 т (рис. 3.78, в) состоит из шарнирно-соединенных клещевин 23, рычагов 11, тяг 5, на общем шарнире 7 которых размещена грузовая скоба 6. Штоковый затвор 9 верхним шарниром через крошгштейн 8 соединен с тягой 5, а его нижний шарнир закреплен на планке 19, замок которой взаимодействует при работе ГУ с замком на рычаге 11.

С клещевинами шарнирно соединены башмаки 24, свободно поворачивающиеся вокруг оси 25, чем обеспечивается сохранение параллельности движения башмаков при захвате рулонов. Для надежности установки ГУ на рулоны к нижней плоскости клещевин прикреплены опоры 22.

Штоковый затвор (рис. 3.78, в) представляет собой два кулачка: верхний 30 и нижний 28, заключенные в направляющую 29. Цилиндрические части кулачков (на рисунке показана развертка) имеют криволинейные вырезы, выполненные таким образом, чтобы при соединении кулачков в общей направляющей между кривыми создавался паз-копир, по которому передвигается палец 32 штока 27, имеющего шаровидную опору 26. На фланцах к верхнему кулачку присоединен верхний шарнир 31 затвора, к корпусу штока — нижний шарнир 33. Паз-копир выполнен таким образом, что выступы кривой нижнего кулачка смещены на некоторый угол относительно впадин верхнего кулачка. При работе затвора этим обеспечивается вращательное движение штока 27 всегда в одном направлении. Впадины кривой нижнего кулачка выполнены переменной глубины, в результате чего ход затвора-автомата имеет разную величину, периодически повторяющуюся в зависимости от выполняемых ГУ операций. Сжатие положение затвора является рабочим, при котором ГУ полностью раскрыто.

При захвате рулонов затвор занимает минимально растянутое положение, в рабочем положении (захват без рулона) он максимально растянут.

На рис. 3.78, д показаны четыре положения штокового затвора в процессе работы ГУ с автоматическим управлением.

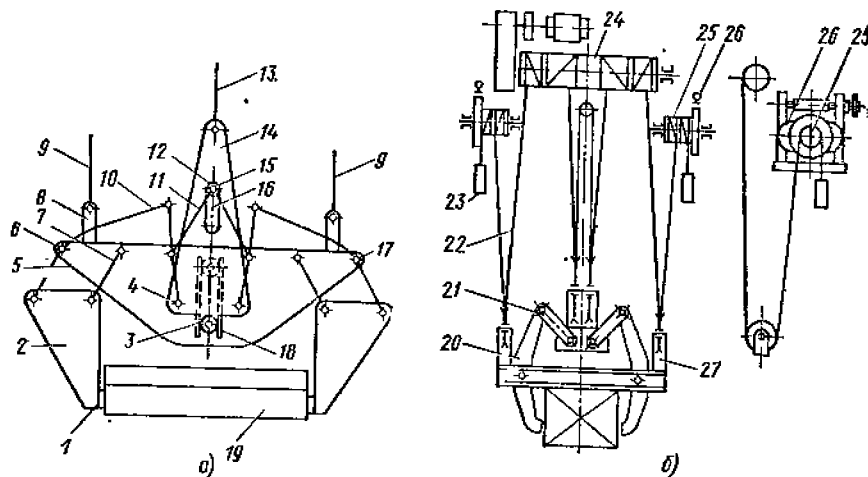


Рис. 3.79. Зажимное ГУ с канатным приводом при помощи:
а — вспомогательного подъемного механизма; б — бесприводной лебедки

Свободные концы коромысел связаны с рычагами 11 и 10. Последние могут поворачиваться на осях 4, укрепленных на тяге 14. Вторые концы направляющих рычагов 11 связаны с осью 15, на которую надеты ролики 12. Смещение последних в направлении, перпендикулярном к продольной оси, ограничивается пазом 16. Тяга связана канатом 13 с механизмом подъема, а корпус ГУ канатами 9 — с механизмом замыкания. Тяга 14 снабжена ползунами 3, выполненными в виде роликов, перемещающихся в направляющих 18, закрепленных на корпусе.

Для транспортирования грузов ГУ с разведенными клещевинами приближают к грузу 19 так, чтобы он оказался между губками 1 клещевин. Затем механизм подъема поднимается тяга 14, коромысла 8 поворачиваются, ползуны 3 при этом перемещаются в направляющих 18, клещевины сближаются и захватывают губками груз. Губки 1 клещевин принудительно удерживаются в одной горизонтальной плоскости перпендикулярно к оси тяги. Принцип действия этого ГУ аналогичен принципу действия двухканатного грейфера.

Несколько иной является схема ГУ, приведенная на рис. 3.79, б. Для его привода можно применять край с одним механизмом 24 подъема, но он должен быть оборудован вспомогательными бесприводными, по снабженными тормозами 26 барабанами 25. ГУ 27 выполняется по схеме двухканатного грейфера, причем механизм 24 подъема используется для поворота при помощи поводков 21 зажимов 20, а бесприводные барабаны 25 поддерживают ГУ.

На барабаны (бесприводной 25 и механизма 24 подъема) запасован с одинаковой кратностью общий канат 22, который заканчивается свободно свисающими с бесприводных барабанов контргрузами 23.

При опускании на груз раскрытого ГУ бесприводной барабан затормаживается. Когда корпус ГУ ляжет на груз, тормоз растормаживается и барабан механизма подъема включается на подъем. Происходит зажим груза, а после того как усилие достигнет некоторого значения, меньшего веса ГУ, начинается подъем противовесов (при перематывании канатов по блокам). После того как противовесы достигнут крайнего положения бесприводные барабаны затормаживаются и происходит подъем груза. ГУ раскрывается в обратном порядке.

3.7. ЗАЖИМНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА С МЕХАНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

3.7.1. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА С КАНАТНЫМ ПРИВОДОМ

Самозажимные ГУ, в которых привод захватных органов является гравитационным, т. е. обжатие груза вызывается силой его тяжести, не всегда могут создать большое обжимное усилие, устранить предварительное скольжение и обеспечить необходимую маневренность и производительность. Эти качества присущи приводным ГУ, которые в том же легко снабжать устройствами дистанционного управления с возможностью в ряде случаев осуществлять подную автоматизацию цикла захвата и освобождения груза.

ГУ с канатным приводом (рис. 3.79, а) получили применение в кранах с двумя механизмами подъема — главным и вспомогательным, наличие которых создает возможность дистанционного управления. В корпусе 5 закреплены оси 6 и 17. На них свободно смонтированы коромысла 8 и серги 7, на концах которых подвешены клещевини 2. Губки 1 клещевин при замыкании и размыкании совершают поступательные движения.

3.7.2. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

В ГУ с электромеханическим приводом электропривод обычно расположен вблизи от захватных органов, что не всегда осуществимо в грузоподъемных кранах, поэтому такие ГУ имеют сравнительно ограниченное применение. Зажимное клещевое ГУ (исполнительный орган) посадочного металлургического крана (рис. 3.80) предназначено для загрузки заготовок в нагревательные печи и выгрузки из печи. Оно укреплено на раме колонны посадочного крана грузоподъемностью 2 ... 3 т. Подъем и опускание колонны ГУ производится при помощи подлиста механизма подъема со скоростью 4 м/мин, а поворот — механизмом вращения со скоростью 36 об/мин.

Механизмы подъема и вращения колонны размещены на главной тележке крана. В нижней части колонны 6, имеющей форку портала, вставлена ось 15, на которой закреплена рама 1. Рама может поворачиваться вокруг оси 15 на некоторый угол при помощи механизма качения 4, установленного на кронштейне 5, закрепленном на колонне 6. На раме 1 смонтирован приводной механизм ГУ. Он состоит из электродвигателя 17, тормоза, фрикционной муфты 16, червячного редуктора 2 и винта 7, имеющего правую и левую нарезки. По этим нарезкам перемещаются гайки 8, связанные при помощи серг 18 с рычагами 9 клещей 13. В узлах крепления гаек размещены пружинные амортизаторы 19, обеспечивающие плавный захват заготовок и снижение динамических нагрузок.

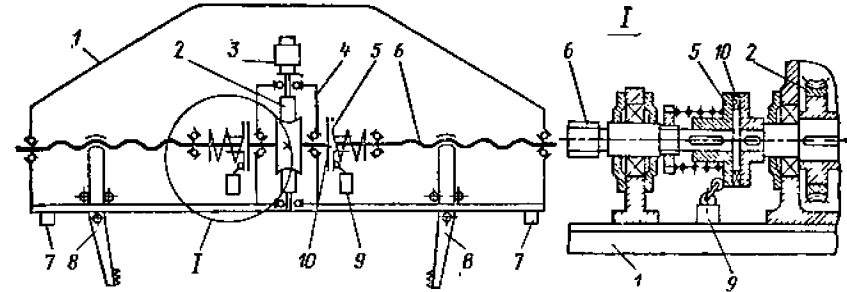
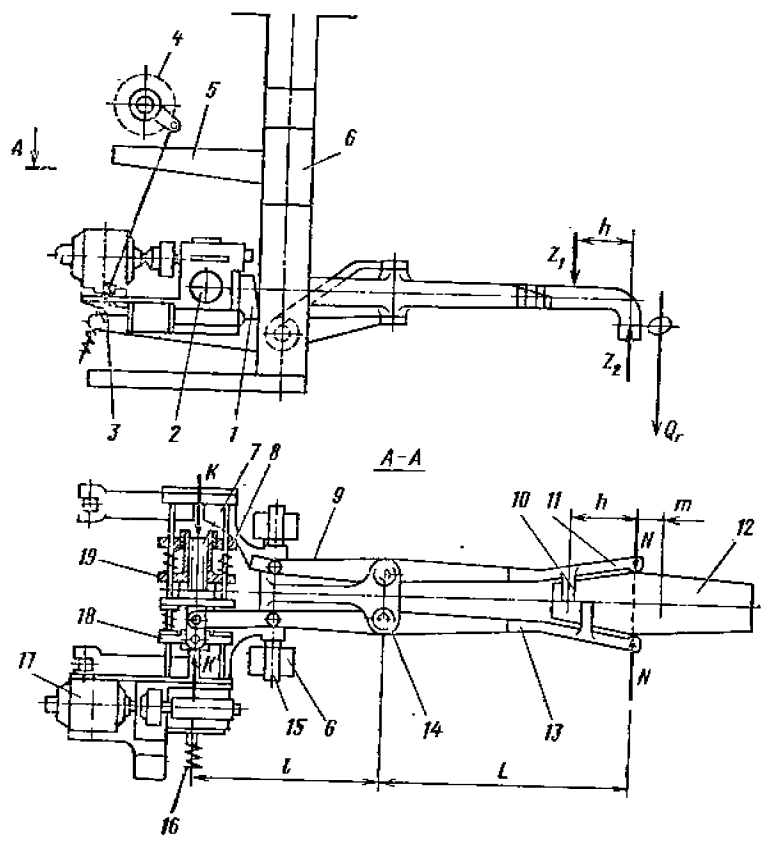


Рис. 3.81. ГУ с прямолинейным поступательным перемещением захватных органов для грузов различной конфигурации

Для предотвращения поломок приводного механизма предусмотрена фрикционная предохранительная муфта 16 предельного момента.

Клещи 13 поворачиваются в горизонтальной плоскости вокруг вертикальных осей 14. Заготовка зажимается кернами 11, помещенными в нижней части клещевина на отогнутых вниз концах. При захвате заготовки 12 ее центр тяжести выходит за пределы клещей и располагается на расстоянии m от кернов 11. Вследствие этого левый конец заготовки при захвате ее поднимается вверх и упирается в один из выступов 10, откованных на клещевинах клещей 13, чем обеспечивается надежное удержание клещами заготовки на весу.

При помощи механизма качения клещи 13 могут брать заготовки с пола цеха. Для снижения динамических нагрузок в механизме качения предусмотрены пружинные амортизаторы 3.

Реакции на зажимных рычагах от веса груза Q_r

$$Z_1 = Q_r m/h; \quad Z_2 = Q_r + Z_1 = Q_r (1 + m/h).$$

Горизонтальные усилия сжатия груза

$$N = Z_2/\mu = Q_r (m + h)/(h\mu),$$

где $\mu = 0,2 \dots 0,3$ — коэффициент трения груза о керн.

Суммарное усилие каждой пары пружин

$$N_{\text{пр}} = (N/2)(L/l).$$

Усилие на гайках 8

$$K = NL/(eh) = Q_r L (m + h)/(h\mu h\eta),$$

где η — КПД шарниров рычагов 9.

Момент трения на винте 7

$$M'_{\text{тр}} = 2Kr \operatorname{tg}(\alpha + \rho),$$

где r — средний радиус нарезки; α — угол подъема резьбы; ρ — угол трения, принимаемый равным 6° .

По моменту трения $M'_{\text{тр}}$ и частоте вращения винта $n_b = S_0/(T_n t)$ (здесь S_0 — перемещение гайки по винту; $T_n = 5 \dots 8$ с — время зажатия клещей; t — шаг винта) находят мощность механизма привода зажима рычагов [23].

На рис. 3.81 приведена кинематическая схема ГУ для грузов различной конфигурации, в котором захватные органы имеют не качательное, а прямолинейное поступательное движение [А. с. 383676 (СССР)]. ГУ содержит раму 1, навешиваемую на грузовую подвеску грузоподъемного механизма, и захватный орган 8. Привод 4 захватных органов состоит из электродвигателя 3, червячного редуктора 2, двух предохранительных муфт 10 и винтовых передач 6. На раме 1 установлены упоры 7 и конечные выключатели 9, взаимодействующие

Рис. 3.80. Зажимное клещевое ГУ металлургического посадочного крана

щие с подвижными полумуфтами 5 каждой из муфт 10. При перемещении захватных органов навстречу друг другу и при контакте одного из них с грузом срабатывает соответствующая предохранительная муфта 10 и подвижная полумуфта 5 нажимает на конечный выключатель. При контакте другого захватного органа с грузом срабатывает второй конечный выключатель 9 и по истечении заданного времени электродвигатель 3 останавливается. Освобождение груза осуществляется реверсированием электродвигателя 3, а остановка захватных органов в разведенном положении происходит при контакте их с упорами 7.

Наличие в ГУ с электромеханическим приводом винтовых и червячных передач значительно уменьшает КПД.

3.7.3. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

В ГУ с гидроприводом захватные органы получают движение от гидравлических толкателей. По сравнению с ГУ гравитационного действия ГУ с гидроприводом являются более производительными. В них легко осуществляется постоянное обжатие груза независимо от его размеров, кроме того, можно изменять положение раскрытия зажимных рычагов за счет перемещения их осей вращения в продольном направлении.

ГУ с гидравлическим и пневматическим приводом (как и с электромеханическим приводом) можно оборудовать системами дистанционного управления и осуществлять с их помощью автоматизацию цикла захвата и перемещения груза. В некоторых ГУ клапаны, включающие подачу рабочей среды, срабатывают при взаимодействии ГУ с грузом, причем шток гидротолкателя при перемещении включает устройство, подающее предупредительный звуковой сигнал.

Универсальное ГУ с гидроприводом (рис. 3.82) навешивают на крюк крана серьгой 2, прикрепленной к траверсе 5, на которой шарнирно укреплен гидротолкатель 6. Шток 7 его управляет распорными стержнями 3, воздействующими на рабочие (зажимные) рычаги 4, несущие башмаки для захвата груза. Масло подается в полость гидроцилиндра через шланги 1.

Шток гидроцилиндра создает усилие P , которое воздействует через распорные стержни на хвостовые плечи захватных рычагов.

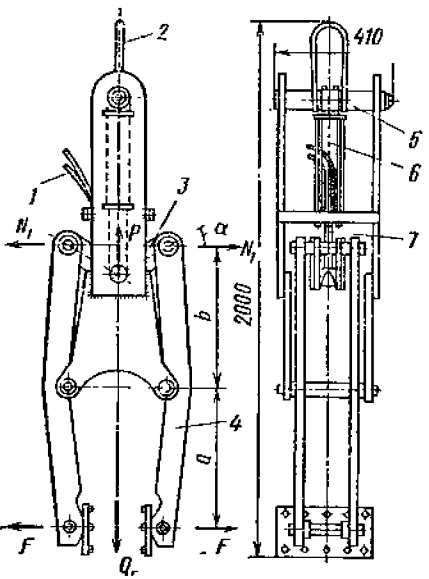


Рис. 3.82. Универсальное ГУ с гидроприводом

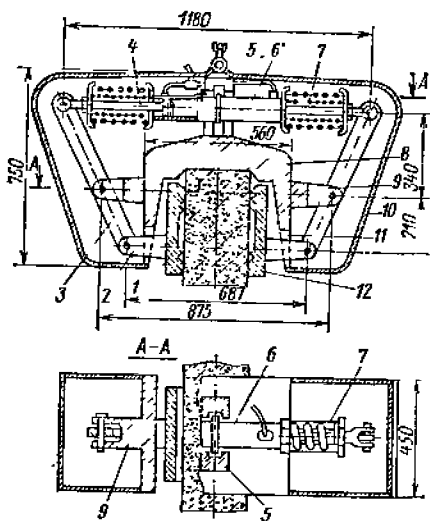


Рис. 3.83. ГУ для бетонных блоков с гидроцилиндром двойного действия

Рис. 3.84. ГУ с гидроприводом и поступательным перемещением захватных органов при помощи шарнирного параллелограмма

При весе груза Q_r необходимая сила нажатия с каждой стороны

$$F = Q_r / 2\mu,$$

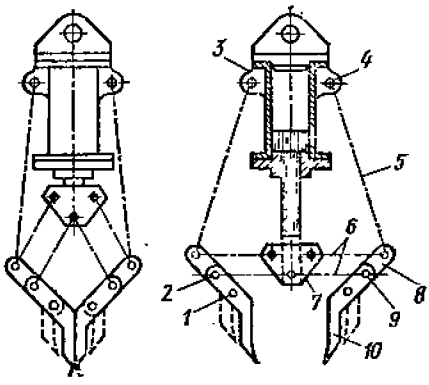
где μ — коэффициент трения между зажимной пластиной (лапой) ГУ и грузом.

Необходимое усилие на хвостовом плече

$$N_1 = F a / b.$$

Усилие, которое должно быть создано штоком гидроцилиндра,

$$P = 2N_1 \operatorname{tg} \alpha = 2F (a/b) \operatorname{tg} \alpha = Q_r \operatorname{tg} \alpha / \mu.$$



Наиболее удобно применять ГУ с гидроприводом на грузоподъемных кранах с гидравлическим приводом.

В другой конструкции ГУ с гидроприводом гидротолкатели выполнены двояными, что снижает высоту ГУ (рис. 3.83). ГУ имеет корпус 8, прикрытый кожухом 10. На корпусе 8 установлен с возможностью вертикального перемещения в пазу кронштейна 5 двоянный гидротолкатель 6. Его штоки 4 соединены шарнирно с захватными органами 1 при помощи рычагов 3 и тяг 2, пропущенных через пазы 11 в боковых сторонах корпуса 8. Захватные органы снабжены зубьями 12. Рычаги 3 связаны с боковыми кронштейнами 9. Штоки 4 связаны с охватывающими их пружинами 7, размещенными между тарелками, и используются для установки захватных органов в начальное симметричное положение.

Грузоподъемность ГУ составляет 0,5 т, габаритные размеры 1400×450×750 мм. ГУ применяют при транспортировании бетонных блоков, панелей, ящиков и т. д.

При поступательном перемещении обжимных органов обеспечивается равномерное их прилегание к грузу, особенно при разных его размерах, а значительные размеры прижима позволяют сохранить поверхность груза неповрежденной. Поступательное движение захватных органов может осуществляться как путем применения ползунов, так и при помощи шарнирного параллелограмма (рис. 3.84), образованного штоком 7, рычагами 9 и тягами 6. Рычаги подвешены в точке 8 к тяге 5, связанной в шарнире 3 с корпусом 4. При всех положениях поршня обжимные щеки 10, связанные с рычагами 9 в точках 1 и 2, остаются параллельными самим себе. Штриховой линией показано положение раскрытия при движении поршня вниз.

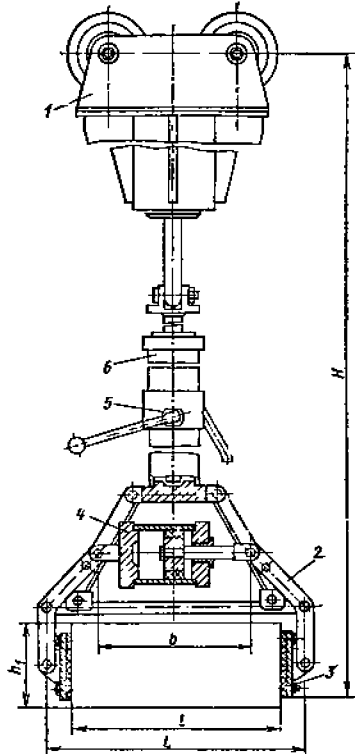
Для удержания легкодеформируемых и повреждаемых грузов конструкция ГУ должна предусматривать равномерный обжим изделия захватным органом с заданным усилием.

3.7.4. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА С ПНЕВМОПРИВОДОМ

В производственных цехах, в кранах и погрузчиках с пневмоприводом, где используется сжатый воздух, применяют ГУ, у которых захватные органы перемещаются при помощи пневмоцилиндров, диафрагменных и камерных пневмосиловых устройств.

По сравнению с гидравлическими пневматические приводы ГУ обладают рядом преимуществ и недостатков. Исполнительные устройства пневматического привода имеют большие скорости срабатывания и более низкую стоимость, возвратные линии значительно короче, так как воздух может быть удален в атмосферу из любой точки системы. Наличие неограниченного запаса воздуха в ка-

Рис. 3.85. ГУ с пневмоприводом для транспортирования гипсолит



чество рабочей среды позволяет широко использовать пневмоустройство. Вместе с тем пневматические приводы при равных габаритных размерах с гидравлическими развивают меньшие усилия, что объясняется более высоким давлением жидкости в последних.

Пневмоустройство также целесообразно применять в тех случаях, когда требуется обеспечить высокие скорости движения рабочего органа ГУ при относительно небольших рабочих усилиях.

В качестве основных исполнительных пневмоустройств, устанавливаемых на ГУ можно использовать пневмоцилиндры общепромышленного назначения. Диаметр цилиндра составляет 10...300 мм, ход поршня — от нескольких мм до 3 м и более при самых разнообразных конструктивных исполнениях креплений корпуса и штока.

Давление питания в исполнительных пневмоустройствах обычно равно давлению сжатого воздуха в системе основной рабочей машины или в заводской сети (0,4...1 МПа).

По конструкции ГУ с пневмоприводом могут быть одно-, двух- и многоцилиндровые; по схеме передачи усилия на захватные органы — непосредственного действия и с передаточными звеньями.

ГУ с пневмоприводом (рис. 3.85) предназначено для одновременного подъема и транспортирования нескольких гипсолит (табл. 3.29). ГУ смонтировано на каретке 1 и состоит из вертикального 6 и горизонтального 4 пневмоцилиндров, кранов управления 5 и захватных рычагов 2 с прижимными щеками 3. Рычаги ГУ соединены между собой пневмотолкателем, при выдвигании штока которого происходит сближение прижимных щек и захват гипсолит. При втягивании штока рычаги 2 расходятся. Управление ГУ осуществляется при помощи двух кранов 5. Для подъема и опускания ГУ служит вертикальный пневмотолкатель.

Вопросы расчета и конструирования пневматических систем изложены в специальной литературе [1]. Конструкции и расчет пневмоцилиндров подобны конструкции и расчету гидроцилиндров.

3.29. Параметры ГУ с пневмоприводом

| Транспортируемые изделия | Размеры, мм | | | | | Ход штока пневмоцилиндра, мм | Масса, кг |
|---------------------------------------|-------------|----------------|-----|-----|-----------|------------------------------|-----------|
| | H | h ₁ | L | l | b | | |
| Два гипсолитовых блока 80×400×800 мм | 3150 | 400 | 900 | 800 | 294...344 | 50 | 131 |
| Три гипсолитовых блока 190×190×390 мм | 3050 | 190 | 470 | 390 | 247...274 | 30 | 126 |

Примечание. Рабочее давление воздуха 0,4 МПа.

На обеспечение безопасности работы пневматических систем и механизмов должно быть обращено особое внимание, а эксплуатировать их необходимо в соответствии с требованиями ведомственных постановлений, предусматривающих содержание воздухопроводов, находящихся под давлением выше 0,1 МПа.

3.8. ЭКСЦЕНТРИКОВЫЕ И КЛИНОВЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

3.8.1. КОНСТРУКТИВНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКСЦЕНТРИКОВЫХ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

Эксцентрикковые ГУ в основном выполняют как универсальные устройства. Предназначены они для захвата и перемещения плоских грузов как в вертикальном положении, так (что реже) и в горизонтальном положении. Так как при использовании эксцентрикковых ГУ контактная нагрузка на груз велика, их применение ограничивается транспортированием грузов с твердой поверхностью. Наиболее широкое распространение они получили для перемещения листового металла разной толщины.

Эксцентрикковые ГУ разделяют на две группы: с односторонним (рис. 3.86, а, б, в) и двухсторонним (рис. 3.86, г, д, е) расположением эксцентриков.

Для подъема длинномерных грузов применяют траверсы с навешенными на них несколькими эксцентрикковыми ГУ (рис. 3.86, ж).

Выполняют ГУ как самозатягивающимися, так и с дополнительным поджатием путем воздействия на эксцентрик гибкой тяги или при помощи четырехзвенной рычажной системы.

В ГУ, изображенном на рис. 3.86, а, перед подъемом эксцентрик вручную зажимают груз с небольшим усилием. Более совершенными являются ГУ, показанные на рис. 3.86, б, в, в которых при перемещении вверх подъемного крюка эксцентрик принудительно подводится к поднимаемому грузу.

Для подъема, транспортирования и установки металлических листов при изготовлении металлоконструкций применяют эксцентрикковые ГУ различной грузоподъемности, конструктивно выполненные по рис. 3.86, в. ГУ состоит из вилки, эксцентрика, клиновидной планки, тяги, разъемной скобы и осей. При

3.30. Параметры эксцентрикковых ГУ (см. рис. 3.86, д)

| Грузоподъемность, т | Размеры, мм | | | | | | | Масса, кг |
|---------------------|-------------|-----|----|----------------|----------------|----|----|-----------|
| | H | B | b | b ₁ | b ₂ | R | d | |
| 16 | 340 | 205 | 45 | 18 | 78 | 40 | 26 | 18 |
| 25 | 415 | 240 | 60 | 24 | 90 | 46 | 30 | 28 |
| 40 | 380 | 275 | 65 | 16 | 74 | 40 | 36 | 47 |

3.31. Параметры эксцентрикковых ГУ (см. рис. 3.86, е)

| Грузоподъемность, т | Размеры, мм | | | | | | Масса, кг |
|---------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|----|-----------|
| | h | A | a | H | t | S | |
| 16 | 0...40 | 225 | 140 | 200 | 80 | 60 | 27,4 |
| 25 | 15...60 | 245 | 145 | 260 | 100 | 61 | 41,4 |
| 40 | 45...100 | 330 | 200 | 350 | 130 | 61 | 70 |
| 80 | 50...100 | 370 | 240 | 380 | 130 | 86 | 123,4 |

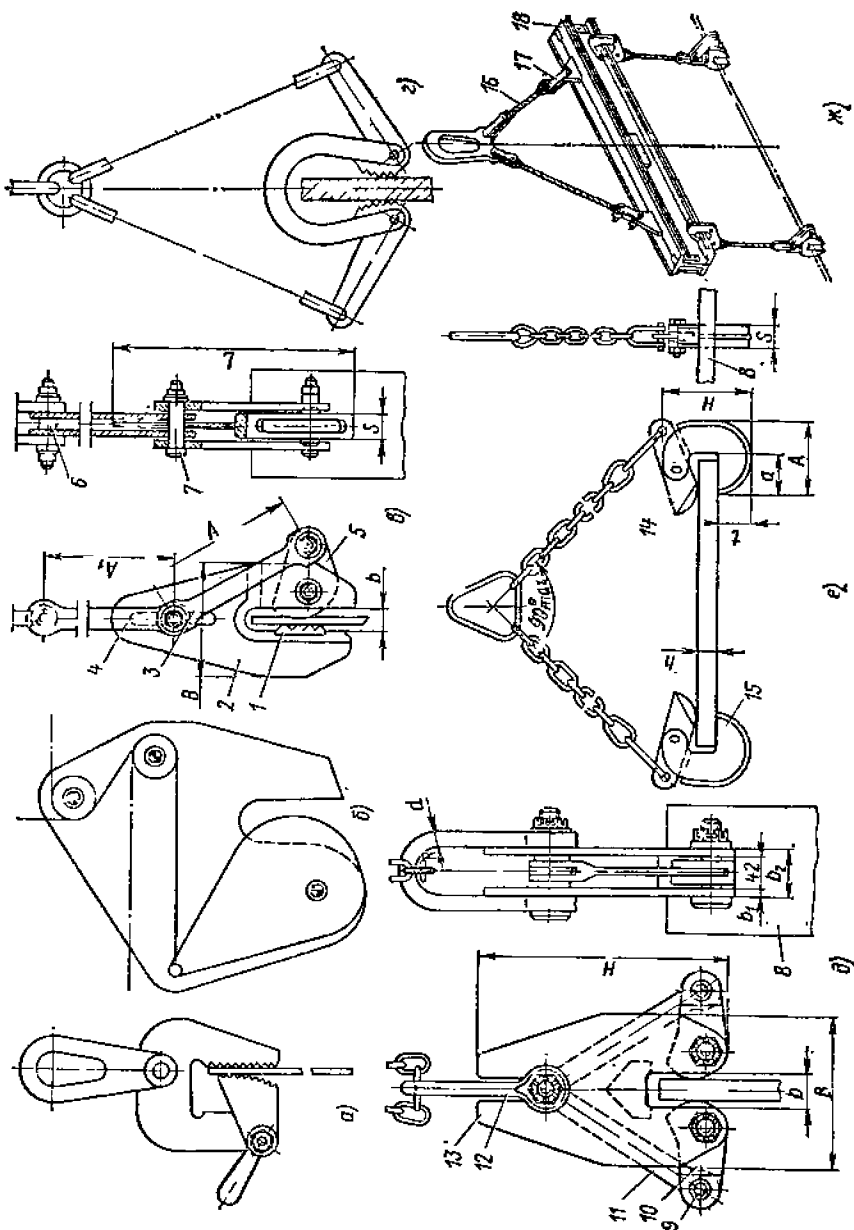


Рис. 3.86. Эксцентровые ГУ:

а — с одним эксцентриком, поджимаемым вручную; б, в — с одним эксцентриком, поджимаемым натяжением подъемного каната; г, д — с двумя эксцентриками, расположенными эксцентриково; е — для транспортирования листового проката в горизонтальном положении; ж — эксцентровые захваты на траверсе; з, и — клиновидная планка; 1 — клиновидная планка; 2 — тяги; 3, 4 — тяги; 5 — эксцентрик; 6, 7 — оси; 8 — транспортируемый лист; 9 — ось; 10 — кулачок; 11 — рычаг; 12, 15 — скобы; 13 — щека; 14 — эксцентриковый рычаг; 16 — эксцентриковый рычаг; 17 — соединительное звено; 18 — универсальная траверса

подъеме ГУ за разъемную скобу тяга, соединенная со скобой, движется вверх и эксцентриком прижимает лист к клиновидной планке.

Техническая характеристика эксцентриковых ГУ, изображенных на рис. 3.86, е

| Грузоподъемность, т | 1 | 1,6 |
|---------------------|------|------|
| Размеры, мм | | |
| A | 230 | 240 |
| A ₁ | 180 | 240 |
| B | 165 | 190 |
| b | 35 | 42 |
| L | 310 | 380 |
| S | 42 | 50 |
| Масса, кг | 11,6 | 17,8 |

На рис. 3.86, д показано ГУ с двумя эксцентриками для транспортирования листов металла (табл. 3.30).

Основные параметры эксцентрикового ГУ для транспортирования листового проката в горизонтальном положении (рис. 3.86, е) приведены в табл. 3.31.

8.8.2. КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРЫ ЗАРУБЕЖНЫХ ЭКСЦЕНТРИКОВЫХ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

За рубежом получили распространение эксцентриковые ГУ фирмы Интерпродукт З. А. О. (Нидерланды), которая выпускает более 250 моделей различных ГУ под названием предохранительные подъемные зажимы типа ИП различной грузоподъемности, предназначенные для подъема и транспортирования грузов (стальных плит, брусков, профилей, секций судна и др.). С помощью зажимов ИППЕ и ИППД можно транспортировать пакеты стальных плит толщиной до 420 мм.

Зажим модели ИППЕ (табл. 3.32) с регулируемым размером зажимного отверстия (рис. 3.87, а) состоит из корпуса 1 зубчатого сегмента 2 с осью 3, держателя 4 зубчатого сегмента и соединительных штырей 5. По длине рамы выполнен ряд отверстий. Требуемый размер зажимного отверстия легко устанавливается при помощи соединительных штырей, которые вводятся в отверстия рамы и держателя и фиксируются. Открывается зажим поднятием ручки.

Для подъема и транспортирования трамвайных, краповых и железнодорожных рельсов выпускается зажим 2-ИПР.1 грузоподъемностью 2 т (рис. 3.87, б). Диаметр подъемной петли 70 мм. Габаритные размеры зажима 180×200×365 мм, масса 19 кг. Зажим состоит из корпуса 10, подъемной петли 6 с осью 8, затвора 7, пружины 11, колена 9. Модификации его могут поставляться с дистанционным управлением.

Зажим модели ИПБВ сконструирован специально для штабелирования и точной подачи стальных блоков на технологическое оборудование (например, на станок для распиливания). При транспортировании фланцы стальной балки находятся в вертикальном положении. Зажим (рис. 3.87, в) состоит из корпуса 12, подъемной петли 13, зубчатого сегмента 16 с осью 17, затвора 14 с пружиной 15, цапфы 18 и запорной пластины 19 с осью 20.

Зажим типа ИПСС предназначен для транспортирования составных ферм при обшивке судна и отличается большой шириной лаза (120 ... 170 мм). Он состоит из корпуса 21 (рис. 3.87, г), подъемной петли 22, зубчатого сегмента 25 с осью 26 и затвора 23 с пружиной 24. Грузоподъемность зажима 1 т, масса 17,5 кг, диаметр отверстия подъемной петли 70 мм, габаритные размеры 350×56×549 мм.

3.32. Параметры зарубежных эксцентриковых ГУ (см. рис. 3.87, а)

| Модель | Грузоподъемность, т | Максимальный размер зажимного отверстия, мм | Диаметр отверстия подъемной петли, мм | Габаритные размеры, мм | | | Масса кг |
|---------|---------------------|---|---------------------------------------|------------------------|--------|--------|----------|
| | | | | Длина | Ширина | Высота | |
| 2-ИППЕ | 2 | 180 | 26 | 194 | 140 | 256 | 21 |
| | | 300 | | | | 376 | 24 |
| | | 420 | | | | 496 | 27 |
| 4-ИППЕ | 4 | 180 | 36 | 275 | 170 | 302 | 48 |
| | | 300 | | | | 422 | 52,5 |
| | | 420 | | | | 542 | 57 |
| 6-ИППЕ | 6 | 180 | 36 | 270 | 190 | 325 | 50 |
| | | 300 | | | | 445 | 55 |
| | | 420 | | | | 565 | 60 |
| 8-ИППЕ | 8 | 180 | 43 | 292 | 200 | 348 | 83 |
| | | 300 | | | | 468 | 93 |
| | | 420 | | | | 588 | 102 |
| 10-ИППЕ | 10 | 180 | 43 | 308 | 260 | 348 | 85 |
| | | 300 | | | | 468 | 95 |
| | | 420 | | | | 588 | 104 |

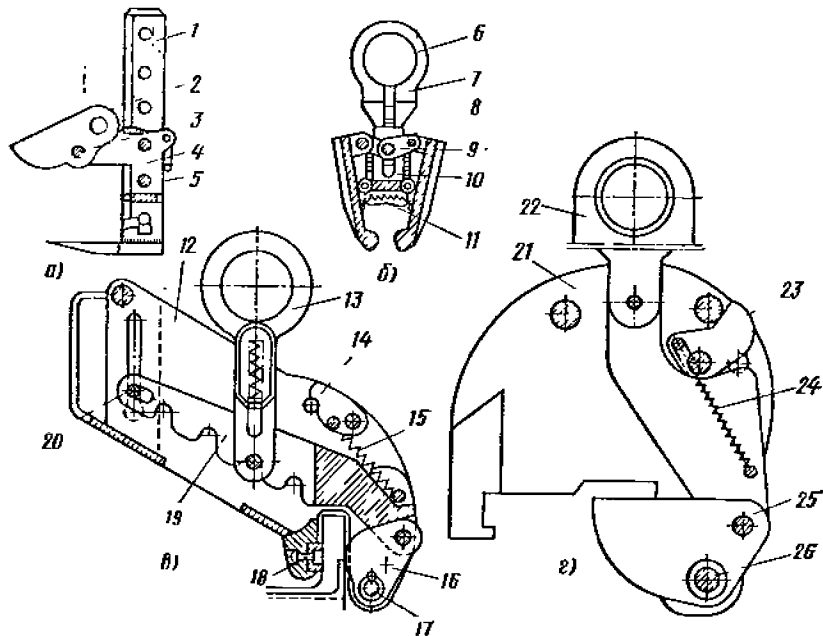


Рис. 3.87. Эксцентриковые ГУ фирмы Интерпродукт З. А. О. (Нидерланды): а — тип ИППЕ для пакетов стальных плит; б — тип 2-ИППРЛ для трамвайных, крайних и железнодорожных рельсов; в — тип ИПББ для стальных балок; г — тип ИГСС для стальных ферм

3.3.3. РАСЧЕТ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ГРУЗОЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА

При подъеме листа (обычно стального) под действием его веса Q_{Γ} (рис. 3.88, а) эксцентрик затягивается, в результате чего возникает усилие распора N , создающее силу трения:

$$F = F_1 + F_2 = N\mu_{\text{экс}} + N\mu_{\text{ст}} > Q_{\Gamma},$$

где $\mu_{\text{экс}} = 0,15$ и $\mu_{\text{ст}} = 0,1$ — коэффициенты трения груза (стального листа) соответственно об эксцентрик и заднюю стенку ГУ.

Необходимо соблюдать условие $F \geq Q_{\Gamma}$. Если толщина листа δ , а радиус эксцентрика r , то из уравнения моментов относительно оси эксцентрика следует

$$N r \sin \alpha - N \mu_{\text{экс}} r \cos \alpha - N \mu_{\text{ст}} (r \cos \alpha + \delta) = 0$$

или

$$\sin \alpha - \mu_{\text{экс}} \cos \alpha - \mu_{\text{ст}} (r \cos \alpha + \delta) = 0,$$

откуда

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \mu_{\text{экс}} + \mu_{\text{ст}} [1 + \delta / (r \cos \alpha)],$$

что и определяет параметры эксцентрика.

Передаточное число в эксцентриковом ГУ (рис. 3.88, б)

$$i = c/b = 1/\operatorname{tg} \alpha.$$

Сила сжатия $N = 0,5Q_{\Gamma} c/b$.

Реакция в шарнире $R = 0,5Q_{\Gamma} \sqrt{i^2 + 1}$.

Коэффициент полезного действия $\eta = 1 - 0,5\mu_1 (d/c) \sqrt{i^2 + 1}$,

где d — диаметр оси шарнира; μ_1 — коэффициент трения в шарнире.

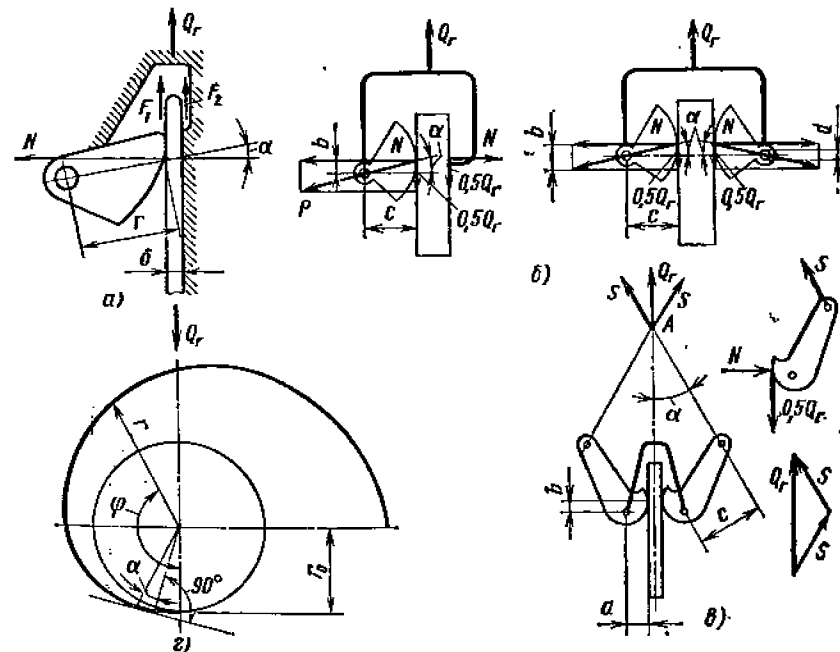


Рис. 3.88. Расчетные схемы эксцентрикового ГУ: а — для определения силы, удерживающей груз; б — для определения основных параметров; в — расчетная схема рычажного эксцентрикового ГУ; г — построение логарифмической спирали профиля эксцентрика

Для рычажного эксцентрикового ГУ (рис. 3.88, *а*) передаточное число (РТМ 31.4001—75)

$$i = [a + (c/\cos \alpha)]/b.$$

Сила сжатия

$$N = 0,5Q_r (a + c/\cos \alpha)/b.$$

Усилие в элементах

$$S = Q_r/(2 \cos \alpha).$$

Рабочую поверхность эксцентриков рекомендуется профилировать по логарифмической спирали $\lg \alpha = \text{const}$ (рис. 3.88, *а*). В этом случае: $r = r_0 e^{t\varphi}$, где $t = \lg \alpha$.

Для повышения значения μ и надежного в связи с этим удержания груза рабочие поверхности эксцентриков снабжают насечкой и угол α доводят до 10° . Делать его меньше не рекомендуется поскольку при $\alpha < 10^\circ$ ГУ начинает заклинивать и трудно снимается с груза [1].

3.8.4. КЛИНОВЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Клиновые (цанговые) ГУ (рис. 3.89) в основном предназначены для подъема и транспортирования грузов, имеющих полость, выполненную обычно в виде круглого отверстия необходимого диаметра для взаимодействия с распорными элементами ГУ. Значительно реже клиновые ГУ применяют для подъема изделий за боковые поверхности или выступающие элементы.

Основными частями наиболее распространенного клинового ГУ являются размещенные в отверстиях груза подвижные в горизонтальном направлении распорные элементы и конусообразный клин, подвижный в вертикальном направ-

лении (рис. 3.89, *а*). Распорные элементы выполняют в виде конических сегментов, клиновидных кулачков или призматическими. Для уменьшения износа и большей подвижности распорные элементы иногда выполняют с шаровой поверхностью (рис. 3.89, *а*).

Сила зацепления в клиновом ГУ (рис. 3.89, *а*)

$$P = \sum \mu N > Q_r,$$

где μ — коэффициент трения между грузом и распорным элементом; N — сила нормального давления.

Передаточная функция клиновой пары зависит от коэффициента μ_1 трения распорного элемента о клин:

$$u = (\cos \alpha - \mu_1 \sin \alpha)/(\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha).$$

Тогда

$$N = \frac{Q_r}{n} \frac{\cos \alpha - \mu_1 \sin \alpha}{\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha},$$

где n — число распорных элементов.

Сумма горизонтальных сил, действующих на груз, $\sum N = Q_r u$.

При проектировании ГУ следует избегать малых углов наклона граней клина, при наличии которых может произойти заклинивание.

Для выполнения транспортных и монтажных операций с бетонными и железобетонными конструкциями, изготовленными без строповочных стальных петель, разработан ряд конструкций клиновых ГУ, взаимодействующих с полостями груза. Применение клиновых ГУ для бетонных строительных конструкций позволяет сэкономить значительное количество стали, идущей на изготовление строповочных монтажных петель, а также во многих случаях механизировать строповочные операции.

На рис. 3.89, *д* приведена схема работы клинового ГУ, в котором распорные элементы выполнены в виде клиновидных кулачков с зубьями. Перед подъемом груза клиновое ГУ вводится в глухое или сквозное отверстие, отформованное в бетонной конструкции при ее изготовлении. При подъеме ГУ крюком краиа клин тяги раздвигает клиновидные кулачки в стороны, их зубья врезаются в стенки отверстия в бетоне до тех пор пока не наступит состояние равновесия, при котором внутренние силы сопротивления бетона растяжению (раскалыванию) будут равны внешней силе — весу груза, после чего, происходит его подъем. По сравнению с ГУ с гладкими элементами в рассматриваемом клиновом ГУ имеет место не обычное трение, а зацепление (врезание) зубьев кулачков за тело бетона. Расчет таких ГУ приведен в работе [3].

ГУ рассчитывают по формулам:

для плит

$$K_d G \leq K h (h + d) R_p, \tag{1}$$

для призматических элементов, у которых высота больше ширины, применяемых в жилищном и промышленном строительстве (фундаментов, блоков стен подвала, свай, балок, колонн, стеновых блоков и панелей из тяжелого и легкого бетона и др.)

$$K_d G \leq K_p h (b - d) R_p, \tag{2}$$

где $K_d = 1,5$ — коэффициент динамичности; G — вес элемента; $K = 1$, $K_p = 0,45$ — эмпирические коэффициенты; h — заглубление кулачков; d — диаметр строповочного отверстия; R_p — расчетное сопротивление, МПа; b — ширина элемента.

Для элементов гидросооружений расчет ведется по формуле (2), где $K_d \approx 1,6$, $K_p \approx 0,5$.

При использовании X-образного ГУ типа «ножницы» для расчета прочности применяют формулы (1) и (2), где h — полное заглубление ГУ.

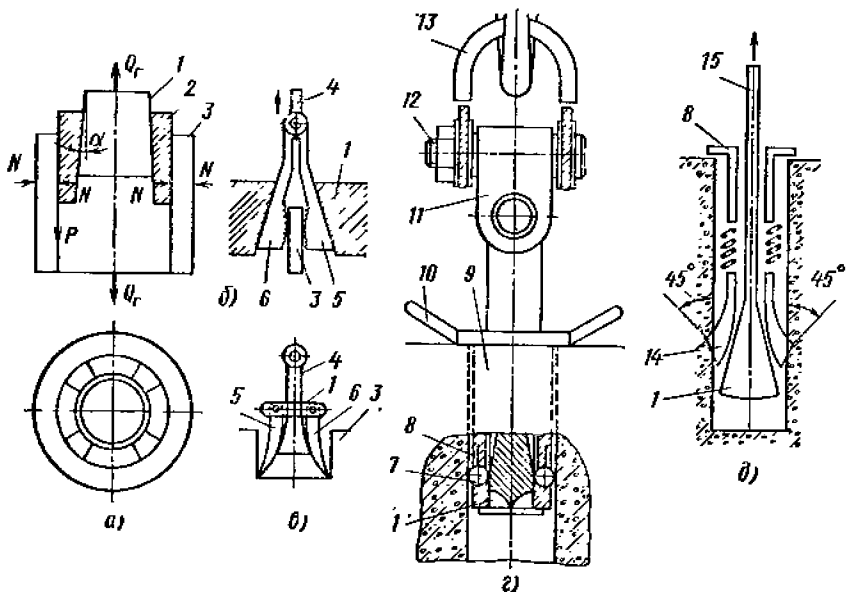


Рис. 3.88. Схемы клиновых ГУ: *а* — расчетная схема; *б* — рычажно-клиновое ГУ; *в* — клиновое ГУ для подъема груза за боковые поверхности; *г* — шаровое ГУ; *д* — ГУ для бетонных и железобетонных изделий; 1 — конусообразный клин; 2 — конический сегмент; 3 — груз; 4 — подъемное звено; 5, 6 — распорные элементы; 7 — распорный шарик; 8 — обойма; 9 — корпус; 10 — ручка; 11 — пружина; 12 — болт; 13 — грузовая подвеска; 14 — распорный кулачок; 15 — тяга

3.8.5. КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИНОВЫХ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

На рис. 3.90 приведены клиновые ГУ для бетонных и железобетонных изделий (табл. 3.33).

Клиновое ГУ с двумя кулачками и ручным отцеплением (рис. 3.90, а) состоит из корпуса 7 с оголовником сверху и клином внизу, по плоскости которого скользят клиновидные кулачки 5, с острыми зубьями 3, выполненными из твердого сплава. По оси корпуса снизу выполнено отверстие, в которое вставлена втулка 2. Через втулку и через отверстие в кулачках пропущен стальной канат 4, который закреплен винтом 6. Канат проходит через отверстие в верхней части корпуса и оканчивается в виде петли 8. Для предохранения от выпадания втулки и пружины из отверстия установлен винт 1.

Клиновое ГУ с дистанционным отцеплением (рис. 3.90, б) состоит из полого корпуса 1 с клином 20. Корпус имеет сверху оголовник 15, в отверстие кото-

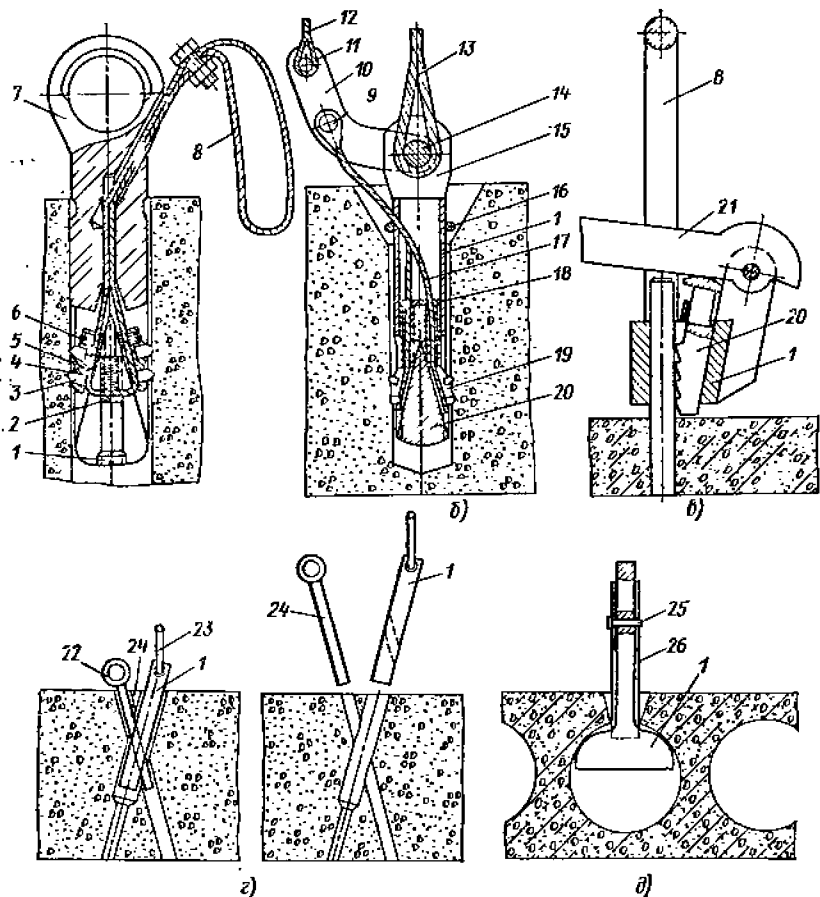


Рис. 3.90. Клиновые ГУ для бетонных и железобетонных изделий: а — с двумя кулачками и ручным отцеплением; б — с двумя кулачками и дистанционным отцеплением; в — стержневое; г — типа ножниц; д — сегментное

в.33. Параметры клиновых ГУ для бетонных и железобетонных изделий

| Грузоподъемность, т | Марка бетона | Поднимаемые изделия | Масса ГУ, кг | Габаритные размеры, мм | | Заглубление в бетоне, мм |
|--|--------------|--|--------------|------------------------|-------|--------------------------|
| | | | | Диаметр | Длина | |
| Унифицированное ГУ с ручным отцеплением (см. рис. 3.90, а) | | | | | | |
| 4 | 300 | Фундаментные плиты, блоки стен подвала, дорожные плиты, сваи, балки, колонны | 5 | 48 | 280 | 180 |
| ГУ с дистанционным отцеплением (см. рис. 3.90, б) | | | | | | |
| 32 | 200 | Элементы гидросооружений | 82 | 140 | 1200 | 900 |
| Стержневое ГУ (см. рис. 3.90, в) | | | | | | |
| 3,2 | — | Панели внутренних и наружных стен, перекрытия и др. | 4 | 90 | 300 | — |
| Х-образное ГУ типа ножниц (см. рис. 3.90, г) | | | | | | |
| 4 | 300 | Фундаментные плиты, блоки стен подвала, дорожные плиты, балки, колонны | 5 | 45 | 310 | 200 |
| 2,5 | 200 | | | | | |
| 1 | 100 | | | | | |
| Сегментное ГУ (см. рис. 3.90, д) | | | | | | |
| 1,6 | — | Многопустотные панели перекрытий | 2,5 | 145 | 230 | 80 |

рого установлен палец 14. Внутри корпуса укреплена диафрагма 18 с отверстиями, через которые пропущены концы стальных канатов (подвесок) 17, закрепленных в отверстиях клиновидных кулачков 19 с острыми зубьями. Верхние концы стальных канатов при помощи втулки и пальца 9 прикреплены к рычагу 10. Между диафрагмой 18 и верхними гранями кулачков 19 надеты на канате 17 пружины. С внешней стороны корпуса, под оголовником укреплен ограничитель 16 заглубления ГУ. На пальце 14 оголовника 15 надет грузовой строп крана 13, а на палец 11 — вспомогательный строп 12 крана.

ГУ вводится в глухое или сквозное отверстие бетонного элемента до упора ограничителя 16 в грань отверстия при помощи рычага 10, при этом кулачки 19 подняты. После ослабления вспомогательного стропа 12 и опускания рычага 10 под действием пружины кулачки 19 опускаются, соприкасаются своими зубьями с поверхностью полости. При подъеме грузового стропа 13, кулачки 19 зубьями врезаются в тело бетона до тех пор, пока не наступит состояние равновесия и тогда бетонный элемент поднимается.

Клиновое ГУ для подъема изделий за стержни (штыри) приведен на рис. 3.90, в. Оно состоит из полого корпуса 1, зубчатого клина 20, рычага 21 и петли 8. С помощью хвостовика рычага поднимают клин в крайнее верхнее положение, надсают корпус на штырь до упора его в грань изделия и поворачивают рычаг 21 вокруг шарнира. Рычаг под действием собственного веса прижимает зубья клина 20 к поверхности штыря. Затем на крюк стропа надевают петлю ГУ, после чего производят подъем изделия, при котором зубья клина врезаются в стержень. По окончании подъемно-транспортных операций необходимо ослабить строп и ударить твердым предметом по верхней грани корпуса, при этом произойдет расклинивание ГУ.

Клиновое стержневое ГУ целесообразно применять для тонкостенных вертикальных изделий (панелей внутренних стен, перегородок, а также перекрытий, снабженных вместо монтажных петель стержнями).

ГУ типа «ножницы» Х-образной формы (рис. 3.90, е) состоит из корпуса 1 со сквозным отверстием под углом к его оси, в которое вставляют расклинок 24. Корпус и расклинок имеют петли 23 и 22. Для транспортирования изделия корпус 1 и расклинок 24 последовательно вводят в выполненные в изделии отверстия таким образом, чтобы расклинок 24 проходил через отверстие корпуса 1. Отверстия в изделии выполняют в процессе их формирования путем установки пустотообразователей в форму с предварительной их смазкой составом, предохраняющим от сцепления с бетоном. Пустотообразователь имеет конструкцию, аналогичную конструкции ГУ и обычно используется для транспортирования изделия в процессе его изготовления.

Монтажно-транспортные операции с изделиями осуществляют зацеплением крюка за петлю оголовника корпуса.

Для освобождения ГУ от изделия ударяют твердым предметом по корпусу 1, извлекают расклинок 24, а затем корпус.

Сегментное ГУ (рис. 3.90, д) применяют для перемещения многопустотных панелей перекрытий. ГУ состоит из корпуса 1, фиксатора 26 и соединяющего их пальца 25. Корпуса ГУ вводятся в строповочные отверстия панели, разворачиваются под углом 90° к продольной оси ее пустот и фиксируются в таком положении фиксатором 26 в строповочных отверстиях. При подъеме панели ГУ закрепляют в строповочных отверстиях и в таком положении производят монтажно-транспортные операции. Расстроповку производят в обратном порядке. Стropовочные отверстия, имеющие форму трапециевидных щелей выштамповывают в панелях над их пустотами при их формировании при помощи трапециевидных брусков, приваренных к вибропригрузочной плите.

3.9. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ ТРАВЕРСЫ

3.9.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Траверсы применяют для подъема краном крупногабаритных грузов с присоединением последних к траверсе одновременно в нескольких местах при помощи ГУ, смонтированных на траверсе, или подвешенных к ней стропов.

Применение наклонных стропов для подъема горизонтально-протяженных длинномерных конструкций и тяжеловесного оборудования — балок, ферм, рам, аппаратов и т. д., приводит к потере полезной высоты подъема крана, а также к возникновению значительных растягивающих усилий в самом стропе, сжимающих усилий в поднимаемом элементе и изгибающих в монтажных петлях. Стропы, скомбинированные с траверсами (рис. 3.91), не имеют этих недостатков и применяются для строповки грузов длиной 12 м и более. Траверсы выполняют балочными (рис. 3.91, а) или решетчатыми в виде ферм (рис. 3.92, б). Балочные траверсы изготавливают из труб или двух соединенных между собой швеллеров или уголков (рис. 3.92, в), на концах которых закрепляются стропы. Длина балочной траверсы обычно не превышает 4 м, так как при большей длине масса траверсы велика.

Для крепления стропов в балке делают отверстия (рис. 3.91, е) или варивают листы с проушинами (рис. 3.91, в), причем для возможности изменения рабочей длины траверсы их может быть сварено несколько пар. Другим методом изменения рабочей длины траверсы является применение вставок в составной балке (рис. 3.91, д). Этот метод расширяет диапазон использования траверсы, однако связан с потерями времени на ее переналадку. Поэтому в большинстве случаев эксплуатации, особенно при массовых перегрузках однотипных длинномерных грузов, целесообразнее иметь отдельные траверсы для каждого груза. Решетчатые траверсы длиной более 4 м изготавливают обычно в виде простейших ферм треугольной формы с вершинной углы, обращенной вверх или вниз (рис. 3.91, б). В последнем случае сокращается потеря высоты подъема крюка крана, но при этом необходимо проверять устойчивость траверсы против кручения.

Траверсы навешивают на крюк крана при помощи захватываемого крюком пальца, закрепленного в середине траверсы, косынки с проушиной (кольцом)

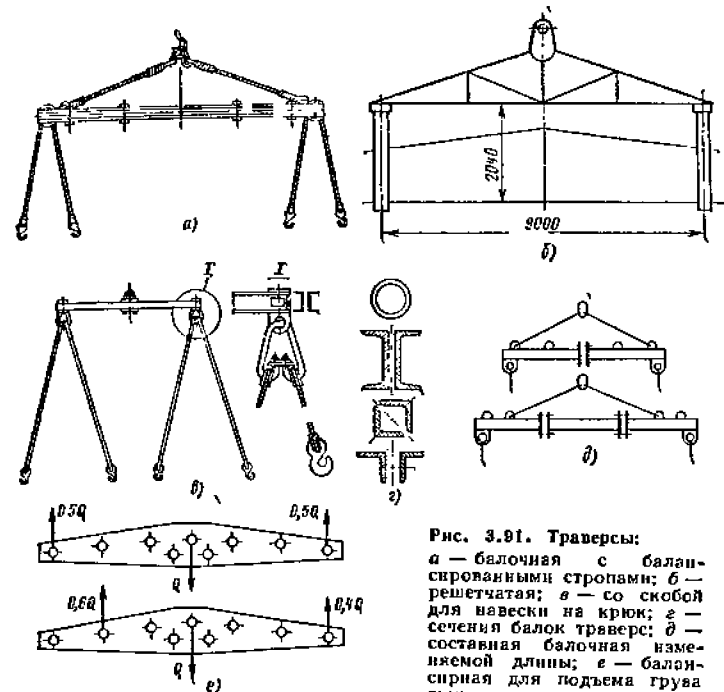


Рис. 3.91. Траверсы: а — балочная с балансируемыми стропами; б — решетчатая; в — со скобой для навески на крюк; г — сечения балок траверсы; д — составная балочная навешиваемой длины; е — балансирующая для подъема груза двумя кранами

или тяг — гибких или жестких, присоединяемых шарнирно, что полностью разгружает их от изгибающих моментов. Подвеска траверсы к крюку крана при помощи жестких и гибких тяг приводит к потере полезной высоты подъема.

Канатные стропы на свободном конце заканчиваются крюками различных конструкций, взаимодействующими со скобами изделия, или штырьевыми замками, укрепленными на траверсе с коушами, вводимыми в гнезда корпуса замка (рис. 3.92). Штырь выдергивают вручную за прикрепленный к нему тросик (дистанционное управление) или тяговым электромагнитом.

Помимо простых канатных стропов траверсы могут комплектоваться различными специализированными ГУ.

Канатные стропы могут связываться с траверсой балансирующе путем огибания строповым канатом роликов, закрепленных в траверсе. Такие траверсы получили название балансирующих (см. рис. 3.91, а) и используются при подъеме грузов, у которых точки захвата расположены на разных уровнях. Уравновешивающиеся балансирующие траверсы применяют при подъеме тяжеловесного оборудования двумя кранами часто различной грузоподъемности. Траверса в этом случае имеет две подвески для навешивания на крюки кранов (см. рис. 3.91, е), что исключает возможную перегрузку одного из кранов.

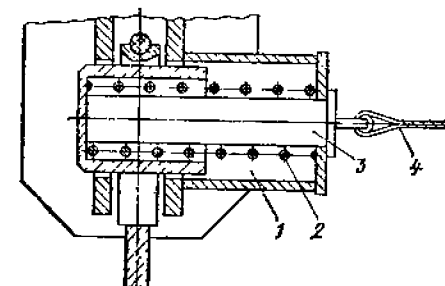


Рис. 3.92. Штырьевой замок с управлением тяговым магнитом: 1 — корпус замка; 2 — пружина; 3 — палец; 4 — тяговый тросик

3.34. Параметры универсальных траверс с трубчатой балкой

| Мо- дель | Грузо- подъем- ность, т | Размеры, мм | | | | | | | | | Мас- са, кг |
|-------------|-------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------|-----|-----|------------------|------------------|----|-------------------|
| | | L | L _{1max} | L _{2min} | L ₃ | a | b | H _{min} | H _{max} | c | |
| ЦI | 4 | 3 660 | 3 200 | 800 | 230 | 135 | 400 | 1100 | 1875 | 40 | 264 |
| ЦII | 6,3 | 5 430 | 5 000 | 2600 | 215 | 156 | 400 | 1620 | 2475 | 50 | 413 |
| ЦIII | 10 | 6 730 | 6 300 | 3900 | 215 | 160 | 400 | 2060 | 2730 | 60 | 750 |
| ЦIV | 16 | 16 550 | 10 000 | 7000 | 275 | 190 | 500 | — | — | 75 | 1600 |

отдельными строительно-монтажными организациями, что привело к их различному конструктивному выполнению.

Траверсы некоторых типов нормализованы.

Универсальные траверсы грузоподъемностью 4 ... 16 т (табл. 3.34) с передвижаемыми по балке обоймами разработаны в ЦНИИОМТП (Центральном научно-исследовательском и проектно-экспериментальном институте организации, механизации и технической помощи строительству) для применения при монтаже крупных строительных изделий (фундаментных блоков, ферм, плит покрытий и т. п.), имеющих четыре точки подвеса.

Траверса (рис. 3.93) состоит из балки 3 трубчатого сечения с двумя грузовыми обоймами 1, двух растяжек 2, сходящихся на треугольной скобе, навешиваемой на крюк крана. Грузовые обоймы 1 выполнены передвижными по балке 3 и оборудованы подвесками для строп.

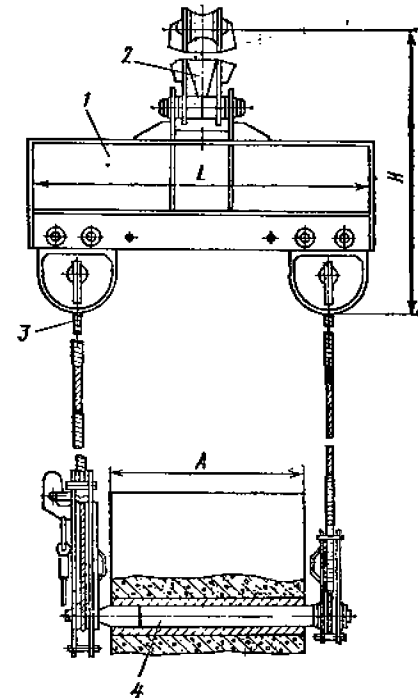
В зависимости от характера поднимаемого груза к обойме могут быть подвешены два, четыре или восемь стропов.

Унифицированные траверсы (табл. 3.35) грузоподъемностью 4 ... 32 т с пальцевым захватом и штыревым замком предназначены для подъема и монтажа колонн (рис. 3.94). Траверса выполнена в виде сварной балки, оборудованной подвесками и комплектуется стропами с штыревыми замками, снабженными устройствами для

3.35. Параметры унифицированных траверс с пальцевым захватом для колонн

| Модель | Грузоподъемность, т | Габаритные размеры, мм | | | Масса, кг |
|--------|---------------------|------------------------|--------|----------|-----------|
| | | Длина L | Ширина | Высота H | |
| I | 4 | 892 | 70 | 665 | 41,2 |
| II | 10 | 936 | 100 | 910 | 65 |
| III | 16 | 1080 | 125 | 1160 | 120 |
| IV | 25 | 1080 | 140 | 1305 | 160 |
| V | 32 | 1284 | 155 | 1435 | 233 |

Рис. 3.94. Унифицированная траверса для монтажа колонн:
1 — балка; 2 — подвеска; 3 — строп; 4 — палец



При выборе типа траверсы необходимо, чтобы ее конструкция обеспечивала подъем сборного элемента в рабочем (проектном) положении, чтобы не усиливать поднимаемые элементы для восприятия монтажных нагрузок.

3.9.2. КОНСТРУКЦИИ ТРАВЕРС ДЛЯ СТРОПОВКИ И ПОДЪЕМА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Разнообразие строительных конструкций по габаритным размерам, формам и массе, а также отсутствие централизованного проектирования и производства траверс обусловило изготовление грузозахватных траверс непосредственно

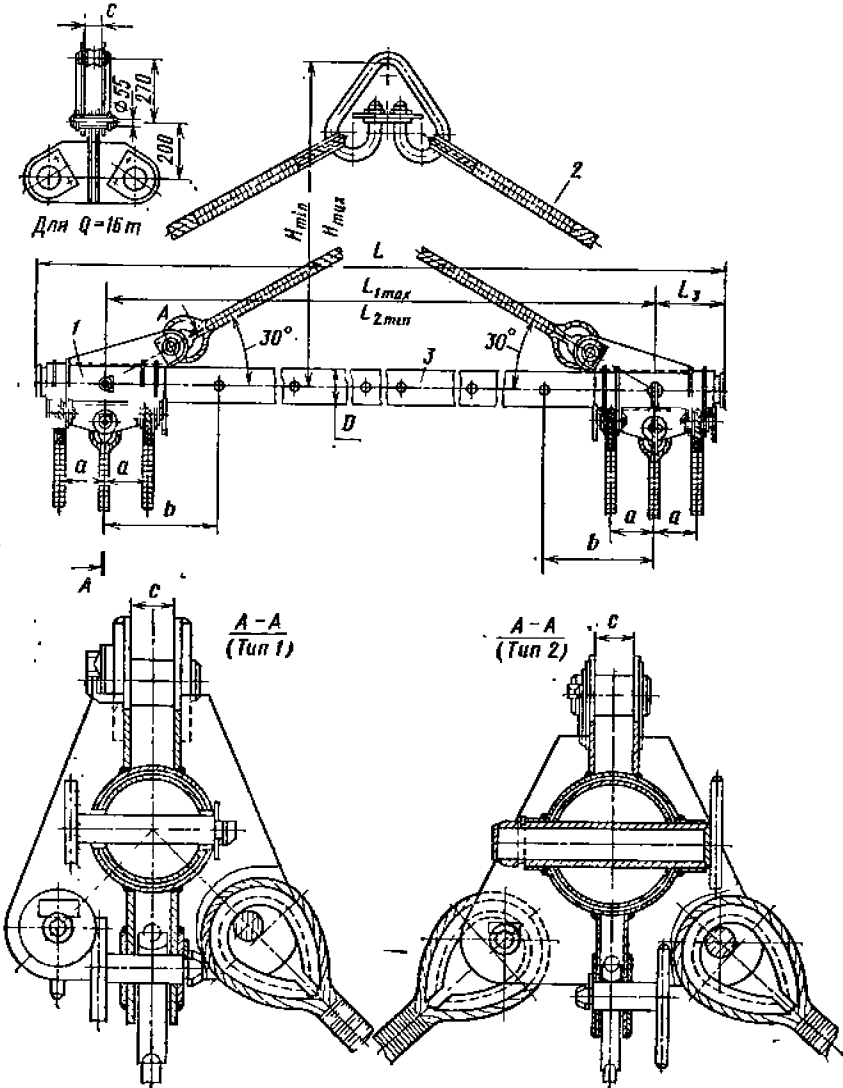


Рис. 3.93. Универсальная траверса с передвижными по балке обоймами грузоподъемностью 4 ... 16 т

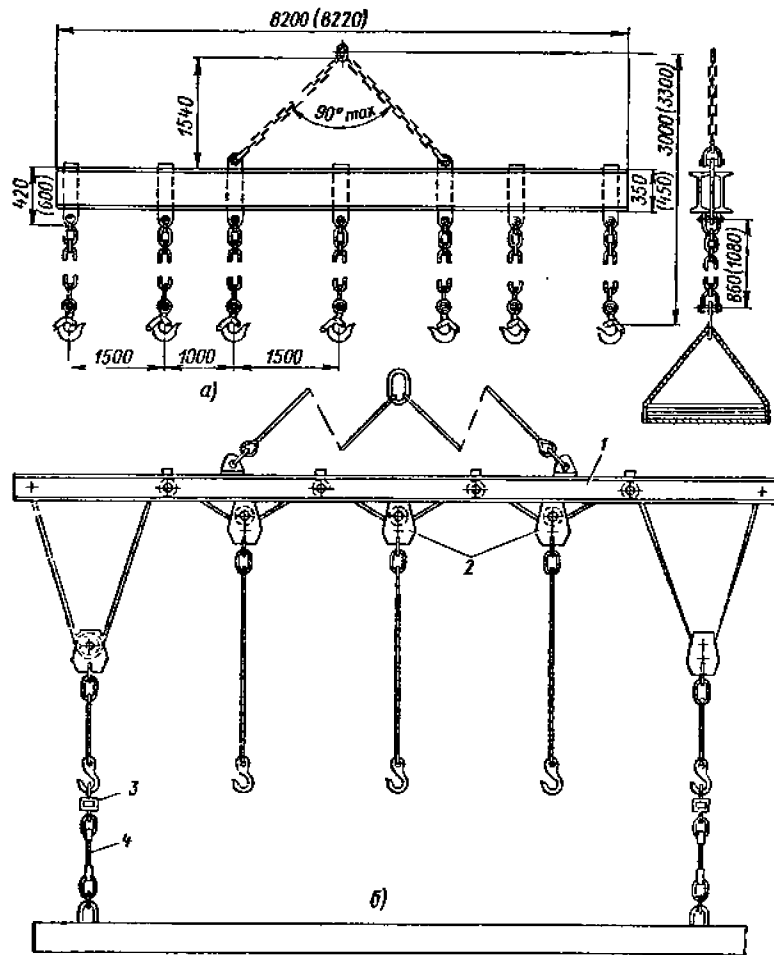


Рис. 3.95. Траверы:

а — для транспортирования пакета стальных листов (размеры в скобках относятся к траверсе грузоподъемностью 16 т, без скобок — к траверсе грузоподъемностью 8 т); б — для подъема двухпустотных перекрытий; в — со строповыми захватами для трех плит перекрытий; 1 — балка; 2 — блочная подвеска; 3 — подвесная балка; 4 — одиночный строп; 5 — траверса; 6 — стропы; 7 — штырьевой замок; 8 — расстропочный канатик

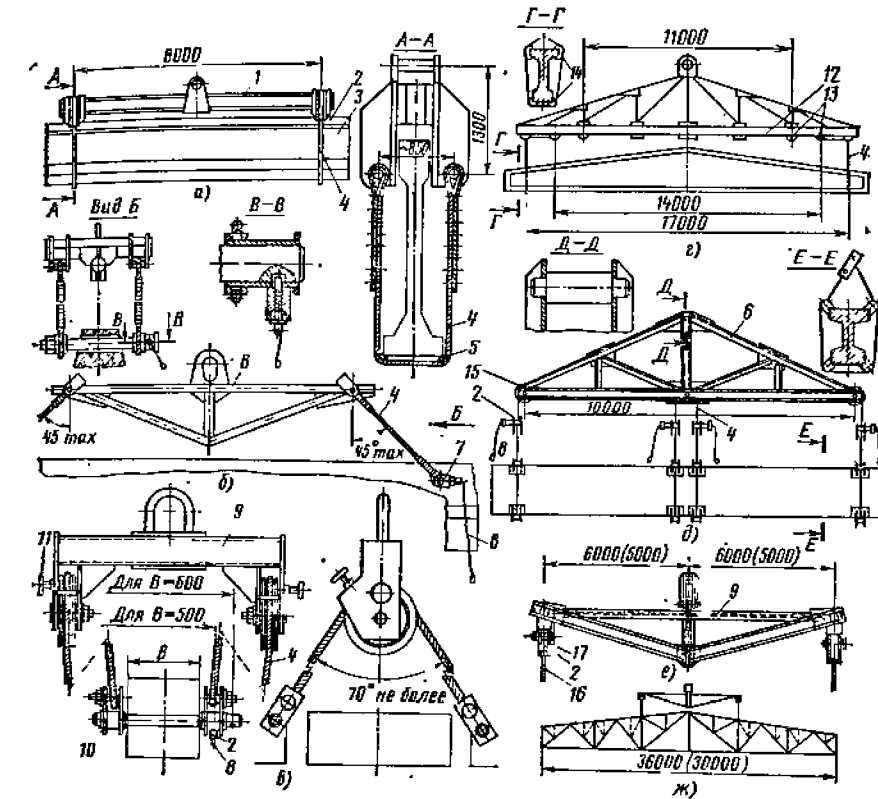
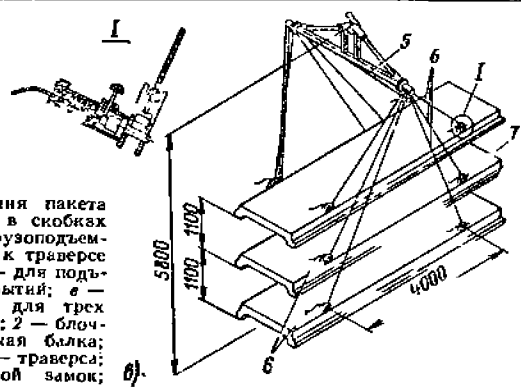


Рис. 3.96. Траверы:

а — для подъема железобетонных балок; б — для монтажа железобетонных ферм и балок; в — балансирующая с дистанционной расстропкой для монтажа железобетонных ферм; г — для подъема стропильных балок; д — для монтажа подкрановых балок и ригелей; е — для монтажа подстропильных ферм; ж — схема строповки ферм; 1 — балка; 2 — штырьевой замок; 3 — канатик дистанционной расстропки; 4 — стропы; 5 — инвентарные подкладки; 6 — ферма; 7 — захват со штырьковыми замками; 8 — расстропочный канат; 9 — несущая балка траверсы; 10 — захват; 11 — фиксирующее устройство блоков; 12 — траверса; 13 — скоба для крепления строп; 14 — инвентарная подкладка; 15 — канатный блок; 16 — коуш; 17 — кабель

дистанционной расстропки установленных колонн. Основой балки является двутавровый профиль, к которому приварены подвеска для налевания (снятия) траверсы на крюк грузоподъемного устройства и боковины для крепления стропов.

Траверы отдельных типов для подъема, перемещения и монтажа различных металлических и железобетонных панелей, плит, балок, ферм и других изделий индивидуального проектирования и изготовления приведены на рис. 3.95 и 3.96, а их параметры в табл. 3.36.

3.9.3. ТРАВЕРСЫ ДЛЯ СТРОПОВКИ И ПОДЪЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Применение траверс при подъеме вертикального оборудования цилиндрической формы (аппаратов—царг, обечаек и т. п.) предохраняет их от воздействия сжимающих усилий, которые могут возникнуть при непосредственном использовании наклонных стропов.

| Грузоподъемность, т | Расстояние (м) между | | Габаритные размеры, мм | | | Масса, кг | Назначение | Источник |
|---------------------|---|--|------------------------|--------|--------|-----------|------------|----------|
| | крайними точками подвеса по горизонтали | точками подвеса к крюку крана и к изделю | Длина | Ширина | Высота | | | |

Несущая балка составлена из двух двутавров, связанных сваренными листами с отверстиями для цепных стропов с крюками для грузов и двух цепных подвесок с кольцом для навешивания на крюк крана (см. рис. 3.95, а)

| | | | | | | | | |
|----|---|-----|------|------|------|------|--|------|
| 6 | 8 | 3 | 8000 | 1960 | 3000 | 1160 | Подъем и перемещение пакетов стальных листов | [17] |
| 16 | 8 | 3,3 | 8200 | 2140 | 3300 | 1580 | | |

Основная несущая балка оборудована пятью блочными подвесками, висящими на уравновешивающем канате. К подвескам через промежуточные отрезки канатов или цепей подвешены поперечные балки с четырехветвевыми стропами (см. рис. 3.95, б)

| | | | | | | | | |
|-----|---|-----|------|------|------|-----|---|------|
| 6,3 | 4 | 6,7 | 5000 | 1950 | 6700 | 445 | Подъем и перемещение двухпустотных панелей перекрытий | [11] |
|-----|---|-----|------|------|------|-----|---|------|

Ферма из трубчатых элементов, снабженная в середине валиком для навешивания на крюк крана, к цапфам прикреплены стропы со штырьевыми замками на концах (см. рис. 3.95, в)

| | | | | | | | | |
|-----|-------|-----------------|------|-----|-----|-----|--|------|
| 2,5 | 1,5x4 | 3,6; 4,7 5,8 | 1600 | 250 | 400 | 120 | Подъем и перемещение одновременно трех железобетонных плит перекрытия 1,5xX6 м | [11] |
|-----|-------|-----------------|------|-----|-----|-----|--|------|

Балка коробчатого сечения с валиком в средней части для навешивания на крюк крана. На концах закреплены стропы со штырьевыми замками (см. рис. 3.96, а)

| | | | | | | | |
|----|---|-----|------|------|------|---|------|
| 16 | 8 | 1,3 | 8500 | 1200 | 1500 | Подъем и монтаж балок длиной до 18 м массой до 16 т | [17] |
| | | | | | | | |

Треугольная ферма из труб с вынесенной вверх петлей для навешивания на крюк крана. В концевых узлах фермы закреплены по два стропы с оборудованными штырьевыми замками, коушами, надеваемыми на валик, охватываемый стропами в отверстии изделия (см. рис. 3.96, б)

| | | | | | | | | |
|---|---|-----|------|-----|------|-----|---|------|
| 7 | 6 | 1,6 | 1200 | 500 | 1400 | 245 | Подъем и монтаж ферм и балок перекрытий массой до 7 т | [17] |
|---|---|-----|------|-----|------|-----|---|------|

Несущая балка оборудована в средней части скобой для навешивания на крюк крана. По торцам оборудована канатными блоками, охватываемыми стропами со штырьевыми замками на концах. Стropы надеты на валик и пропущены в отверстия фермы (см. рис. 3.96, в)

| | | | | | | | | |
|----|-----|-----|------|-----|------|-----|---|------|
| 20 | 1,4 | 1,4 | 1500 | 600 | 1200 | 440 | Подъем и монтаж ферм толщиной в местах строповки до 600 мм, массой 20 т | [11] |
|----|-----|-----|------|-----|------|-----|---|------|

Ферма треугольная из труб. В средней части петля для навешивания на крюк крана. По нижнему поясу — петли для навешивания стропов при различных длинах изделия. Стropы снабжены штырьевыми замками (см. рис. 3.96, г)

| | | | | | | | | |
|---|----|---|------|-----|------|------|--|------|
| 8 | 17 | 4 | 1800 | 600 | 3000 | 2070 | Подъем стропильных балок длиной до 18 м, массой до 8 т | [17] |
|---|----|---|------|-----|------|------|--|------|

| Грузоподъемность, т | Расстояние (м) между | | Габаритные размеры, мм | | | Масса, кг | Назначение | Источник |
|---------------------|---|--|------------------------|--------|--------|-----------|------------|----------|
| | крайними точками подвеса по горизонтали | точками подвеса к крюку крана и к изделю | Длина | Ширина | Высота | | | |

Треугольная ферма из прокатных профилей с валиком в середине верхнего пояса для навешивания на крюк крана. В концевых и средней точках нижнего пояса размещены блоки, охватываемые канатным стропом со штырьевыми замками на концах (см. рис. 3.96, с)

| | | | | | | | | |
|----|----|----|--------|-----|------|-----|---|------|
| 20 | 10 | 35 | 10 500 | 300 | 3000 | 200 | Подъем и монтаж балок длиной до 20 м и массой до 20 т | [17] |
|----|----|----|--------|-----|------|-----|---|------|

Треугольная ферма с вынесенной вверх петлей для навешивания на крюк крана. В концевых узлах шарнирно закреплены стропы с коушами на концах, продеваемыми в отверстия поднимачной фермы. Штырьевые замки с рычажно-электромагнитным приводом (см. рис. 3.96, е, ж)

| | | | | | | | | |
|----|----|-----|------|-----|------|------|---|------|
| 10 | 10 | 2,6 | 1100 | 500 | 3000 | 560 | Подъем, перемещение и монтаж подстропильных ферм длиной 24 ... 30 м и 30 ... 36 м, массой 10 и 25 т | [17] |
| 25 | 12 | 2,6 | 1300 | 500 | 3000 | 1490 | | |

3.87. Параметры плоскостных траверс [17]

| Грузоподъемность (т) при угле наклона к вертикали | Размеры, мм | | | | | | Масса (кг) при α | | Назначение |
|---|-------------|---------|----------------|----------------|----------------|-----|------------------|--|------------|
| | L | | L ₁ | L ₂ | L ₃ | 90° | 60° | | |
| | α = 90° | α = 60° | | | | | | | |
| 90° | 60° | | | | | | | | |

Несущая балка — стальная труба с отверстиями для закрепления, несущие стропы обойм на необходимом для подъема изделия расстоянии (см. рис. 3.97, и)

| | | | | | | | | | |
|----|----|------|------|------|------|-----|-------|-------|---|
| 10 | — | 2400 | — | — | — | — | 92,2 | — | Подъем цилиндрических аппаратов диаметром 0,8 ... 4 м |
| 16 | 16 | 2450 | 2300 | 2000 | 1420 | 900 | 118,6 | 93,1 | |
| 25 | 25 | 2600 | 2350 | — | — | — | 192,7 | 127,5 | |
| 25 | 25 | 2120 | 1920 | 1420 | 900 | — | 254,6 | 186,5 | |
| 40 | 40 | 3200 | 3000 | 2500 | 1800 | — | 353,3 | 268,5 | |
| 40 | 40 | 4700 | 4500 | 4000 | 2850 | — | 409,3 | 365,5 | |

Несущая балка — швеллер с отверстиями для закрепления несущих строп, обойм на необходимом для подъема изделия расстоянии. Допустимое отклонение стропов, в плоскости траверсы 3°. Стropы для подвески траверсы к крюку крана могут быть выполнены как из одного каната, так и из нескольких образующих замкнутую многоветвевую петлю (см. рис. 3.97, б)

| | | | | | | | | | |
|----|----|------|---|------|------|-----|-------|-------|---------------------------------|
| — | 10 | 2360 | — | — | — | — | 77,13 | 77,1 | Подъем цилиндрических аппаратов |
| 10 | 16 | — | — | 2000 | 1420 | 900 | 97,2 | 97,2 | |
| 16 | 25 | 2400 | — | — | — | — | 134,6 | 134,6 | |
| 25 | 40 | — | — | — | — | — | 161,6 | 161,6 | |
| 40 | 60 | 1920 | — | 1420 | 900 | — | 189,8 | 189,8 | |
| | | 3000 | — | 2500 | 1800 | — | 232 | 232 | |
| | | 4500 | — | 4000 | 2850 | — | 296 | 296 | |
| 50 | 63 | 2020 | — | 1420 | 900 | — | 222 | 222 | |
| | | 3100 | — | 2500 | 1800 | — | 235,5 | 235,5 | |
| | | 4600 | — | 4000 | 2850 | — | 316,6 | 316,6 | |
| | | 2020 | — | 1420 | 900 | — | 304 | 304 | |

| Грузоподъемность (т) при угле α наклона к вертикали | | Размеры, мм | | | | | Масса (кг) при α | | Назначение |
|--|-----|-----------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------------------------|-----|------------|
| | | L | | L_1 | L_2 | L_3 | 90° | 60° | |
| 90° | 60° | ($\alpha=90^\circ$) | ($\alpha=60^\circ$) | | | | | | |
| 63 | 80 | 3100 | — | 2500 | 1800 | — | 359 | 359 | |
| | | 4600 | — | 4000 | 2850 | — | 463 | 463 | |
| 80 | 100 | 2120 | — | 1420 | 900 | — | 363 | 363 | |
| | | 3200 | — | 2500 | 1800 | — | 432 | 432 | |
| | | 4700 | — | 4000 | 2850 | — | 517 | 517 | |
| | | 7700 | — | 7000 | 5650 | — | 788 | 788 | |
| | | 2120 | — | 1420 | 9000 | — | 425 | 425 | |
| | | 3200 | — | 2500 | 1800 | — | 503 | 503 | |
| | | 4700 | — | 4000 | 2850 | — | 618 | 618 | |
| | | 7700 | — | 7000 | 5650 | — | 773 | 773 | |

Несущая балка — стальная труба с инвентарными заплатами; стропы для подвески на крюк крана — жесткие из швеллеров (см. рис. 3.97, а)

| | | | | | | | | | |
|----|---|------|---|------|---|---|------|---|---|
| 40 | — | 5600 | — | 5100 | — | — | 712 | — | Подъем цилиндрических аппаратов диаметром 4,9; б: 7,6 м |
| 40 | — | 6700 | — | 6200 | — | — | 923 | — | |
| 40 | — | 8300 | — | 7800 | — | — | 1060 | — | |

3.38. Параметры кольцевых траверс [17]

| Грузоподъемность, т | Диаметр, мм | Масса, кг | Назначение |
|---------------------|-------------|-----------|------------|
|---------------------|-------------|-----------|------------|

Каркас из кордовых лучей, образующий треугольник, выполнен из прокатных уголков. Канатные стропы прикреплены к каркасу за проушины последнего и соединены на общем кольце, навешиваемом на крюк крана. Для подвески изделия на отрезках цепи имеются крюки (см. рис. 3.97, в)

| | | | |
|-----|------|-----|---|
| 0,4 | 2130 | 75 | Подъем цилиндрических аппаратов малой массы и жесткости |
| 0,5 | 3730 | 130 | |

Конструктивное выполнение то же, что и по схеме рис. 3.97, а, из швеллеров (см. рис. 3.97, б)

| | | | |
|----|------|------|---|
| 20 | 1000 | 1470 | Подъем и монтаж листовых цилиндрических обечаек |
|----|------|------|---|

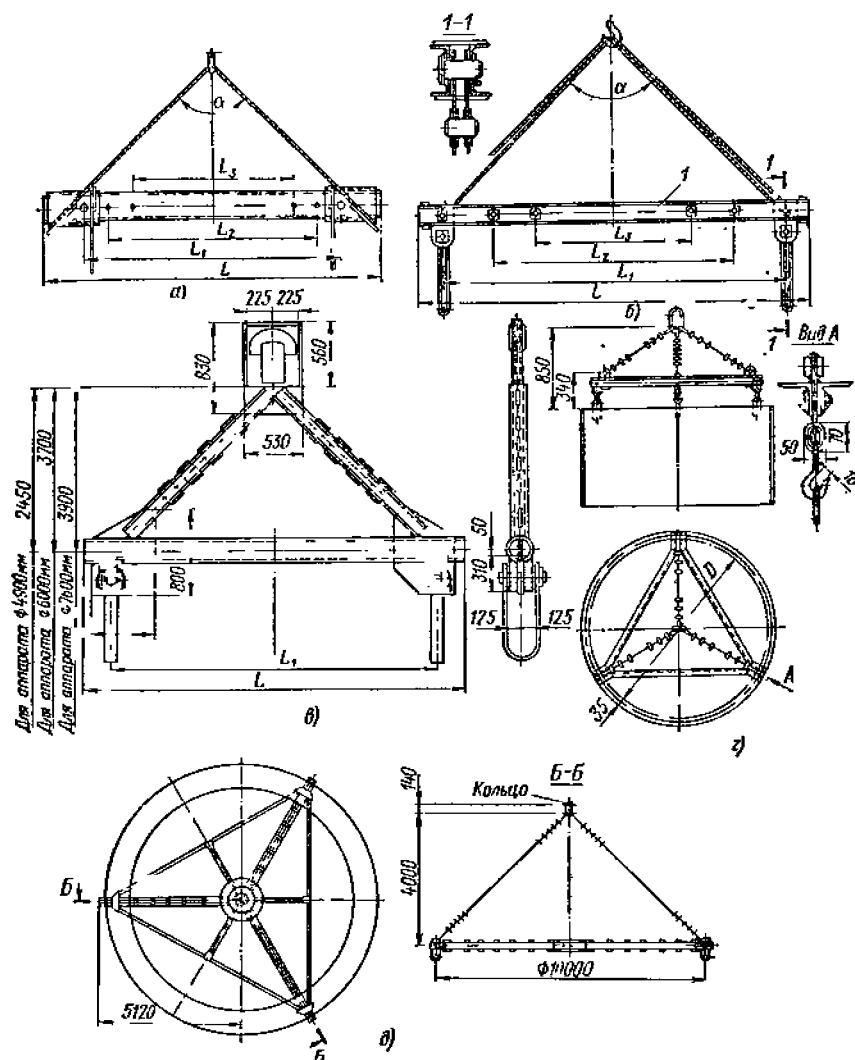


Рис. 3.97. Траверсы для подъема цилиндрических изделий в вертикальном положении: а — с трубчатой несущей балкой, гибкими стропами и переставными подвесками; б — с несущей балкой из швеллеров и гибкими многоствявыми стропами и переставными подвесками; в — пространственная треугольная с гибкими стропами и крюковыми подвесками; д — пространственная треугольная с валиками в подвесках

Используют как плоскостные, так и пространственно развитые траверсы — первые для подъема изделий с достаточной поперечной жесткостью, вторые для изделий, воспринимающих только вертикальные нагрузки.

На рис. 3.97 приведены конструкции траверс, применяемых в монтажной практике (табл. 3.37).

Для подъема парг и обечаек траверсы выполняют пространственными треугольными или кольцевыми с радиальными или кордовыми распорками, с тремя жесткими или гибкими стропами для навешивания к крюку крана и необходимым количеством подвесок для подсоединения поднимаемого изделия (табл. 3.38).

3.9.4. ТРАВЕРСЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГРУЗОВ ДВУМЯ КРАНАМИ

Транспортирование и перегрузку крупногабаритных, большой массы грузов в ряде случаев осуществляют двумя кранами, с использованием специальных траверс различной конструкции и размеров. Подъем и перемещение грузов спаренными кранами применяют при монтаже оборудования большой массы, а также при перегрузке различных грузов, когда грузоподъемность одного крана оказывается недостаточной.

Для распределения нагрузки на краны соответственно их грузоподъемности применяют балансные траверсы (рис. 3.98).

В неравноплечей траверсе расстояния e от точки крепления груза до точки подвеса траверсы к крюкам кранов обратно пропорционально грузоподъемности кранов (рис. 3.98, б)

$$e_1/e_2 = Q_2/Q_1,$$

где Q_1 и Q_2 — грузоподъемности кранов ($Q_1 + Q_2 = Q_r/g$, здесь Q_r — вес поднимаемого груза с учетом веса траверсы).

При применении неравноплечей траверсы для подъема грузов двумя кранами одинаковой грузоподъемности наибольшая нагрузка на кран

$$Q_1 = Q_r e_2 / Lg.$$

Для использования кранов разных грузоподъемностей траверсы выполняют с отверстиями для скоб, навешиваемых на крюки кранов и обеспечивающих изменение плеч (рис. 3.98, а).

Конструктивное выполнение траверс может быть различным. Нормальным считается выполнение сваркой из листового металла с ввариванием бобышек в местах размещения осей скоб и траверсы крюка, а при длинных траверсах и диафрагмы.

В условиях строительства для изготовления траверс часто применяют двутавровые балки (рис. 3.99). Ее выполняют в виде сварной конструкции из двух двутавровых балок, двух скоб с отверстиями для соединения с крюками двух кранов и четырех опор с желобами для стропов, которые могут быть произвольно использованы в зависимости от размеров грузов и грузоподъемности кранов. Грузоподъемность такой траверсы 15 т, длина 7440 мм, масса 1920 кг.

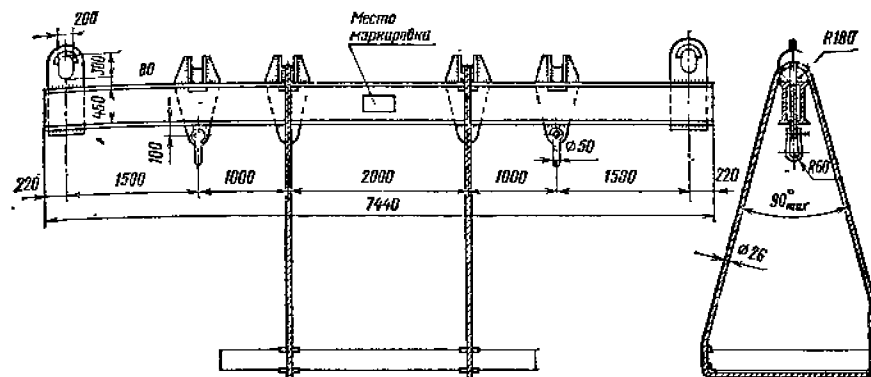


Рис. 3.99. Траверса для подъема и транспортирования грузов большой массы

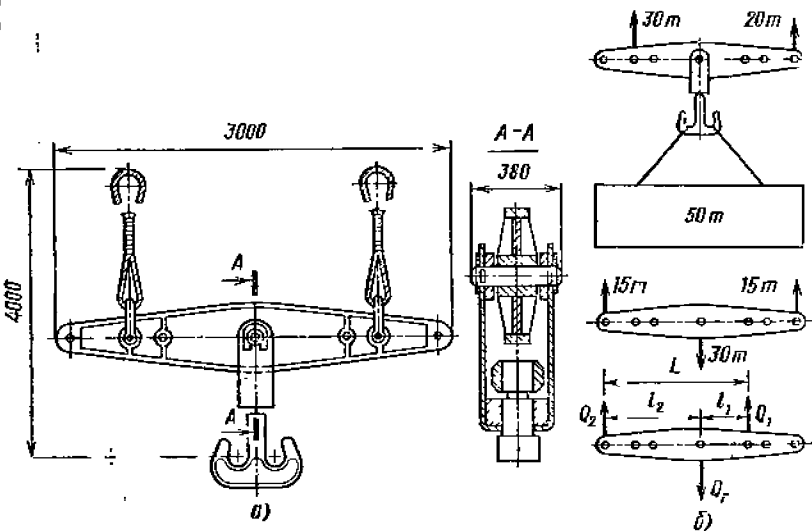


Рис. 3.98. Траверса листовой конструкции: а — общий вид; б — расчетная схема

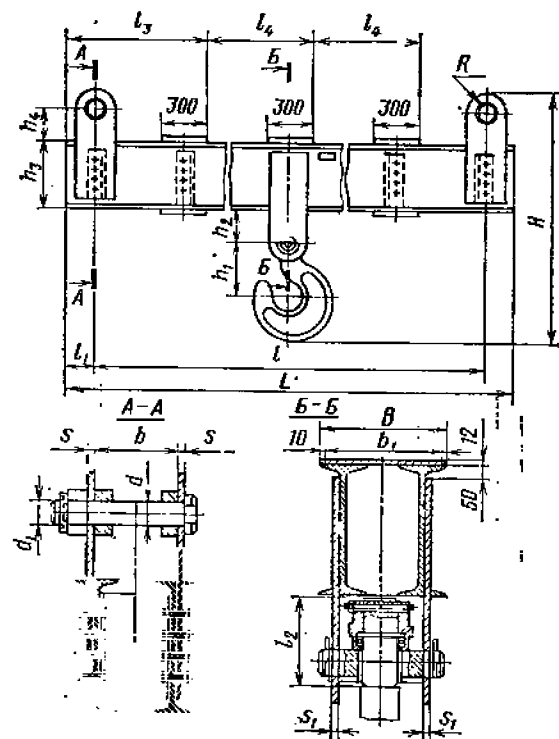


Рис. 3.100. Унифицированная траверса грузоподъемностью 20, 30 и 60 т

3.39. Параметры траверс (см. рис. 3.100)

| Параметр | Грузоподъемность, т | | | Параметр | Грузоподъемность, т | | |
|--------------|---------------------|------|------|-----------|---------------------|------|------|
| | 20 | 30 | 60 | | 20 | 30 | 60 |
| Размеры, мм: | | | | | | | |
| L | 6300 | 3360 | 3400 | h_4 | 200 | 220 | 300 |
| l | 6000 | 3000 | 3000 | E | 420 | 409 | 490 |
| l_1 | 150 | 180 | 200 | b | 259 | 257 | 321 |
| l_2 | 250 | 290 | 425 | b_1 | 400 | 390 | 470 |
| l_3 | 1100 | 930 | 1000 | s | 20 | 20 | 20 |
| l_4 | 2200 | 900 | 850 | s_1 | 20 | 20 | 30 |
| H | 1527 | 1790 | 2440 | d | 80 | 95 | 135 |
| h_1 | 325 | 435 | 760 | d_t | M72 | M90 | M125 |
| h_2 | 220 | 250 | 360 | R | 100 | 130 | 150 |
| h_3 | 560 | 450 | 550 | Масса, кг | 1371 | 1089 | 1640 |

Аналогичную конструкцию имеет траверса, приведенная на рис. 3.100. Такие траверсы грузоподъемностью 20, 30 и 60 т (табл. 3.39) изготовляют в системе Минмонтажспецстрой СССР.

Более универсальную, но и более сложную конструкцию представляет собой применяемая в химической промышленности траверса для подъема оборудования большой массы двумя кранами различной грузоподъемности (рис. 3.101). Траверса выполнена в виде двух балок — верхней 6 и нижней 18, которые связаны между собой переходной тягой 9. Тяга 9 установлена с возможностью поворота на осях 5 и 13, закрепленных на балках 6 и 18 соответственно. В верхней балке имеется продольный паз 2, а в нижней — две продольные щели 11 и 14, расположенные симметрично тяге 9. В пазах 2 и щелях 11 и 14 установлены ходовые винты 1, 12 и 15, на которых закреплены подвижные оси 4, 10 и 16, несущие подвески 3, 17 и 19 соответственно. Подвеска 19 закреплена на подвижной оси 8 и балке 6.

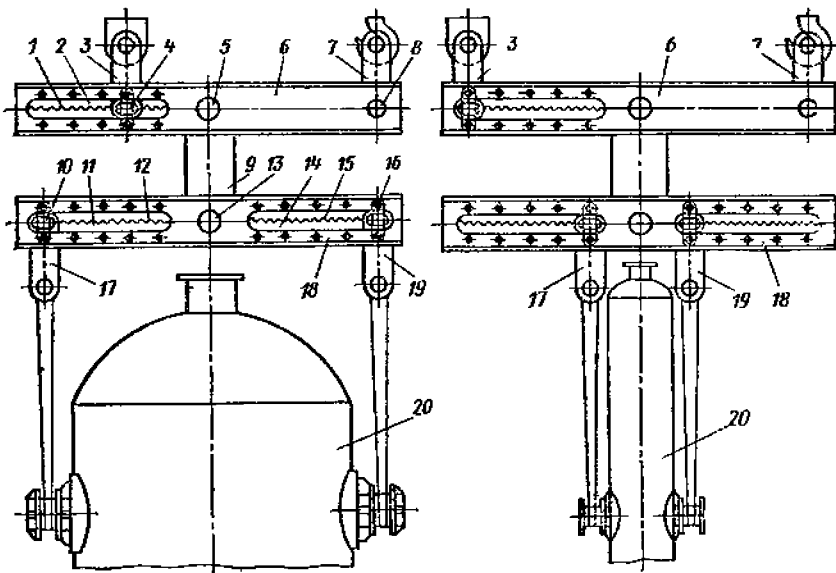
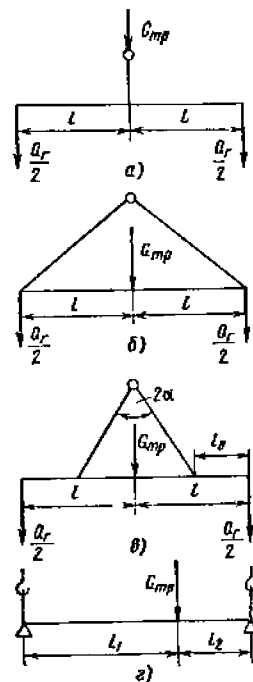


Рис. 3.101. Универсальная траверса для подъема оборудования большой массы двумя кранами различной грузоподъемности

Рис. 3.102. Расчетные схемы траверс:

a — при подвеске скобой на крюк крана; b — при подвеске к крюку крана канатными стропами, укрепленными на концах траверсы; e — то же, но укрепленными в средней части траверсы; z — при подъеме двумя кранами



В зависимости от габаритов поднимаемого оборудования смещают ходовые винты 12 и 15 оси 10 и 16 с подвесками 17 и 19 в соответствующее положение, после чего фиксируют оси оседержателями, а в зависимости от грузоподъемности кранов перемещением ходового винта 1 устанавливают требуемое плечо подвески 3 относительно линии, соединяющей центры осей 5 и 13. Так, например, при использовании двух механизмов различной грузоподъемности подвижная ось балки 6 перемещается ходовым винтом 1 в пазу 2 по направлению к оси 5 переходной тяги 9 в том случае, если к подвеске 3 прикреплен полиспаст механизма большой грузоподъемности. После этого стропят оборудование 20 к подвескам 17 и 19 нижней балки 18, а крюки грузоподъемных кранов к подвескам 3 и 7 верхней балки.

3.9.5. РАСЧЕТ ТРАВЕРС

По расчетной схеме различают траверсы, работающие на изгиб (рис. 3.102, a), на сжатие и изгиб от собственного веса (рис. 3.102, b) и одновременно на изгиб и сжатие (рис. 3.102, e). На изгиб работают и траверсы, поднимаемые двумя кранами.

Масса траверсы может составлять до 10 % массы поднимаемого груза, что в практических расчетах должно быть учтено.

Расчетный изгибающий момент в траверсах, работающих на изгиб при схеме нагружения по рис. 3.102, a

$$M_H = (Q_r + G_{тр}) l / 2,$$

при схеме нагружения по рис. 3.102, z

$$M_H = (Q_r + G_{тр}/2) [l_1 l_2 / (l_1 + l_2)],$$

где Q_r — номинальный вес поднимаемого груза; $G_{тр}$ — вес траверсы.

При значительных скоростях подъема следует учитывать коэффициент динамичности (см. п. 1).

По расчетному изгибающему моменту определяют момент сопротивления поперечного сечения траверсы

$$W_{тр} \geq M_H / [\sigma_H].$$

При серийном производстве для экономии металла траверсам целесообразно придавать форму балки равного сопротивления.

При расчете траверсы, работающей на сжатие под действием внешней нагрузки Q_r и изгиб под действием собственного веса $G_{тр}$ (рис. 3.102, b и e) необходимо предварительно определить усилие S в канатной тяге, соединяющей траверсу с крюком крана. Для однобалочной траверсы

$$S = Q_r / (2 \cos \alpha);$$

для трехлучевой траверсы

$$S = Q_r / (3 \cos \alpha),$$

где α — угол наклона тяги к вертикали (следует принимать 60 ... 90°).

По найденному усилию S рассчитывают стальные канатные туги Изгибающий момент в балке траверсы:

при траверсе по схеме на рис. 3.102, б

$$M_{\text{из}} = G_{\text{трг}} l / 4,$$

при траверсе по схеме на рис. 3.102, в у опоры канатной туги

$$M_{\text{из}}' = \frac{Q_{\text{Г}}}{2} l_0 + \frac{G_{\text{трг}}}{2l} \frac{l_0^2}{2} = \frac{l_0}{2} \left[Q_{\text{Г}} + \frac{G_{\text{трг}}}{2} \frac{l_0}{l} \right];$$

в середине траверсы

$$M_{\text{из}}'' = \frac{Q_{\text{Г}}}{2} l + \frac{G_{\text{трг}}}{2l} \frac{l^2}{2} - S \cos \alpha (l - l_0).$$

Так как $S = Q_{\text{Г}} / (2 \cos \alpha)$, получим

$$M_{\text{из}}'' = \frac{Q_{\text{Г}}}{2} (l - l + l_0) + \frac{G_{\text{трг}}}{2l} \frac{l^2}{2} = \frac{Q_{\text{Г}} l_0}{2} + \frac{G_{\text{трг}} l}{4} = \frac{l_0}{2} \left[Q_{\text{Г}} + \frac{G_{\text{трг}}}{2} \frac{l}{l_0} \right].$$

Так как $l_0 < l$ расчетным является $M_{\text{из}}''$.

Сжимающее горизонтальное усилие в однобалочной траверсе

$$N = Q_{\text{Г}} \operatorname{tg} \alpha / 2;$$

для трехлучевой траверсы

$$N = Q_{\text{Г}} \operatorname{tg} \alpha / 3.$$

Параметры сечения определяют из уравнения

$$[\sigma_{\text{из}}] = N/F + M_{\text{из}}/W.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А. Ф. Грузозахватные устройства с автоматическим и дистанционным управлением. М.: Стройиздат, 1979. 173 с.
2. Андреев А. Ф. Машины и механизмы: Транспортное оборудование для строительства. М.: ЦНИИПИ Государственного комитета Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий, 1975. 31 с.
3. Беспятовой монтаж сборных конструкций жилых зданий. М.: ЦНТИ по гражд. стр-ву и архитектуре, 1974. 28 с. (Обзор; Сер. «Конструкции жилых и общественных зданий»).
4. Богданов В. Ф., Воронцова О. А. Метод расчета механизма фиксации системы инженера Меламеда. — В кн.: Подъемно-транспортное машиностроение. Тула, ТПИ, 1977, с. 66—70.
5. Бирюков В. В. Новые грузозахватные приспособления для штучных грузов за рубежом. М.: ЦНИИТЭИМС, 1976. 52 с.
6. Вайнсон А. А., Андреев А. Ф. Специализированные крановые грузозахваты для штучных грузов. М.: Машиностроение, 1972. 200 с.
7. Грузозахватные устройства/Ю. Т. Козлов, А. М. Обермейстер, Л. П. Протасов и др. М.: Транспорт, 1980. 223 с.
8. Данилейко Г. Г. Беспроводные грузозахватные устройства. — Механизация и автоматизация производства, 1972, № 4, с. 18—19.
9. Егоров В. В. Грузозахватные устройства в трубопроводном строительстве. М.: Недра, 1972. 104 с.
10. Зарубежные конструкции перспективных кранов для перегрузки и складирования крупнотоннажных контейнеров. М.: НИИинформтяжмаш, 1973. 37 с. (Обзор; № 6—73—40).
11. Каталог автоматических и полуавтоматических грузозахватных устройств и приспособлений. Ярославль: ОНТИ ИОМТПС Минстроя СССР. 88 с.
12. Каталог-справочник по грузозахватным устройствам. М.: Транспорт, 1977. 311 с.
13. Кичикин Н. Н. Такелажные работы. М.: Высшая школа, 1979. 264 с.
14. Матвеев В. В. Примеры расчета такелажной оснастки. Л.: Стройиздат, 1979. 208 с.
15. Меламед С. М. Автоматические захваты для штучных грузов. М.: Машиностроение, 1965. 131 с.

16. Оборудование для механизации перегрузки крупнотоннажных контейнеров. М.: НИИинформтяжмаш, 1971. 134 с. (А—13—70; ч. 1).
17. Оснастка и приспособления для такелажных работ. Немецкаторный справочник. Т. VI (дополнение). М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя, 1975. 87 с.
18. Подойницын В. X. Автоматические грузозахватные устройства для контейнеров. — Монтажные и специальные работы в строительстве, 1974, № 4, с. 18—19.
19. Подъемно-транспортное оборудование. М.: ЦНИИТЭИТтяжмаш, 1979. 21 с. (Реферативный сборник; 6—79—10).
20. Подъемно-транспортное оборудование. М.: НИИинформтяжмаш, 1978. 125 с. (Реферативный сборник; 6—78—11).
21. Протасов Л. П. Захватные приспособления и устройства для контейнеров и пакетов. М.: ЦНИИТЭИМС, 1975. 43 с. (Обзорная информация).
22. Расчеты крановых механизмов и их деталей/ВНИИПТМаш. М.: Машиностроение, 1971. 496 с.
23. Расчеты металлургических кранов/С. А. Казак, В. И. Котов, П. З. Петухов, В. Н. Суторихина. М.: Машиностроение, 1973. 264 с.
24. Рязин А. И., Урванцев Б. А. Строповка грузов. М.: Машиностроение, 1968. 208 с.
25. Цициашвили М. Ю. Грузозахватные устройства для механизации перегрузочных работ. М.: Транспорт, 1969. 184 с.
26. Хасилев В. Л. Грузозахватные устройства для штучных грузов и манипуляторы. — В кн.: Подъемно-транспортное машиностроение. М.: ВИНТИ, 1970, с. 48—83.
27. Еременок П. Л., Хасилев В. Л. Комплексна механизация та автоматизация транспортування будівельних матеріалів. Кнiв: Будiвельник, 1969. 140 с.

4. ПРИТЯГИВАЮЩИЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА 4. для ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ

4.1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ И МАГНИТНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

4.1.1. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ

Электромагнитные ГУ (грузоподъемные электромагниты) применяют для перегрузки ферромагнитных грузов — стальных и частично чугунных изделий и материалов. Они представляют собой электромагниты с плоским якорем, характеризуются большой силой притяжения при малом ходе (малым зазором между якорем и замыкающим магнитный поток грузом) и имеют круглую или прямоугольную форму.

Электромагнитные ГУ приспособлены для перегрузки грузов любой формы — стальных болванок и листов, чугунных чушек, скрапа, металлолома и др., в том числе и горячих грузов с предельной температурой до 500 °С. Вместе с тем от формы груза и его температуры зависит и грузоподъемность электромагнитного ГУ; если при перегрузке стальных болванок и листов грузоподъемность ГУ принять за 1, то при перегрузке чугунных чушек и стального скрапа она составит 0,33—0,06, а при перегрузке стальной стружки 0,013—0,02.

При температуре груза выше 200 °С магнитная проницаемость, а следовательно, и грузоподъемность ГУ значительно снижаются и при температуре 720 °С последняя равна нулю.

На рис. 4.1 показаны электромагнитные ГУ круглой и прямоугольной форм. В стальном массивном корпусе 5 из стали с высокой магнитной проницаемостью размещена катушка электромагнита 4, удерживаемая снизу полосами 3 и 1 и немагнитной, из высокомарганцовистой стали (до 15%), шайбой 2. Обмотка электромагнита, размещенная в герметичной оболочке, выполнена секционной, причем каждая секция намотана голой медной лентой. Витки секций изолированы тонкой асбестовой бумагой, пропитанной изоляционным термостойким лаком или стекловолоконной лентой и залиты под давлением термостойкой заливочной массой, которая заполимеризована, что обеспечивает хорошую электрическую и механическую прочность катушки, а также и хороший отвод тепла.

Катушка электромагнита рассчитана на напряжение 220 В постоянного тока при продолжительности включения ПВ = 50%. Полюсы 3 и 1 электромагнита могут быть приварены или прикреплены механически. Сварка обеспечивает более высокую прочность и водонепроницаемость, но усложняет замену этих изнашиваемых элементов.

Наиболее распространены электромагнитные ГУ круглой формы. При необходимости перегрузки грузов продольной формы можно применять прямоугольные ГУ или, что делается чаще, траверсы с подвешенными к ним несколькими, наиболее часто двумя, электромагнитами (рис. 4.1, а).

Подвод электроэнергии к электромагниту осуществляется шланговым кабелем. При небольших высотах подъема кабель закрепляют петлеобразно, и при изменении высоты подъема изменяется его провис; при больших высотах подъема на кране устанавливают подпружиненные вращающиеся кабельные барабаны, автоматически поддерживающие кабель с необходимым натяжением. При использовании электромагнитного ГУ для подъема горячих грузов изоляция кабеля должна быть термостойкой.

Электромагнитными ГУ в основном оборудуют краны с электроприводом механизмов — обычно мостовые или козловые. На самоходных стреловых кранах электромагнитные ГУ устанавливают редко по нескольким причинам: эти краны

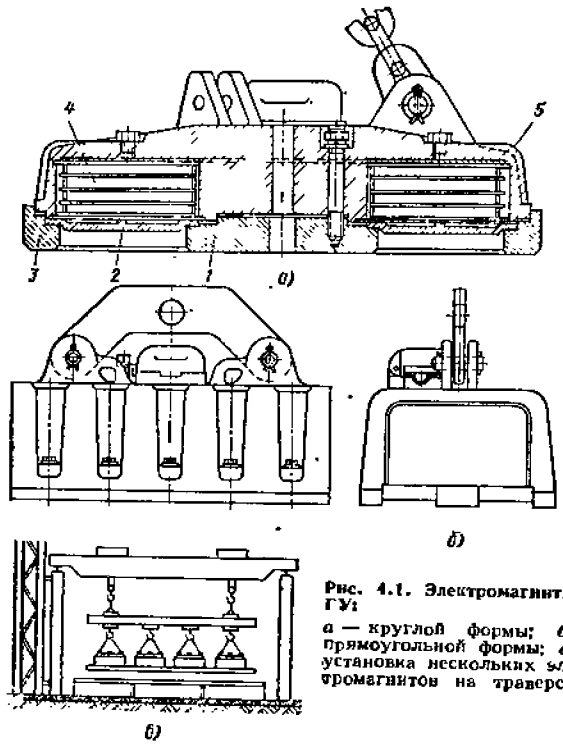


Рис. 4.1. Электромагнитное ГУ:
а — круглой формы; б — прямоугольной формы; в — установка нескольких электромагнитов на траверсе

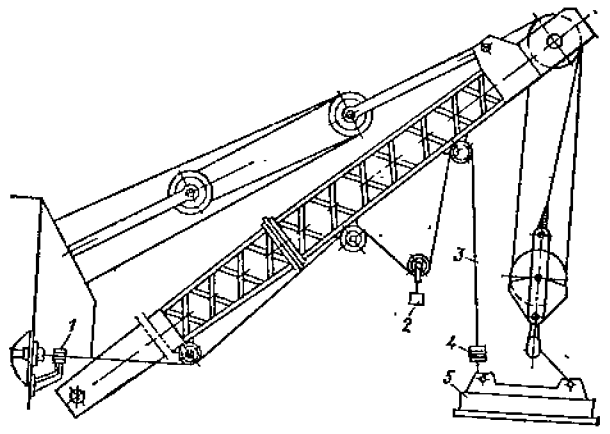


Рис. 4.2. Установка электромагнитного ГУ на стреловом кране:
1 — крюкштейн для закрепления кабеля; 2 — натяжной груз; 3 — кабель; 4 — разъемное соединение токопровода; 5 — электромагнит

редко используют на складах металла, скрапа или стружки; полезная грузоподъемность их резко снижается из-за большого веса электромагнита; кран не имеет электропитания, а если он оснащен автономным генератором, то мощность его ограничена.

Однако при необходимости электромагнитное ГУ можно устанавливать и на самоходном кране с использованием стандартного оборудования (рис. 4.2). Автономный генератор для питания электромагнита установлен на поворотной платформе крана и приводится в движение от базового двигателя крана с возможностью отключения при использовании последнего на работах без электромагнитного ГУ.

4.1.2. ПАРАМЕТРЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ

В табл. 4.1 дана техническая характеристика электромагнитов, выпускаемых заводом «Динамо» им. С. М. Кирова, а в табл. 4.2 приведены примеры их возможного использования.

В последнее время создана новая серия грузоподъемных электромагнитов, круглой формы, отличающихся повышенной грузоподъемностью и допускающих нормальную работу при ПВ = 60 % (табл. 4.3).

Грузоподъемные электромагниты (см. табл. 4.1) должны эксплуатироваться при следующих условиях: высота над уровнем моря не более 2000 м; температура окружающей среды ± 50 °С; относительная влажность воздуха до 100 % при температуре окружающей среды до +35 °С; окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая газов и паров разрушающих металлы и изоляцию. Допускаются одиночные удары с ускорением, не превышающим 3g. Напряжение электропитания — 220 В постоянного тока с допустимым колебанием 85...105 % от номинала. Режим работы с холодными грузами — ПВ = 50 %. При работе с ПВ > 50 % необходимо снижать напряжение на катушке электромагнита до

$$U = 1555 \sqrt{ПВ_d}$$

где $ПВ_d$ — действительное значение ПВ.

Параметры грузоподъемных электромагнитов должны соответствовать требованиям ГОСТ 10130—79, кинематическое исполнение и категории размещения — У1 по ГОСТ 15150—69 и Т1 по ГОСТ 15543—70. Так как грузоподъемные электромагниты обычно применяют на кранах с электропитанием переменным трехфазным током, для получения постоянного тока напряжением 220 В можно использовать как вращающиеся, так и статические преобразователи.

Схемы подключения грузоподъемного электромагнита к внешней электросети приведены на рис. 4.3. Магнитные контроллеры ПМС и ПСМ позволяют

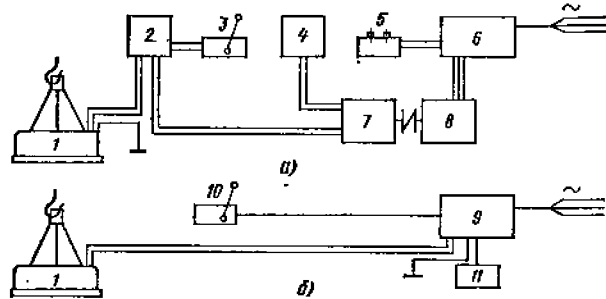


Рис. 4.3. Блок-схемы подключения электромагнита к внешней электросети: а — при вращающемся преобразователе; б — при статическом преобразователе; 1 — грузоподъемный электромагнит; 2 — магнитный контроллер ПМС; 3 — командоконтроллер; 4 — регулятор возбуждения; 5 — кнопочный пульт управления; 6 — магнитный пускатель; 7 — генератор постоянного тока; 8 — асинхронный электродвигатель; 9 — магнитный контроллер ПСМ; 10 — командоконтроллер КП 1818; 11 — ящик сопротивлений ИФ-11А

4.1. Техническая характеристика грузоподъемных электромагнитов, выпускаемых заводом «Динамо» им. С. М. Кирова

| Параметр | M22BY2 M22BT2 | M42BY2 M42BT2 | M62BY2 M62BT2 | M40BY1 M40BT1 | ПМ15BY2 ПМ15BT2 | ПМ25BY2 ПМ25BT2 |
|---|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| | ТУ | | | | | |
| Грузоподъемная сила (кН) при захвате: | | | | | | |
| стальных болванок, плит, листов, рельсов, балок . . . | 60 | 160 | 200 | — | 70 | 140 |
| стального скрапа, чугунных чушек . . . | 2 | 6 | 20 | — | — | — |
| стальной стружки . . . | 0,8 | 2 | 6,5 | — | — | — |
| Масса бойного шара (гнездо R = 600 мм), т . . . | — | — | — | 100 | — | — |
| Габаритные размеры, мм: | | | | | | |
| диаметр (для прямоугольных для X ширинка) . . . | 785 | 1170 | 1600 | 1150 | 1100×475 | 1700×730 |
| высота . . . | 235 | 290 | 375 | 465 | 475 | 700 |
| высота до верха рым-кольца . . . | 785 | 1135 | 1320 | 1300 | 635 | 750 |
| Потребляемая мощность, кВт: | | | | | | |
| номинальная . . . | 2,3 | 7,5 | 12,5 | 11 | 2,3 | 4,4 |
| максимальная . . . | 4 | 12,2 | 21,5 | — | 4 | 8,2 |
| Катушка | | | | | | |
| Сила тока (А) катушки: | | | | | | |
| нагрей (до 150 °С) . . . | 10,5 | 32,5 | 56,5 | 32,5 | 10,5 | 20 |
| холодной . . . | 15,8 | 49 | 85,2 | — | 15,7 | 38 |
| Сечение голого провода, мм . . . | 1,45 × 3,28 | 0,5 × 25 | 1,25 × 25 | — | 1,81 × 3,28 | 0,4 × 22 |
| Число витков . . . | 2544 | 1488 | 1662 | — | 2322 | 1152 |
| Сопротивление при 20 °С, Ом . . . | 13,9 | 4,49 | 2,58 | — | 14 | 7,28 |
| Разрядное сопротивление, Ом . . . | 98,4 | 200 | 280 | — | 98,4 | 84 |

Примечание. В качестве аппаратуры управления используют командоконтроллер ВУ-501 и магнитный контроллер соответствующей мощности

4.2. Примеры возможного использования грузоподъемных электромагнитов

| Тип | Число электромагнитов, работающих одновременно | Груз | | | | |
|-----|--|------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------|--------|
| | | Вид | Размер, мм | Наибольшее количество | Масса, кг | |
| | | | | | штучная | общая |
| M42 | 1 | Изложницы | — | 1 | До 12 500 | 12 500 |
| | 1 | Стальные пробки для изложниц | Диаметр 330, высота 100 | 16 | 64 | 1 000 |
| | 1 | Лист | 60×2 000×6 000 | 1 | 5 650 | 5 650 |
| | 2 | Листы | 5×1 400×4 500 | 11 | 250 | 2 750 |
| | 2 | » | 12×1 800×7 300 | 3 | 1 250 | 3 750 |

| Тип | Число электромагнитов работающих одновременно | Груз | | | | |
|------|---|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------|--------|
| | | Вид | Размер, мм | Наибольшее количество | Масса, кг | |
| | | | | | штучная | общая |
| | 2 | » | 26×1 250×7 400 | 3 | 1 900 | 5 700 |
| | 4 | » | 6×1 300×12 000 | 8 | 750 | 6 000 |
| | 4 | » | 8×1 600×12 000 | 5 | 1 200 | 6 000 |
| | 4 | » | 10×1 950×12 000 | 4 | 1 850 | 7 400 |
| | 4 | » | 12×2 500×12 000 | 3 | 2 850 | 8 500 |
| M62 | 1 | Обрезки блюмов (при 120 °С) | Примерно 90×110×230 Мелкие | 12 | — | 2 000 |
| | 1 | Обрезки рельсов | | — | — | 800 |
| | 1 | Рулоны стали (при 300 °С) | | 4 | 2 500 | 10 000 |
| | 1 | Прессованные пакеты | | 3 | 1 000 | 3 000 |
| PM15 | 1 | Лист | 6×1 000×1 750 | 8 | 85 | 680 |
| | 1 | | 6×1 400×4 200 | 4 | 280 | 1 120 |
| | 1 | | 14×1 000×6 000 | 2 | 660 | 1 320 |
| | 1 | | 100×1 000×4 000 | 1 | 3 200 | 3 200 |
| | 1 | Квадрат | 450×450×4 500 | 1 | 7 200 | 7 200 |
| PM25 | 1 | Блюмы (при 200 °С) | 300×300×4 500 | 4 | 3 200 | 12 800 |
| | 1 | | То же | 270×270×4 500 | 5 | 2 700 |
| | 1 | Слябы | 108×1 010×4 200 | 3 | 3 600 | 10 800 |
| | 1 | | 112×760×4 200 | 5 | 2 800 | 14 000 |
| | 2 | Рельсы Р-50 | Длина 12 500 | 10 | 625 | 6 250 |
| | 2 | | » Р-65 | Длина 12 500 | 9 | 813 |
| | 2 | Рельсы Р-75 | Длина 12 500 | 7 | 938 | 6 575 |
| | 2 | | Листы | 7×1 800×7 000 | 10 | 700 |
| | 2 | Квадраты | 65×65×6 000 | 21 | 200 | 4 200 |
| | 4 | | Рельсы Р-50 (при 500 °С) | Длина 25 000 | 10 | 1 250 |
| | 4 | Рельсы Р-65 (при 500 °С) | Длина 25 000 | 9 | 1 625 | 14 600 |
| | 4 | Рельсы Р-75 (при 500 °С) | Длина 25 000 | 7 | 1 875 | 13 150 |

4.3. Параметры круглых грузоподъемных электромагнитов новой серии

| Параметр | M02 | M12 | M22 | M42 | M62B | M62BM | M82 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Грузоподъемность, т: | | | | | | | |
| предельная (отрывная) | 5,5 | 10,1 | 23,5 | 44,7 | 65 | 71,5 | 105 |
| рекомендуемая: | | | | | | | |
| при подъеме плит | 1,8 | 3,5 | 7 | 16 | 20 | 22 | 45 |
| при подъеме скрапа | 0,25 | 0,8 | 0,75 | 0,95 | 2 | 2,5 | 3,2 |
| Потребляемая мощность, кВт: | | | | | | | |
| в начале работы | 1,84 | 2,86 | 4,5 | 9,26 | 14 | 18,8 | 24,1 |
| в рабочем состоянии | 1,26 | 1,56 | 2,82 | 5,9 | 8,78 | 11,8 | 15,4 |
| Диаметр, мм | 520 | 650 | 800 | 1200 | 1600 | 1600 | 2000 |
| Масса, кг | 190 | 405 | 710 | 2500 | 4650 | 5500 | 9800 |

4.4. Габаритные размеры аппаратов, применяемых для управления грузоподъемными электромагнитами

| Преобразователь | Командоконтроллер | | Магнитный контроллер | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|------------------------|
| | Тип | Габаритные размеры, мм | Тип | Габаритные размеры, мм |
| Вращающийся | ВУ-701 АУ-2 АТ-2 | 133×160×202 R = 320; α = 30° (в обоих направлениях) | ПМС-50 | 820×319×535 |
| | | | ПМС-150 | 1000×375×535 |
| Статический | КП-1818 | 175×225×225 R = 230; α = 45° (в одном направлении) | ПМС-80 | 1650×750×400 |

Примечания. 1. R — радиус рукоятки, α — угол ее поворота.
2. Для статического преобразователя используют ящик сопротивлений НФ-11А с габаритными размерами 200×635×385 мм.

4.5. Максимальная мощность, используемая грузоподъемными электромагнитами в холодном состоянии при номинальном напряжении

| Тип электромагнита | Число одновременно включаемых электромагнитов | Мощность, кВт | Тип электромагнита | Число одновременно включаемых электромагнитов | Мощность, кВт |
|--------------------|---|---------------|--------------------|---|---------------|
| M22BY1 | 1 | 4 | M22BT1 | 1 | 4,8 |
| | 2 | 8,4 | | 2 | 8,4 |
| | 3 | 11,8 | | 3 | 11,8 |
| | 4 | 15,4 | | 4 | 15,4 |
| M42BY1 M40BY1 | 1 | 12,2 | M42BT1 M40BT1 | 1 | 12,2 |
| | 2 3 | 24,4 36 | | 2 3 | 24,4 36 |
| M62BY1 | 1 | 21,5 | M62BT1 | 1 | 21,5 |
| PM15BY1 | 1 | 4 | PM15BT1 | 1 | 4 |
| | 2 | 8,4 | | 2 | 8,4 |
| | 3 | 11,8 | | 3 | 11,8 |
| | 4 | 15,4 | | 4 | 15,4 |
| | 5 | 24,4 | | 5 | 20,2 |
| PM25BY1 | 1 | 8,2 | PM25BT1 | 1 | 8,2 |
| | 2 | 15 | | 2 | 15 |
| | 3 | 23,9 | | 3 | 23,9 |
| | 4 | 30,2 | | 4 | 30,2 |
| | 5 | 36 | | 5 | 36 |

4.6. Характеристика вращающихся преобразователей

| Тип | Генератор | | Приводной двигатель | | Регулятор возбуждения | Пускатель |
|------|-----------|---------------|---------------------|---------------|-----------------------|-----------|
| | Тип | Мощность, кВт | Тип | Мощность, кВт | | |
| M22 | П-51 | 5 | A-52-4 | 7 | PB-5102/4 | ПА-322 |
| M42 | П-62 | 11,5 | A-64-4 | 14 | PB-5102/4 | ПА-322 |
| M62 | П-72 | 21 | A-72-4 | 28 | PЗВ-21А | ПА-422 |
| ПМ15 | П-51 | 5 | A-52-4 | 7 | PB-5102/4 | ПА-322 |
| ПМ25 | П-61 | 9 | A-62-4 | 14 | PB-5102/4 | ПА-322 |

Примечание. Для всех преобразователей используется кнопка управления КУ-122-2М.

осуществлять противовключение для размагничивания, что ускоряет отрыв груза, автоматически отключать электромагнит после отрыва груза, а также регулировать время противовключения для изменения времени отрыва груза.

Габаритные размеры аппаратов, применяемых для управления грузоподъемными электромагнитами, приведены в табл. 4.4.

Данные о потребляемой мощности приведены в табл. 4.5.

Данные, характеризующие один из возможных вариантов компоновки вращающихся преобразователей, приведены в табл. 4.6.

Статический преобразователь, используемый для питания грузоподъемного электромагнита, и контактная аппаратура для включения и выключения электромагнита представляют комплексное устройство, выполненное в виде магнитного контроллера РСМ-80. Ниже приведена его характеристика:

| | |
|---|-------|
| Номинальное напряжение, В | 380 |
| на входе трехфазного тока частотой 50 Гц | |
| на выходе постоянного тока | 220 |
| Номинальный ток нагрузки, А | 80 |
| Реализуемая мощность, кВт | 17,6 |
| Диапазон регулирования тока нагрузки | 1 : 8 |
| Масса, кг | 250 |
| Наибольшее число одновременно подключаемых грузоподъемных электромагнитов | |
| M62B | 1 |
| M40B, M42B | 2 |
| ПМ-25Б | 3 |
| M22B | 4 |
| ПМ-1,Б | 5 |

4.1.3. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ НЕСТАНДАРТНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

В отдельных случаях для подъема грузов с гладкой поверхностью — листов, балок и др. — можно применять тормозные электромагниты постоянного тока типа МП. Обычно при использовании на траверсе укрепляют несколько электромагнитов (рис. 4.4). Ниже приведены некоторые параметры этих электромагнитов:

| Типоразмер | МП-160 | МП-200 | МП-250 | МП-320 | МП-400 | МП-500 | МП-630 | МП-800 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Тяговое усилие, при ПВ=25% | | | | | | | | |
| Н | 1650 | 2650 | 4200 | 6600 | 10 600 | 16 950 | 26 500 | 41 000 |
| Ход якоря, мм | 2,25 | 2,5 | 2,8 | 3,2 | 3,6 | 4 | 4,5 | 5 |

Для использования этих электромагнитов в качестве подъемных ГУ удаляют якорь и крышку и закрепляют колпак из немагнитного материала, например латуни. Питание электромагнитов может быть от генераторной установки (рис. 4.4, в) или от полупроводниковых выпрямителей.

Электромагниты другой разновидности (рис. 4.5) имеют управляемую рукоятку 1, навешиваемую на крюк крана, и траверсу 2, несущую два (рис. 4.5, а),

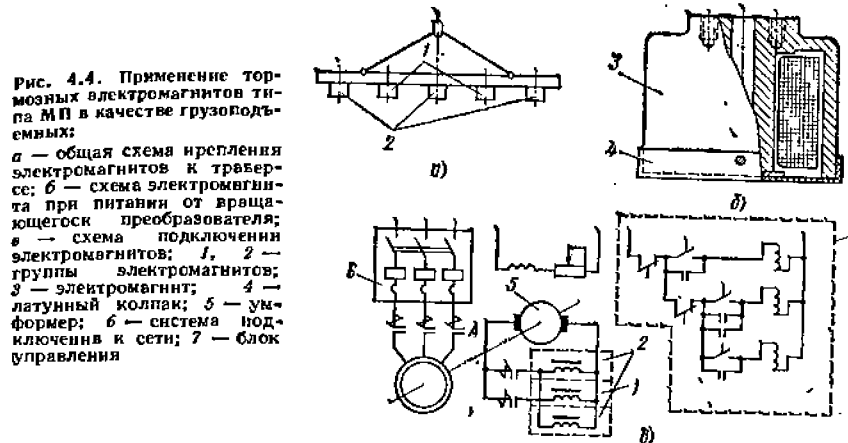


Рис. 4.4. Применение тормозных электромагнитов типа МП в качестве грузоподъемных:
 а — общая схема крепления электромагнитов к траверсе; б — схема электромагнита при питании от вращающегося преобразователя; в — схема подключения электромагнитов; 1, 2 — группы электромагнитов; 3 — электромагнит; 4 — латунный колпак; 5 — унформер; 6 — система подключения к сети; 7 — блок управления

или четыре (рис. 4.5, б) электромагнита 3. Напряжение электропитания 24 В через выпрямитель, установленный на кране. Грузоподъемность каждого электромагнита 0,25 т при собственной массе до 15 кг.

Разновидностью нестандартных грузоподъемных электромагнитов являются электромагниты с питанием от аккумуляторов, что обеспечивает независимость их от внешнего источника электропитания. Грузоподъемность таких электромагнитов до 0,4 т при собственной массе 0,19 т. Электромагниты работают при напряжении 2...2,5 В, сила тока 36...40 А, реализуемая мощность около 100 Вт.

4.1.4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА С ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫМИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯМИ

При подъеме грузов электромагнитными ГУ всегда имеется опасность отрыва и падения груза при случайном выключении электроэнергии или по каким-либо другим причинам. Для предотвращения возможности такой аварии в тех случаях, когда перемещение грузов ГУ должно производиться не на специально огороженной площадке, на которую в период работы крана доступ людей запрещен, электромагнитные ГУ оборудуют предохранительными устройствами, имеющими отдельный электропривод (рис. 4.6). Подвешиваемый к крюку крана П-образный

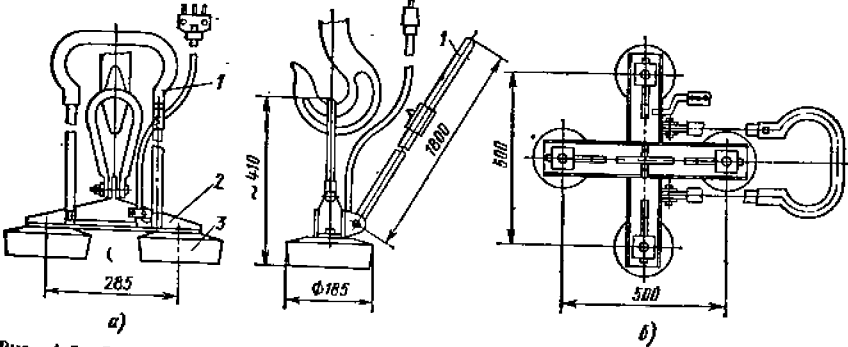


Рис. 4.5. Электромагниты на управляемой траверсе:
 а — при двух электромагнитах; б — при четырех электромагнитах

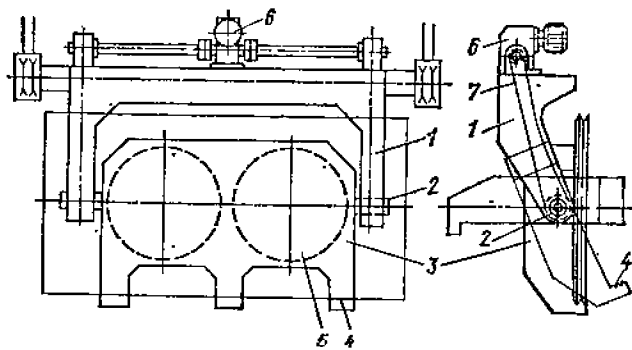


Рис. 4.6. Электромагнитное ГУ для металлических листов с предохранительным устройством

корпус 1 имеет гнезда, в которых на цапфах 2 вращается плита 3 с выступающим бортом 4. В плиту вмонтированы серийные подъемные электромагниты 5. На корпусе 1 размещен механизм 6 поворота плиты, связанный с цапфами цепной передачей 7.

Для транспортирования листового металла плиту устанавливают в горизонтальное положение, и ГУ опускается на груз. С притянутым к электромагнитам грузом ГУ поднимается и плита переводится в наклонное положение, так что груз может опираться на плиту и ее борт, находящийся внизу. При выключении тока падения груза не произойдет.

По другой схеме работает электромагнитное ГУ, показанное на рис. 4.7, предназначенное для перегрузки труб большого диаметра. ГУ имеет траверсу 1, к которой подвешено несколько, в зависимости от длины трубы подъемных электромагнитов 4. К траверсе 1 при помощи шарнирного четырехзвенника 3 прикреплены подхватные лапы 5, подводимые свободными концами под трубу зубчато-рычажным приводным механизмом 2. Транспортирование трубы безопасно

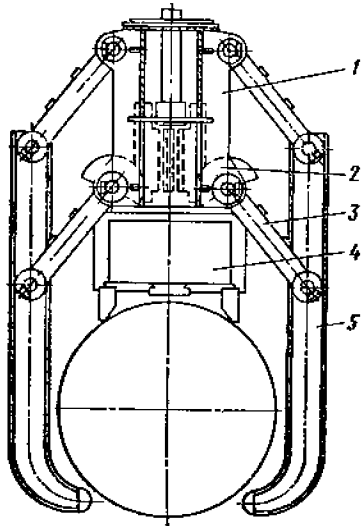


Рис. 4.7. Электромагнитное ГУ для труб большого диаметра с предохранительным устройством

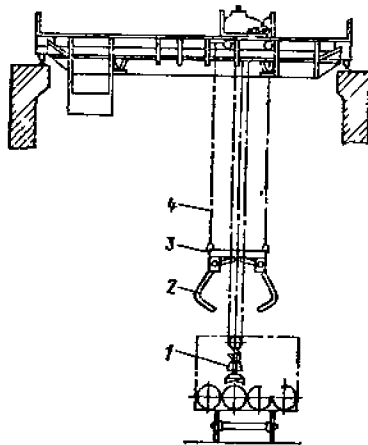


Рис. 4.8. Электромагнитное ГУ для длинномерного проката с предохранительными лапами

даже при отключении электромагнита, так как механизм 5 выполнен самотормозящимся.

Примерно по такой же схеме работает электромагнитное ГУ, изображенное на рис. 4.8, используемое для перегрузки длинномерного проката. Траверса 3, подвешена к тележке крана на канатах 4. Внутри ее проходят канаты грузоподъемного механизма с подвешенным электромагнитом 1. Поднятый электромагнит с грузом упирается в подвижную часть траверсы 3, что приводит к повороту и закрытию замками предохранительных лап 2, уравновешенных противовесами. При опускании траверсы на груз противовесы раскрывают лапы.

Известны и другие конструкции того же назначения.

В некоторых случаях для обеспечения безопасности производства перегрузочных работ электромагнитными ГУ на кране устанавливают буферную аккумуляторную батарею, от которой подается электроэнергия в момент отключения источника основного электропитания.

4.1.5. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

Грузоподъемные электромагниты являются серийной продукцией электромашиностроительных заводов. Далее приводится лишь методика определения общих параметров грузоподъемных электромагнитов.

Притягивающее усилие плоского якоря

$$P = \beta Q_r,$$

где Q_r — вес поднимаемого груза, Н; β — коэффициент запаса, который применительно к подъему листового металла или болванок целесообразно принимать равным 1,1...1,15.

Притягивающая сила электромагнита определяется формулой Максвелла.

$$P_{\text{эм}} = \frac{(In)^2 g}{25s(R_B + R_C)^2},$$

где In — число ампер-витков обмотки; s — площадь соприкосновения груза с полюсами электромагнита, м^2 ; R_B — магнитное сопротивление воздушных участков пути магнитного потока, Ом; R_C — магнитное сопротивление металлических участков пути магнитного потока, Ом.

Воздушный зазор δ между грузом и полюсами электромагнита, учитывая невозможность обеспечения плотного контакта по всей поверхности указанных выше грузов, можно принимать равным 0,5...5 см. По принятым параметрам P и δ определяют конструктивный фактор электромагнита

$$\gamma = \sqrt{P/\delta},$$

который должен быть выше 290 [11].

Магнитную индукцию B в воздушном зазоре можно принимать по следующим данным [5, 12]:

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| γ | 63 | 125 | 200 | 250 | 320 | 500 | 630 | 1000 | 1250 | 2000 | 2500 | 3200 | 6300 |
| B, T | 0,5 | 0,67 | 0,81 | 0,9 | 0,95 | 1,06 | 1,1 | 1,16 | 1,17 | 1,18 | 1,19 | 1,2 | 1,22 |

Материал элементов электромагнита должен обеспечивать получение принятого значения магнитной индукции.

Соотношение площадей внутреннего и наружного полюсов $\alpha = s_{\text{вн}}/s_{\text{н}}$, следует выбирать в пределах 0,65...0,8, причем большие значения относятся к электромагнитам меньших размеров.

Площадь внутреннего полюса

$$s_{\text{вн}} = 2,6P/[B^2(1 + k^2\alpha)],$$

где $k \approx 0,85 \dots 0,9$ — коэффициент, учитывающий соотношение полезных проводимостей наружного и внутреннего полюсов (большие значения относятся к электромагнитам больших размеров); значения B следует подставлять в килогауссах ($1 \text{ кГс} = 0,1 \text{ Т}$).

Площадь наружного полюса

$$s_H = s_{вн}/\alpha.$$

Диаметр внутреннего полюса

$$D_{вн} = 1,13\sqrt{s_{вн}}$$

Диаметр сердечника может колебаться в широких пределах. Обычно

$$D_{серд} \approx (0,6...0,9) D_{вн}.$$

Необходимое число ампер-витков катушки электромагнита

$$In = B\delta (1,1 + \alpha k),$$

где коэффициент $(1,1 + \alpha k)$ ориентировочно учитывает ампер-витки, приходящиеся на сталь и на воздушный зазор между сердечником и якорем.

Мощность катушки

$$N = 1,5 (In)^2 i_{ср} \rho / (A k_{зап}),$$

где $i_{ср}$ — средняя длина витка катушки, см; ρ — удельное сопротивление меди обмоточного провода при $t_0 = 15 \dots 20^\circ\text{C}$; ($\rho = 1,75 \cdot 10^{-8}$ Ом·см²/м); A — площадь поперечного сечения обмоточного пространства, см²; $k_{зап} = 0,4 \dots 0,5$ — коэффициент заполнения обмоточного пространства.

Коэффициент $1,5 = (1,05/0,85)^2$ учитывает возможное отклонение (+5%, —15%) напряжения U от номинального значения.

При температуре $t^\circ\text{C}$

$$\rho_t = \rho [1 + 0,0039 (t^\circ - 15^\circ)].$$

Высота H (см) и ширина E (см) обмоточного пространства — параметры конструктивные, не связанные между собой определенной зависимостью. Обычно

$$k_A = E/H \approx 1,5 \dots 3.$$

Допустимая мощность (кВт) катушки по условиям нагрева

$$N_{нагр} = c \theta M \cdot 10^{-3},$$

где c — коэффициент теплоотдачи с учетом охлаждения корпуса электромагнита ($c = 0,0025$ Вт/(см²·град)); $\theta = t - t_0$ — допустимый перегрев катушки, $^\circ\text{C}$ (здесь t — допустимая установившаяся температура нагрева катушки, определяемая классом ее изоляции; t_0 — температура окружающей среды), для подъякорных электромагнитов $\theta_{\max} \approx 160^\circ\text{C}$; M — поверхность (см²) охлаждения катушки, которую можно ориентировочно определить как полную наружную поверхность электромагнита $M \approx 1,57 D_{нагр} (D_{нагр} + 2H_{п})$ (здесь $H_{п}$ — полная высота, см).

Пример. Рассчитать основные параметры круглого электромагнитного ГУ (применительно к электромагниту М62).

Наибольшая грузоподъемность при перегрузке стальных болванок или листов $Q = 20$ т; вес груза $Q_{г} = Qg \approx 200$ кН.

Необходимую силу тяги электромагнита примем с некоторым запасом:

$$P = \beta Q_{г} = 1,1 Q_{г} = 220 \text{ кН}.$$

Воздушный зазор δ выбираем в пределах $0,5 \dots 5$ см. Конструктивный фактор

$$\gamma = \sqrt{P/\delta} = \sqrt{220\,000/0,5} \dots 5 \approx 940 \dots 94.$$

Индукцию в воздушном зазоре принимаем равной $11,5 \cdot 10^3$ Гс, а соотношение площадей внутреннего и наружного полюсов $\alpha = 0,7$. Коэффициент, учитывающий соотношение полезных проводимостей наружного и внутреннего полюсов примем $k = 0,9$.

Площадь внутреннего полюса

$$s_{вн} = \frac{2,6P}{(B \cdot 10^{-3})^2 (1+k^2\alpha)} = \frac{2,6 \cdot 220\,000}{11,5^2 (1+0,9^2 \cdot 0,7)} \approx 2700 \text{ см}^2.$$

Площадь наружного полюса

$$s_H = s_{вн}/\alpha = 2700/0,7 = 3850 \text{ см}^2.$$

Диаметр внутреннего полюса

$$D_{вн} = 1,13 \sqrt{s_{вн}} = 1,13 \sqrt{2700} \approx 58 \text{ см}.$$

Диаметр сердечника

$$D_{серд} = 0,6 D_{вн} = 0,6 \cdot 58 = 35 \text{ см}$$

Необходимое число ампер-витков катушки электромагнита

$$In = B\delta (1,1 + \alpha k) = 11,5 \cdot 10^3 \cdot 5 (1,1 + 0,7 \cdot 0,9) = 160 \cdot 10^3.$$

Прямое размер обмоточного пространства $E \times H = 50 \times 20$ см, т. е. $A = 50 \cdot 20 = 1000$ см².

Коэффициент заполнения примем $k_{зап} = 0,5$.

Диаметр среднего витка обмотки

$$D_{ср.обм} = D_{ср} + E = 35 + 50 = 85 \text{ см}.$$

Длина среднего витка

$$l_{ср} = \pi D_{ср.обм} = 3,14 \cdot 85 \approx 270 \text{ см} = 2,7 \text{ м}.$$

Удельное сопротивление медного провода

$$\rho = 1,75 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2/\text{м}.$$

Тогда мощность катушки

$$N = \frac{1,5 (In)^2 l_{ср} \rho}{A k_{зап}} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 2,7 \cdot 1,75 \cdot 10^{-4}}{10^3 \cdot 0,5} = 14 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

При напряжении $U = 220 + 5\%$ В сила тока (А)

$$I = N/U = 14\,000/1,05 \cdot 220 = 60.$$

При нагреве обмотки до 100°C сопротивление возрастает в 1,33 раза: соответственно уменьшается сила тока (А):

$$I_1 = I/1,33 = 60/1,33 = 45.$$

Допуская нагрузку в 2 А/мм², получим необходимое сечение провода $f = 30$ мм², что и соответствует сечению ленты $1,25 \times 25$ мм, примененной в электромагните М62А. Необходимое число витков

$$n = (In)/I = 10^5/60 = 1660,$$

что имеет место в электромагните М62А, где это число витков распределено на шесть секций.

Общая длина обмоточного провода (ленты)

$$l_{общ} = I_{ср} n = 2,7 \cdot 1660 = 4500 \text{ м}.$$

Сопротивление обмоточного провода (при $t \approx 20^\circ\text{C}$)

$$R = \frac{l_{общ} \rho}{f} = \frac{4500 \cdot 1,75 \cdot 10^{-4}}{0,125 \cdot 2,5} \approx 2,5 \text{ Ом},$$

то же, при температуре обмотки $t = 100^\circ\text{C}$

$$R' = 1,33R = 1,33 \cdot 2,5 \approx 3,35 \text{ Ом}.$$

Фактическая сила тока в горячей катушке с учетом возможного падения напряжения на 10%

$$I_{факт} = 0,9U/R' = 0,9 \cdot 220/3,35 \approx 60 \text{ А}$$

Внутренний диаметр наружного полюса электромагнита

$$D'_H = D_{ср} + 2E = 35 + 2 \cdot 50 = 135 \text{ см}$$

Ширину наружного полюса примем $C = 8,5$ см.

Тогда площадь наружного полюса

$$s_H = \pi (D'_H + C) C = 3,14 (135 + 8,5) \cdot 8,5 = 3850 \text{ см}^2,$$

что соответствует ранее определенной.

Наружный диаметр электромагнита

$$D_H = D'_H + 2C = 135 + 17 = 152 \text{ см}.$$

Что близко к диаметру электромагнита М62, равному 1600 мм.

Площадь поверхности охлаждения

$$M = 1,57 D_H (D_H + 2H) = 1,57 \cdot 152 (152 + 2 \cdot 36) \approx 53\,000 \text{ см}^2$$

При реализуемой мощности $N = 14$ кВт возможная температура нагрева катушки

$$\theta = N/cM = 14\ 000/(0,0075 \cdot 53\ 000) = 105\ ^\circ\text{C}.$$

что близко к учетной при расчете и меньше предельной $\theta_{\text{max}} \approx 130 \div 160\ ^\circ\text{C}$.

4.1.6. МАГНИТНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

В производственной практике имеет место использование в качестве грузоподъемных устройств постоянных магнитов.

Их применяют для подъема относительно небольших по массе плоских, например, листовых ферромагнитных грузов при крановом обслуживании различных технологических процессов. Удобство их применения заключается в независимости от внешних источников энергопитания и большей безопасности производства работ. Груз захватывается при непосредственном опускании на него магнита, для отсоединения магнитного ГУ от груза требуются специальные устройства, замыкающие магнитный поток внутри ГУ и тем самым выключающие груз из взаимосвязи с магнитом.

Работающее на этом принципе магнитное ГУ, созданное Всесоюзным проектно-технологическим институтом энергетического машиностроения, показано на рис. 4.9.

Захват и освобождение груза происходят автоматически: захват — в момент контакта ГУ с грузом, освобождение — в момент соприкосновения при посадке груза с опорной поверхностью.

Грузоподъемность ГУ 500 кг, масса 114 кг. Габаритные размеры: длина 430 мм, ширина 210 мм, высота 550 мм.

ГУ состоит из корпуса 2, в котором установлен неподвижный составной магнитный блок 1 и аналогичный подвижный блок 8. На последнем закреплена зубчатая рейка 3, входящая в зацепление с зубчатым сектором 4, надетым на

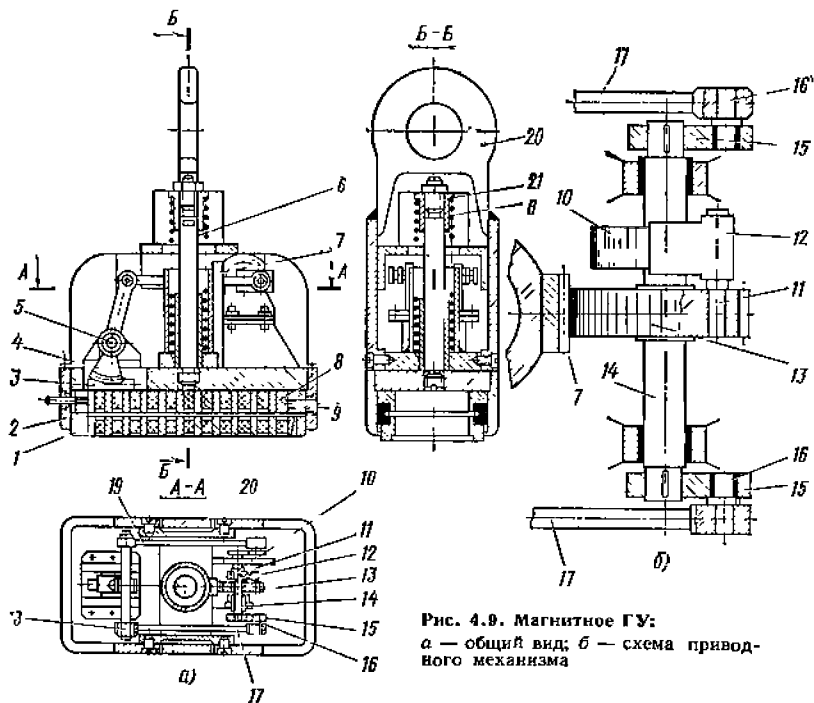


Рис. 4.9. Магнитное ГУ:
а — общий вид; б — схема привода-ного механизма

оси 5. Тяги 17 соединяют рычаг зубчатого сектора 4 с кривошипом 15 при помощи осей 18 и 16. Храповое колесо 10 жестко соединено валиком 14, на который свободно насажена цилиндрическая шестерня 13, с осью 11 для крепления собачки 12 храпового колеса. Шестерня 13 зацепляется с зубчатой рейкой 7, закрепленной на стенке стакана. Стакан жестко соединен с тягами подвески 20, которые скользят в вертикальных направляющих пазах корпуса 2. Движение подвески со стаканом вверх относительно корпуса ограничивается упорами 19, закрепленными на боковых стенках корпуса. Через стакан пропущена шпилька 21, ввернутая в плиту корпуса 2. На шпильку надета пружина 6, сжимающаяся под действием веса ГУ при движении подвески вверх. Включение и выключение магнитной системы определяется по выдвижному указателю 9.

Работа происходит в следующем порядке.

ГУ подвешивают на крюк подъемного крана. Под действием веса ГУ пружина сжата, а само устройство висит на тягах подвески.

В момент установки ГУ на деталь взведенная пружина 6 начинает разжиматься, подвеска 20, соединенная со стаканом и зубчатой рейкой 7, опускается, при этом шестерня 13 поворачивается на 180° против часовой стрелки, собачка 12 упирается в зуб храпового колеса и, поворачивая его вместе с валиком на 180° , приводит в движение кривошип 15 и тягу 17, соединенную с зубчатым сектором 4. Последний перемещает зубчатую рейку 3 и передвигает подвижной магнитный блок 8 в положение «включено», при котором происходит включение магнитного потока, притягивающего груз к плоскости захвата. При последующем подъеме ГУ пружина 6 вновь сжимается, а стакан с рейкой 7, поднимаясь в верхнее положение, поворачивает шестерню 13 на 180° по часовой стрелке. Собачка 12 проскальзывает по зубьям храповика колеса 10, оставляя подвижную систему в покое, во включенном состоянии. В этом положении производится транспортирование груза к месту разгрузки.

Разгружается ГУ следующим образом. В момент его опускания на место разгрузки происходит аналогичный, что и при захвате, цикл срабатывания механизма, с тем отличием, что тяга 17, связанная с зубчатым сектором получает движение в противоположном направлении, ввиду чего подвижный магнитный блок 8 перемещается в обратную сторону. Магнитный поток замыкается внутри магнитных блоков 1 и 8. Груз освобождается и ГУ свободно поднимается.

В грузах, перемещаемых этим ГУ, остаточного магнетизма не наблюдается.

Грузоподъемность магнитного ГУ зависит от числа магнитных элементов в блоке, грузоподъемности каждого из них и состояния поверхности поднимаемого груза.

В описанном выше ГУ применено 10 магнитных элементов с рабочей грузоподъемностью каждого 50 кг. Рабочая грузоподъемность по отношению к физической определяется желаемым коэффициентом безопасности.

4.2. ВАКУУМНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

4.2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

При выполнении погрузочно-разгрузочных подъемно-транспортных и монтажных работ во многих случаях эффективно можно использовать вакуумные ГУ. Принцип их действия заключается в том, что в установленной на поверхности поднимаемого груза камере создается разрежение воздуха (вакуум), в связи с чем под действием атмосферного давления возникает сила взаимодействия (притяжения) между грузом и ГУ.

К основным положительным особенностям вакуумных ГУ относятся: удобство и быстрота захвата и освобождения перегружаемых изделий, особенно крупногабаритных, которые не могут быть снабжены выступающими элементами для взаимодействия с обычными ГУ; наличие жесткой связи вакуумного ГУ с транспортируемым элементом, которая позволяет легко изменять его положения в пространстве; сохранность при захвате поверхностей изделий и конструкций, особенно шлифованных и полированных.

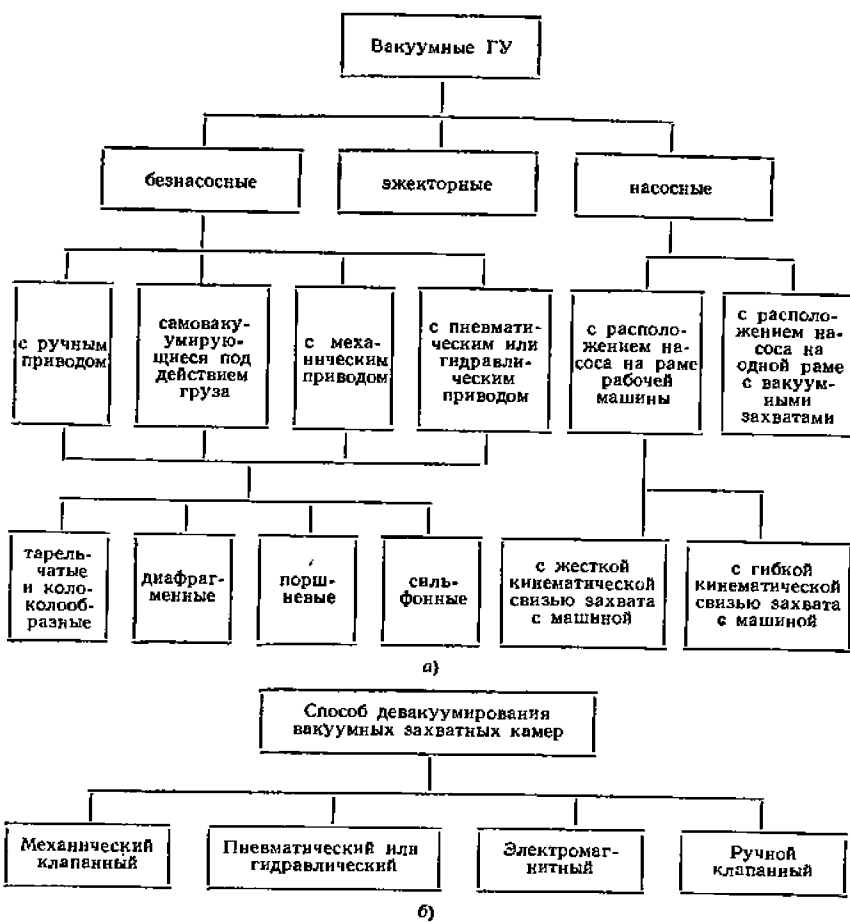


Рис. 4.10. Классификация вакуумных ГУ:
 а — по типу устройств; б — по способу девакуумирования

Наиболее эффективно применение вакуумных ГУ при транспортировании и монтаже конструкций и изделий из относительно воздухонепроницаемого материала с гладкой поверхностью (стекла, металла, полированного мрамора, гранита, дерева, бетона, полимерных материалов и др.).

Конструкция вакуумных ГУ и характер их использования зависят от способа создания разрежения в вакуумной камере, методов ее девакуумирования и других факторов.

По способу создания вакуума в камере различают насосные, эжекторные и безнасосные вакуумные ГУ, классификация которых приведена на рис. 4.10, а принципиальные схемы на рис. 4.11.

Наибольшее распространение в настоящее время имеют ГУ с вакуумным насосом, которые можно разделить на следующие группы.

1. Вакуумные ГУ с расположением насосного оборудования на одной раме с захватными камерами (автономные вакуумные ГУ) выполненные в виде универсальных вакуум-захватных траверс, имеющих гибкую связь с краном, причем насосное оборудование, приборы контроля и управления объединяются с захватными камерами в единый автономный вакуум-захватный агрегат.

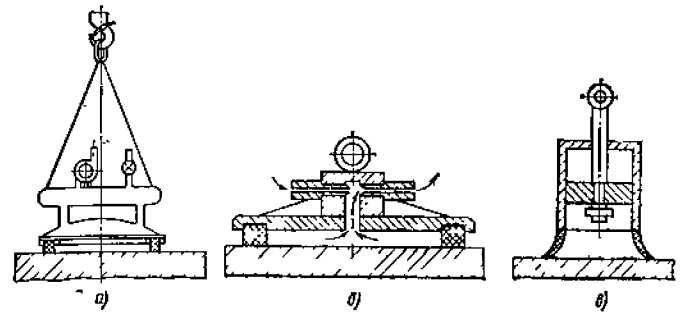


Рис. 4.11. Принципиальные схемы вакуумных ГУ:
 а — с приводным насосом; б — эжекторного; в — бесприводного

Автономные вакуум-захватные агрегаты могут применяться без каких-либо изменений на любом кране, имеющем соответствующую грузовую характеристику, и практически не требуют переоборудования и изменения его конструкции. Управление автономным вакуумным ГУ производится вспомогательным персоналом (стропальщиком и др.) или непосредственно крановщиком, в последнем случае органы управления и приборы контроля размещают на пульте крановщика.

2. Вакуумные ГУ с расположением насосного и вспомогательного оборудования на раме рабочей машины (крана), причем они могут иметь с машиной как гибкую, так и жесткую связь.

Применение вакуумных ГУ, имеющих жесткую связь с машиной, предопределяет возможность механизации многих подъемно-транспортных перегрузочных и монтажных операций. Так, например, краном или погрузчиком со стрелой-манипулятором, оборудованным вакуумными захватами, можно производить различные перегрузочные и монтажные операции с крупногабаритными грузами, захват которых ГУ других типов практически невозможен или затруднен. Эксплуатация таких вакуумных ГУ исключает подводу к захватному органу канатов, электрокабеля и подвесных гибких воздушных шлангов.

3. Эжекторные ГУ. Конструктивно они проще и легче насосных, однако из-за невозможности получить в них разрежения ниже 53 кПа приходится применять вакуумные захватные камеры больших размеров. Использование эжекторных устройств связано также с необходимостью подвода шлангами к вакуумному ГУ сжатого воздуха, что не всегда осуществимо, особенно при перемещении грузов на значительное расстояние. Ввиду этого эжекторные вакуумные ГУ в основном используют в стационарных заводских условиях для транспортирования изделий небольшой массы, имеющих гладкую поверхность.

В последнее время все большее применение находят безнасосные вакуумные ГУ с переменным объемом полости вакуумной камеры, которые могут быть с ручным, механическим, пневматическим или гидравлическим приводом, а также самовакуумирующиеся (под действием груза). По конструкции вакуумобразующей камеры эти устройства разделяют на поршневые, диафрагменные, тарельчатые и сифонные, т. е. в виде складывающегося гофрированного цилиндра.

Основным преимуществом безнасосных вакуумных ГУ является простота конструкции благодаря отсутствию вакуумных насосов и распределительной аппаратуры и, как следствие этого, независимости от источников энергии.

В безнасосных ГУ удержание груза ограничено временем сохранения рабочего вакуума, ввиду чего их применяют в основном для транспортирования воздухонепроницаемых грузов, имеющих относительно гладкую поверхность.

Вакуумные ГУ имеют ручное, автоматизированное или дистанционное управление. В последних случаях управление клапанами, регулирующими вакуумирование или девакуумирование вакуумных камер, может осуществляться автоматически или по определенной программе.

4.2.2. АВТОНОМНЫЕ ВАКУУМНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ ТРАВЕРСЫ

Выполнение вакуумных ГУ в виде несущих вакуумные грузозахватные камеры (ВЗК) траверсы, подвешиваемых к гибким органам кранов или других подъемных механизмов позволяет широко их использовать при погрузочно-разгрузочных и монтажных работах с различными строительными грузами.

Универсальная вакуумная грузозахватная траверса кроме привода с вакуумным насосом и ВЗК с герметизирующими уплотнениями должна включать ресивер, контрольно-измерительную аппаратуру, предохранительные и сигнализирующие устройства, приборы управления, фильтры, запорные и соединительные элементы.

Целесообразно применять траверсы, отдельные элементы которых выполнены пустотелыми и служат вакуумным резервуаром (ресивером), соединенным с ВЗК. Для возможности изменения положения груза в пространстве и его кантования траверсы снабжают приводными устройствами для поворота груза из одной плоскости в другую.

Грузоподъемность траверсы и габаритные размеры поднимаемых грузов зависят от числа установленных ВЗК и их размеров. Их можно выполнять взаимозаменяемыми с ГУ других типов. Взаимозаменяемая траверса ВЗК приобретает универсальность и автономность и может быть подвешена к любому крану или погрузчику.

Вакуумная захватная траверса с дистанционным управлением (рис. 4.12) для подъема и транспортирования строительных элементов, имеющих загрязненную и загрязняющую поверхность типа панелей из силикатобетона разработана в НИПИ силикатобетоне (г. Таллин).

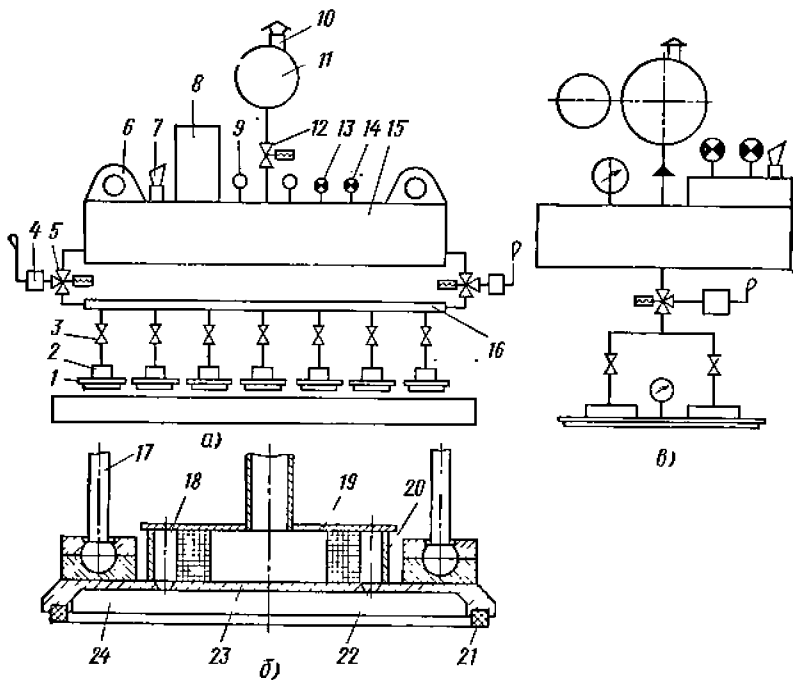


Рис. 4.12. Вакуумная захватная траверса для загрязненных и запыленных строительных грузов;

а — принципиальная схема траверсы грузоподъемностью 3 т; б — вакуумзахватная камера; в — общий вид и принципиальная схема траверсы грузоподъемностью 1,2 т

Траверса грузоподъемностью 3 т (рис. 4.12, а, б) состоит из вакуумного насоса 11 ВН-1МГ быстротой действия 40 л/с с маслоуловителем 10, ресивера 15, двухходового магнитного вентиля 12, смонтированного между вакуумным насосом и ресивером, трехходовых магнитных клапанов 5, связанных с атмосферой и через воздушные фильтры 4, коллектора 16, который установлен между трехходовыми электромагнитными клапанами и ручными вентилями 3, и ВЗК 1, прикрепленных к ресиверу при помощи шарнирных стоек 17 (рис. 4.12, а). На ресивере установлен пульт управления 8 (рис. 4.12, а), электроконтактные вакуумметры 9, к одному из которых подключена лампа 13 зеленого цвета, сигнализирующая о нормальной работе устройства, а к другому — аварийная сигнализирующая лампа 14 красного цвета и звуковая сирена 7.

Каждая ВЗК выполнена в виде выпуклой тарелки 23 (рис. 4.12, б), на которой снизу по периметру закреплено уплотнение 21 из эластичного материала (например, микропористой резины прямоугольного сечения 18 × 15 мм), цилиндрического корпуса 20 с крышкой 19. В корпусе 20 смонтирован фильтр 2. Между корпусом и фильтром образована кольцевая полость 18, соединенная концентрически расположенными отверстиями 22 конической формы с рабочим пространством 24 ВЗК, а фильтр выполнен кольцеобразным по отношению к корпусу камеры. ГУ снабжено ушками 6 (рис. 4.12, б) для захвата подъемным механизмом, закрепленными на ресивере 7, выполняющем функции несущей балки.

При включении вакуумного насоса 11 открывается двухходовой электромагнитный вентиль 12 и в ресивере образуется вакуум. Трехходовой электромагнитный клапан 5 закрывает выход из ресивера 15 к камерам 1 и соединяет последние через воздушный фильтр 4 с атмосферой. Когда вакуум в ресивере достигает необходимой величины, на ресивере 15 загорается лампа 13 зеленого цвета, и устройство готово к работе. ГУ устанавливается ВЗК 1 на поднимаемое изделие. При нажатии на кнопку «Подъем» пульта управления 8 трехходовой электромагнитный клапан 5 соединяет вакуумный насос 11 через ресивер 15 и коллектор 16 с камерами 1. Одновременно клапан 5 отключает камеры 1 и коллектор 16 от атмосферы. ВЗК находятся под вакуумом и прижимаются атмосферным давлением к поверхности изделия.

При захвате изделия воздух вместе с пылью и мелким штыбом с поверхности изделия всасывается через ВЗК 1, при этом пыль и мелкий штыб накапливаются на наружной поверхности фильтров 2 и в кольцевых полостях 18.

Освобождается изделие следующим образом. При нажатии на кнопку «Отпуск» пульта управления 8 трехходовой клапан 5 отсоединяет ресивер 15 от ВЗК 1 и соединяет последние с атмосферой. Воздух, пройдя через воздушные фильтры 4 в обратном направлении, заполняет рабочее пространство 24 ВЗК 1 и изделие освобождается. При этом пыль и мелкий штыб, осевший на наружной поверхности фильтров 2, сдувается обратным потоком воздуха через конические отверстия 22 и производится самоочистка фильтров. При аварийной остановке вакуумного насоса 11 или потере напряжения в электросети электромагнитный вентиль 12 отключает вакуумный насос 11 от ресивера 15, объем которого используется для удержания изделия определенное время.

Вакуумная захватная траверса грузоподъемностью 1,2 т (рис. 4.12, в) отличается от траверсы грузоподъемностью 3 т в основном габаритными размерами и массой. Конструктивные схемы и принцип действия обеих траверс одинаковы. Техническая характеристика траверсы приведена в табл. 4.7.

Вакуумная захватная траверса для транспортирования листового материала массой до 3 т (рис. 4.13, а, б) имеет несущую раму, выполненную из закрытых по бокам крышками труб 2, одновременно являющихся ресивером. На раме расположен вакуумный насос 3 типа ВН-2МГ и при помощи балансиров 5 подвешены восемь самоустанавливающихся ВЗК 6 с расчетным диаметром 0,42 м.

При работе вакуумного насоса 3 (рис. 4.13, б) в ресивере объемом 0,8 м³ создается вакуум, величина которого контролируется вакуумметром 1 модели ЭКМ-1. Когда абсолютное давление в ресивере понижается до 6,7 кПа, автоматически выключается электродвигатель 4 насоса, который вновь включается при давлении 21,5 кПа. Ресивер 2 через электромагнитный распределительный клапан 7 и обратные клапаны 8 соединяется с двумя группами ВЗК 6, давление в которых контролируется вакуумметром 9. В нерабочем состоянии ГУ электро-

4.7. Техническая характеристика вакуумных траверс

| Параметр | СБ 22 | СБ 27 |
|---|-----------------------------------|---------------|
| Траверса | | |
| Грузоподъемность, т | 1,2 | 3 |
| Габаритные размеры, мм: | | |
| длина | 1400 | 3500 |
| ширина | 600 | 800 |
| высота | 1000 | 1500 |
| Масса, кг | 820 | 2000 |
| Потребляемая мощность, кВт | 3 | 6 |
| Груз | | |
| Габаритные размеры, мм: | | |
| длина | 1200 ... 3000 | 2600 ... 4000 |
| ширина | 400 ... 1800 | 600 ... 1800 |
| высота | 200 ... 360 | 200 ... 360 |
| Максимальная высота неровностей, мм | 2,5 | |
| Вакуумная грузозахватная камера | | |
| Число | 1 | 6 |
| Расчетная площадь захватов, м ² | 0,6 | 1,52 |
| Материал герметизирующего уплотнения | Микропористая резина марки 109РТИ | |
| Форма и размер поперечного сечения уплотнения, мм | Прямоугольная, 18×15 | |
| Рабочий вакуум, кПа | 6 ... 9 | 2 |
| Объем ресивера, м ³ | 0,5 | |
| Вакуумный насос | | |
| Тип | ВН-1МГ | |
| Число | 1 | 2 |
| Быстрота действия, л/с | 40 | |
| Габаритные размеры, мм | 760×580×290 | |
| Масса, кг | 290 | |
| Мощность приводного электродвигателя, кВт | 2,8 | |

магнит распределительного клапана 7 находится в нижнем положении. Ресивер при этом через распределительный 7 и обратные 8 клапаны, а также полости ВЗК 6 сообщается с атмосферой.

Порядок работы следующий. Сначала кнопочным управлением включается электромагнит распределительного клапана 7, а затем электродвигатель 4 насоса. При этом шарик распределительного клапана перекрывает ресивер, после чего в нем создается необходимый вакуум. Для подъема листа траверсу устанавливают таким образом, чтобы все камеры 6 не выходили за габариты листа и располагались симметрично относительно его центра тяжести, после чего отключается электромагнит распределительного клапана 7. Вакуум распространяется в полость ВЗК и одновременно перекрывается отверстие, соединяющее эту полость с атмосферой. Оператор должен убедиться по вакуумметру о наличии вакуума, величина которого должна быть не меньше 8 кПа; затем начинается подъем траверсы с листом.

Для отсоединения листа от захвата выключается электромагнит распределительного клапана; шарик поднимается вверх, перекрывает вход в ресивер и одновременно соединяет полость ВЗК с атмосферой. Отключение вакуумной системы от атмосферы в случае интенсивных подсосов осуществляется обратными клапанами 8, шарики которых потоком воздуха поднимаются вверх и перекрывают отверстия, соединяющие систему с вакуумными захватами.

Техническая характеристика траверсы

| | |
|---|----------|
| Грузоподъемность, т | 3,2 |
| траверсы | 0,4 |
| одного вакуумного захвата | 8 |
| Число вакуумных захватов в траверсе | 420 |
| Расчетный диаметр ВЗК, мм | 6,7—21,5 |
| Допустимый рабочий диапазон давления в системе, кПа | 0,8 |
| Объем ресивера, м ³ | |

Габаритные размеры траверсы, мм:

| | |
|---|--------|
| длина | 5800 |
| ширина | 1500 |
| высота | 942 |
| Масса траверсы с распределительной коробкой, кг | 1035 |
| Насос | ВН-2МГ |
| Быстрота действия насоса, л/мин | 430 |
| Мощность приводного электродвигателя (типа А-41-4) вакуумного насоса, кВт | 1,7 |

Траверса другого типа с вакуумными захватами для подъема и транспортирования листового материала, предназначенная для применения в мостовых консольных и других кранах (рис. 4.14, а) выполнена в виде ножиц с плечами 2 и 3. Они могут плавно (бесступенчато) раздвигаться и сдвигаться на требуемый размер при помощи винтового устройства, приводимого электродвигателем 7 (рис. 4.14, б) через редуктор 8. Три вакуумных захвата 1 шарнирно прикреплены к траверсе.

На корпусе редуктора 8 укреплен вакуумная установка, состоящая из вакуумного насоса 9, приводимого электродвигателем 10, обратного клапана 14, электромагнитного клапана 12, электроконтактного вакуумметра 11 и сирены 13. Сирена заблокирована с вакуумметром таким образом, что при падении вакуума в системе ниже 67 кПа подается сигнал. На корпусе привода укреплен электрошкаф 6, соединенный с выносным пультом 5 дистанционного управления гибким кабелем 4. Металлоконструкция траверсы трубчатая и служит ресивером для вакуумной установки.

Порядок работы следующий. Траверса, навешенная на крюк крана, подводится к листу, подлежащему транспортированию. При включении привода,

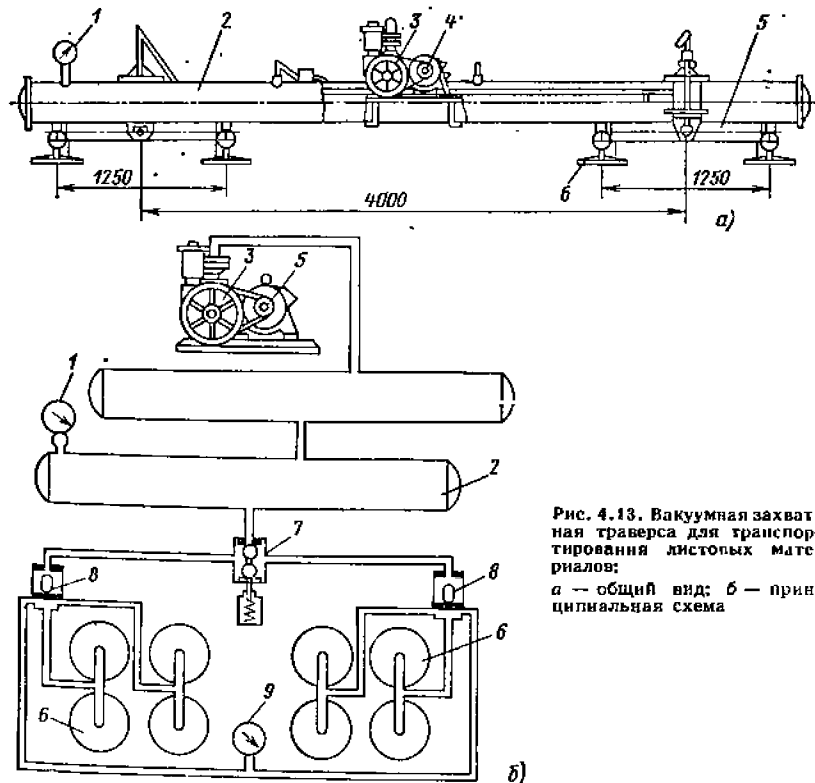


Рис. 4.13. Вакуумная захватная траверса для транспортирования листовых материалов: а — общий вид; б — принципиальная схема

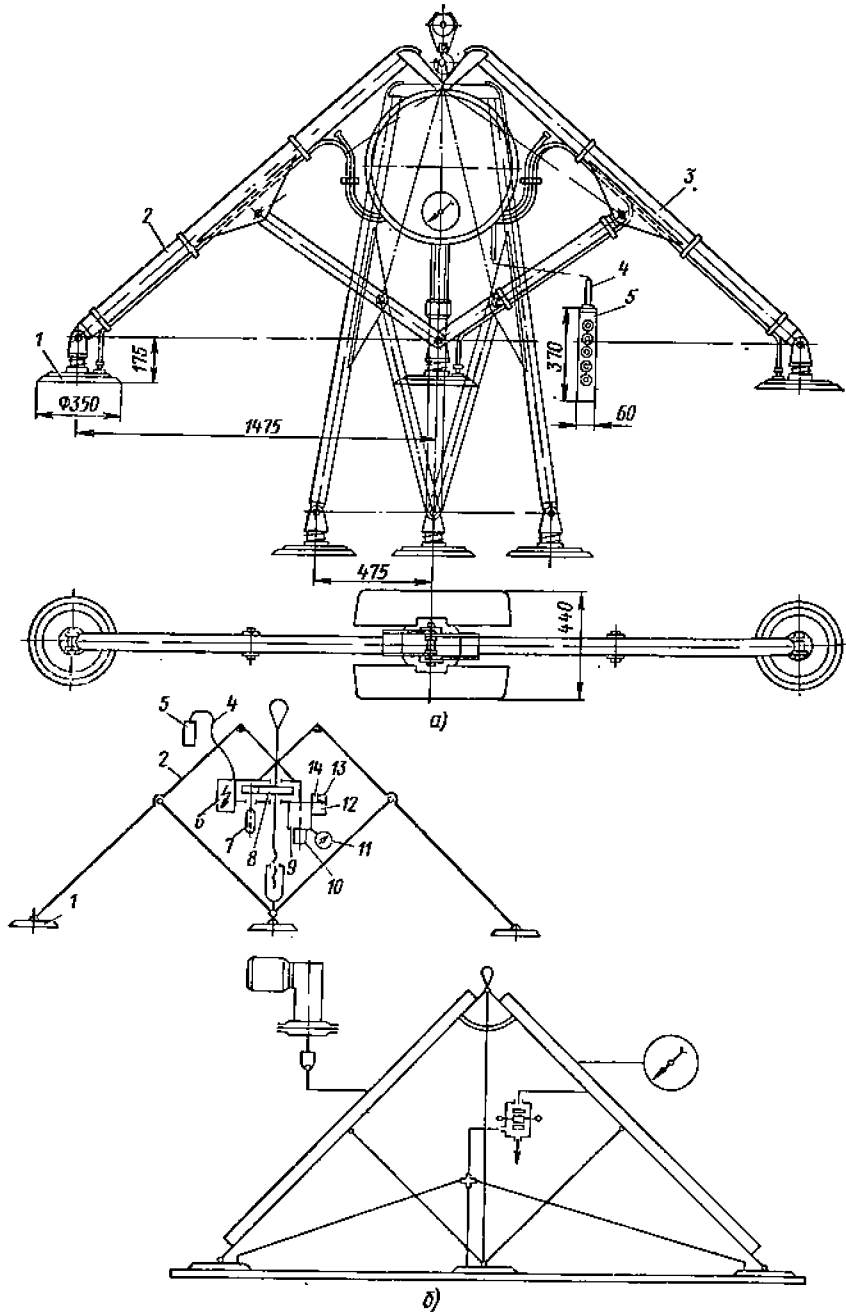


Рис. 4.14. Траверса с раздвижными вакуумными захватами:
 а — общий вид; б — кинематическая схема; в — вакуумная схема

состоящего из винтового механизма, приводимого в движение реверсивным электродвигателем, траверса раздвигается или сдвигается на требуемый размер по транспортируемому листу, после чего она опускается на лист до контакта его с вакуумными захватами.

Техническая характеристика траверсы

| Траверса | |
|----------------------------------|------------|
| Грузоподъемность траверсы, т | 0,7 |
| Габаритные размеры, мм: | |
| транспортируемого листа | |
| длина | 6000/1400* |
| ширина | 2000/400* |
| траверсы в раздвинутом положении | |
| длина | 3300 |
| высота | 1380 |
| ширина | 440 |
| Масса траверсы, т | 0,21 |

Привод механизма раздвигания траверсы

| | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Электродвигатель: | |
| тип | АОП-12-4 |
| мощность, кВт | 0,18 |
| частота вращения, об/мин | 1400 |
| Редуктор: | |
| тип | Цилиндрический, одноступенчатый |
| передаточное число | 5 |
| Скорость раздвигания траверсы, м/мин | 1,8 |

ВЗК

| | |
|--------------------------------------|------------------------------|
| Насос: | |
| тип | Вакуумный, диафрагменный НВД |
| быстрота действия, л/с | 0,6 |
| наибольший вакуум, кПа | 87 |
| Объем ресивера, л | 9 |
| Электродвигатель для привода насоса: | |
| тип | АОЛ-22-4 |
| мощность | 0,4 |
| Электроконтактный вакуумметр | ЭКВ-1401 |
| Электромагнитный клапан | КЭВТ-1 |
| Диаметр вакуумных захватов, мм | 350 |

* В числителе указаны наибольшие размеры, в знаменателе — наименьшие.

Принципиальная вакуумная схема траверсы приведена на рис. 4.14, в. При достижении в ресивере вакуума 67 кПа возможно включение вакуумных захватов и транспортирование изделия. Для включения вакуумных захватов предназначены кнопки на пульте 5.

Схемой предусмотрены следующие блокировки. При включении электродвигателя включается электромагнит клапана, закрывая доступ воздуха в ресивер через вакуумные захваты. При включении вакуумных захватов электромагнит отключается при включенном электродвигателе. При падении вакуума ниже 66,5 кПа, если включены вакуумные захваты, включается сирена.

Электросхемой предусмотрена защита электродвигателя и цепи управления автоматическим выключателем и плавким предохранителем.

4.2.3. ЗАРУБЕЖНЫЕ ВАКУУМНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ ТРАВЕРСЫ

Приведенные выше вакуумные ГУ выполнены различно, что не отвечает условиям рационального производства грузозахватного оборудования. Организация серийного производства целесообразна при разработке соответствующего типажа вакуумных ГУ на базе унификации отдельных агрегатов. По такому принципу изготовляют вакуумные ГУ некоторые зарубежные фирмы.

На рис. 4.15 показаны вакуумные грузозахватные траверсы (ГДР), изготовляемые из унифицированных элсментов. Их используют для транспортирования строительных грузов различной массы и габаритов.

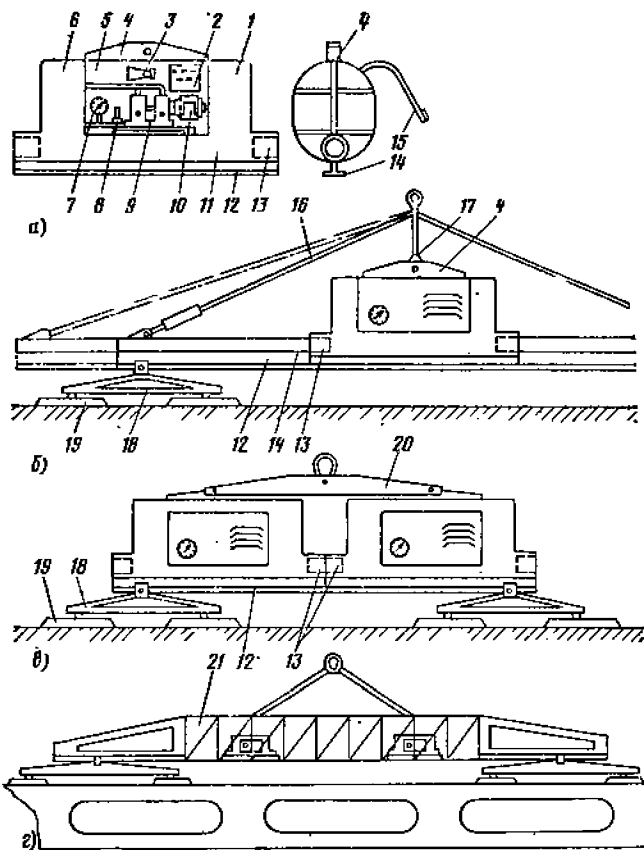


Рис. 4.15. Вакуумные грузозахватные траверсы (ГДР) и схема их сборки из унифицированных элементов:

а — вакуумный агрегат; *б* — траверса с одним вакуумным агрегатом и четырьмя вакуумными захватами; *в* — двоясный вакуумный агрегат; *г* — траверса с двумя вакуумными агрегатами и восемью вакуумными захватами

Несущий элемент вакуумной грузозахватной траверсы (рис. 4.15, *а*) представляет собой компактный корпус 1, разделенный на три камеры. Средняя камера 5 открывается с помощью крышки 15, боковые 6 полностью закрыты и соединяются друг с другом трубой 11, образуя вакуумный резервуар. Перегородки, закрывающие трубы, находятся на некотором расстоянии от концов. Образующееся при этом гильзообразное отверстие 13 служит для размещения подсоединяемых к корпусу несущих труб 14. К последним присоединена направляющая балка 12. На корпусе установлена траверса 4, за которую он подвешивается к подъемному механизму.

В средней камере 5 расположен мотор 10, вакуумный насос 9, магнитный клапан 8, коммутационный вакуумметр 7, распределительный шкаф (щиток) 2 и сигнальное устройство 3. Они имеют внутренний подогрев.

На рис. 4.15, *б* показано, как в корпусе 1 с обеих сторон вставлены несущие трубы 14 с направляющими балками 12, служащими для подвески и перемещения продольных и поперечных траверс 18, снабженных вакуумными захватами 19. На траверсе 4 размещены штагга 17 для навешивания на крюк крана и тяги 16 — для поддержки захватов.

При необходимости повышения площади захвата имеется возможность создания друго сборной конструкции из унифицированных узлов (рис. 4.15, *в и г*). Два корпуса 1 (рис. 4.15, *в*) соединены с помощью промежуточной детали, которая вставляется в отверстие 13. Дополнительное соединение корпусов 1 достигается с помощью траверсы 20, укрепленной на корпусе. Эта конструкция может служить самостоятельным захватным агрегатом. Траверса 18 с вакуумными захватами 19 крепится аналогично тому, как это показано на рис. 14.5, *б*.

При необходимости повышения грузоподъемности из унифицированных узлов можно выполнить конструкцию, показанную на рис. 4.15, *г*, с использованием траверсы 21. Корпус с размещенными внутри его управляющими, коммутирующими предохранителями и производящими вакуум элементами, можно использовать в качестве самостоятельного устройства для управления вакуумными захватами, установленными отдельно от него. Конструкция предусматривает возможность для повышения производительности два вакуумных насоса 9 (рис. 4.15, *а*) подключать параллельно друг к другу к одному электродвигателю 10.

Надежность работы описанной конструкции обеспечивается следующим образом.

Вакуумный резервуар (ресивер) имеет такие размеры, при которых при поднятии груза увеличение давления на коммутационном вакуумманометре 7 не превышает 13,3 кПа и откачивание воздуха с изменением вакуума от 26,6 до 8 кПа осуществляется не более чем за 60 с. При этом время до отпадания груза должно составлять примерно 15 мин, а при упругом материале уплотнения захвата минимум 5 мин.

Надежная работа вакуумного устройства обеспечивается еще и тем, что в камере 5 установлен магнитный клапан 8, который во время подъема обесточен и при отключении тока не вызывает воздушного разрыва между ресивером (вакуумным резервуаром) и вакуумными захватами.

Коммутационный вакуумметр 7, хорошо наблюдаемый даже при закрытом корпусе 1 через отверстие в крышке 15, связан при помощи электрических контактов со звуковым или световым сигнальным устройством 3 так, что оно приводится в действие при превышении определенного уровня вакуума.

Дополнительным средством обеспечения безопасности работы являются механические ГУ, например подхваты, приводимые в действие канатным приводом. Дополнительные предохранительные ГУ могут быть заблокированы с коммутационным вакуумметром.

Для подъема и транспортирования грузов с возможностью их поворота в вертикальной или горизонтальной плоскости вакуумные грузозахватные траверсы выполняют с поворотными вакуумными захватами.

На рис. 4.16 показана вакуумная грузозахватная траверса VK3,2 (ГДР), грузоподъемностью 3,2 т, для которой предусмотрен поворот плоских грузов из горизонтального положения в вертикальное при помощи двух гидротолкателей; угол поворота от 0 до 110°.

Основными узлами являются подвесное устройство, рама и захватная траверса. Рама представляет собой сварную конструкцию коробчатого сечения. В ней размещен гидравлический блок. Вакуумные захваты подвешиваются на пружинах в сферических подпятниках. Захват снабжен необходимыми приборами управления и предохранительными устройствами (сигнальными лампами, sireнами и др.).

В вакуумных захватах типа VN (ГДР) грузоподъемностью 2,5...8 т (рис. 4.16, *б*) главная траверса выполняет функции ресивера. Крестообразно расположенные траверсы с вакуумными захватами могут поворачиваться на 90°.

Основные параметры захватных траверс типа VN (ГДР) приведены в табл. 4.8.

В табл. 4.9 приведены основные параметры унифицированных траверс другой конструкции, изготовленных в ГДР (рис. 4.17).

На рис. 4.18 показаны вакуумные ГУ «Аэролифт» фирмы Отхене Воуденберг (Нидерланды).

Вакуумное ГУ «Аэролифт» стандартного исполнения типа F (рис. 4.18, *а*) содержит вакуумный насос, приводимый от электродвигателя (220/380 В) и монтируемый на подъемной раме, которая является одновременно и ресивером.

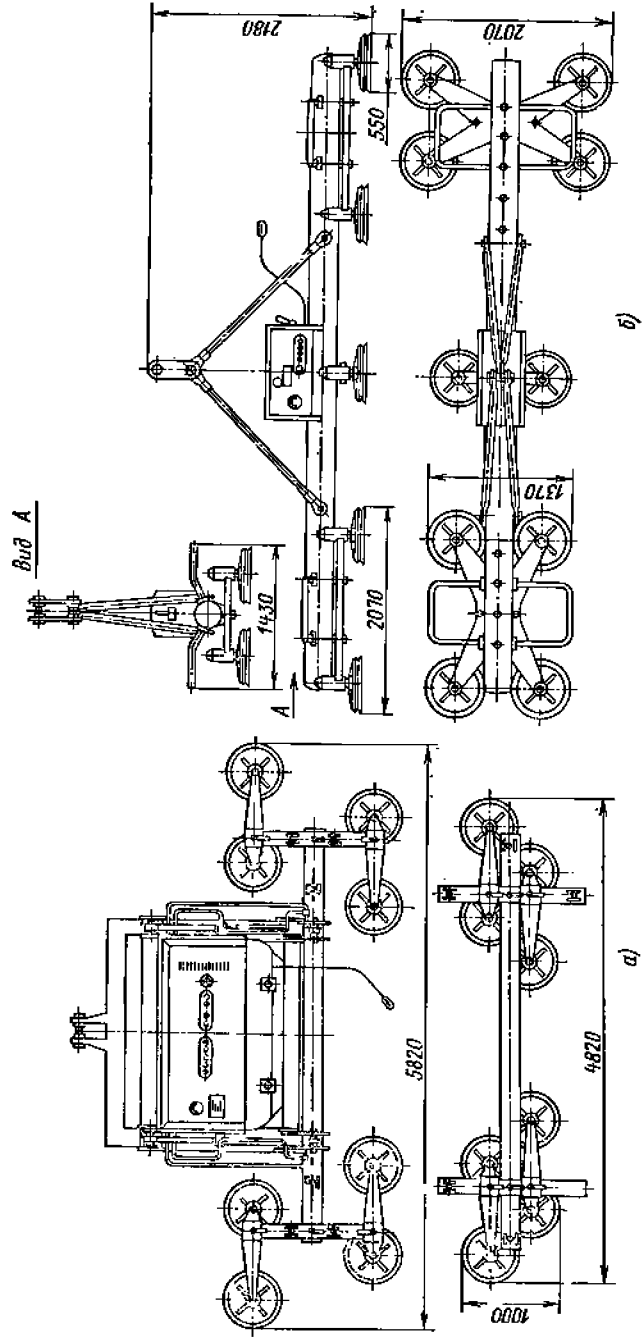


Рис. 4.16. Вакуумные захватные траверсы:
 а — поворотная У КЗ.2 в вертикальной плоскости; б — поворотная У NS в горизонтальной плоскости

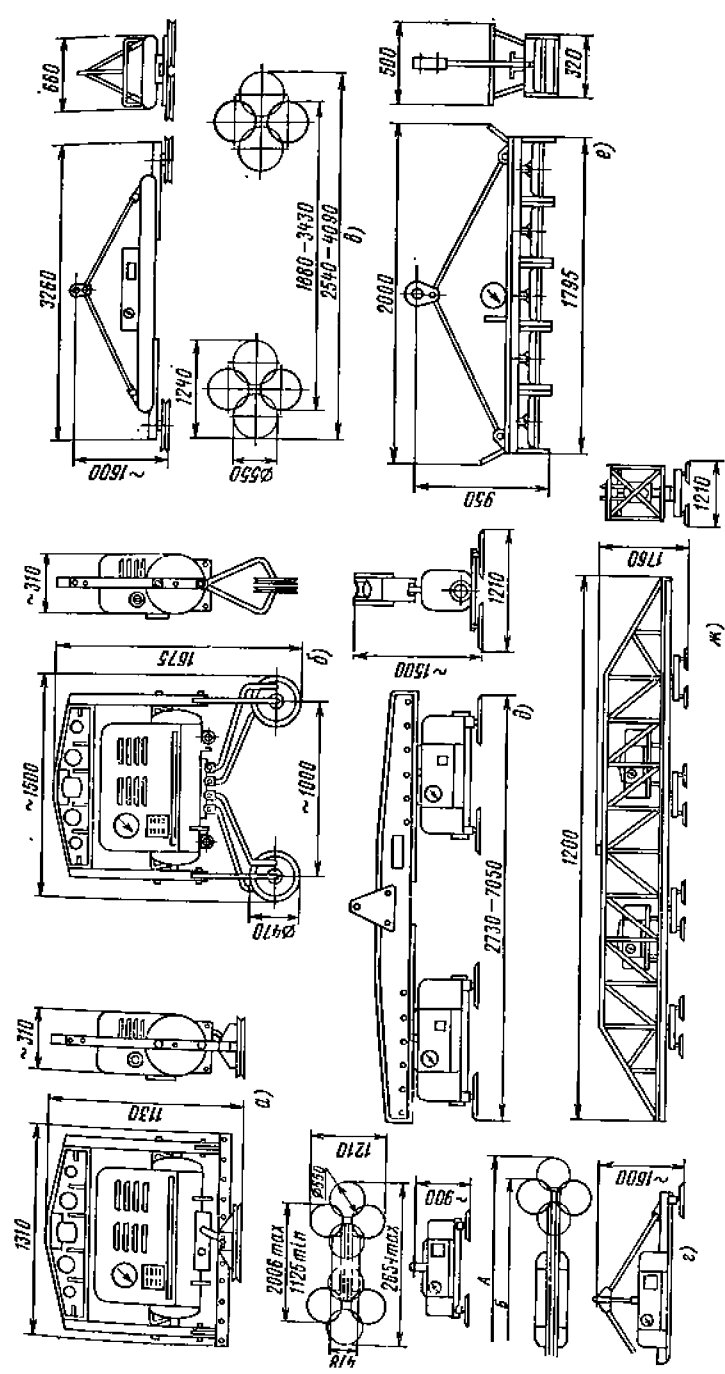


Рис. 4.17. Ультрафиолетовые вакуумные захватные траверсы (УФР)

4.8. Параметры вакуумных грузозахватных траверс типа VN

| Тип | Грузоподъемность, т | Габаритные размеры, м | | Объем ресивера, м ³ | Число вакуумных захватных камер | Масса, кг |
|------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------|
| | | максимальные | минимальные | | | |
| VN2,5 (без удлинителя) | 2,5 | 3,32×1,22×1,91 | 1,18×1,22×1,91 | 0,105 | 4 | 510 |
| VN2,5 (с удлинителем) | 2,5 | 6,12×1,180×1,91 | 1,18×1,22×1,91 | 0,105 | 4 | 610 |
| VN5 | 5 | 4,69×1,97×2,18 | 2,29×1,37×2,09 | 0,25 | 6 | 770 |
| VN8 | 8 | 6,77×1,43×2,18 | 4,57×1,37×2,09 | 0,3 | 10 | 1150 |

Примечания. Применяется вакуумный насос НВ 15/2 быстрой работы 30 м³/ч.
2. Мощность приводного двигателя 2,2 кВт/ч.

4.9. Основные технические данные унифицированных вакуумных траверс, изготавливаемых в ГДР

| Тип траверсы | Грузоподъемность, т | Масса, кг | Тип вакуум-насосной установки и ее грузоподъемность, т | Мощность привода двигателя, кВт | Число ВЗК | Основное назначение и область применения |
|-------------------------------|---------------------|-----------|--|---------------------------------|-----------|--|
| V0,75 (рис. 4.17. а) | 0,75 | 130 | VAG (1) | 0,5 | 1 | Транспортирование краем грузов, имеющих плоскую поверхность |
| VG800 (рис. 4.17. б) | 0,8 | 135 | VAG (1) | 0,5 | 4 | Транспортирование и монтаж краем крупногабаритных листов стекла |
| VHG 2,5—3,2 | 2,5—3,2 | 450 | — | 0,5 | 4 | Транспортирование краем металлических листов; подъем и штабелирование бетонных элементов; укладка бетонных труб, укладка плит при сооружении каналов и т. д. |
| VHR 2,5—6,3 | 2,5—6,3 | — | — | — | — | — |
| V2,5 V2,5/2 (рис. 4.17. в) | 2,5 | 355 | VEG2,5—3,2/20 или VEG2,5—3,2/E (3,2) | 1,2 | 4 | Транспортирование и перегрузка краем листового материала и бетонных элементов в цехах и на строительстве; монтаж строительных конструкций и укладка плит при строительстве железнодорожных и гидротехнических сооружений |

| Тип траверсы | Грузоподъемность, т | Масса, кг | Тип вакуум-насосной установки и ее грузоподъемность, т | Мощность привода двигателя, кВт | Число ВЗК | Основное назначение и область применения |
|-----------------------|---------------------|-----------|--|---------------------------------|-----------|--|
| V5,0 (рис. 4.17. д) | — | 700 | Две установки типа VEG2,5—3,2 или VEG2,5—3,2/E (3) | 2,4 | — | Транспортирование краем и перегрузка бетонных плит при их укладке и сооружении; перегрузка и транспортирование листов металла на складах |
| VTS250 (рис. 4.17. е) | 0,25 | 50 | VT157 (1) | 0,5 | 5 | Укладка плит для укрепления русел рек |
| 6,3—12 (рис. 4.17. ж) | 6,3 | 1750 | Две установки типа 2,5/П | 2,4 | — | Транспортирование и перегрузка краем крупногабаритных конструкций из бетона, металла и других материалов |

На раме обычно устанавливают два вакуум-насоса, соединенные траверсой со скобой для подвески к грузоподъемному механизму. Снизу рамы расположена траверса с вакуумными захватами, положение которых может изменяться по длине через 100 мм. Между верхней и нижней траверсами установлен электродвигатель с приборами управления и предохранительными сигналами.

Устройства типов 5E и 10E имеют только одну ВЗК, которую можно заменить траверсой с несколькими вакуумными захватами. В ресивере создается разрежение воздуха не ниже 90 кПа, а в вакуумных захватах не ниже 80 кПа. Соединение вакуумных захватов с ресивером при захвате груза производится ручными трехходовыми кранами или магнитными вентилями.

4.10. Параметры вакуумных ГУ

| Тип | Грузоподъемность, т | Масса, кг | Габаритные размеры, мм | | | Мощность двигателя насоса, кВт | Тип | Грузоподъемность, т | Масса, кг | Габаритные размеры, мм | | | Мощность двигателя насоса, кВт |
|------|---------------------|-----------|------------------------|--------|--------|--------------------------------|-------|---------------------|-----------|------------------------|--------|--------|--------------------------------|
| | | | Длина | Ширина | Высота | | | | | Длина | Ширина | Высота | |
| 5E | 0,5 | 55 | 600 | 100 | 400 | 0,58 | 40DK | 4 | 440 | 1600 | 600 | 700 | 3 |
| 10E | 1 | 110 | 800 | 500 | 400 | 0,75 | 60DK | 6 | 480 | 1800 | 600 | 700 | 3 |
| 20E | 2 | 145 | 1000 | 530 | 520 | 1,1 | 80DK | 8 | 620 | 1600 | 700 | 800 | 5,5 |
| 40E | 4 | 320 | 1500 | 530 | 590 | 1,5 | 100DK | 10 | 680 | 1800 | 700 | 800 | 5,5 |
| 60E | 6 | 560 | 2000 | 530 | 650 | 2,2 | 5EИ | 0,5 | 60 | 600 | 400 | 100 | 0,58 |
| 80E | 8 | 750 | 2500 | 600 | 680 | 3,0 | 10EИ | 1 | 120 | 800 | 500 | 400 | 0,75 |
| 100E | 10 | 925 | 3000 | 600 | 700 | 4,0 | 20EИ | 2 | 130 | 800 | 500 | 500 | 1,1 |
| 40D | 4 | 140 | 1500 | 620 | 420 | 0,58 | 40EИ | 4 | 220 | 860 | 720 | 600 | 1,5 |
| 60D | 6 | 230 | 2000 | 620 | 420 | 0,75 | 60EИ | 6 | 260 | 960 | 720 | 800 | 2,2 |
| 80D | 8 | 350 | 2500 | 640 | 450 | 1,1 | 80EИ | 8 | 320 | 960 | 720 | 800 | 3,0 |
| 100D | 10 | 500 | 3000 | 680 | 480 | 1,5 | 100EИ | 10 | 365 | 960 | 720 | 800 | 3,0 |
| 20DK | 2 | 390 | 140 | 600 | 700 | 3 | — | — | — | — | — | — | — |

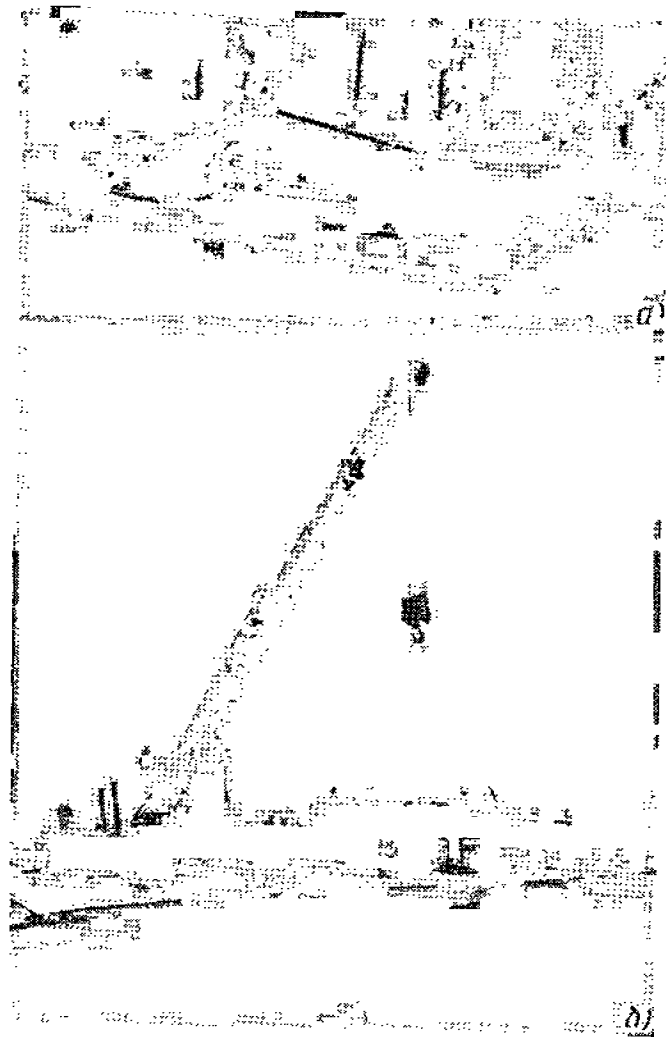


Рис. 4.18. Вакуумные ГУ «Аэролифт» (Нидерланды):
а — тип 60Е; б — тип 60D

Все вакуумные захваты рассчитаны на коэффициент надежности не менее двух. Если вакуум в системе снижается до 80 кПа включается звуковой сигнал и световой сигнал в виде мигающей оранжевой лампочки.

У стандартных вакуумных грузозахватных траверс «Аэролифт» типа D (рис. 4.18, б) вакуум-насос приводится в действие дизелем через фрикционную или центробежную муфты. Рама устройства состоит из двух вакуумных ресиверов, которые сверху соединены балкой с двумя скобами для подвески к грузоподъемному механизму.

Фирма Отхене Вууденберг изготовляет также стандартные узлы «Аэролифт», представляющие собой компактный агрегат, состоящий из прямоугольного ва-

куумного ресивера, насоса, двигателя, приборов управления и предохранительных сигналов. Весь узел защищен откидным или снимающимся кожухом. Вакуум-насос приводится в действие электродвигателем (тип EU) или дизелем (тип DU). Агрегат типа EU устанавливают на пол или прикрепляют к стене, он служит центральным источником вакуума и может быть снабжен четырьмя котесиками для передвижения. Агрегат типа DU применяют в качестве вакуумного источника на автомобильных кранах, экскаваторах или погрузчиках.

Для подъема и кантования на 90 и 180° фирма изготавливает вакуумные ГУ «Аэротурлифт 90°» и «Аэротурлифт 180°» с гидравлическим приводом поворотных траверс с вакуумными захватами.

Все вакуумные ГУ «Аэролифт» оснащаются стандартными ВЗК грузоподъемностью 500...2500 кг, сведения о которых приводятся в следующей главе.

Параметры вакуумных ГУ «Аэролифт» приведены в табл. 4.10.

4.2.4. ВАКУУМНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ ТРАВЕРСЫ С РАЗМЕЩЕНИЕМ ВАКУУМ-НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА КРАНЕ

Вакуумные грузозахватные траверсы с использованием вакуум-насосного оборудования, расположенного на машине, нашли применение в кранах мостового типа для перегрузки преимущественно листовых грузов, имеющих гладкую и ровную поверхность. Недостатком их является необходимость подводки гибких шлангов к ВЗК.

На рис. 4.19 показан полукрановый кран с грузоподъемностью 1,5 т с траверсой 10 с вакуумными захватами 9, обслуживающий участки накопления листов, поступающих в цех.

Вакуумная система состоит из размещенного в основной балке крана и приводимого электродвигателем 7 насоса 6 типа ВН-2, соединенного гибким шлангом 3 с ресивером 4, смонтированным на траверсе 10, и восьми вакуумных захватов 9. Каждый вакуумный захват снабжен удлиненным стержнем, при помощи которого обеспечивается свободное и самостоятельное его перемещение относительно траверсы в вертикальном положении. Захват соединяется со стержнем шарнирной муфтой. Максимальная грузоподъемность одного захвата около 500 кг. От ресивера 4 отведены два самостоятельных трубопровода 5, к каждому из которых через пробковый кран и гибкий шланг присоединены по четыре ВЗК. В зависимости от длины перегружаемого листа включаются или четыре вту трен-

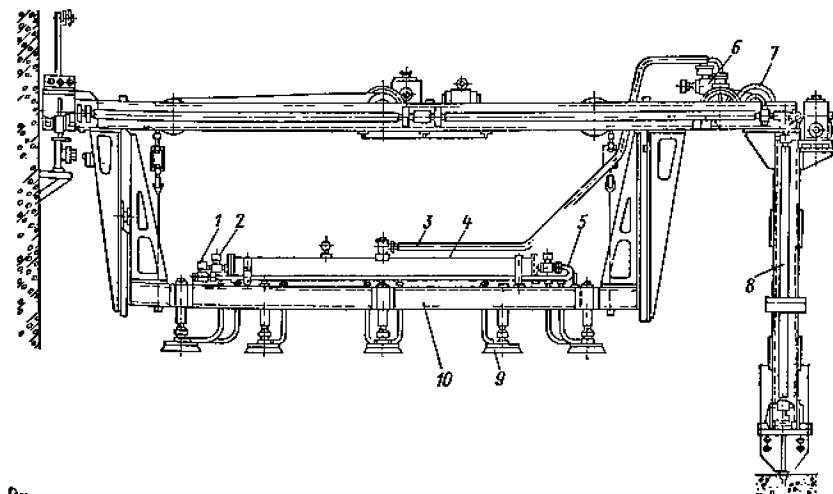


Рис. 4.19. Траверса с вакуумными захватами и вакуумным агрегатом, размещенным вне траверсы на кране.

них камеры, присоединенные к одному из трубопроводов, или восемь. При рабочем цикле крана трубопроводы, а через них и захваты с помощью мембранных клапанов 2, имеющих электромагнитный привод, соединяют с ресивером. При необходимости отключения камер с помощью другой пары мембранных клапанов 1 система сообщается с атмосферой.

Объем ресивера 0,070 м³. Рабочее разрежение в системе 53—93 кПа. Вакуумный насос приводится в действие электродвигателем мощностью 1,7 кВт, управление — дистанционное, сосредоточено на выносном пульте.

Применяют вакуумные ГУ с жестким креплением их на рабочем органе крана или другой подъемно-транспортной машине. На рис. 4.20 показан погрузчик листовой стали, рабочим органом которого являются пневмоподъемники с вакуумными захватами, смонтированные на ферме мостового крана.

На продольных поясах 1 мостовой фермы попарно смонтированы вертикально восемь пневмоцилиндров 2 с вакуумными захватами 3. Пневмоцилиндр штоком 8 поршня 6 посредством двух полуколец 9 и обоймы 10 соединен с вакуумным захватом 3. Пневмоцилиндр одностороннего действия, служит только для подъема вакуумного захвата. Впуск сжатого воздуха в рабочую полость пневмоцилиндра под поршень при подъеме и выпуск при опускании, которое происходит под действием собственного веса, осуществляется через патрубок 7. При этом выпуск воздуха из-под поршня и впуск в надпоршневую полость для ликвидации образующегося вакуума при опускании происходит через отверстие 5 в поршне.

Вакуумная система погрузчика включает вакуумный насос 4 типа РВН-20 быстротой действия 2,4 л/с, ресивер и вакуумный групповой коллектор для управления захватами. Захваты соединены с вакуумной системой при помощи подвесных резиноканевых водолазных шлангов 11. Для выполнения перегрузочных операций погрузчик перемещается с помощью электропривода и останавливается над пачкой листов стали; вакуумный захват, опускаясь на лист, захватывает его. После подачи сжатого воздуха в рабочую полость пневмоцилиндра вакуумный захват со стальным листом поднимается в крайнее верхнее положение. Затем погрузчик перемещается в нужном направлении, например к столу газовой резки, на который при выпуске воздуха из рабочей полости пневмоцилиндра опускается стальной лист. При девакуумировании вакуумного захвата он освобождает лист. При впуске сжатого воздуха в рабочую полость пневмоцилиндра вакуумный захват поднимается, и погрузчик готов к выполнению новой перегрузки.

Техническая характеристика погрузчика с вакуумными захватами

| | |
|---|------|
| Грузоподъемность, т погрузчика | 4 |
| одного вакуумного захвата | 0,5 |
| Количество вакуумных захватов | 8 |
| Расчетный диаметр вакуумного захвата, мм | 400 |
| Расчетное разрежение, создаваемое в вакуумных захватах, кПа | 86 |
| Ход штоков пневмоподъемников, мм | 450 |
| Максимальные размеры поднимаемого листа, мм | |
| длина | 7500 |
| ширина | 2200 |
| толщина | 30 |

Вакуумные ГУ особенно эффективно могут быть использованы, когда они жестко закреплены на стреле манипулятора или другом рабочем органе подъемно-транспортной, погрузочной и другой машины. В этом случае расширяется область применения ГУ и повышается надежность его эксплуатации. Примером такого устройства является гидравлический кран-погрузчик «Эмпор» (ГДР), на конце шарнирно-рычажной стрелы которого закрепляется вакуумный захват (рис. 4.21). Вакуумное насосное оборудование приводится в действие от основного двигателя через коробку отбора мощности, либо от индивидуального двигателя, приборы контроля и управления устанавливаются на самой машине.

Вакуумный захват, одиночный или двоярный на траверсе грузоподъемностью до 750 кг, подвешивается на стреле при помощи штока с двухшарнирной головкой, позволяющей захвату устанавливаться на поверхности груза (рис. 4.21, б).

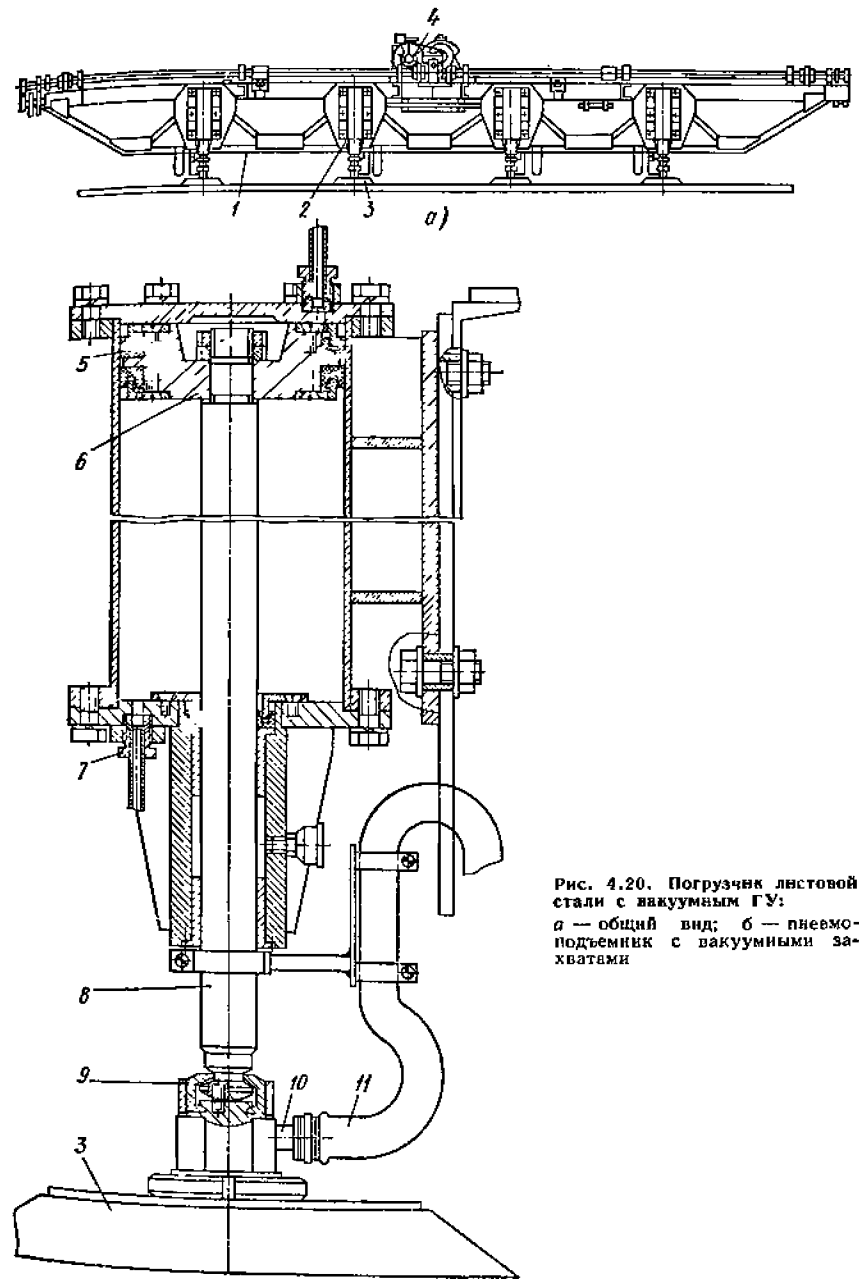


Рис. 4.20. Погрузчик листовой стали с вакуумным ГУ:
а — общий вид; б — пневмоподъемник с вакуумными захватами

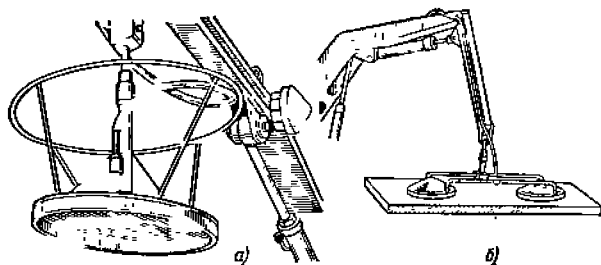


Рис. 4.21. Гидравлический кран-погрузчик с вакуумным ГУ на шарнирно-рычажной стреле:

а — общий вид; б — рабочее положение

Вакуумное ГУ погрузчика снабжено ВЗК различной формы и размера (круг, эллипс, прямоугольник) в зависимости от цели применения, а также специальной траверсой с поперечными укосинами, на которой могут монтироваться до восьми вакуумных камер.

Основная область применения крана-погрузчика с вакуумным захватом — подъем и транспортирование гранитных плит, листов металла, строительных конструкций из бетона, укладка асбестоцементных труб в мелиоративном строительстве, укладка бетонных и асфальтовых труб в дорожном строительстве и т. д.

Для подъема и монтажа крупноразмерных стекол и витражей применяют специализированное устройство с шарнирно-поворотной стрелой и гидравлическим приводом [11], устанавливаемое на базе автомобиля грузоподъемностью 7 т. На головке стрелы укрепляют манипулятор с ВЗК, число которых можно доводить до восьми — по четыре в два ряда. Таким устройством производят подъем, перемещение и точную установку стекол площадью до 18 м², массой до 338 кг на высоту до 12,2 м от земли или массой 450 кг на высоту до 7,6 м.

Применение специализированных устройств указанного типа повышает эффективность работ по монтажу крупноразмерного стекла и устраняет тяжелый физический труд.

В ГДР для транспортирования стеклоконструкций используют вакуумные ГУ грузоподъемностью до 600 кг, монтируемые на автопогрузчике.

Машина ТП-15 с вакуум-захватной рамой для монтажа стеклянных панелей и витрин, разработанная ВНИИСтройдормашем и изготавливаемая Киевским экспериментальным заводом «Дормаш», приведена на рис. 4.22. Она состоит из базовой машины 23 (трактор Т-40АП) с управляемыми выносными опорами 21,

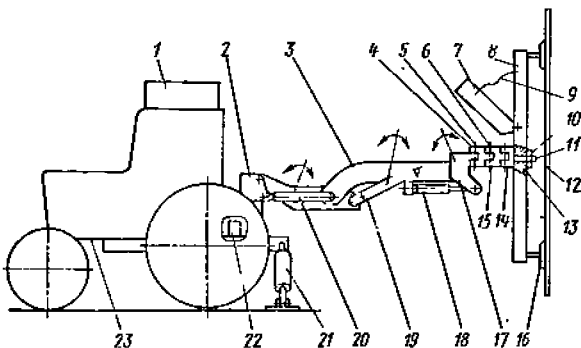


Рис. 4.22. Машина ТП-15 с ВЗК для монтажа стеклянных панелей и витрин:

а — общий вид; б — конструктивная схема; в — вакуумная система

вакуумного насоса 22, приводимого в движение от ВОМ трактора и складывающейся шарнирно-рычажной стрелы 3, шарнирно соединенной с поворотной колонкой 2. На оголовке стрелы 4 смонтирована вакуум-захватная рама 8. На раме 8 шарнирно установлена П-образная рамка 7, служащая для фиксирования рамы 8 от самопроизвольного перемещения.

Для подъема и складывания стрелы 3 служат гидроцилиндры 20 и 19, а для поворота оголовка 4 — гидроцилиндр 18. На крыше базовой самоходной машины расположен вакуумный ресивер 1. Оголовок включает шарниры 5, 15, 14, соединенные между собой двуплечим рычагом 17 при помощи пальцев 6.

На цилиндрический штырь 13 шарнира 14 установлена захватная рама 8, с возможностью углового поворота вокруг оси цилиндрического штыря 13 шарнира 14. Для фиксации захватной рамы 8 на цилиндрическом штыре 13 шарнира 14 в осевом направлении служат шайба 10 и штифт 11. На раме 8 расположены вакуумные захваты 16.

Для доставки объекта монтажа, например витринного стекла, к месту установки в проектное положение, машина подъезжает к разметочному столу стекла и устанавливается на выносные опоры 21. Включается вакуумный насос 22 и создается вакуум в ресивере 1. Захватная рама 8 при помощи гидроцилиндров 20, 19, 18 устанавливается в горизонтальное положение и накладывается на объект монтажа (например, витринное стекло).

После этого с пульта управления вакуумные захваты 16 (установленные на раме 8), захватывают объект монтажа. Затем, захватная рама 8 с удерживаемым объектом монтажа переводится в транспортное положение путем складывания стрелы 3 при помощи гидроцилиндров 20, 19, 18; поднимаются выносные опоры 21 и машина перемещается к месту монтажа и там опять устанавливается на выносные опоры 21.

Шарниры 5, 15, 14 складываются под действием веса рамы 8 со стеклом при отклонении ее назад или вручную, и удерживаемая в таком положении захватная рама с объектом монтажа при помощи стрелы 3 и поворотной колонки 2 подводится к проектному положению. При раскрытии шарниров 5, 15, 14 (подача в'ок и вперед) и покачивании захватной рамы на цилиндрическом штыре 13 шарнира 14 монтируемый объект устанавливается точно в проектное положение. Затем объект закрепляется, выключаются вакуумные захваты, отводится захватная рама 8 и поднимаются выносные опоры 21. На этом операции по монтажу объекта заканчиваются. Фиксирование захватной рамы 8 в транспортном положении от самопроизвольного перемещения устраняется путем набрасывания П-образной рамки 7 с тросиком 9 на оголовки 4 таким образом, чтобы она охватывала последний.

Вакуум-захватная рама 8 представляет собой сборную конструкцию, оснащенную восемью ВЗК 16, выполненную в виде дисков, с уплотнительными кольцами. Каждая ВЗК закреплена на шаровой головке стержня, свободно проходящего через корпус рамы 8 и подпружинена пружинами, расположенными с обеих сторон корпуса рамы 8. Четыре вакуум-захватных камеры смонтированы неподвижно на основной раме, а четыре закреплены на выдвигаемых рамках со стопорными зажимами. На вакуум-захватной раме 8 также размещена арматура вакуумной системы (кран, коллектор и т. д.).

Полости ВЗК гибкими шлангами через краны управления соединены с ресиверами.

Вакуумная система машины для повышения надежности удержания стеклоконструкций имеет две группы ВЗК, соединенных отдельными ресиверами и отдельно управляемых. Привод вакуум-насоса осуществляется клиноременной передачей от заднего вала отбора мощности.

Использование машины, оборудованной вакуумными захватами, обеспечивает комплексную механизацию монтажа крупноразмерного стекла на всех его этапах. При этом можно производить следующие операции: 1) забор стекла из ящика, перевод его в горизонтальное положение и укладку на раскройный стол; 2) забор стекла с раскройного стола, перевод его в транспортное положение, близкое к вертикальному, и транспортирование на строительную площадку к месту установки; 3) подъем стекла на заданную высоту и установку его в определенное положение.

Техническая характеристика машины ТП-16 с вакуумной траверсой для монтажа стеклянных панелей и витрин

| | |
|---|-----------------------|
| Грузоподъемность вакуум-захватной рамы, кг | 300 |
| Высота подъема стекла, м | 5 |
| Максимальные размеры стекол, мм: | |
| ширина | 4000 |
| высота | 3000 |
| толщина | 10 |
| Угол поворота захватной рамы, град | 120 |
| из вертикального в горизонтальное положение в плоскости захвата стекла | 120 |
| Суммарный угол поворота манипулятора относительно вертикальной оси, град | 90 |
| Смещение захватной рамы вправо или влево относительно вертикальной оси трактора, м (не менее) | 0,5 |
| Ход захватной рамы вперед при поднятой стреле манипулятора, м (не менее) | 1,0 |
| Габаритные размеры машины в транспортном положении, мм | |
| длина | 4890 |
| ширина | 2550 |
| высота | 3370 |
| Масса машины в рабочем состоянии, кг | 4050 |
| Масса навесного оборудования, кг | 1390 |
| Размеры вакуум-захватной рамы в плане, мм | |
| наибольший | 1600 |
| наименьший | 3000 |
| Число вакуумных захватов на раме | 8 |
| Расчетный диаметр ВЗК, мм | 200 |
| Форма поперечного сечения уплотнения ВЗК и его размеры, мм | Прямоугольная 15 × 15 |
| | 80 ... 90 |
| | ВН-461М |
| | 0,78 |
| | 0,6 |
| | 45 |
| | 540 |
| | 2 × 100 |
| | Трактор Т-40АП |

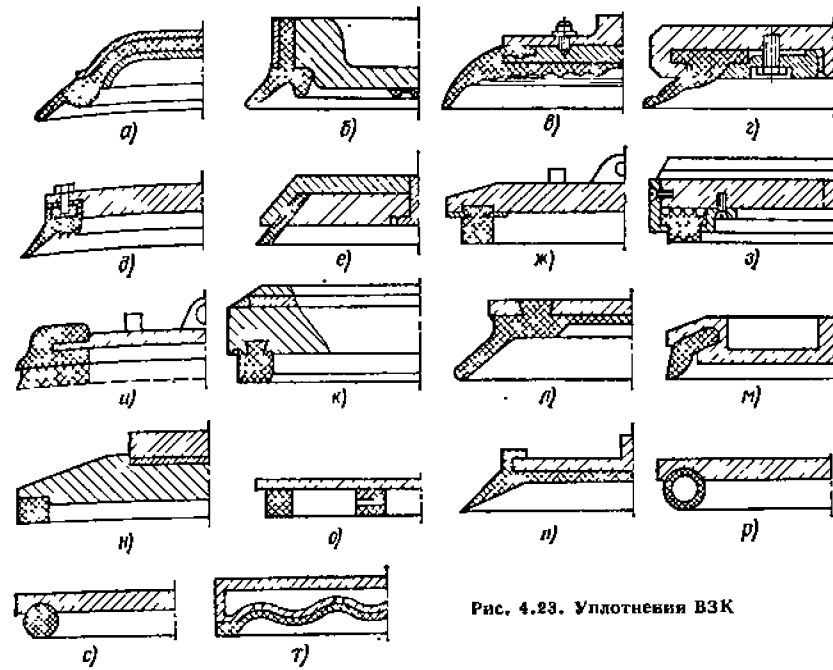


Рис. 4.23. Уплотнения ВЗК

4.3. ВАКУУМНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ КАМЕРЫ

4.3.1. УПЛОТНЕНИЯ ВАКУУМНЫХ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ КАМЕР

Вакуумная грузозахватная камера (ВЗК) является основной частью вакуумного ГУ, и качество ее в значительной мере определяет работоспособность последнего. Конструктивное выполнение ВЗК должно соответствовать форме и качеству поверхности транспортируемого груза. Грузоподъемность ВЗК определяется площадью, ограниченной стенками камеры, и степенью разрежения воздуха.

Работа ВЗК в значительной степени зависит от конструкции, материала герметизирующего уплотнения и способа его установки. Если уплотнение допускает утечку воздуха по контактной поверхности взаимодействия захвата с изделием, то происходит нарушение вакуума, что приводит к уменьшению подъемной силы захвата.

Основное назначение уплотнения ВЗК герметизировать пространство камеры от атмосферного воздуха. Конструкции и материал уплотнения должны выбираться в зависимости от условий работы, формы, качества и состояния поверхности груза.

Материал и конструкция уплотнения должны обеспечивать хорошую герметичность камеры, возможность быстрого монтажа и демонтажа. Материал должен обладать достаточной эластичностью, обеспечивающей плотный контакт с поверхностью транспортируемого груза, особенно изделий с шероховатой поверхностью (бетонных, каменных и др.).

По способу крепления к камере уплотнения бывают: прижатые дополнительными деталями (рис. 4.23, а—э); защемленные (рис. 4.23, и—н), приклеенные или привулканизированные (рис. 4.23, н—т). Материалом для уплотнения в основном служит эластичная вулканизированная и губчатая (мелкопористая) резина, неопреновый каучук, ячеистый эластомер, силикон и др.

При конструировании резиновых уплотнений необходимо учитывать характер деформации резины в зоне контакта с изделием, возникающей при создании вакуума в камере. Приток воздуха в полость захвата тем меньше, чем чище поверхность стыка, меньше твердость резины и удельная нагрузка на захват. Изменение твердости резины сравнительно мало влияет на приток воздуха, если изделие в зоне контакта имеет чистую поверхность. Для изделий с относительно шероховатой поверхностью изменение твердости резины существенно сказывается на притоке воздуха лишь тогда, когда ее твердость превышает 50—60 единиц по Shore. При этом увеличение твердости резины вызывает тем большее увеличение притока воздуха, чем меньше разрежение в полости ВЗК.

Материал и форму уплотнения камер надо выбирать в зависимости от качества поверхности изделий, т. е. от допусков на шероховатость поверхности (табл. 4.11).

Для изделий с поверхностью первой, второй и третьей категорий шероховатости (бетон, древесина, металл с грубой обработкой, с окалиной и др.) применяют уплотнения из мелкопористой резины (рис. 4.23, ж—н), с относительно гладкой поверхностью (чистый металл, пластмасса, стекло и др.) — уплотнения из технической эластичной мягкой резины (рис. 4.23, а—д).

Физико-техническая характеристика резин для выполнения герметизирующих уплотнений ВЗК приведена в табл. 4.12.

Герметизирующее уплотнение можно крепить к стальному корпусу ВЗК клеем 88 (ТУ МХП УТ 3484). Крепление уплотнения защемлением в пазы корпуса или самого уплотнения без клея также дает удовлетворительные результаты (рис. 4.23, и, к, л, м). На практике доказано, что в ряде случаев нет необходимости усложнять геометрические формы уплотнителя, а его прямоугольное сечение обеспечивает достаточную герметизацию при захвате груза с шероховатой поверхностью, например бетонных изделий. В захватах для подъема грузов с гладкими чистыми поверхностями можно применять уплотнение круглого сечения, выполненное из резинового шнура (рис. 4.23, с).

4.11. Допуски на шероховатость поверхности изделий для применения ВЗК

| Категория шероховатости | Характеристика поверхности, методы ее обработки | Допускаемые колебания неровностей поверхности, мм | Базовая длина замера, мм | Рекомендуемый тип уплотнения |
|-------------------------|--|---|--------------------------|--------------------------------|
| 1 | Бетонные изделия с черновой затиркой поверхности и подобные им грузы | 2,5 ... 5 | 200 | Рис. 4.23, ж, з, и, к, н, о, р |
| 2 | Бетонные изделия, отформованные в металлических формах с чистой затиркой открытой поверхности бетона и подобные им грузы | 1,2 ... 2,5 | 200 | Рис. 4.23, ж, з, и, н, о, р |
| 3 | Бетонные изделия с механической обработкой или шпаклевкой, металл с окалиной и ржавчиной и подобные им грузы | 0,6 ... 1,2 | 100 | Рис. 4.23, г, д, м, р, с |
| 4 | Прокат металла, прессованные керамические изделия, шлифованный бетон и т. п. | 0,3 ... 0,6 | 100 | Рис. 4.23, д, е, л, м, с |
| 5 | Шлифованные и полированные металл, мрамор, дерево, пластмассы, анодированный дюраль и т. п. | Менее 0,3 | 100 | Рис. 4.23, а, б, в, н, о |

4.12. Физико-механические показатели резины

| Показатель | Резина техническая по ГОСТ 7338-77 (мягкая) | | | Резиновая смесь | | | Губчатая резина | | | | |
|---|---|---------------|-------------------------|------------------------------|------------|--------------------------------|-----------------|------------|------------|---------|---|
| | теплостойкая | морозостойкая | С-309 ТУ 58-5-436-69 | 3168 гр. УПИ ТУМХП 204-54 | | 3825 ТУМХП-Ш-66-56 1432А | РПТУ-1192 | ТУ-109-РТИ | | ТУ-1163 | |
| | | | | без пленок | с пленками | | | без пленок | с пленками | | |
| Коэффициент старения по Гюру через 144 ч при 700 °С | 0,8 | 0,7 | — | 0,7 | 0,7 | 0,75 | — | 0,9 | 0,9 | 0,9 | — |
| Предел прочности при разрыве, МПа, не менее | 0,4 | 0,4 | 0,1 | 0,35 | 0,1 | 0,4 | — | 0,3 | — | — | — |
| Относительное удлинение при разрыве, %, не менее | 300 | 300 | 350 | 200 | 200 | 350 | — | — | — | — | — |
| Остаточное удлинение после разрыва, %, не более | 25 | 25 | 25 | 35 | 20 | 25 | — | — | — | — | — |
| Хрупкость при замораживании, °С | — | — | — | —40 | —15 | —45 | — | — | — | — | — |
| Твердость по Шору | — | — | — | 50—65 | 75—90 | 40—60 | — | — | — | — | — |
| Твердость по прибору ТШР, кгс/см ² | 1,5—7,5 | 3,5—7,5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Относительная остаточная деформация, % не более | — | — | — | — | — | — | 2 | 5 | — | — | 3 |
| Относительное сжатие, % | — | — | — | — | — | — | 40—75 | 90 | 55—90 | 45—65 | — |
| Коэффициент морозостойкости при 45 °С | — | — | — | — | — | — | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | — |

Для подъема деталей с высокой температурой в качестве уплотняющего материала следует применять теплостойкую специальную резину или асбестовую ткань.

Крепление уплотнения к корпусу, показанное на рис. 4.23, д, выполняется путем завальцовывания внутри манжеты металлического кольца с резьбовыми отверстиями, в которые устанавливаются болты с наружной стороны корпуса. Это обеспечивает возможность при необходимости быстро сменить уплотнительную манжету на запасную, не изменяя положения ВЗК и не отсоединяя ее от подъемного устройства.

Крепление уплотнения, показанное на рис. 4.23, ж, осуществляется стержнями с заостренными концами, контактирующими с уплотнением и прикрепленными к нижней части корпуса таким образом, что расстояние между заостренными концами стержней меньше толщины уплотнения. Такое крепление позволяет очень быстро производить замену уплотнений, выполненных из листовой резины.

От материала уплотнителя зависит и минимальное давление на него, при котором возникает разрежение в полости ВЗК. Минимальное давление для каждого из материалов уплотнителя зависит от шероховатости поверхности поднимаемого груза. При захватывании изделий с шероховатостью поверхности четвертой категории минимальное давление в уплотнении для губчатой резины должно находиться в пределах 5...10 кПа, а для технической резины — 20...30 кПа.

Для захвата изделий с шероховатостью поверхности второй и первой категории необходимое давление в уплотнении может быть 100 кПа и более, что

4.13. Технические данные ВЗК фирмы Паннокке (ФРГ)

| Тип—№ | Расчетный диаметр камеры мм | Способ крепления | Грузоподъемность (кг) в положении | | Назначение |
|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------|--|
| | | | горизонтальном | вертикальном | |
| 388 (рис. 4.24, а) | 320 | Французским кольцом | 250 | 150 | Транспортирование стекла и подобных изделий с гладкой поверхностью |
| 540 (рис. 4.24, б) | 150 | Ниппелем | 100 | 50 | Транспортирование стекла |
| 384 (рис. 4.24, в) | 160 | | 60 | 40 | |
| 542/0 (рис. 4.24, г) | 50 | Ниппелем | 10 | 5 | Транспортирование стекла |
| 542/8 (рис. 4.24, д) | 80 | | 18 | 9 | |
| 542/13 (рис. 4.24, е) | 140 | | 50 | 25 | |
| 542/25 (рис. 4.24, ж) | 270 | Ниппелем | 200 | 100 | Транспортирование изделий с грубообработанной поверхностью |
| 542/37 (рис. 4.24, з) | 390 | | 400 | 230 | |
| 533/5 (эластичная) (рис. 4.24, и) | 50 | Ниппелем | 8 | — | Транспортирование изделий с малой кривизной поверхностью |
| 533/11 (эластичная) (рис. 4.24, к) | 110 | | 30 | — | |
| 533/13 (эластичная) (рис. 4.24, л) | 130 | | — | — | |
| 535 эластичная (рис. 4.24, м) | 240 | Ниппелем | 90 | 50 | Транспортирование изделий с минимальным радиусом кривизны |
| 534 эластичная (рис. 4.24, н) | 450 | | 400 | — | |

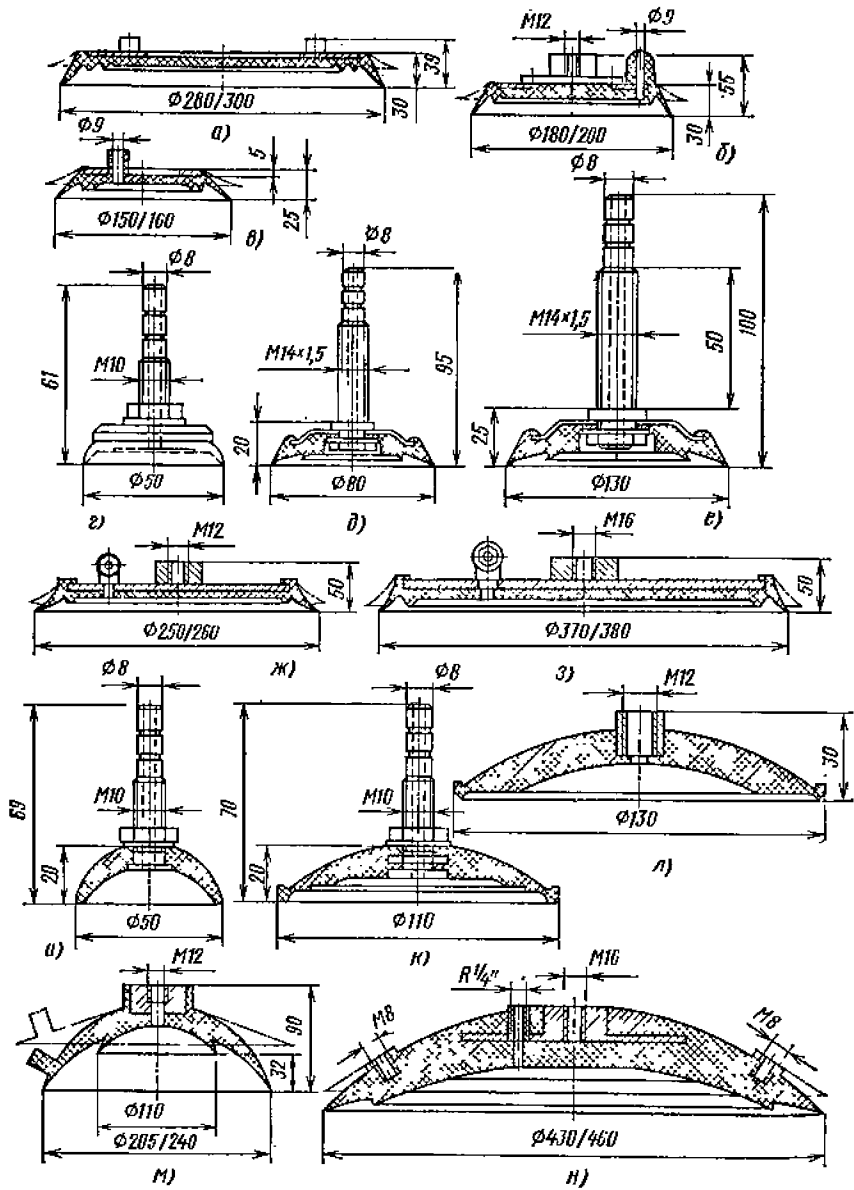


Рис. 4.24. Уплотнение ВЗК фирмы Паннокке (ФРГ) и их крепление к корпусу

предопределяет большую массу захвата. При одинаковом первоначальном давлении на контакте уплотнения для камер меньшей площади необходимая масса захвата будет выше, чем для камер большей площади. В этом отношении применение ВЗК с большей площадью целесообразнее.

Для захвата и транспортирования грузов с относительно ровной и гладкой поверхностью (стекла, металла и др.) нашли широкое применение ВЗК, приведенные на рис. 4.23, а, б, в, в которых резиновое уплотнение имеет круглую тарельчатую форму с двумя нижними кромками по периферии. Наружная кромка меньшего сечения выступает в направлении захватываемой поверхности. Внутренняя кромка имеет более утолщенное полукруглое сечение и расположена на некотором расстоянии от наружной. Такая конструкция уплотнения обеспечивает лучшее сопряжение и герметичность с поверхностью захватываемого груза за счет возможности образования двух вакуумных полостей, а малая толщина наружной кромки не требует создания большого давления на контактной площади в начальный момент захватывания груза. Наличие внутренней кромки обеспечивает большую поверхность контакта уплотнения с поверхностью груза после его захвата.

Уплотнения, применяемые в ГДР, выполнены в виде кольца из мягкой резины с твердостью 35 единиц по Шору, имеют форму губы, которая внутренним пазом закрепляется по периметру стальной круглой плиты (рис. 4.23, и). Для транспортирования изделий с шероховатой поверхностью уплотнительное кольцо с нижней стороны оснащено накладкой из пористой резины толщиной 16 и 30 мм (на рис. 4.23, и показано штриховой линией). Накладка имеет внешнюю пленку для улучшения герметичности.

За счет сжатия пористой резины на $\frac{2}{3}$ первоначальной величины при контакте ее с поверхностью бетонных изделий с неровностями до 8 мм достигается необходимый вакуум в ВЗК. Долговечность такого уплотнения при двухсменной работе составляет в среднем 3 мес.

Фирмой Паннокке (ФРГ) изготовлено для широкого применения вакуумное ГУ для транспортирования изделий преимущественно с гладкой поверхностью (стекла, пластмассы, труб, автомобилей и т. д.). В зависимости от формы и качества поверхности изделий фирма оснащает ГУ ВЗК с уплотнениями различных форм из легкой эластичной резины (рис. 4.24). Технические данные ВЗК и способы крепления их приведены в табл. 4.13.

4.3.2. ВАКУУМНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ КАМЕРЫ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ С ПЛОСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

На рис. 4.25, а представлена такая камера. Резиновое уплотнение 1 закреплено между наружным 2 и внутренним 3 дисками и образует вместе с ними и промежуточной резьбовой втулкой 4 и гайками 9 и 10 таретку. Последняя установлена на штоке 5 со сферической головкой. Шток при помощи пружины 6 упруго сопряжен с крепежным наконечником 7. Упругоповоротное крепление камеры к иконечнику обеспечивает хорошее прилегание и прижатие ее к грузу. Для откачки воздуха используется штуцер 8. Имеется несколько различных выполнений этой камеры.

ВЗК, приведенную на рис. 4.25, б, применяют при транспортировании и перегрузке стекла вакуумными передатчиками и другими машинами в процессе обработки стекла. Соединяется камера с вакуумной системой через канал 11 в штоке 12.

ВЗК, изображенная на рис. 4.25, в, монтируется на специальной раме стеклоподъемника, предназначенного для транспортирования и монтажа крупногабаритных стекол. Камера с помощью стакана 14 устанавливается в раме машины. Ее особенностью является то, что камера соединяется с вакуумной системой только при плотном прижатии уплотнения 1 к поверхности груза. Клапан 16 под действием пружины 15 закрывает канал 13 для отсоса воздуха. Поэтому сообщение камеры с вакуумной системой может происходить только при перемещении стержня 17 клапана при упоре в поверхность груза.

Для транспортирования листовой корпусной стали на поточных линиях при ее обработке применяют ВЗК, которые при помощи подпружиненных штоков

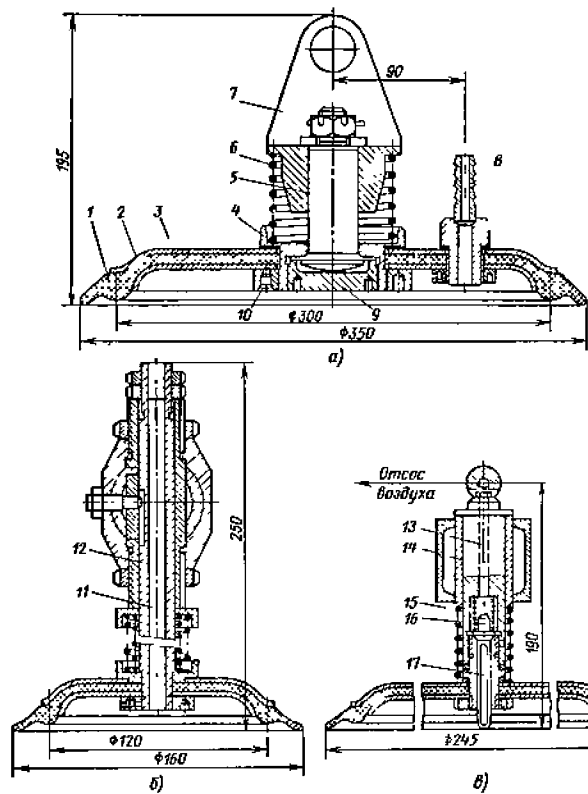
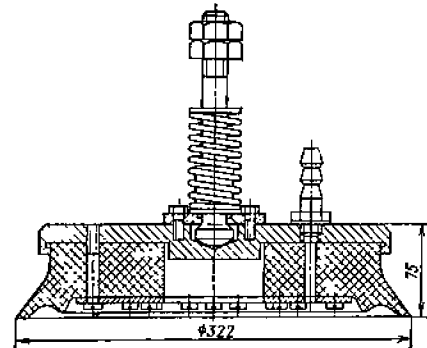


Рис. 4.25. ВЗК для листового материала:

а — основное исполнение с шарнирно-упругим креплением; б — с упругим креплением; в — с упругим креплением и упором, управляющим открытием клапана для отсоса воздуха

шарнирно крепят к траверсе, навешиваемой на подъемный крюк крана (рис. 4.26). Уплотнение камеры выполняют из мягкой резины (смесь 3109-М по МРТУ 88-5-1166-64) и прикрепляют к металлическому корпусу клеем 88 (ТУ МХП УТ 3484).



За рубежом наряду с ВЗК круглой формы применяют камеры удлиненной формы (рис. 4.27, а). На рис. 4.27, б показана ВЗК размером 450 × 160 мм, предназначенная для захвата листов с большой поверхностью, а также для транспортирования тавровых балок, имеющих широкие полки.

Разнообразие листовых материалов требует особых мер предосторожности для того, чтобы не повредить их при транспортировании. Для

Рис. 4.26. ВЗК для транспортирования корпусных стальных листов

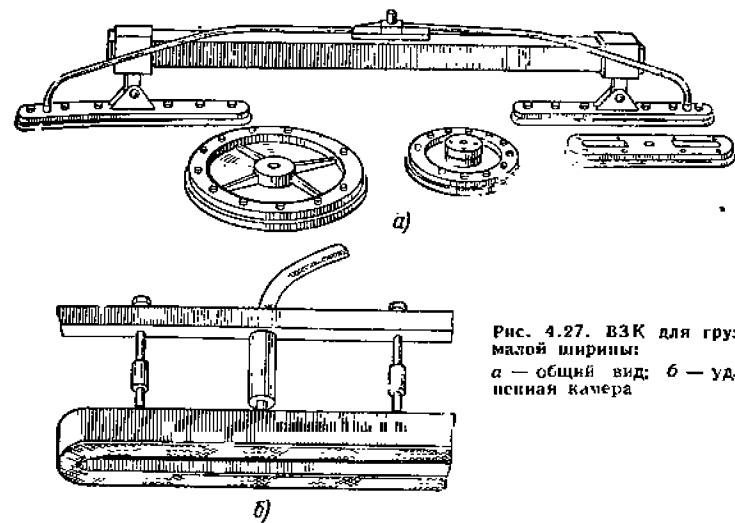


Рис. 4.27. ВЗК для грузов малой ширины: а — общий вид; б — удлиненная камера

захвата листов с зеркальной полировкой, применяемых при холодной штамповке изделий, разработаны ВЗК, снабженные специальным покрытием из ткани, пористой резины или плотными резиновыми губками. Чтобы на листе не накапливалась конденсированная влага от присасывающих камер, применяют камеры с нагревательными устройствами, управление которыми осуществляется при помощи термостата.

Для транспортирования горячих металлических листов и плит используют ВЗК с периодическим охлаждением элементов при помощи подачи воздуха от воздушного ресивера. На рис. 4.28 показана такая камера фирмы Вакухуб (ФРГ), монтируемая на траверсе, предназначенной для съема с прокатного стана и транспортирования крупногабаритных горячих листов и плит массой до 15 т длиной 20—30 м, шириной 1,1...1,6 м и толщиной 12...85 мм при температуре до 430 °С. На траверсе, подвешиваемой к мостовому крану размещена 21 камера грузоподъемностью 715 кг каждая. ВЗК состоит из корпуса 3, резиновой уплотняющей манжеты 1 и охлаждающего экрана 5, установленных с зазорами 1,5 мм с внутренней стороны корпуса. Внутри манжеты завальцовано металлическое кольцо 2 с резьбовыми отверстиями диаметром 12 мм, в которые ввертываются болты, установленные с наружной стороны корпуса что обеспечивает быструю замену уплотняющей манжеты на запасную без кантовки и отсоединения от траверсы самой камеры.

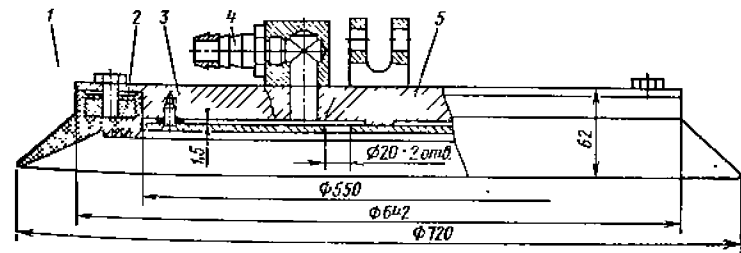


Рис. 4.28. ВЗК для транспортирования горячих металлических листов и плит

© Вайсов А. А.

Воздух из ВЗК отсасывается через два штуцера 4, расположенных симметрично на наружной стороне корпуса под углом 90° к его поверхности. Через штуцер 4 также подается сжатый воздух от ресивера для немедленного принудительного охлаждения манжет сразу же после отрыва ВЗК от транспортируемой плиты. Воздух по вакуумным шлангам поступает в щелевой зазор между корпусом ВЗК и охлаждающим экраном и происходит интенсивный обдув манжеты по всему периметру. Вакуумные шланги, соединяющие ВЗК с вакуумной арматурой траверсы, для защиты от сильного теплового излучения в нижней части облицованы специальным термостойким покрытием.

4.3.3. ВАКУУМНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ КАМЕРЫ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ С КРИВОЛИНЕЙНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Для транспортирования грузов с круглой поверхностью (труб, бумажных рулонов, бочек, балябанов и др.) успешно применяются вакуумные ГУ, в которых форма ВЗК соответствует кривизне поверхности грузов или отличается размерами в определенных пределах.

На рис. 4.29 изображено вакуумное ГУ для перегрузки и транспортирования бетонных труб диаметром до 1,8 м и массой более 10 т. ГУ подвешивается к крюку крана, захватные камеры выполняются по профилю трубы. Фигурное уплотнение 1 из мелкопористой резины винтами крепится по корпусу 2 камеры, которая переходом 6 соединяется с вакуумной системой. Камера на поверхности трубы ориентируется благодаря пружине 3 и сферической шайбе 4.

Для транспортирования грузов разных диаметров типа рулонов разработано вакуумное ГУ, в котором ВЗК выполнены гибкими (рис. 4.30). ГУ состоит из ВЗК 1 и 2, плиты 5, набора гибких пластин 4, эластичной оболочки 13, имеющей с внутренней стороны поперечные канавки для равномерного отсоса воздуха из камеры вакуумирования, упора-фиксатора 8, запорного клапана 7, работающего от пружины 12, корпуса 11, муфты 2, вакуум-провода 10, камеры 9, ушка 6 для навеса на грузоподъемное устройство, например на автопогрузчик. Набор гибких пластин 4 в резиновой оболочке 13 крепится к плите 5. Корпус 11 соединяется с плитой 5 через резиновое уплотнение.

Работает вакуумное ГУ следующим образом.

Грузоподъемное устройство со смонтированным на нем ГУ подъезжает к рулону картона или бумаги и слегка поджимается к нему присосами. При соприкосновении с рулоном запорный клапан 7 давит на пружину 12 и открывает канал, сообщающийся с ВЗК 9. Включается вакуумная система, создается разрежение в камере 9 и рулон присасывается к захвату. Набор пластин плотно прижимается по всему периметру резиновой оболочки к поверхности рулона и тем самым герметизирует ВЗК и ликвидирует подсос воздуха из атмосферы.

Вакуумным ГУ можно транспортировать грузы цилиндрической формы разных диаметров. Это достигается применением набора гибких пластин с загнутыми вниз краями, которые покрывают цилиндрическую поверхность. После транспортирования груза в вакуум-провод 10 подается воздух под атмосферным давлением, который через запорный клапан 7 поступает в камеру 9 и тем самым обеспечивает отсоединение рулона от захвата.

Для цилиндрических грузов разного диаметра применяют ГУ с двумя и более ВЗК, выполненными в виде изогнутых пластин с прикрепленными

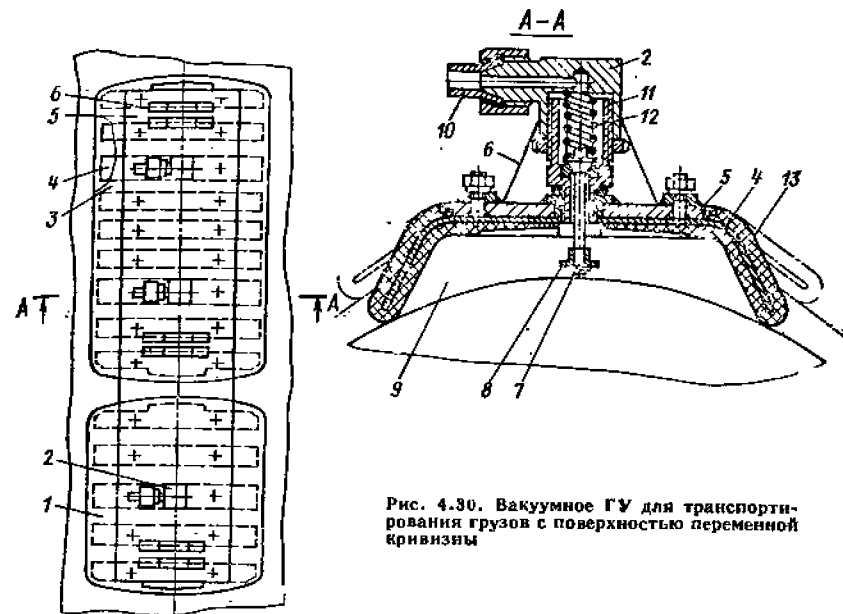


Рис. 4.30. Вакуумное ГУ для транспортирования грузов с поверхностью переменной кривизны

по периферии уплотнениями. При захвате груза ВЗК могут перемещаться одна относительно другой приводными устройствами при их установке на поверхности груза (в соответствии с его диаметром), образуя с ней герметичное пространство. На рис. 4.31 представлены такие ВЗК, применяемые на кранах и погрузчиках, например, для транспортирования рулонов бумаги диаметром 890...1200 мм и массой 1134 кг. ВЗК поворачиваются в вертикальной плоскости на 180° , что обе-

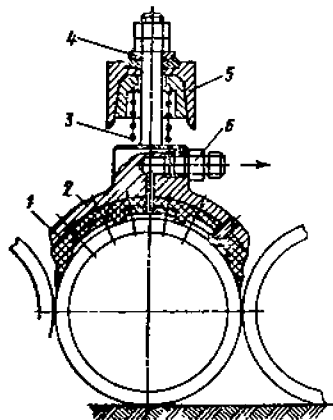


Рис. 4.29. Вакуумное ГУ для перегрузки и транспортирования бетонных труб

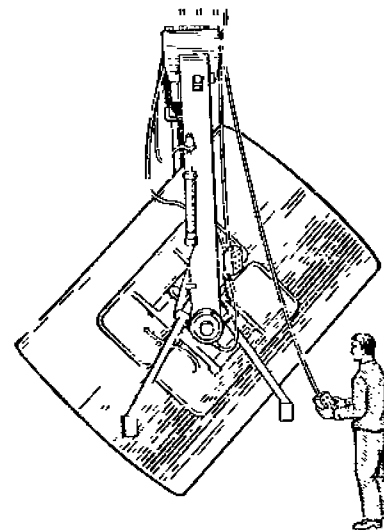
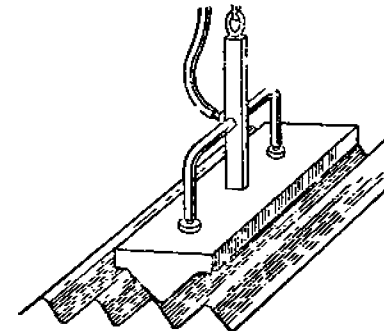


Рис. 4.31. ВЗК для грузов цилиндрической формы

Рис. 4.32. ВЗК для гофрированных листов



сплечивает подъем рулонов бумаги, лежащих или стоящих на полу. Для рулонов разной длины используют одинарные двухсекционные ВЗК, поворачивающиеся в вертикальной плоскости на 360°; двойные ВЗК монтируют на грузчиках, одновременно поднимающих два рулона.

Для захвата гофрированных листов применяют ВЗК (рис. 4.32), форма которой соответствует профилю листов. Специальные камеры разработаны и для листов другой формы. ВЗК такого типа обычно крепят на траверсе, навешиваемой на крюк крана или присоединенной к рабочему органу машины.

4.3.4. ВАКУУМНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ КАМЕРЫ

Когда краном необходимо производить перегрузку и транспортирование как магнитных, так и немагнитных материалов, применяют ВЗК с элементами для вакуумного и магнитного притяжения груза. В этом случае не требуется переоборудования подъемного крана тем или другим ГУ при замене одного груза на другой.

В конструкции мостового перегружателя, установленного на одном из заводов, применены вакуумные электромагнитные захватные устройства грузоподъемностью 250 кг, которые могут захватывать и удерживать груз как вакуумным, так и электромагнитным притяжением. Устройство (рис. 4.33) состоит из корпуса 1, в который вставлена катушка 2, питаемая напряжением 24 В. Резиновое уплотнение 3 зажато между корпусом и фланцем 4 при помощи винтов. Для обеспечения работы ГУ как вакуумного, полость камеры соединяется с вакуумной системой через штуцер, приваренный к корпусу. Для работы ГУ как подъемного электромагнита на катушку подается ток электрокабелем, место ввода которого в корпус ГУ загерметизировано.

На рис. 4.34 изображено аналогичное ГУ несколько иной конструкции. Оно состоит из закрытых кожухом 2 электромагнита 3 с катушкой 4 и окружающей его вакуумной присосной головки с уплотнением 1, выполненным из упругого

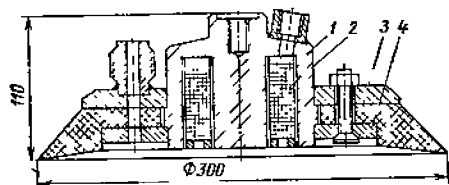
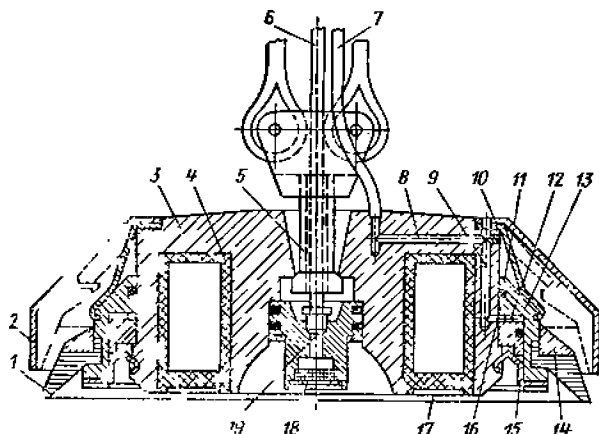


Рис. 4.33. Вакуумное электромагнитное ГУ

Рис. 4.34. Вакуумное электромагнитное ГУ с подвижной уплотнительной частью



эластичного материала. Электромагнит с катушкой свободно установлен на сферической части подвески 5 и может вдоль ее перемещаться при установке на поднимаемый груз. Уплотнение зажимается кольцами 14 и 11 и может скользить по магниту. ВЗК 17 присосной головки через фильтр 18, канал 19 и подвижную трубку 6 может соединяться с вакуумным насосом. Между кольцом 11 и магнитом имеется кольцевая камера 13, ограниченная по высоте штифтом 12 и соединяющаяся через каналы 9 и 8 и шланг 7 с вакуумным насосом.

При создании вакуума в кольцевой камере 13 присосная головка, состоящая из уплотнения 1 и колец 14 и 11, устанавливается в рабочее положение. Когда в кольцевой камере 13 создается повышенное давление воздуха, присосная головка поднимается вверх и удерживается в этом положении (показанном штриховой линией), чтобы для подъема груза мог быть использован магнит.

Для герметизации применены гибкие кольцевые шиты 10, 15 и 16.

4.3.5. ТИПАЖ ВАКУУМНЫХ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ КАМЕР

Для обеспечения серийного производства вакуумных ГУ в первую очередь требуется типизировать и унифицировать ВЗК, являющиеся наиболее ответственными элементами этих устройств и определяющих их грузоподъемность.

Типовой унифицированный размерный ряд ВЗК включает восемь типов камер грузоподъемностью 0,1—2 т (табл. 4.14) [5]. Размерный ряд по грузоподъемности учитывает возможность выполнять вакуумные ГУ грузоподъемностью в соответствии с ГОСТ 1575—75 путем установки на них необходимого количества в размерных ВЗК.

Типажом на ВЗК регламентированы следующие технические показатели и параметры:

транспортируемые изделия третьей, четвертой и пятой категории шероховатости;

уплотнения ВЗК выполнены из эластичной губчатой мелкопористой или мягкой вулканизированной резины;

коэффициент запаса по грузоподъемности равен двум.

Геометрическая форма камер в плане принята трех видов: круглая (К), прямоугольная (П₁) и квадратная (П₂) (рис. 4.35). Круглая форма ВЗК является наиболее предпочтительной из-за технологичности изготовления и симметричности распределения нагрузок на транспортируемое изделие. Недостатком уплотнения ВЗК круглой формы являются большие отходы материала уплотнения при изготовлении его из листового материала.

ВЗК прямоугольной и квадратной формы применяют тогда, когда уплотнения изготавливают из листового материала. В этом случае упрощается технология изготовления уплотнителя и почти отсутствуют потери материала. ВЗК

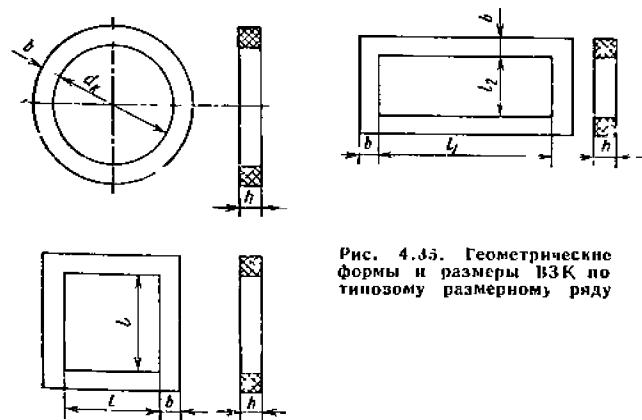


Рис. 4.35. Геометрические формы и размеры ВЗК по типовому размерному ряду

4.14. Параметры ВЗК

| Параметр (см. рис. 4.35) | Исполнение | | | |
|---|------------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Грузоподъемность (т) при положении: | | | | |
| горизонтальном | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,5 |
| вертикальном | 0,063 | 0,125 | 0,2 | 0,32 |
| Эффективная площадь S_0 по внутреннему контуру уплотнения камеры, см ² | 500 | 1000 | 1600 | 2500 |
| Диаметр d_K по внутреннему контуру уплотнения, мм | 250 | 350 | 450 | 550 |
| Размер $l_1 \times l_2$ уплотнения в плане [тип П ₁ , рис. 4.35, б], см | 20×25 | 40×25 | 55×30 | 40×60 |
| Размер $l \times l$ уплотнения в плане [тип П ₂ , рис. 4.35, в], см | 23×23 | 32×32 | 40×40 | 50×50 |
| Ширина уплотнения b , мм | 10 ... 15 | 15 ... 20 | 15 ... 20 | 20 ... 30 |
| Толщина уплотнения h , мм | 10 ... 20 | 10 ... 20 | 10 ... 20 | 20 ... 30 |

| Параметр (см. рис. 4.35) | Исполнение | | | |
|---|------------|-----------|-----------|-----------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Грузоподъемность (т) при положении: | | | | |
| горизонтальном | 0,63 | 1,0 | 1,6 | 2 |
| вертикальном | 0,4 | 0,63 | 1,1 | 1,2 |
| Эффективная площадь S_0 по внутреннему контуру уплотнения камеры, см ² | 3100 | 5000 | 8000 | 10 000 |
| Диаметр d_K по внутреннему контуру уплотнения, мм | 650 | 800 | 1000 | 1100 |
| Размер $l_1 \times l_2$ уплотнения в плане [тип П ₁ , рис. 4.35, б], см | 45×70 | 55×90 | 80×100 | 80×125 |
| Размер $l \times l$ уплотнения в плане [тип П ₂ , рис. 4.35, в], см | 55×55 | 70×70 | 90×90 | 100×100 |
| Ширина уплотнения b , мм | 20 ... 30 | 20 ... 30 | 20 ... 30 | 20 ... 30 |
| Толщина уплотнения h , мм | 20 ... 30 | 20 ... 30 | 20 ... 30 | 20 ... 30 |

Примечание. Ширина b и толщина h приведены для уплотнений прямоугольного сечения, для уплотнений фасонного сечения значения b и h принимаются конструктивно, но не менее заданного значения для уплотнений прямоугольной формы.

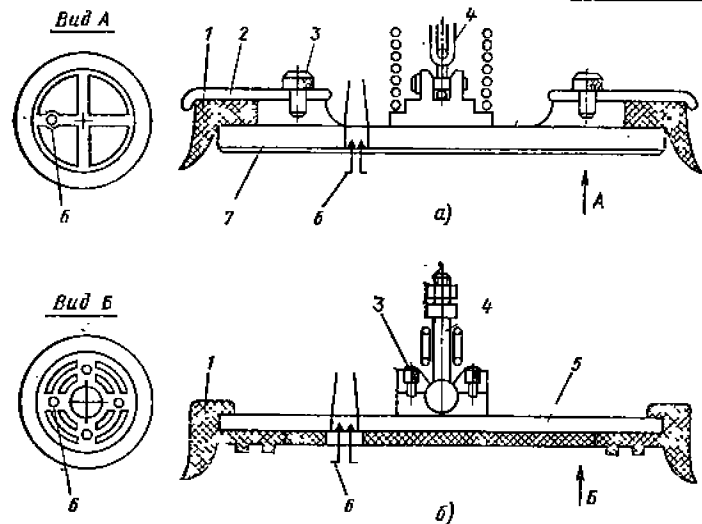


Рис. 4.36. Вакуумные стандартные захватные камеры фирмы Гайо:
 а — типа L; б — типа С; 1 — уплотнение; 2 — крепежная скоба; 3 — фиксирующий болт; 4 — упругая подвеска; 5 — корпус; 6 — впускное отверстие; 7 — неопределенный лист

4.15. Параметры ВЗК (ГДР) (см. рис. 4.23. и)

| Параметр | Положение ВЗК | | | | | |
|---|----------------|------|------|------|------|-----|
| | горизонтальное | | | | | |
| Расчетный диаметр (длина × ширина), мм | 230 | 370 | 470 | 550 | 160 | 775 |
| Длина прижимного контура в мм | 650 | 1025 | 1300 | 1500 | 1500 | |
| Ширина прижимного контура, в мм | 16 | 16 | 30 | 16 | 30 | 30 |
| Грузоподъемность ВЗК при высоте над уровнем моря 0 ... 300 м и вакууме 74 кПа | 135 | 390 | 330 | 660 | 580 | 200 |

| Параметр | Положение ВЗК | | | | | |
|---|----------------|--------------|------|------|------|-----|
| | горизонтальное | вертикальное | | | | |
| Расчетный диаметр (длина × ширина), мм | 370 × 700 | 230 | 370 | 470 | 550 | |
| Длина прижимного контура в мм | 1300 | 650 | 1025 | 1300 | 1500 | |
| Ширина прижимного контура, в мм | 30 | 16 | 16 | 30 | 16 | 30 |
| Грузоподъемность ВЗК при высоте над уровнем моря 0 ... 300 м и вакууме 74 кПа | 685 | 65 | 195 | 165 | 330 | 290 |

4.16. Грузоподъемность (кг) ГУ с ВЗК круглой формы фирмы Гайо (см. рис. 4.36)

| Расчетный диаметр, мм | Число камер на трассе | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| | при положении | | | | | | | | | |
| | горизонтальном | вертикальном | горизонтальном | вертикальном | горизонтальном | вертикальном | горизонтальном | вертикальном | горизонтальном | вертикальном |
| 50 | 8 | 4 | 16 | 8 | 24 | 12 | 32 | 16 | 40 | 20 |
| 100 | 30 | 18 | 60 | 36 | 90 | 54 | 120 | 72 | 150 | 90 |
| 150 | 70 | 42 | 140 | 84 | 216 | 126 | 288 | 168 | 350 | 210 |
| 200 | 130 | 85 | 260 | 170 | 390 | 255 | 520 | 340 | 650 | 425 |
| 300 | 310 | 190 | 620 | 380 | 930 | 570 | 1240 | 760 | 1550 | 950 |
| 400 | 550 | 335 | 1100 | 670 | 1650 | 1005 | 2200 | 1340 | 2750 | 1675 |
| 500 | 750 | 450 | 1500 | 900 | 2250 | 1350 | 3000 | 1800 | 3750 | 2250 |
| 600 | 1200 | 600 | 2400 | 1200 | 3600 | 1800 | 4800 | 2400 | 6000 | 3600 |

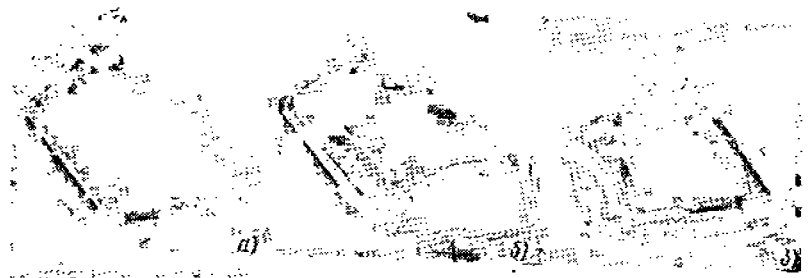


Рис. 4.37. Стандартные ВЗК «Аэролифт»: а — плоская со стандартным подвесным ушком; б — выгнутой формы; в — с рычажной подвеской; г — с подвеской на четырех цепях

прямоугольной формы предназначена для применения при транспортировании длинномерных изделий с небольшими размерами по ширине.

Зарубежные фирмы изготавливают вакуумные ГУ обычно на базе типовых унифицированных ВЗК (табл. 4.15).

Японская фирма Тайо изготавливает вакуумные захватные траверсы для транспортирования различных длинномерных и коробчатой формы изделий из металла, пластмасс, стекла и других материалов массой до 15 т. Траверсы оборудуют стандартными круглой формы ВЗК грузоподъемностью 8...1200 кг (рис. 4.36) (табл. 4.16). Уплотнение ВЗК фасонной формы выполняют из эластичного и легкого материала типа неопрена.

На вакуумных ГУ «Аэролифт» (Нидерланды) устанавливают стандартные ВЗК (табл. 4.17) удлиненной формы, квадратные составные и выгнутой формы (рис. 4.37). Крепление ВЗК к траверсам выполняется жестким шарнирным или гибкой подвеской на цепях и кабелях.

ВЗК «Ваку-лифт» (ФРГ) в конструктивном исполнении аналогичны камерам ГУ «Аэролифт» (табл. 4.18).

4.17. Грузоподъемность (кг) ВЗК ГУ «Аэролифт»

| Размеры в плане, мм | Положение | | Размеры в плане, мм | Положение | |
|---|----------------|--------------|-------------------------|----------------|--------------|
| | горизонтальное | вертикальное | | горизонтальное | вертикальное |
| Плоские камеры в стандартном исполнении | | | Камеры дугового профиля | | |
| 450×450 | 500 | 310 | 200×200 | 90 | — |
| 750×300 | 500 | 310 | 250×250 | 150 | 90 |
| 600×600 | 1000 | 625 | 300×200 | 150 | 90 |
| 700×700 | 1000 | 625 | 300×300 | 250 | 155 |
| 750×500 | 1500 | 930 | 400×250 | 250 | 155 |
| 1100×500 | 1500 | 930 | 500×300 | 450 | 280 |
| 800×800 | 2000 | 1250 | 600×300 | 500 | 310 |
| 1100×600 | 2500 | 1560 | 550×550 | 1000 | 625 |
| 900×900 | 2500 | 1560 | 800×400 | 1000 | 625 |
| 1350×600 | 2500 | 1560 | | | |

4.18. Грузоподъемность ВЗК «Ваку-лифт»

| Грузоподъемность, кг | Размеры в плане (мм) для камер | | Грузоподъемность, кг | Размеры в плане (мм) для камер | |
|----------------------|--------------------------------|------------|----------------------|--------------------------------|------------|
| | прямоугольных | квадратных | | прямоугольных | квадратных |
| 500 | 600×350 | 450×450 | 1500 | 1400×400 | 700×700 |
| 1000 | 950×400 | 600×600 | 2000 | 1100×600 | 800×800 |
| 1250 | 1000×450 | 650×650 | 2500 | 1250×650 | 900×900 |

4.3.8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗОВОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ВАКУУМНОЙ ГРУЗОЗАХВАТНОЙ КАМЕРЫ

При разрежении воздуха в ВЗК, установленного на поверхность груза, создается разность давления по сравнению с атмосферным по всей площади, ограниченной стенками герметизирующего уплотнения. При этом возникает сила притяжения между грузом и ВЗК (рис. 4.38).

$$P = S_d (p_a - p_b),$$

где S_d — эффективная площадь ВЗК (площадь камеры, ограниченная ее внутренним контуром с учетом деформации после вакуумирования), м²; p_a — атмосферное давление, Па; p_b — предельное давление внутри ВЗК, Па.

Состояние воздуха в вакуумном захвате характеризуется в основном вязкостным режимом течения газа, при котором он приближается к состоянию, описываемому обычными законами газовой динамики.

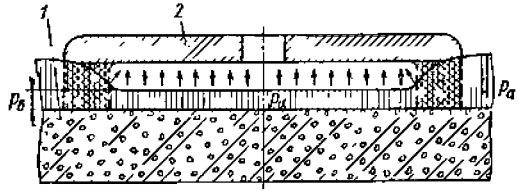
Под вакуумом или разрежением воздуха в замкнутом сосуде понимается разность между барометрическим давлением p_d и давлением внутри сосуда (ВЗК) p_b , т. е. $p_a - p_b = p_v$. Атмосферное давление p_a не является величиной постоянной и может изменяться в короткие промежутки времени, например в зависимости от высоты нахождения ГУ над уровнем моря. Для практических расчетов достаточно учитывать минимальное давление. Наименьшее давление в средней полосе Европейской части СССР составляет 93 кПа. Для практических расчетов можно принять $p_a = 90$ кПа.

При использовании вакуумных ГУ в гористой местности, где возможно значительное падение давления, следует определять возможное значение $p_{a\min}$. Для нахождения допустимой грузоподъемности вакуумных захватов, рассчитанных для работы на уровне моря, с учетом высоты местности над уровнем моря и высоты подъема груза можно использовать график, показанный на рис. 4.39.

При выборе расчетного значения давления p_b в ВЗК, необходимо учитывать, что давление воздуха p_a по ее площади распределяется неравномерно и имеет наибольшее значение по периферии уплотнительного борта (см. рис. 4.38).

Повышение давления воздуха у периферии уплотнения по сравнению с давлением в центральной части ВЗК происходит из-за тока воздуха по микроканалам в месте стыка уплотнения с поверхностью груза. Интенсивность этого потока зависит от конструкции, материала, размеров герметизирующего уплотнения и качества поверхности груза, контактирующей с кромкой уплотнения.

Рис. 4.38. Эпюра распределения давления воздуха в вакуумной захватной камере; 1 — поднимаемый груз; 2 — вакуумная захватная камера



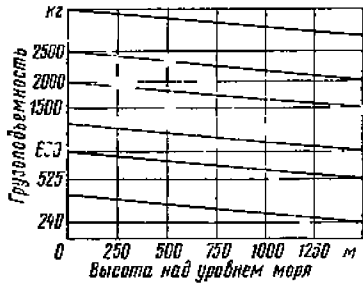


Рис. 4.39. Изменение грузоподъемности вакуумного ГУ с учетом высоты подъема груза над уровнем моря

Так как сила вакуумного притяжения определяется произведением вакуума в ВЗК на ее площадь, ограниченную внутренним контуром уплотнения, из-за создаваемого разрежения воздуха в стыке уплотнения с поверхностью груза истинное значение силы будет несколько больше расчетного. Это увеличение силы притяжения ВЗК можно учесть коэффициентом $K_{\Pi} = 1,1 \dots 1,05$. Наибольшее значение K_{Π} относится к ВЗК с относительно малой рабочей площадью ($0,05 \dots 0,1 \text{ м}^2$), меньшее — к ВЗК, имеющим рабочую площадь более $0,1 \text{ м}^2$, и еще меньшее — площадью более $0,25 \text{ м}^2$.

С учетом изложенного, сила притяжения ВЗК

$$P = SK_s (p_a K_a - p_b) K_{\Pi}$$

где S — площадь ВЗК без учета деформации, м^2 ; K_a — коэффициент, учитывающий изменение атмосферного давления по сравнению с нормальным; K_{Π} — коэффициент увеличения силы притяжения из-за тока воздуха в месте стыка уплотнения с поверхностью груза; K_s — коэффициент уменьшения площади ВЗК вследствие деформации ее уплотнения.

Для уплотнений из губчатых резин при $S = 0,2 \dots 0,4 \text{ м}^2$ для практических расчетов можно принять $K_s = 0,95 \dots 1$. Наибольшее значение K_s относится к ВЗК большей площади ($S > 0,4 \text{ м}^2$).

Если использование вакуумного ГУ не связано с определенными условиями работы, значения коэффициентов K_s , K_a и K_{Π} принимают для наихудших условий, а их произведение заменяют общим коэффициентом фактической силы вакуумного притяжения

$$K_p = K_s K_a K_{\Pi} \approx 0,8 \dots 0,9$$

Тогда с некоторым допущением можно принять

$$P = SK_p (p_a - p_b)$$

4.3.7. СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ ПРИ ПОДЪЕМЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ГРУЗА ВАКУУМНЫМ ГРУЗОЗАХВАТНЫМ УСТРОЙСТВОМ

В процессе захвата, подъема и перемещения груза грузоподъемность вакуумного ГУ не остается постоянной и зависит от соотношения сил P , удерживающих груз, N , стремящихся оторвать и T сдвинуть его (рис. 4.40).

Равнодействующую R_0 всех внешних сил (статических от веса груза Q_r , динамических P_d , ветровых P_b и др.) можно разложить на нормальную N и касательную T составляющие. Положение ее зависит от характера перемещения ГУ с грузом.

Наиболее типичными являются следующие случаи отрыва груза от основания, подъема и транспортирования.

1. Подъем груза в вертикальном направлении, когда направление силы тяжести груза совпадает с направлением силы притяжения его к ГУ (рис. 4.40, а) При этом

$$N = Q_r + P_d + P_b; T = 0$$

2. Перемещение поднятого груза в горизонтальном направлении, когда направление силы тяжести груза совпадает с направлением силы притяжения его к ГУ. Тогда

$$N = Q_r; T = P_d + P_b = T'_T$$

где T'_T — сила трения между грузом и ГУ.

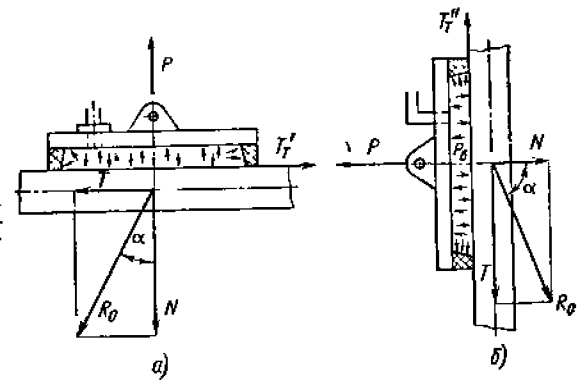


Рис. 4.40. Силы, действующие при подъеме и транспортировании груза: а — при контакте ГУ с грузом в горизонтальной плоскости; б — то же, в вертикальной плоскости

3. Подъем груза в вертикальном направлении (при боковом захвате), когда сила тяжести груза направлена под прямым углом к силе притяжения груза к ГУ (рис. 4.40, б). При этом

$$N = P_b; T = Q_r + P_d + P_b = T'_T$$

где T'_T — сила трения между грузом и ГУ.

4. Перемещение поднятого груза в горизонтальном направлении (при захвате сбоку), когда сила тяжести направлена под прямым углом к силе притяжения груза и захвату.

$$N = P_b + P_d; T = Q_r$$

5. Наклонное положение груза при его перемещении и кантовании, когда сила тяжести груза направлена под углом к силе притяжения груза к ГУ.

В приведенные выше формулы, определяющие значение T'_T , входит параметр f — коэффициент трения между поверхностью груза и контактирующей с ним поверхностью уплотнения вакуумной захватной камеры. Ниже приведены его значения:

| | |
|---|-------------|
| Бетон по губчатой резине | 0,6 ... 0,8 |
| Бетон по вулканизированной мягкой резине | 0,5 ... 0,7 |
| Сталь по губчатой резине | 0,3 ... 0,5 |
| Сталь с поверхностной ржавчиной и окалинной по губчатой резине | 0,5 ... 0,7 |
| Сталь по мягкой резине | 0,3 ... 0,5 |
| Полированные мрамор и гранит по мягкой резине | 0,3 ... 0,5 |
| Синтетические полимерные материалы (стеклопластик и т. п.) по мягкой резине | 0,3 ... 0,5 |
| Стекло, полированный мрамор по губчатой резине | 0,3 ... 0,4 |
| Синтетические полимерные материалы по губчатой резине | 0,4 ... 0,6 |

Примечания. 1. Значения коэффициентов трения получены для сухих поверхностей. При поверхностях, смоченных водой, коэффициент трения уменьшится примерно вдвое.

2. Поверхность груза (если нет оговорок) подразумевается гладкой, плотной.
3. Нижние пределы коэффициента трения относятся к давлению на контактирующих поверхностях 3 МПа и более; верхние — пределы — к меньшему давлению. Влияет также степень шероховатости.

Для надежного удержания груза вакуумным ГУ необходимо, чтобы составляющие удерживающих сил были больше соответствующих составляющих сил отрыва, т. е.

$$P > N \text{ или } P = K_N N,$$

$$T'_T > T \text{ и } T'_T > T \text{ или } T'_T = K_T T,$$

где K_N и K_T — коэффициенты надежности работы ГУ.

Для нормальной работы вакуумного ГУ необходимо, чтобы разница между силой P (притяжения груза) и N (нормальной составляющей силы отрыва) была

4.19. Необходимое давление q_{\min} (МПа) на герметизирующей контактной площадке уплотнения вакуумного ГУ

| Поверхность груза | Герметизирующий материал | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------|--------------|
| | Губчатая резина ГУ-109Р П11 | Губчатая резина РПГУ-1192 | Резиновая смесь 1432А | Резина ГОСТ 7338-7 | Резина 7889 |
| Стальной прокат: чистый | 0,05 ... 0,10 | 0,06 ... 0,12 | 0,10 ... 0,20 | 0,15 ... 0,25 | 0,30 ... 0,4 |
| с окладной Асбестоцемент | 0,10 ... 0,12 | 0,10 ... 0,14 | 0,15 ... 0,28 | — | — |
| Бетон с поверхностью: гладкой | 0,04 ... 0,09 | 0,05 ... 0,11 | 0,08 ... 0,15 | 0,12 ... 0,20 | — |
| грубой | 0,08 ... 0,12 | 0,10 ... 0,14 | 0,20 ... 0,30 | 0,30 ... 0,40 | 0,50 ... 0,6 |
| Полированный мрамор и гранит | 0,15 ... 0,20 | 0,18 ... 0,35 | — | — | — |
| Неполированный мрамор | 0,04 ... 0,06 | 0,05 ... 0,07 | 0,07 ... 0,10 | 0,09 ... 0,12 | — |
| Витринное стекло | 0,08 ... 0,11 | 0,11 ... 0,13 | 0,20 ... 0,30 | 0,30 ... 0,40 | 0,50 ... 0,6 |
| Текстолит | 0,04 ... 0,05 | 0,05 ... 0,06 | 0,06 ... 0,09 | 0,08 ... 0,11 | — |
| Оргстекло | 0,04 ... 0,06 | 0,05 ... 0,06 | 0,06 ... 0,09 | — | 0,30 ... 0,4 |
| Слоистый пластик | 0,04 ... 0,05 | 0,05 ... 0,06 | 0,07 ... 0,10 | 0,08 ... 0,11 | — |
| | 0,04 ... 0,06 | 0,05 ... 0,06 | 0,06 ... 0,08 | 0,08 ... 0,09 | — |

достаточной для создания давления q в контакте уплотнения ВЗК и поверхности груза, обеспечивающего герметизацию камеры:

$$P - N = q_s y_c$$

где y_c — контактная площадь уплотнения.

Необходимое давление на герметизирующей кромке ВЗК при ее контакте с грузом зависит как от материала уплотнения, так и от шероховатости поверхности груза. Предельное значение силы N , при которой сохраняется достаточное для герметизации давление q_{\min} в контакте уплотнения ВЗК и поверхности груза при известной силе вакуумного притяжения, можно определить из условия:

$$N = P = q_{\min} y_c$$

Экспериментальные значения q_{\min} для некоторых видов уплотнения приведены в табл. 4.19.

Для получения надежной герметизации поверхности груза по плоскости уплотнения, последнее должно подвергаться деформации сжатия на определенную величину, которая зависит в основном от материала уплотнения и шероховатости поверхности груза.

Предельно допустимое значение силы N отрыва груза зависит не только от площади ВЗК и разрежения воздуха p_0 , но и от давления уплотнителя на площадке контакта q_{\min} . Зависимость между этими значениями и силой притяжения вакуумного ГУ P имеет вид

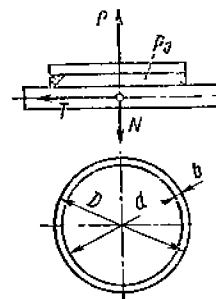
$$P = S p_0; N = \xi P = P - q_{\min} y_c$$

где $y_c = k_1 S$ — площадь контакта уплотнителя с грузом; ξ — коэффициент снижения грузоподъемности вакуумного ГУ.

Следовательно:

$$\xi = \frac{N}{P} = \frac{P - q_{\min} y_c}{P} = \frac{S p_0 - q_{\min} k_1 S}{S p_0} = 1 - k_1 \frac{q_{\min}}{p_0}$$

Рис. 4.41. Расчетная схема вакуумного ГУ для определения снижения его грузоподъемности



Так как (рис. 4.41)

$$S_y = \pi (D^2 - d^2)/4 \text{ и } S = \pi d^2/4,$$

то по ширине уплотнения b

$$k_1 = \frac{S_y}{S} = \frac{\pi b (d + b)}{\pi d^2 / 4} = 4 \frac{b (d + b)}{d^2}$$

Тогда

$$\xi = 1 - 4 \left(\frac{b}{d} + \frac{b^2}{d^2} \right) \frac{q_{\min}}{p_0}$$

Значение коэффициента ξ снижения грузоподъемности вакуумного ГУ можно определить при известных q_{\min} , p_0 , d и b , которые изменяются в больших пределах. При наилучших условиях $\xi \approx 1$.

При определении ξ по вышеприведенной формуле для ВЗК круглой формы можно воспользоваться номограммой (рис. 4.42). На рис. 4.42 показан пример определения значения ξ при следующих данных: $d = 40$ см; $b = 1$ см; $p_0 = 50$ кПа; $q_{\min} = 0,1$ МПа; $\xi = 0,78$.

Зависимость фактического давления q на площадке контакта ВЗК с грузом от разрежения воздуха в ней представлено на рис. 4.43, а зависимость коэффициента ξ от q_{\min} при различных диаметрах камер d — на рис. 4.44. При этом имеется в виду, что теоретическая грузоподъемность ГУ является функцией его диаметра. Зависимости q и ξ от диаметра вакуумных захватных камер наглядно показывают преимущество камер большей рабочей площади. Значение ξ в нормальных условиях и при площадях вакуумных камер $S > 0,5$ м² может приближаться к единице.

Изложенные соображения подтверждаются экспериментальными данными.

Работоспособность вакуумных ГУ в ряде случаев (при несбалансированном захвате груза, грузах большой толщины) надо проверять на уравновешивание моментов действующих внешних сил и сил вакуумного притяжения груза.

Для крановых вакуумных ГУ наибольшие нагрузки на захватах возникают при подъеме груза и вертикальном его транспортировании.

В зависимости от соотношения величин N и T/f фактические значения коэффициентов запаса (надежности) K_N и K_T неодинаковы и колеблются в больших пределах.

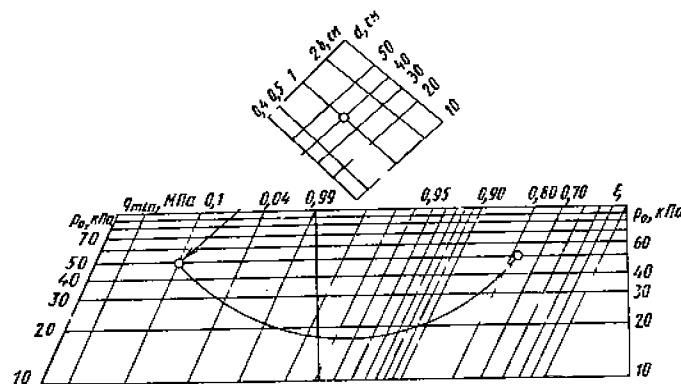


Рис. 4.42. Номограмма для определения значения коэффициента ξ для ВЗК круглой формы

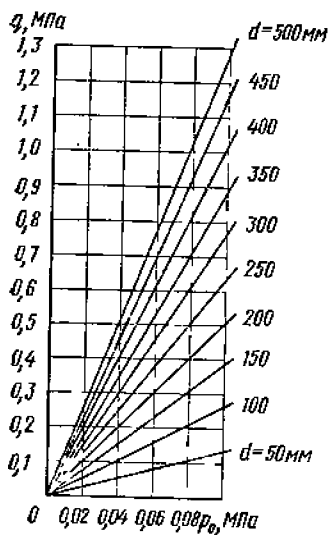
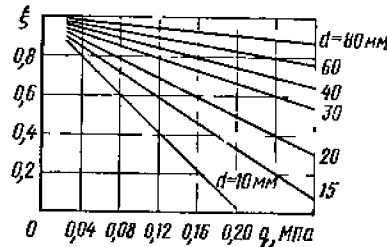


Рис. 4.43. Зависимость фактического давления q на площади контакта ВЗК с грузом от разрежения воздуха в ней Δp при различных диаметрах камер

Рис. 4.44. Зависимость коэффициента ξ снижения грузоподъемности ВЗК от давления q при ширине уплотнения $b = 10$ мм и разрежении воздуха $p_n = 0,09$ МПа



Расчеты по определению фактических коэффициентов запаса K_N и K_T показывают, что между ними существует зависимость:

$$K_T = fN \frac{K_V \xi - 1}{T}; \quad K_N = \xi \left(\frac{K_T T}{fN} + 1 \right).$$

Условия одинаковой надежности по силам отрыва и сдвига груза от захвата будут соблюдены при равенстве

$$NK_N/\xi = N + K_T T/f \quad \text{или} \quad K_N/\xi = 1 + K_T T/(fN).$$

При заданном минимальном значении K_N и K_T необходимая сила вакуумного притяжения при $K_N/\xi \geq 1 + K_T T/(fN)$

$$P = NK_N/\xi,$$

при $K_N/\xi < 1 + K_T T/(fN)$

$$P = N + TK_T/f.$$

Для вакуумного ГУ, не связанного с определенными условиями применения, с некоторым допущением в сторону увеличения, можно пользоваться формулой

$$P = NK_N/\xi + TK_T/f.$$

В этом случае фактические значения коэффициентов запаса

$$K_N = P\xi/N; \quad K_T = (P - N)/T.$$

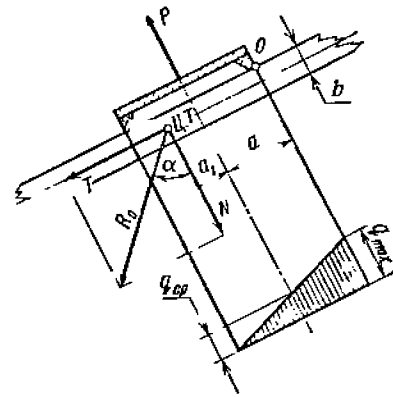
Из условия одинаковой надежности по силам отрыва и сдвига груза, т. е. $K_N = K_T = K$

$$P = (N/\xi + T/f) K.$$

Из вышеуказанных соображений и для гарантированной надежности работы вакуумного ГУ в нормальных условиях можно принять коэффициенты запаса $K_N = 2$ по отношению к силе отрыва груза и $K_T = 2$ по отношению к силе сдвига груза.

Для безопасной работы вакуумного ГУ в зависимости от условий работы и категории ответственности операций значения коэффициентов запаса должны быть соответственно увеличены.

Рис. 4.45. Схема нагружения вакуумного захвата при эксцентричном положении груза



Габаритные размеры ВЗК определяют из следующих соображений. Если в одном вакуумном ГУ используют m ВЗК, а площадь каждой камеры S_0 , то учитывают общее усилие, создаваемое ими. Тогда

$$S_0 m (p_a - p_b) K_p = NK/\xi + TK/f = (N/\xi + T/f) K,$$

откуда

$$p_a - p_b = \frac{N/\xi + T/f}{S_0 m} \frac{K}{K_p}$$

или

$$S_0 = \frac{N/\xi + T/f}{(p_a - p_b) m} \frac{K}{K_p}.$$

Эти равенства могут служить исходными данными для определения размеров уплотнения ВЗК, если известно их число, или число камер, если известен их размер.

В ряде случаев, особенно при подъеме грузов несимметричной формы, центр действия вакуумного ГУ может быть смещен относительно центра тяжести груза (рис. 4.45).

Снижение грузоподъемности ГУ (при эксцентричном положении груза) [4]

$$\epsilon = 1 + \left[\frac{(Na_1 + Tb)}{N + T/f} \right] \frac{2}{a}.$$

При действии на ГУ только силы N или T , коэффициенты увеличения площади захвата соответственно будут равны:

$$\epsilon_N = 1 + 2a_1/a; \quad \epsilon_T = 1 + \frac{2Tb/a}{T/f} = 1 + 2f \frac{b}{a}.$$

При эксцентричном положении груза требуется значительное увеличение площади ВЗК, а подъем вакуумным ГУ изделий с нечетко выраженным положением центра тяжести нецелесообразен.

Применение ГУ с несколькими ВЗК, расположенными симметрично относительно продольной и поперечной оси устройства, может значительно снизить влияние эксцентричного захвата на грузоподъемность и обеспечить более равномерное распределение давлений по периметру уплотнения камер.

В ряде случаев придание ВЗК удлиненной формы, например, в виде эллипса, также снижает влияние эксцентричного захвата на грузоподъемность ГУ, если его большая полуось расположена в направлении наибольшего смещения.

Пример. Определить основные параметры вакуумной автономной грузозахватной траверсы для транспортирования грузов при верхнем их захвате краном. Траверса должна иметь универсальное применение при транспортировании различных в основном относительно воздухо-непроницаемых грузов массой до 1000 кг (вес = 10 кН) (бетонных изделий, металла, пластмассы и др.).

Наибольшая нагрузка на ГУ с учетом динамических воздействий при $K_d = 1.4$

$$N = Q_r K_d = 10 \cdot 1.4 = 14 \text{ кН}.$$

Выбираем камеру круглой формы с уплотнением из микропористой губчатой резины толщиной $h = 15$ мм и шириной $b = 15$ мм. Диаметр по внутреннему контуру уплотнения $d = 420$ мм; $d_{CP} = d + b = 420 + 15 = 435$ мм.

Предельное значение разрежения воздуха в ВЗК принимаем $p_a - p_b = 900$ гПа, где p_b — остаточное давление в камере после ее вакуумирования, равное 100 гПа.

Допустимое падение разрежения воздуха в камерах принимаем $\Delta p = 200$ гПа. Тогда наименьшее допустимое разрежение воздуха в камерах $p_0 = 900 - 200 = 700$ гПа.

Значение коэффициента снижения грузоподъемности вакуумного захвата

$$\xi = 1 - 4 \left(\frac{b}{d} + \frac{b^2}{d^2} \right) \frac{q_{\min}}{\rho_0} = 1 - 4 \left(\frac{1,5}{43,5} + \frac{1,5^2}{43,5^2} \right) \frac{1000}{700} = 0,78.$$

Потребная сила притяжения вакуумного ГУ

$$P = NK/\xi = 14 \cdot 2/0,78 = 36 \text{ кН.}$$

Необходимое количество ВЗК

$$m = \frac{P}{(\pi/4) d^2 (\rho_a - \rho_B) K_p} = \frac{36 \cdot 10^3}{0,785 \cdot 0,42^2 \cdot 700 \cdot 10^3 \cdot 0,9} \approx 4.$$

$K_p = 0,9$ — коэффициент, учитывающий уменьшение силы вакуумного притяжения.

4.4. ВАКУУМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

4.4.1. ВАКУУМНЫЕ НАСОСЫ И ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИХ ВЫБОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВАКУУМА

Основными устройствами, служащими для создания вакуума, являются вакуумные насосы. Для ГУ они должны иметь малые габаритные размеры, небольшую массу и высокую быстроту действия. Насосы должны, создавая вакуум, оставлять давление в системе в пределах 1—15 кПа и быть пригодными для длительной эксплуатации при высоких и низких температурах окружающего воздуха.

Из вакуумных насосов, выпускаемых промышленностью, наиболее применимы для вакуумных ГУ механические насосы низкого и среднего вакуума. Насосы низкого вакуума создают при нулевой скорости действия минимальное давление во всасывающей трубке — 400...100 Па; насосы среднего вакуума — 1,33...0,33 Па.

К низковакуумным относятся поршневые, диафрагменные, ротационные пластинчатые, двухроторные и винтовые насосы, насосы с частичным внутренним сжатием и водокольцевые. К средневакуумным относят пластинчато-роторные, пластинчато-статорные и плунжерные насосы.

Основными параметрами вакуумных насосов являются предельный создаваемый вакуум и быстрота действия. Предельный вакуум — максимальное разрежение, которое можно получить при помощи данного насоса, выпускной патрубок которого уплотнен заглушкой с вакуумметром. Различают предельный вакуум насоса и предельный вакуум вакуумной системы, не имеющей натекания и газоотделения от стенок. Последний зависит не только от параметров насоса, но и вакуумной системы. Предельный вакуум механических насосов составляет 0,133...3500 Па.

Максимальный вакуум — предельно большое давление в выпускном патрубке насоса, при котором он нормально работает или при котором насос еще может осуществлять разрежение. У механических насосов максимальное выпускное давление несколько выше атмосферного.

Быстрота действия (л/с) насоса измеряется объемом V воздуха, удаляемого из замкнутой емкости в единицу времени,

$$S_H = (dV/dt) p_H,$$

где p_H — давление на входе у выпускного патрубка в рассматриваемый момент времени.

Так как давление воздуха p_H в процессе откачки постепенно понижается, то количество его, откачиваемое насосом, прямо пропорционально S_H . Быстрота действия остается величиной постоянной только в определенном диапазоне давления. С понижением его ниже некоторого значения начинает заметно сказываться сопротивление выпускного патрубка, что постепенно снижает быстроту действия насоса.

4.20. Техническая характеристика механических вакуумных насосов

| Параметр | ВН-49А | ВН-46М ВН-0,8Г | ВН-2МГ | РВН-20 | НВР-0,5Д | НВР-3Д | НВР-5Д | НВМ-1-2 | ВНК-1 | ВН-1-1 | ВН-3-1 |
|--|--------|-------------------|--------|--------|----------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|
| Быстрота действия, л/с | 0,21 | 0,78 | 5,8 | 2,6 | 0,5 | 3 | 5 | 1 | 1,1 | 1 | 3 |
| Остаточное давление, Па | 0,13 | 0,13 | 0,4 | 0,65 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 1,33 | 7 | 7 |
| Частота вращения ротора (барабана), об/мин | 360 | 540 | 525 | 450 | 1400 | 1390 | 1400 | 1410 | 1400 | 450 | 450 |
| Количество масла, заливаемого в насос, л | 1,5 | 1,5 | 2 | 0,5 | 1,2 | 4,2 | 5,3 | 0,5 | 0,85 | 1,2 | 2 |
| Мощность электродвигателя, кВт | 0,6 | 0,6 | 1,6 | 0,6 | 0,22 | 0,8 | 1,1 | 0,33 | 0,27 | 0,27 | 0,4 |
| Габаритные размеры, мм | | | | | | | | | | | |
| длина | 437 | 530 | 822 | 613 | 380 | 545 | 568 | 405 | 385 | 450 | 482 |
| ширина | 300 | 300 | 486 | 320 | 278 | 433 | 447 | 132 | 185 | 269 | 247 |
| высота | 325 | 415 | 575 | 430 | 255 | 347 | 420 | 250 | 290 | 335 | 359 |
| Масса насоса с приводом, кг | 34 | 45 | 187 | 110 | 26,5 | 67,5 | 75 | 18 | 18,5 | 26 | 37,5 |

Примечание. Охлаждение воздушное

При известном начальном давлении p_1 , равном атмосферному, и конечном p_2 откачиваемого объема, необходимая быстрота действия вакуумного насоса

$$S_H = 2,3 \frac{V_c}{t} \lg \frac{p_1}{p_2},$$

где V_c — объем системы, л; t — время разрежения от начального давления до конечного, с.

Быстрота действия насоса может быть найдена экспериментально. При этом разрежаемый объект необходимо присоединять непосредственно к выпускному патрубку насоса при условии отсутствия натекания и газовой выделений в разрежаемом объекте.

Зная быстроту действия насоса, которая указывается в его паспорте, можно ориентировочно определить расчетное время захвата груза. Наличие вакуумного ресивера уменьшает его.

Из серийно выпускаемых промышленностью вакуумных насосов наиболее применимы для ГУ вращательные насосы с масляным уплотнением (табл. 4.20).

Механические вакуумные насосы с масляным уплотнением могут быть пластинчато-роторными, пластинчато-статорными, и плунжерными. Вопросы их устройства и эксплуатации широко освещены в литературе [6, 9, 10]. Зависимость быстроты действия от давления для некоторых типов насосов показана на рис. 4.46.

За рубежом различные фирмы выпускают малогабаритные вакуумные насосы, специально предназначенные для ГУ. Так, например, фирма Машинен-Фабрик Альберсфеллер (ФРГ), специализировавшаяся на вакуумных ГУ типа «Факуфикс», применяет механические ротационные насосы унифицированной серии семи типов быстротой действия 16...400 м³/ч и массой соответственно 24...325 кг. Вакуумные насосы снабжают ресивером, пылезадерживающим фильтром, маслоотделителем и необходимой контрольно-предохранительной арматурой.

В ГДР созданы малогабаритные вакуумные масляные вращательные насосы НВ8 и НВ15 с обратными клапанами на всасывающих патрубках, которые при применении специальных масел могут работать в длительном режиме при низких температурах (до -20 °С).

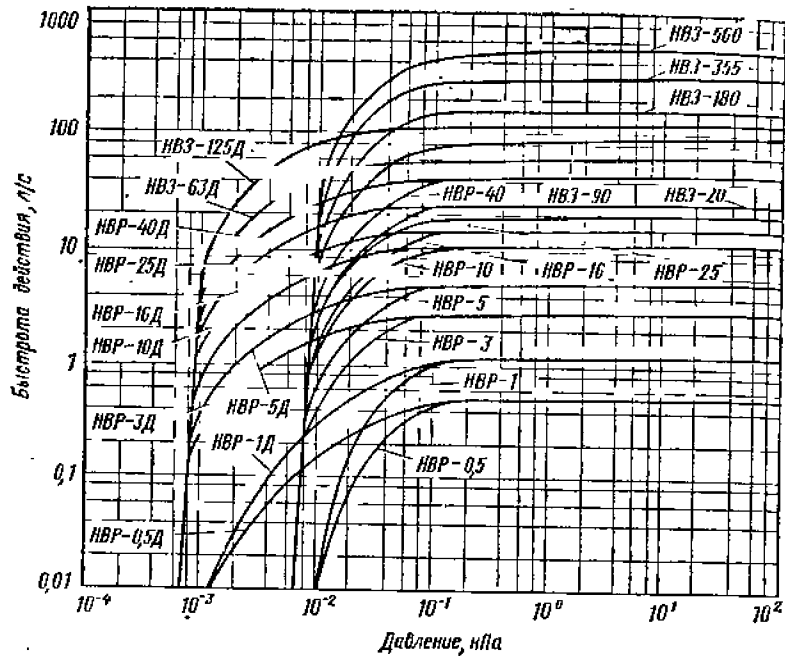


Рис. 4.46. Зависимость скорости действия различных вакуумных вращательных насосов от давления

В некоторых случаях при устройстве стационарных вакуумных установок могут быть использованы водокольцевые вакуумные насосы (или ротационные с жидким поршнем). Рабочей средой в них является вода, заполняющая корпус, а при вращении ротора образующая водяное кольцо, которое играет роль поршня, затягивающего воздух внутрь камеры, а затем выталкивающего его через выпускной клапан-патрубок (за счет уменьшения объема). Быстродействие вакуумных насосов достигает 150...170 м³/мин, создаваемый вакуум 95...97%. Водокольцевые вакуумные насосы отличаются простотой устройства, изготовления, ремонта и эксплуатации.

В некоторых случаях целесообразно применять сухие диафрагменные насосы, которые имеют пониженный вакуум. Они могут работать практически при любых температурах и не требуют каких-либо устройств для улавливания масляного тумана. Схема диафрагменного вакуумного насоса показана на рис. 4.47.

При выборе насосов необходимо учитывать следующее.

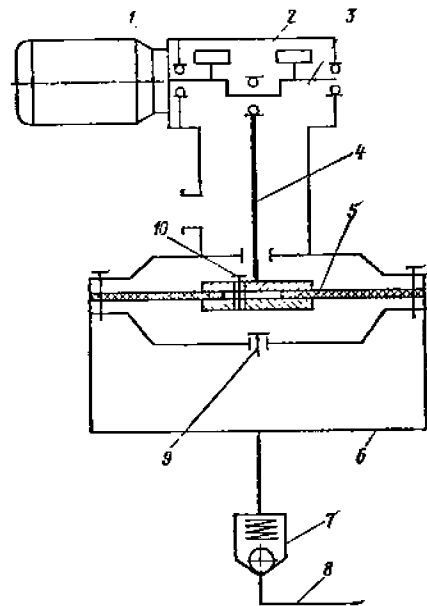
1. Для грузов относительно газонепроницаемых (стекла, металла и др.) рациональным является применение насосов малой мощности с относительно малым остаточным предельным давлением (относительно высоким вакуумом).

2. Для грузов с большой газопроницаемостью экономичным является применение насосов большой мощности и среднего конечного давления, так как в результате меньшего противодействия атмосферного воздуха пористость материала допускает более ограниченный поток воздуха.

При использовании в вакуумной системе пневматического клапана, отрегулированного на требуемое давление, можно применять насосы с низким остаточным предельным давлением для транспортирования любых грузов.

Нормальная работа исправных механических насосов определяется главным образом качеством заливаемого масла. Уровень масла в насосе проверяют через смотровое окошко после нескольких поворотов шкива. Для вращательных насосов всех типов следует применять специальное масло определенной вязкости. Масло недостаточной вязкости не создает хорошего уплотнения и предельного

Рис. 4.47. Диафрагменный вакуумный насос: 1 — двигатель; 2 — корпус насоса; 3 — вал эксцентрика; 4 — шатун; 5 — диафрагма; 6 — ресивер; 7 — обратный клапан; 8 — вакуумный трубопровод; 9 — всасывающий клапан; 10 — нагревательный клапан



разрежения. Очень вязкое масло затрудняет запуск насоса и вызывает его перегрев.

При подсоединении механического насоса должна быть предусмотрена возможность перекрытия соединительных трубопроводов и последующего выпуска в насос атмосферного воздуха. Необходимость в этом вызывается тем, что после остановки насоса заполняющее его масло под действием атмосферного давления вытесняется из насоса и всасывается в вакуумную систему, что может привести к серьезной аварии.

Отделение вакуумной системы от насоса, имеющего значительную быстроту действия, чаще всего производится при помощи вентилей.

В некоторых насосах (например, ВН-461) возможность проникновения масла в вакуумную систему устраняется предохранительной полостью под впускным патрубком. Объем полости достаточен, чтобы вместить все масло, протекающее под действием атмосферного давления из бака, в который погружен насос.

4.4.2. ВАКУУМНЫЕ РЕСИВЕРЫ

Основным назначением ресивера является поддержание в вакуумной системе ГУ вакуума в течение некоторого времени при кратковременном прекращении работы вакуумного насоса или отключения его. Запас вакуума в ресивере выравнивает возникающие при захвате и освобождении груза потери вакуума в ВЗК.

Объем ресивера должен обеспечить удержание груза на захвате при выключении насоса в течение времени, достаточного для опускания груза в безопасное место. Ресиверы объемом 40...80 л у вакуумных ГУ грузоподъемностью 1...2 т позволяют удерживать изделие из бетона при выключенном насосе в течение 20...30 мин.

При заданном времени разрежения всего объема вакуумной системы, включая объем ресивера, ВЗК и соединительных воздухопроводов, необходимый ее объем (л) ориентировочно можно подсчитать по формуле

$$V_c = S_H t / [2,3 \lg (p_1/p_2)],$$

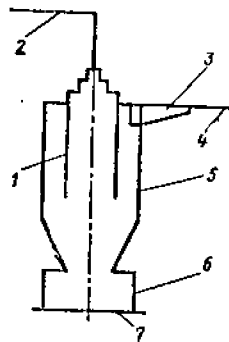
где V_c — суммарный объем вакуумной системы, л; S_H — быстрота действия, л/с; t — время разрежения системы от первоначального давления p_1 до конечного p_2 , с.

Приведенная выше формула не учитывает сопротивлений в воздухопроводе, которыми для практических расчетов можно пренебречь.

При условии предварительного разрежения в ресивере время притяжения груза, которое характеризуется временем создания заданного вакуума в ВЗК, может быть не более 3...5 с, отпуск происходит еще быстрее — в течение 2...3 с.

Для изготовления корпуса ресивера следует применять листовую сталь, хотя возможно применение и других материалов, имеющих плотную структуру, которая обеспечивает их воздухонепроницаемость даже при малых толщинах. При этом стенки вакуумных установок должны обладать прочностью, достаточ-

Рис. 4.48. Схема фильтра-ресивера



4.21. Толщины (мм) стенок и крышек вакуумных ресиверов (материал — листовая сталь 20)

| Диаметр, мм | Стенка | Крышка | |
|-------------|--------|----------|----------|
| | | выпуклая | конусная |
| 200 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| 400 | 2,5 | 3,0 | 2,5 |
| 500 | 3,5 | 3,5 | 3,0 |
| 600 | 4,0 | 4,0 | 3,0 |
| 700 | 4,5 | 4,5 | 3,5 |

ней, чтобы противостоять разнице давлений, которая может достигать 0,1000 МПа. Расчет на прочность вакуумных сосудов камер и других элементов должен производиться в соответствии с требованиями Госгортехнадзора СССР и РТМ 42—62. «Сосуды и аппараты, нормы и методы расчета на прочность узлов и деталей» [6, 10]. Наиболее приемлемой формой ресивера является цилиндр с выпуклыми крышками. В табл. 4.21 и 4.22 приведены толщины стенок цилиндра и крышек, необходимые для получения при их электродуговой сварке должной надежности ресивера [6, 10].

Для транспортирования грузов с грязной и запыленной поверхностью, например, при укладке дорожных бетонных плит разработан ресивер, устройство которого предусматривает очистку воздуха от грязи и пыли, т. е. заменяет специальный фильтр, устанавливаемый на всасывающей линии. Принципиальная схема фильтра-ресивера приведена на рис. 4.48. Он состоит из наружного цилиндрического корпуса 5, внутри которого расположен многоступенчатый циклон 1, соединенный воздухопроводом 2 через обратный клапан с вакуумным насосом.

К корпусу 5 прикреплен тангенциальный патрубок 3, который воздухопроводом 4 через кран управления соединяется с вакуумной захватной камерой. Фильтр-ресивер снабжен пылесборником 6 с крышкой 7.

При остановке вакуумной захватной камеры на запыленную поверхность груза загрязненный воздух отсасывается через тангенциальный патрубок 3 по воздухопроводу 4. В фильтре-ресивере воздух очищается от пыли и через обратный клапан по воздухопроводу 2 попадает в вакуумный насос. После создания необходимого вакуума в фильтре-ресивере последний становится емкостью с запасом вакуума, так как при остановке вакуумного насоса обратный клапан перекрывает в него доступ воздуха.

Собранная в пылесборники пыль периодически удаляется через крышку 7.

4.22. Толщина (мм) стенок вакуумных ресиверов большого объема (материал Ст3)

| Отношение длины ресивера к диаметру | Внутренний диаметр обечайки, мм | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| | 800 | 900 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 |
| 1 | 4 | 5 | 5 | 6 | 8 | 8 | 8 | 10 |
| 2 | 5 | 6 | 6 | 8 | 10 | 10 | 10 | 12 |
| 3 | 6 | 8 | 8 | 8 | 10 | 12 | 12 | 14 |
| 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 12 | 12 | 14 |
| 5 | 8 | 8 | 10 | 8 | 10 | 14 | 14 | 16 |

Надежность и безопасность работы вакуумных ГУ во многом зависит от нормальной работы приборов контроля и управления.

При ручном управлении ВЗК соединяют с вакуумной системой при помощи трехходовых газовых кранов, которые позволяют сообщать камеру с атмосферой, перекрывая ресивер (положение отпуска груза), камеру с ресивером (положение прижима) и ресивер с атмосферой. Для нормальной работы ГУ краны необходимо периодически разбирать, чистить и протирать.

Для дистанционного управления вакуумными ГУ и автономной работы отдельных ВЗК эффективно применяют двух- и трехходовые электромагнитные клапаны (например, типов КЭВТ-1, СВМ и В-500), которые могут соединять ВЗК через вакуум-проводы с ресивером или с атмосферой. Клапаны должны быстро срабатывать при соблюдении герметичности. Внутренние поверхности клапана и движущихся частей следует покрывать специальной смазкой во избежание появления коррозии. Уплотнители должны легко заменяться. Присоединение клапана к трубопроводу следует с помощью плотных разборных соединений.

Во многих случаях ГУ снабжают не одной, а несколькими ВЗК. Для автономной работы ВЗК должны иметь противоподсосные клапаны, автоматически отключающие их от вакуумной системы при захвате или груза или падении вакуума.

Применение клапанов повышает надежность действия всего устройства и рациональное использование мощности насоса.

Для автоматического отключения ВЗК при ее несрабатывании, т. е. в случае, когда в камере по тем или иным причинам не создается необходимого вакуума, можно применять устройство, сочетающее в себе электромагнитный клапан с микропереключателем. Отрегулированный на определенный перепад давления микропереключатель при натекании в камеру атмосферного воздуха больше установленного предела должен отключать ее от остальной системы.

На рис. 4.49 показаны вакуумные электромагнитные и противоподсосные клапаны. Двухходовой электромагнитный клапан (рис. 4.49, а) для управления ВЗК состоит из корпуса 2, закрытого сверху и снизу крышками 1, и пере-

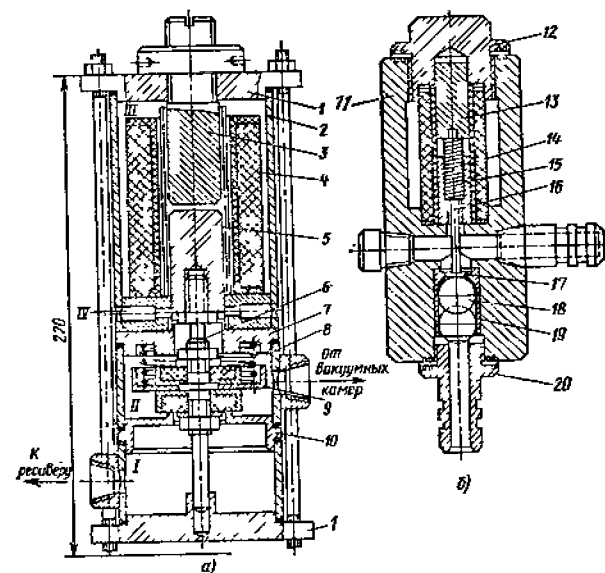


Рис. 4.49. Вакуумные клапаны: а — двухходовой электромагнитный; б — противоподсосный клапан

городок 7 и 10, которые разделяют корпус на полости I, II и III. В полости II расположен клапан 8, шток 6 которого соединен с сердечником 5 электромагнита. Нижняя часть штока сердечника входит в сверление нижней крышки I. В полости III смонтирована катушка 4, внутри которой расположен сердечник 3. Полость III постоянно соединена с атмосферой канала IV, полость I постоянно соединена с ресивером, а полость II — с системой трубопроводов ВЗК. Клапан 8 снабжен пружиной 9; его рабочие поверхности, контактирующие с седлами, выполнены в виде резиновых дисков.

В нерабочем состоянии клапан 8 под действием пружины перекрывает седло перегородки 10, герметизируя полость I; полость III в это время соединена с атмосферой.

При опускании вакуумного захвата на груз включением электромагнита 4 клапан 8 прижимается к седлу перегородки 7, соединяя ВЗК с полостью I, чем достигается разрежение воздуха в камерах. Выключение производится отключением питания электромагнита. Для нормальной работы клапана сердечник 3 регулируется по высоте.

Для автоматического отключения неработающих ВЗК применяют электромагнитные шариковые противоположные клапаны (рис. 4.49, б). В верхней части корпуса II, закрытой крышкой 12, расположены обмотки катушки электромагнита и неподвижный сердечник 14, а также подвижный сердечник 13, снабженный пружиной 15 и толкателем 16, проходящим через сверление сердечника 14. В нижней части корпуса запрессовано седло 17 и втулка 19. В отверстие под седло ввернут штуцер 20, соединенный с полостью ВЗК, внутри втулки 19 расположен шарик 18. В средней части корпуса проходит канал, соединяемый с системой трубопроводов, идущих к электромагнитному клапану.

В нерабочем состоянии шарик 18 свободно лежит на штуцере 20. В момент включения присосок включается питание катушки, сердечник 13 электромагнита перемещается вниз, выдвигая толкатель 16. Поскольку в это же время электромагнитным клапаном полость I (рис. 4.49, а) соединяется с ресивером, в камере создается разрежение. По истечении 3...5 с катушка отключает толкатель 16 (рис. 4.49, б), который под действием пружины 15 поднимается вверх, и шарик 18 получает свободу перемещения.

При отсутствии подсоса воздуха в канале штуцера 20 нет воздушного потока. При заметном подсосе воздуха или полном нарушении герметичности в канале штуцера устанавливается высокая скорость потока воздуха, динамическим напором которого шарик 18 прижимается к седлу 17, отключая ВЗК от вакуумной системы. Шарик клапана металлический, гуммирован резиной.

Нормальная и надежная работа шарикового противоположного клапана зависит от его параметров, таких, как масса шарика, соотношение его диаметра и диаметра воздушного канала и других, которые могут быть определены гидродинамическим расчетом режима работы клапана или практически методом подбора.

Для измерения вакуума в вакуумных системах можно применять металлические стрелочные вакуумметры, которые достаточно прочны и имеют небольшие размеры. Такие приборы присоединяют к элементам вакуумной системы при помощи металлической трубки специальным штуцером.

Пользуясь вакуумметром или манометром при измерении давления разреженного воздуха, необходимо знать, что деление шкалы α показывает не давление воздуха, а только разность между принятым за эталон давлением атмосферного воздуха p_a и давлением воздуха p_b внутри вакуумной установки:

$$p_b = p_a - \alpha.$$

В качестве контрольного прибора в вакуумных системах устанавливают электроконтактный вакуумметр, который соединяется с оптическим или акустическим предупреждающим устройством. Электроконтактный выключатель посредством реле вакуума при достижении нужного вакуума в системе должен выключать электродвигатель насоса, а при повышении давления включать его.

Для предохранения вакуумной системы от попадания вместе с атмосферным воздухом пыли и различных частиц при захвате изделий на линии ВЗК — ресивер необходимо устанавливать фильтр очистки воздуха.

Все приборы контроля и управления должны быть размещены в закрытом пылезащищаемом корпусе для предохранения от повреждения и облегчения ухода.

4.4.4. СОЕДИНЕНИЯ УЗЛОВ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ

Узлы вакуумной системы соединяются при помощи металлических или резиновых вакуумных трубопроводов — стационарных, разъемных и подвижных. Стационарные соединения вакуумных захватов в большинстве случаев сварные металлические.

В зависимости от назначения и конструкции вакуумной системы, а также удобства ее монтажа детали и узлы соединяют между собой и с другими элементами сваркой или пайкой. Для обеспечения вакуумной плотности соединения деталей сваркой необходимо предварительно очистить и обезжирить свариваемые детали и присалочный материал, а сварочный шов накладывать непрерывно и равномерно. Шов должен быть плотным и не иметь шлаковых включений. Для соединения деталей из малоуглеродистых и низколегированных сталей с небольшой толщиной стенок (0,5...2 мм) применяют газовую ацетиленовую сварку, для сварки труб и деталей тех же сталей толщиной стенок 2 мм и более — электродугую сварку.

В отдельных случаях, в основном для соединения тонкостенных элементов конструкции вакуумной системы с толстостенными, применяют вакуумно-герметичную пайку.

Разъемные соединения должны быть герметичными, термически стойкими и механически прочными. Соединение разъемных частей вакуумной системы обычно производят специальной вакуумной резиной. Наиболее широко применяют вакуумную резину марок 7889, 9024, 1015 и ИРП 2044 (табл. 4.23). Резина 7889 (белая, немаслостойкая) изготавливается в виде трубок, шлангов, пластин и шнура. Резиновые трубки (ТУ МХП 1472—54) выпускают с внутренним диаметром 3...30 мм, примерно равным толщине стенок. Они обеспечивают вакуумную плотность соединений, допускают возможность перемещения оборудования и предохраняют элементы системы от вибрации, возникающей при работе механических вакуумных насосов. Стандартные резиновые шланги применяют в вакуумных системах, работающих при любых давлениях при температурах от —30 до +90°С. Шланги надевают обычно на металлические трубы и концы их затягивают хомутами. Концы трубок перед надеванием шлангов покрывают

4.23. Физико-механические свойства резины

| Показатель | Марка резины | | | | |
|---|--------------|------|----------|------|--------|
| | 9024 | 7889 | ИРП-2044 | 1015 | 14Р-23 |
| Предел прочности при растяжении, МПа | 10 | 17 | 3 | 9 | 2,2 |
| Относительное удлинение при разрыве, % | 350 | 550 | 300 | 400 | 120 |
| Остаточное относительное удлинение после разрыва, %, не более | 17 | 20 | 12 | 20 | — |
| Остаточная деформация после сжатия на 45% первоначальной высоты в течение 100 ч при температуре 70°С, %, не более | 15 | 10 | — | — | — |
| Набухание в вазелиновом масле в течение 24 ч при температуре 70°С, % не более | 6 | 90 | — | 4,5 | 88 |
| Морозостойкость, °С, не ниже | —40 | —50 | — | —30 | —70 |
| Термостойкость, °С | 100 | 80 | 150 | 80 | 200 |

специальной вакуумной смазкой (типа «Рамзай») или касторовым маслом. Шланги имеют следующие параметры:

| | | | | | | |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Внутренний диаметр, мм | 3 _{-0,2} | 6 _{-0,3} | 9 _{-0,5} | 12 _{-0,5} | 15 _{-0,5} | 30 ₋₁ |
| Толщина стенки, мм | 3±0,5 | 6±1 | 9±1 | 12±1,5 | 15±2 | 30±3 |

Резиновые пластины (ТУ МХП У251—54) выпускают толщиной 2...30 мм (размеры в плане 0,5 × 0,5 м, а при толщине до 6 мм 0,75 × 1,5 м) и применяют для разборных вакуумных соединений, работающих при любых давлениях при температурах от -30 до +90 °С. Обычно из такой резины изготавливают кольцевые прокладки, используемые во фланцевых и грибковых соединениях вакуумных систем.

Резиновые шнуры (ТУ МХП 213—54) изготавливают диаметром (или по высоте и ширине прямоугольного сечения) 3...90 мм и более. Шнуры, склеенные резиновым клеем, не уступают в герметичности литым прокладкам.

Резина марки 9024 (черная маслястойкая) отличается от белой резины меньшей прочностью на разрыв и значительно большей устойчивостью против набухания от масла. Ее применяют обычно в виде литых колец различной конфигурации или шнуров круглого и прямоугольного сечений. Отечественной промышленностью выпускаются резины марок ИРП-2044, 1015, 14Р-23 для работы при температурах не выше 100 °С. Практически они не разлагаются маслом.

Разборные соединения с использованием резиновых уплотнений конструируют таким образом, чтобы резиновый уплотнитель не воспринимал механической нагрузки и не втянул на точность установки деталей. Наибольшее распространение в вакуумных системах получили фланцевые соединения. Они особенно удобны для соединения частей, требующих периодической разборки. Герметичность фланцевого соединения достигается уплотнением в виде кольцевых резиновых, металлических и фторопластовых прокладок. Уплотнительная прокладка зажимается стяжными болтами между фланцами при их сборке.

Кольцевые прокладки из вакуумной резины нашли широкое применение в вакуумной технике благодаря способности восстанавливать после деформации первоначальную форму и изменять форму без изменения объема.

Уплотнительную прокладку укладывают в канавку одного из фланцев так, чтобы она выступала по всему периметру на 1...3 мм. Вакуумная плотность соединения достигается прижатием плоской поверхности другого фланца к кольцевой прокладке. Уменьшение высоты прокладки относительно первоначальной при деформации не должно превышать 30 %.

Все ответственные узлы вакуумной системы необходимо испытывать на герметичность. Наиболее простым способом испытания является компрессионный. Он заключается в создании внутри детали (узла) давления, превышающего атмосферное. О наличии негерметичности судят по задуванию пламени поднесеной горелки или характерному звуку. Незначительное поступление воздуха обнаруживается с помощью мыльной пленки (на аварийном участке образуются пузыри) или пробой на керосин.

4.4.5. РАСЧЕТ ВАКУУМНЫХ СИСТЕМ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Комплекс взаимосвязанных источников вакуума (вакуумный насос), вакуумпроводов, ресиверов, ВЗК и приборов контроля и управления называется вакуумной системой ГУ.

Особенностями эксплуатации вакуумных ГУ являются относительно низкий вакуум, непостоянство режима течения воздуха из-за попадания его в систему в местах контакта уплотнения ВЗК с грузом, колебания температуры воздуха подвижность отдельных элементов устройства и другие. Нормальная работа вакуумного ГУ во многом зависит от правильности выбора вакуумного оборудования и определения его параметров.

Пропускная способность вакуумного прохода зависит от его геометрических размеров и режима течения воздуха. При низком вакууме наблюдается вязко-

стный режим течения, заключающийся в том, что средняя длина свободного пробега молекул воздуха значительно меньше диаметра цилиндрического трубопровода [10]. Пропускная способность (см³/с) цилиндрического трубопровода при вязкостном режиме течения воздуха

$$U_B = 214 \sqrt{\frac{T}{M}} \frac{d^4}{L\lambda} \frac{p_1 + p_2}{2},$$

где T — абсолютная температура, °К; d — диаметр трубопровода, см; p_1 и p_2 — начальное и конечное давления, гПа; M — молекулярный вес воздуха; L — длина трубопровода, см; λ — средняя длина свободного пути молекул воздуха, относящихся к давлению, равному единице, см.

Для воздуха при температуре 20 °С, давлении, выраженном в гПа, $\lambda = 4,72 \cdot 10^{-3}$

$$U_B = 1,36 \cdot 10^3 \frac{d^4}{L} \frac{p_1 + p_2}{2}.$$

Для вязкостного потока воздуха через круглое отверстие диаметром d пропускная способность (см³/с)

$$U_{от} \approx 20 \cdot 10^3 \frac{F}{1 - p_2/p_1},$$

где F — площадь отверстия, см².

Быстрота разрежении объекта обычно меньше быстроты действия насоса. Уменьшение быстроты разрежения объекта происходит вследствие влияния сопротивления трубопроводов. Для определения быстроты разрежения объекта служит уравнение

$$1/S_{об} = 1/S_H + 1/U \quad \text{или} \quad S_{об} = S_H / [1 + S_H/U] = S_H U / (S_H + U),$$

где $S_{об}$ — быстрота разрежения объекта, м³/с; S_H — быстрота действия вакуумного насоса, м³/с; U — пропускная способность трубопровода, м³/с.

Из вышеприведенного условия следует, что при $U \geq S_H$ $S_{об} \approx S_H$ и при $U \leq S_H$ $S_{об} \approx U$.

Эффективную быстроту разрежения объекта $S_{об} = S_{эф}$ по известным быстроте действия насоса S_H и пропускной способности трубопровода можно определить по номограмме (рис. 4.50). Для этого следует соединить соответствующие точки на крайних шкалах прямой линией и на пересечении этой прямой со средней шкалой найти значение эффективной быстроты разрежения объекта.

При малой пропускной способности вакуум-провода даже значительное увеличение быстроты действия насоса не дает заметного увеличения быстроты действия вакуумного ГУ, так как быстрота разрежения объекта определяется в основном пропускной способностью вакуум-провода. Это наглядно иллюстрируется зависимостью $S_{об}/S_H$ от U/S_H (рис. 4.51).

При конструировании отдельных соединений и выборе контрольно-распределительных устройств необходимо учитывать, что при сильном уменьшении диаметра отверстий соединительных элементов сопротивление вакуумной системы в целом может оказаться значительным, так как зависимость между ними квадратичная. Это подтверждается экспериментально и выполненными расчетами.

Так, например, пропускная способность отверстия, определенная по выше приведенной формуле при $d = 10$ мм $U_{от} = 15,7$ л/с; при $d = 3$ мм $U_{от} = 1,41$ л/с; при $d = 1$ мм $U_{от} = 0,157$ л/с.

Для вакуумной системы ГУ время срабатывания

$$t = 2,3 \frac{V_c}{S_{об}} \lg \frac{p_1}{p_2},$$

при $S_{об} \approx U$

$$t = 2,3 \frac{V_c}{U} \lg \frac{p_1}{p_2},$$

где $V_c = V_p + V_T$ — суммарный объем вакуумной системы, м³ (здесь V_p — объем вакуумного ресивера, м³; V_T — объем трубопровода между насосом и ресивером, м³); p_1 —

Рис. 4.50. Номограмма для определения эффективной скорости действия объекта

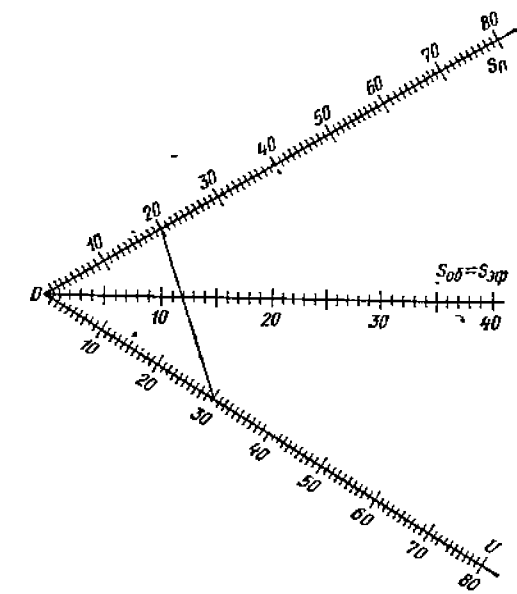
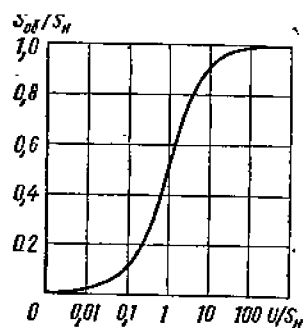


Рис. 4.51. Зависимость $S_{об}/S_{н}$ от $U/S_{н}$



Этой формулой пользуются при выборе насоса для разрежения вакуумной аппаратуры.

Для более точного определения времени разрежения для вакуумных ГУ, работающих в автоматическом режиме, при условии, что пропускная способность вакуум-провода в 5...10 раз превышает быстроту действия насоса, можно применять формулу

$$t = t' + t'' + \dots + t^{n-1} \approx 2,3V \left(\frac{1}{S'_н} \lg \frac{p_1}{p_2} + \frac{1}{S''_н} \lg \frac{p_2}{p_3} + \dots + \frac{1}{S^{n-1}_н} \lg \frac{p_{n-1}}{p_n} \right),$$

где t', t'', \dots, t^{n-1} — интервалы времени, в течение которых происходит снижение давления от p_1 до p_2 и т. д.; $S'_н, S''_н, \dots, S^{n-1}_н$ — быстрота действия насоса в интервалах давления от p_1, p_2, \dots, p_{n-1} .

Для вычисления времени разрежения системы по приведенной формуле необходимо иметь данные о значении $S_н$ при различных давлениях, которые находят по графикам зависимости быстроты действия насоса от его впускного давления.

Объем вакуумной системы и время безопасного транспортирования груза определяют из условий, что нормальная и безопасная работа вакуумного ГУ будет обеспечена в том случае, если в нем поддерживается вакуум в необходимых пределах. При отключении насоса разрежение воздуха в ВЗК может сохраняться до требуемого значения k на некоторый период за счет вакуумного ресивера.

Необходимая быстрота действия вакуумного насоса и объем ресивера будут зависеть от количества воздуха, попадающего в вакуумную систему в единицу времени. Эта величина зависит от герметичности системы в целом и ее отдельных элементов.

Учитывая, что состояние воздуха в ВЗК соответствует условию $pV = \text{const}$ количество воздуха q_B , попадающего в вакуумную систему, можно рассчитать по формуле

$$q_B = V \Delta p / \Delta t,$$

где V — объем вакуумной системы, m^3 ; Δp — изменение давления в изолированном от насоса вакуумном объеме за время Δt , Па.

Для вакуумных систем ГУ q_B будет, в основном, определяться количеством воздуха, попадающего в вакуум-систему за счет диффузии через материал уплотнения, неплотности соединений отдельных элементов, через материал груза и, главным образом, в местах контакта груза с уплотнением ВЗК.

Аналитический расчет всех величин, определяющих натекание, представляет определенные трудности, поэтому его находят экспериментально.

При исправной и правильно смонтированной вакуумной системе ГУ натекание в соединениях элементов системы по сравнению с натеканием в месте контакта ВЗК с грузом будет мало и для практических расчетов им можно пренебречь.

Натекание воздуха через материал груза зависит от его воздухопроницаемости, которая характеризуется средним расходом воздуха. Многие материалы (металлы, стекло, пластмасса и др.) практически воздухо непроницаемы. Воздухопроницаемость таких строительных изделий, как бетон и растворы, при существующих толщинах строительных изделий даже при разнице давлений до 90 кПа в большинстве случаев чрезвычайно мала и практически может быть принята равной нулю.

Для уплотнений ВЗК с оптимальным размером их поперечного сечения при известном натекании, отнесенным к единице периметра поверхности касания с грузом, можно рассчитать суммарное натекание ($m^3 \text{ Па}/с$) воздуха в ВЗК по формуле

$$q_B = q_a C,$$

где q_a — удельное натекание на единицу периметра уплотнения, $m^3 \text{ Па}/(с \cdot м)$; C — периметр уплотнения, м.

первоначальное давление в системе, обычно равно атмосферному; p_k — конечное давление в разреженном объекте, в данном случае в ресивере.

Если не учитывать сопротивление вакуум-провода системы, быстрота действия вакуумного насоса должна соответствовать скорости разрежения объекта т. е.

$$t = 2,3 (V/S_н) \lg (p_1/p_2),$$

где $S_н$ — среднее значение скорости действия насоса.

Время захвата груза вакуумным ГУ и соединения последнего с ВЗК путем открытия перекрывающего клапана (крана, вентиля) ориентировочно

$$t_2 = V_2 2,3 \lg (p_1/p_2) / S_{об},$$

где $V_2 = V_T + V_н$ — суммарный откачиваемый объем, влияющий на время захвата груза, m^3 ; V_T — объем вакуум-трубопровода между ВЗК и ресиверами, m^3 ; $V_н$ — объем ВЗК с учетом деформации уплотнения ВЗК после ее выложения на груз, m^3 .

Быстрота действия вакуумного насоса должна обеспечивать постоянно разрежения в ВЗК, т. е. компенсировать неизбежное повышение давления за счет натекания из-за неплотности уплотнения ВЗК на площадке контакта с грузом, воздухопроницаемости груза и т. д.

Приведенные выше формулы для определения времени разрежения вакуумной системы ГУ справедливы в тех пределах изменения давления, при которых быстроту разрежения можно считать постоянной. При низких давлениях, начиная с 1 кПа пропускная способность вакуум-проводов резко падает, а время разрежения системы сильно возрастает.

Учитывая изложенные соображения, а также то, что изменение давления от 1 кПа и ниже не влияет заметно на грузоподъемность вакуумного ГУ, создавать весьма низкое давление в них нецелесообразно.

Время разрежения системы от атмосферного давления до 133 Па с учетом снижения времени разрежения при уменьшении давления

$$t \approx 8V/S_н,$$

где $S_н$ — минимальная быстрота действия насоса при $p_a = 1000 \text{ ГПа}$.

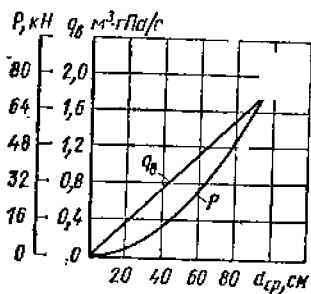


Рис. 4.52. Зависимости силы притяжения и натекания воздуха в вакуумную захватную камеру из пористой резины поперечного сечения 1×1 см² при контакте с бетоном от среднего диаметра уплотнения d

Зависимости натекания воздуха в вакуумную захватную камеру и силы притяжения от среднего диаметра уплотнения камеры, изображенные на рис. 4.52, наглядно показывают преимущества применения ВЗК с большей рабочей площадью. Значения удельного натекания для некоторых грузов и уплотнений, полученных экспериментально, приведены в табл. 4.24.

При известном натекании необходимого объема ресивера вакуумного ГУ можно определить из равенства

$$V_p + V_c = q_v t / \Delta p,$$

где V_c — суммарный объем вакуумной системы от ресивера до ВЗК, включая объем последних, м³; q_v — натекание в вакуумную систему; t — заданное время удержания груза вакуумным ГУ при выключенном насосе, с; Δp — допустимое изменение давления воздуха в вакуумной системе, Па.

Время удержания груза вакуумным ГУ

$$t = (V_p + V_c) \Delta p / q_v.$$

Из приведенных формул видно, что если натекание $q_v \rightarrow 0$, то время удержания груза $t \rightarrow \infty$.

4.24. Значения удельного натекания $q_v \cdot 10^2$, см³·кПа/(мин·см), при нормальном атмосферном давлении

| Груз | Материал уплотнения | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|-----------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------|
| | Губчатая резина | | Резиновая смесь 1432А | Техническая резина ГОСТ 7388-77 | Вакуумная резина 7889 | Лауретеновый каучук |
| | ГУ 109РТИ | РПГУ-1192 | | | | |
| Стальной прокат | 2,4 | 2,8 | 1,8 | 2 | 1,9 | 2,1 |
| Стальной прокат с оклпной | 4,5 | 5,1 | 3,9 | 4,1 | — | — |
| Стекло витринное толщиной 8 мм | 0,4 | 0,8 | 0,3 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Оргстекло | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,6 |
| Слоистый пластик | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,6 |
| Мрамор полированный | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,7 |
| Мрамор неполированный | 3,0 | 3,2 | 3,3 | 3,1 | — | — |
| Бетон с гладкой поверхностью | 20 | 25 | 28 | 31 | — | — |
| Бетон с грубой поверхностью | 80 | 91 | — | — | — | — |
| Текстолит | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,9 |
| Асбестоцемент | 18 | 22 | 30 | 28 | — | — |
| Волнистый пластик | 1,1 | 1,4 | — | — | — | — |

4.5. БЕЗНАСОСНЫЕ ВАКУУМНЫЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

4.5.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

В безнасосных ГУ вакуум создается одnorазовым изменением объема полости ВЗК под действием веса поднимаемого груза. Их классифицируют (рис. 4.53) на гибкие тарельчатые и колоколообразные, поршневые, диафрагменные, сифонные.

Гибкие тарельчатые и колоколообразные вакуумные ГУ характерны тем, что вакуум в них создается разрежением воздуха при деформации резиновой камеры (рис. 4.53, а). Для освобождения груза от захвата путем снятия вакуума применяют клапаны различной системы, управляемые вручную или автоматически.

Из-за небольшого объема ВЗК при отсутствии компенсации потери вакуума за счет неизбежного натекания воздуха ГУ этого типа применимы для подъема и транспортирования штучных грузов, имеющих гладкую поверхность (стекла, металлических листов и т. п.), когда создается хорошая герметичность между поверхностью груза и уплотнительными кромками вакуумной камеры.

Поршневые вакуумные ГУ (рис. 4.53, б) характерны тем, что вакуум в ВЗК создается за счет изменения объема, соединенного с ВЗК цилиндра при перемещении поршня в цилиндре или, наоборот, при перемещении самого цилиндра относительно поршня. Изменение объема цилиндра может осуществляться под действием веса поднимаемого груза или принудительно, например, при присоединении ГУ к штоку пневматического или гидравлического подъемника, а также под действием пружины.

Вакуумные ГУ такого типа можно подвешивать к гибкому органу крана, штоку гидropневмоподъемника, каретке штабелера, автопогрузчика и т. п. Их применяют для подъема и перемещения грузов преимущественно с плоской и гладкой поверхностью. Эффективность использования ГУ значительно повышается при снабжении их автоматическими фиксирующими устройствами для захвата и освобождения груза или дистанционным пневматическим и гидравлическим управлением. Описание конструкции ГУ подобного типа приведено в литературе [4].

Массу поднимаемого груза можно контролировать по вакуумметру, так как вакуум всегда пропорционален массе груза (шкалу вакуумметра градуируют в единицах массы, а зону подъема груза, превышающую допустимое значение, отмечают соответствующим цветом). Наряду с вакуумметром грузоподъемность можно контролировать по положению поршня.

Диафрагменные вакуумные ГУ (рис. 4.53, в) близки по принципу действия поршневым ГУ, так как изменение объема ВЗК в них осуществляется перемещением эластичной диафрагмы. Применение диафрагмы вместо поршня значительно уменьшает натекание атмосферного воздуха в вакуумную захватную камеру.

Для увеличения объемов ВЗК применяют комбинированную диафрагменно-поршневую конструкцию, при которой герметизацию ВЗК обеспечивает свободно

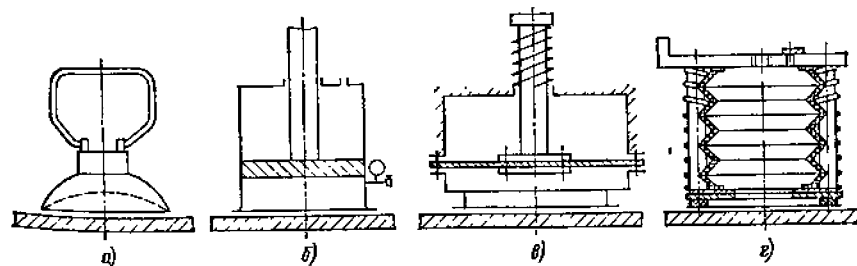
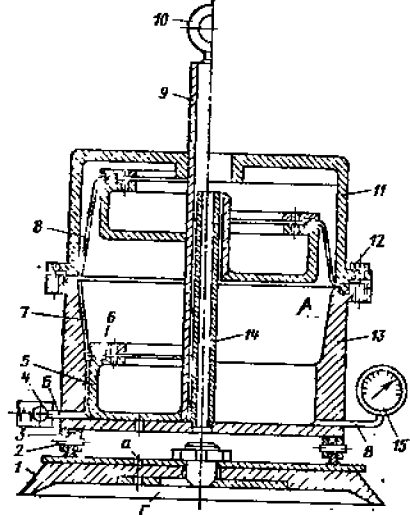


Рис. 4.53. Безнасосные вакуумные ГУ:

а — гибкий тарельчатый; б — поршневой; в — диафрагменный; г — сифонный

Рис. 4.54. Диафрагменно-поршневое вакуумное ГУ



провисающая диафрагма, а перемещение ее для образования вакуумного объема производится поршнем.

Сильфонные вакуумные захваты с гофрированным складывающимся цилиндром по конструкции и принципу действия аналогичны диафрагменным (рис. 4.53, е)

4.5.2. ДИАФРАГМЕННО-ПОРШНЕВЫЕ ВАКУУМНЫЕ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

Конструкция диафрагменно-поршневого вакуумного подъемного устройства показана на рис. 4.54. Устройство состоит из разъемного корпуса с верхней 11 и нижней 13 половинами, соединенными по линии разьема болтами 12. Внутри разъемного корпуса в нижней половине 13 установлены направляющая колонка 14 и поршень 5 со штоком 9. Куполообразная диафрагма 8, расширение которой направлено в сторону разьема корпуса, закреплена на поршне 5 одним краем с помощью кольца 6.

Нижняя половина корпуса снабжена кронштейнами 3, к которым по осям 2 прикреплены уплотнительная манжета 1 и выполнена с внутренней полостью А с куполообразной верхней частью 7. Каналом В и клапаном 4 нижняя половина связана с атмосферным воздухом, каналом В — с вакуумметром 15, а отверстием а — с камерой Г уплотнительной манжеты. Шток 9 выполнен с кольцом 10, при помощи которого он соединяется с крюком грузоподъемного механизма.

Работает устройство следующим образом.

Устройство устанавливают манжетой 1 на поверхность транспортируемого груза и при помощи кольца 10 грузоподъемным механизмом поднимают шток 9 с поршнем 5 по направляющей колонке 14. В начальный момент перемещения поршня с диафрагмой 8 корпус остается неподвижным. После того как создается разрежение в нижней полости А корпуса захвата под поршнем 5 уравновесит вес поднимаемого груза, происходит отрыв груза от основания и его подъем.

По мере натяжения воздуха в стыке нижней поверхности манжеты 1 с грузом поршень 5 с диафрагмой 8 перемещаются относительно корпуса захвата.

Разрежение в камере вакуумирования контролируется вакуумметром 15.

По окончании транспортирования груза и установки его в требуемое положение груз освобождается от захвата путем подачи воздуха в полость А при помощи клапана 4.

Техническая характеристика диафрагменно-поршневого ГУ грузоподъемностью 300 кг

| | |
|---|-----|
| Диаметр, мм: | |
| расчетный ВЗК | 290 |
| вакуум-образующего цилиндра поршня, мм | 195 |
| Максимальный ход поршня, мм | 170 |
| Разрежение воздуха наибольшее, ГПа | 120 |
| Габаритные размеры, мм: | 500 |
| наибольшая высота (в рабочем положении) | 400 |
| наименьшая высота | 275 |
| Масса, кг | 36 |

Для автоматизации процесса захвата и освобождения груза все большее применение находят вакуумные диафрагменно-поршневые ГУ, снабженные

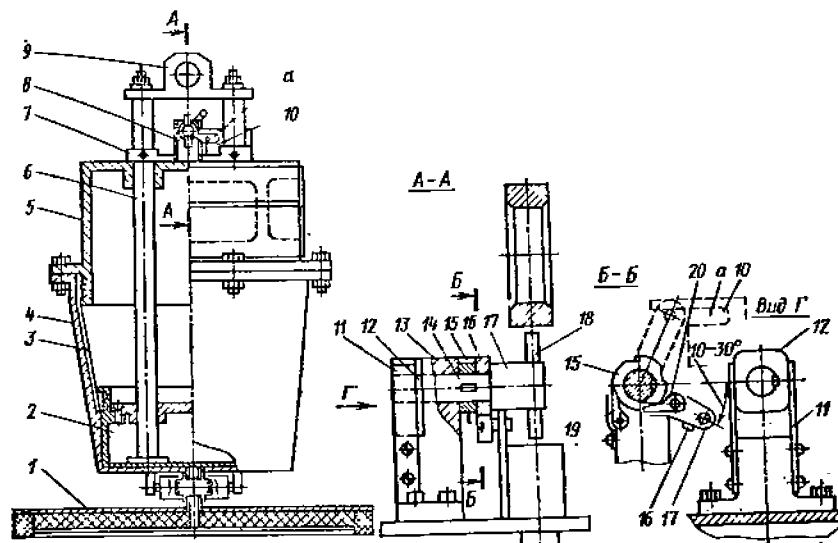


Рис. 4.55. Диафрагменно-поршневое вакуумное ГУ с автоматическим управлением

четырёхконтактным механизмом автоматической фиксации положения поршня с диафрагмой в момент захвата и освобождения груза (рис. 4.55). Конструкция ГУ также обеспечивает нахождение поршня в нижнем положении при транспортировании ГУ без груза.

Вакуумное ГУ имеет верхнюю 5 и нижнюю 4 части корпуса, скрепленные между собой болтовым соединением. К нижней части корпуса шарнирно присоединена ВЗК 1 с уплотнением, соединенная с подпоршневой полостью воздухопроводом. Внутри корпуса расположен поршень 2 со штоками 6 и траверсой 9. Поршень соединен с корпусом воздухонепроницаемой гибкой диафрагмой 8.

Вакуумное ГУ имеет механизм автоматического переключения ходов поршня 8, содержащий корпус 13 с валом 14, на котором закреплена стопорная чека 18. На валу 14 свободно установлена втулка 16 с упором 17 и жестко закреплена на шпонке храповик 15. На втулке 16 установлена собачка 20, а на корпусе 13 — собачка 19. На вал 14 надета квадратная втулка 12, к граням которой прижаты плоские пружины 11 (относительно корпуса 13).

На штоках 6 жестко закреплены упоры 7, а на одном из штоков жестко закреплен упор 10, выполненный в виде пластины с пазом а, нижняя сторона которого короче верхней. Втулка 16 с упором 17 может поворачиваться на валу 14 на угол 90°, причем при нижнем положении втулки угол ее с горизонталью должен быть в пределах 10...30°.

Работает ГУ следующим образом. ГУ, подвешенное к крюку механизма подъема, опускается на груз, при этом поршень со штоками перемещается в крайнее нижнее положение, а упор 10, взаимодействуя с упором 17 втулки 16, поворачивает последнюю на угол 90°. При этом собачка 20 поворачивает храповое колесо 15 с валом 14, а стопорная чека 18 переходит из горизонтального в вертикальное положение. Затем начинается подъем ГУ.

При подъеме вначале штоки 6 и упор 10 перемещаются вверх, а упор 17 взаимодействует с нижней стороной паза а упора 10 и поворачивает втулку 16 на угол 90° в исходное вертикальное положение, а при дальнейшем перемещении вверх упор 10 свободно проходит дальше вверх, так как нижняя сторона его паза а короче верхней. При этом собачка 20 проскальзывает, а собачка 19 стопорит храповое колесо 15. Вал 14 остается неподвижным за счет фиксирующей

4.26. Параметры безнасосных вакуумных ГУ с автоматическим управлением

| Параметр | Грузоподъемность, т | | | | | | | | |
|--|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 0,15 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,5 | 2 | 4 |
| Расчетный диаметр вакуумной захватной камеры, мм | 260 | 360 | 470 | 520 | 600 | 670 | 820 | 950 | 1380 |
| Диаметр поршня, мм | 160 | 220 | 280 | 310 | 360 | 400 | 500 | 560 | 600 |
| Ход поршня, мм | 160 | 200 | 250 | 300 | 300 | 300 | 400 | 400 | 400 |
| Масса, кг | 10 | 25 | 40 | 50 | 60 | 80 | 120 | 160 | 320 |

Примечание. Запас по грузоподъемности равен двум.

втулки 12, а чека 18 занимает вертикальное положение, при этом штоки 6 с поршнем 2 свободно поднимаются вверх. Под действием создавшегося вакуума под поршнем происходит захват и подъем груза.

После перемещения в установки груза в требуемое место, для его освобождения от ГУ, поршень со штоками опускается вниз, при этом упор 10, взаимодействуя с упором 17, поворачивает втулку 16 с собачкой 20, которая поворачивает храповое колесо 15 и вал 14 с чекой 18 на 90°, чека 18 занимает горизонтальное положение.

При подъеме штоков 6 упор 17 втулки 16 взаимодействует с нижней стороной паза а упора 10 и поворачивает втулку 16 на угол 90° в исходное положение. При дальнейшем подъеме штоков 6 упоры 7 доходят до чеки 18 и ГУ снимается с груза, при этом поршень остается в крайнем нижнем положении, так как штоки

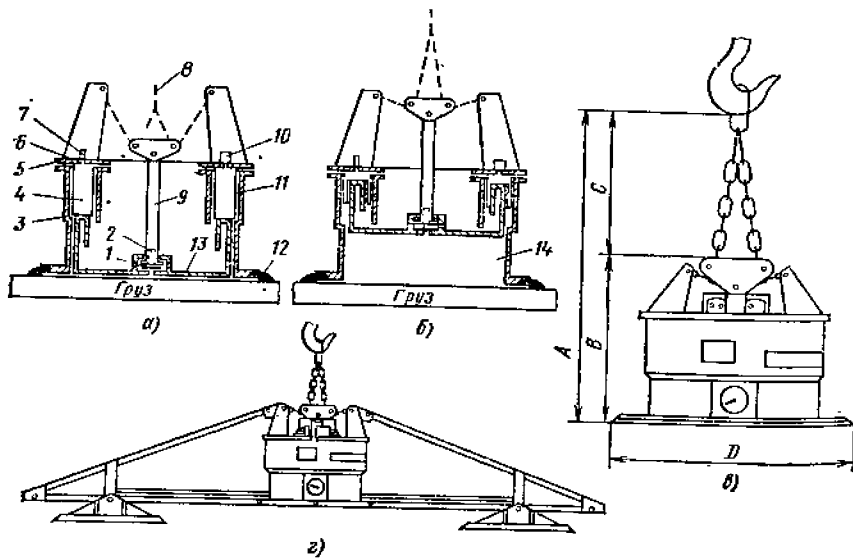


Рис. 4.56. Вакуумное ГУ фирмы Ваку-лифт: а — схема ГУ при нижнем положении поршня; б — то же, в процессе подъема груза; в — общий вид ГУ с габаритными размерами; г — ГУ с несколькими вакуумными захватными камерами на траверсе

4.26. Параметры ГУ фирмы Ваку-лифт (см. рис. 4.56)

| Тип | Грузоподъемность, т | Масса, кг | Размеры, мм | | | |
|-----------|---------------------|-----------|-------------|-----|-----|-----|
| | | | A | B | C | D |
| VAC 0/03 | 300 | 21,5 | 450 | 225 | 225 | 350 |
| VAC 0/075 | 750 | 63 | 730 | 430 | 300 | 480 |
| VAC 0 125 | 1250 | 121 | 750 | 450 | 300 | 620 |
| VAC 0/25 | 2500 | 270 | 975 | 600 | 375 | 870 |
| VAC 0/40 | 4000 | 420 | 1150 | 700 | 450 | 990 |

относительно поршня имеют свободный ход, несколько больший, чем ход, необходимый для срабатывания механизма переключения. Далее цикл работы устройства повторяется. Параметры этих ГУ с автоматическим управлением грузоподъемностью 15...4000 кг приведены в табл. 4.25.

За рубежом диафрагменно-поршневые вакуумные ГУ применяют для транспортирования воздухонепроницаемых грузов массой 4 т и более в основном с гладкой поверхностью (металлов, мрамора, гранита, искусственного камня, пластмассовых и асбестовых плит). На рис. 4.56 изображено вакуумное ГУ фирмы Ваку-лифт (ФРГ). Основными узлами являются поршень 13 с цилиндром 3, к которому прикреплен вакуумная захватная камера с эластичным уплотнением 12, имеющим форму тарельчатой манжеты. ГУ, подвешенное на крюк грузоподъемного механизма, устанавливает на поднимаемый груз. Под действием собственного веса поршень 13 опускается на поверхность груза, вытесняет воздух из подпоршневой полости 14. При этом находящийся в днище поршня клапан 1 открывается и вытесняемый воздух выходит в атмосферу. Для закрытия клапана грузовой крюк опускают до тех пор, пока цепь 8 подвески ГУ не провиснет. Благодаря этому приводится в действие клапан переключения 2, имеющийся в штоке 9.

При подъеме грузового крюка в подпоршневой полости 14 образуется вакуум; герметизация полости сверху обеспечивается диафрагмой 11, а с поверхностью груза уплотнительной манжетой 12. При подъеме поршня пространство в надпоршневой полости 4 уменьшается, а имеющийся там воздух сжимается. При дальнейшем подъеме грузового крюка поршень преодолевает воздушную пробку, поднимает толкатель и открывает клапан 6 сигнального свистка 7. После того как груз будет установлен на место, грузовой крюк необходимо снова опустить до провисания цепи 8. При этом открывается клапан. Если теперь поднять поршень, то под ним образуется нормальное атмосферное давление и ГУ свободно освободится от груза.

Выходящий из надпоршневой полости воздух, необходимый для получения сигнального свистка, замещается воздухом, поступающим через вентиляционный клапан 10 крышки 5. Эти процессы автоматически повторяются при каждой новой технологической операции транспортирования груза. Груз может висеть на ГУ от нескольких минут до нескольких часов в зависимости от качества его поверхности. Изготавливают ГУ с одной ВЗК грузоподъемностью 75...4000 кг, а также ГУ с несколькими камерами на траверсе (рис. 4.56, г) грузоподъемностью до 30 т для транспортирования металлических листов длиной 30 м. Параметры стандартных ГУ фирмы Ваку-лифт приведены в табл. 4.26.

4.5.3. РАСЧЕТ БЕЗНАСОСНЫХ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

Расчет безнасосных вакуумных ГУ с переменным объемом вакуумной камеры заключается в определении их параметров, необходимого усилия для создания требуемого вакуума, прочности отдельных элементов. Наибольший интерес представляет процесс работы и расчет самовакуумирующихся под действием веса груза поршневых и диафрагменно-поршневых вакуумных ГУ, выполненных по схемам, приведенным на рис. 4.57.

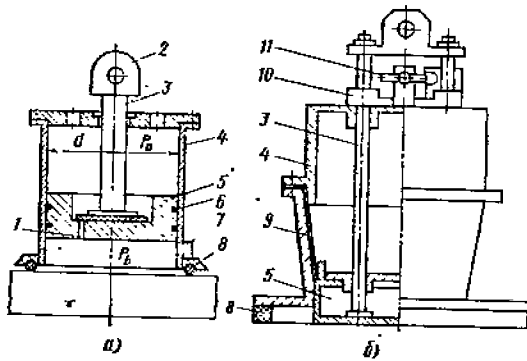


Рис. 4.57. Схемы для расчета безнасосных вакуумных ГУ:

а — поршневого; б — диафрагменно-поршневого; 1 — обратный клапан; 2 — рым-болт; 3 — шток; 4 — цилиндр; 5 — поршень; 6 — уплотнение поршня; 7 — вакуумметр; 8 — уплотнение; 9 — уплотнительная диафрагма; 10 — упор; 11 — механизм фиксации положения поршня

При опускании вакуумного ГУ на поверхность груза поршень под действием веса займет в цилиндре нижнее исходное положение. Герметизация нижней полости цилиндра, замкнутой захватываемым грузом, обеспечится за счет деформации уплотнения (герметизирующего кольца) под действием веса ГУ. При перемещении штока тяговым органом крана поршень также перемещается. Цилиндр под действием собственного веса в начальный момент будет находиться в исходном положении, т. е. прижат к грузу. В нижней полости цилиндра в этот момент создается вакуум, возрастающий по мере передвижения поршня вверх; из надпоршневой полости воздух выходит в атмосферу через отверстия в верхней крышке цилиндра. Когда вакуум в нижней полости цилиндра уравновесит вес ГУ и груза, перемещение поршня в цилиндре прекратится и начнется подъем груза.

В период рабочего цикла в подпоршневую полость цилиндра из-за имеющихся неплотностей между грузом и герметизирующим кольцом вакуумной камеры, а также между уплотнением поршня и стенками цилиндра происходит натекание атмосферного воздуха. По мере проникновения воздуха в нижнюю подпоршневую полость цилиндра последний вместе с грузом перемещается относительно поршня вниз со скоростью, пропорциональной количеству натекающего воздуха.

В начальный период подъема сила трения $F_{тр}$ поршня и штока о стенки цилиндра должна быть меньше веса $G_{ц}$ цилиндра и всех связанных с ним деталей. Соотношение между $F_{тр}$ и $G_{ц}$ зависит от ряда факторов: материала трущихся поверхностей, скорости подъема и др.

Надежный подъем грузов с плоской поверхностью может осуществляться при $G_{ц} \geq 3F_{тр}$. Для диафрагменно-поршневого ГУ при практических расчетах силу $F_{тр}$ можно принять равной нулю.

Сила трения в уплотнениях поршня из маслостойкой резины

$$F_{тр} = \mu l d p_a$$

где $\mu = 0,001 \dots 0,006$ — коэффициент трения маслостойкой резины о хромированную или конигованную металлическую поверхность; d — диаметр поршня; l — длина соприкосновения уплотняемой поверхности с уплотнением, $p_a \approx 0,1$ МПа.

Сила притяжения самовакуумирующегося вакуумного ГУ определяется так же, как и для ГУ с вакуумным насосом, по приведенной выше формуле

$$P = SK_p (p_a - p_b)$$

где S — эффективная площадь ВЗК (площадь, ограниченная внутренним контуром герметизирующего уплотнения камеры); $K_p = 0,8 \dots 0,85$ — коэффициент снижения силы вакуумного притяжения; p_a — атмосферное давление, Па; p_b — предельное давление внутри ВЗК, Па.

Для захвата груза необходимо, чтобы вес $G_{ц}$ корпуса вакуумирующего цилиндра и всех связанных с ним деталей обеспечил необходимое давление q_{min}

на контактирующую площадь уплотнения камеры для герметизации стыка уплотнения с поверхностью поднимаемого груза:

$$G_{ц} \geq q_{min} S_{упл}$$

где $S_{упл}$ — площадь контакта уплотнения с грузом.

Тогда

$$q_{min} = G_{ц} / S_{упл}$$

Давление q_{min} в основном зависит от качества поверхности груза, материала и размера уплотнения.

Давление воздуха p_b в вакуумобразующей полости является функцией усилия N :

$$p_b = p_a - N \eta / S_{ц}$$

где $N = Q_r + P_d + G_{ц}$ (здесь Q_r — вес поднимаемого груза; P_d — дополнительная нагрузка во время подъема груза (сила инерции, лобовое сопротивление воздуха, сила адгезии); $G_{ц}$ — вес корпуса вакуум-образующих цилиндров и связанных с ним дополнительных деталей); η — КПД вакуум-образующего цилиндра, учитывающий потери на преодоление сопротивления, в том числе на преодоление трения в уплотнениях, и в значительной мере зависящий от его диаметра; $S_{ц}$ — эффективная площадь вакуум-образующего цилиндра.

Для поршневого ГУ при $d = 50$ мм $\eta = 0,5$; при $d = 250$ мм $\eta = 0,84$; при $d = 50 \dots 250$ мм значения η допустимо определять интерполяцией.

Для диафрагменно-поршневого ГУ сопротивление перемещению поршня незначительное и для практических расчетов можно принимать $\eta = 0,95$.

Для надежного удержания груза необходимо, чтобы силы удержания груза были больше сил отрыва его от ГУ, т. е.

$$P \geq N = NK_N$$

или

$$SK_p (p_a - p_b) = NK_N$$

откуда

$$p_a - p_b = (N/S) (K_N / K_p)$$

где K_N — коэффициент запаса по грузоподъемности; K_p — коэффициент снижения силы притяжения; S — эффективная площадь ВЗК.

Для поршневого захвата эффективный диаметр $d_{эф}$ равен $d_{ц}$ — диаметру вакуум-образующего цилиндра.

Для диафрагменного поршневого ГУ ориентировочно можно принять:

$$d_{эф} = (d_{ц} + d_p) / 2$$

где d_p — диаметр поршня.

Необходимый ход (путь) l поршня в вакуум-образующем цилиндре до установления необходимого разрежения воздуха $p_b = p_a - p_b$ при условии, что состояние воздуха в камере $p_a V = const$, определяют по формуле

$$l = (p_a - p_b) V_0 / (p_b S_{ц})$$

где V_0 — начальный подпоршневый объем в вакуум-образующем цилиндре.

Объем V_0 является вредным, так как увеличивает ход поршня l для достижения требуемого вакуума в ВЗК и ограничивает грузоподъемность ГУ. При конструировании самовакуумирующихся ГУ этот объем необходимо сводить к минимуму.

При известных параметрах самовакуумирующегося ГУ время удержания груза или время его транспортирования

$$t = (L - l) S_{ц} / (q_b + q_{ц})$$

где L — длина полного хода поршня, q_b и $q_{ц}$ — натекания воздуха соответственно в месте стыка уплотнения ВЗК с грузом и в месте уплотнения поршня с цилиндром.

Пример. Определить основные параметры вакуумного самовакуумирующегося диафрагменно-поршневого ГУ для транспортирования воздухопроницаемых с гладкой поверхностью изделий массой до 1000 кг (вес 10 кН). Транспортирование производится краном мостового типа при верхнем захвате изделий. Время полного цикла транспортирования (подъем, горизонтальное перемещение и опускание на основании) не превышает 10 мин.

1. Необходимая сила притяжения ГУ при коэффициенте запаса $K_N \approx 2$

$$P = NK_N = 10 \cdot 2 = 20 \text{ кН}$$

где N — наибольшая нагрузка на ГУ, т. е. вес груза без учета дополнительных динамических нагрузок, ввиду их незначительности.

2. Определяем эффективную площадь S ВЗК из расчета, что предельное разрежение воздуха в камере $p_0 = p_a - p_B = 1000 - 200 = 800$ гПа (здесь p_a — атмосферное давление; p_B — остаточное давление в камере):

$$S = \frac{P}{K_p (p_a - p_B)} = \frac{20}{K_p (1000 - 200)} = \frac{20}{0,9 \cdot 800} = 0,278 \text{ м}^2.$$

Принимаем форму ВЗК круглую. Уплотнение камеры из эластичной мягкой резины прямоугольного сечения размером $b \times h = 1 \times 1$ см (где b — ширина и h — высота уплотнения, см).

Эффективный диаметр $D_{эф}$ ВЗК определяем из равенства

$$S = \pi D_{эф}^2 / 4; \quad D_{эф} = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{2780 \cdot 4}{3,14}} \approx 60 \text{ см}.$$

3. Необходимый наименьший вес корпуса вакуум-образующего цилиндра с неподвижно смонтированными на нем деталями

$$G_{ц} \geq q_{\text{плн}} S_{\text{упл}} = 0,0094 \cdot 100 = 0,94 \text{ кН} \approx 1 \text{ кН},$$

где $q_{\text{плн}}$ — наименьшее давление на уплотнения, необходимое для герметизации стыка уплотнения с поверхностью груза при его подъеме ($q_{\text{плн}}$ принимаем по табл. 4.19 равным 1 МПа = 1000 гПа = 100 кПа); $S_{\text{упл}}$ — площадь уплотнения

$$S_{\text{упл}} \approx \pi D_{эф} b = 3,14 \cdot 60 \cdot 0,5 = 94 \text{ см}^2 = 0,0094 \text{ м}^2.$$

Принимаем массу корпуса цилиндра равной 100 кг.

4. Определяем эффективную площадь $S_{ц}$ и диаметр $d_{ц}$ вакуумобразующего цилиндра из условия создания в нем оптимального разрежения воздуха

$$p_0 = p_a K_a - p_B = \lambda \eta_{ц} / S_{ц}$$

где $K_a = 0,9$ — изменение давления атмосферного воздуха, $\eta_{ц} \approx 0,95$ — КПД вакуум-образующего цилиндра.

При этом

$$S_{ц} = \frac{\lambda \eta}{p_a K_a - p_B} = \frac{10 \cdot 0,95}{0,9 \cdot 1000} \approx 0,106 \text{ м}^2 = 1060 \text{ см}^2,$$

$$d_{ц} = \sqrt{\frac{S_{ц} \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{1060}{0,785}} \approx 36,8 \text{ см}.$$

Принимаем $d_{ц} = 37$ см.

5. Ход (путь) поршня l в вакуум-образующем цилиндре до установления необходимого разрежения воздуха $p_0 = 800$ гПа = 80 кПа

$$l = (p_a - p_B) V_0 / (p_B S_{ц}) = 800 \cdot V_0 / (200 \cdot 1060) = 800 \cdot 1400 / (200 \cdot 1060) \approx 5,5 \text{ см},$$

где V_0 — начальный подпоршневой объем в вакуум-образующем цилиндре из расчета, что толщина уплотнения при сжатии под действием веса корпуса $G_{ц}$ уменьшается в 2 раза.

тогда $V_0 = S \cdot 0,5 = 2780 \cdot 0,5 \approx 1400 \text{ см}^3$.

6. Полный ход поршня L , необходимый для транспортирования груза в течение $t = 10$ мин определяем из формулы

$$t = \frac{(L - l) S_{ц}}{q_B + q_{ц}},$$

откуда

$$L = \frac{t (q_B + q_{ц})}{S_{ц}} + l,$$

По экспериментальным данным $q_{ц} \approx 2,4 \text{ см}^3 / (\text{мин} \cdot \text{см})$ при $p_a = 10^2 \text{ кПа}$

$$q_B = q_{ц} \pi D = 2,4 \cdot 3,14 \cdot 60 \approx 450 \text{ см}^3 / \text{мин}.$$

Принимаем $q_{ц}$ равным около 10 % q_B , тогда $q_{ц} \approx 50 \text{ см}^3 / \text{мин}$,

$$L = \frac{10 (450 + 50)}{1060} + 5,5 = 4,7 + 5,5 = 10,2 \text{ см}.$$

Принимаем $L \approx 15$ см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А. Ф. Грузозахватные устройства с автоматическим и дистанционным управлением. М.: Стройиздат, 1979. 173 с.
2. Андреев А. Ф. Машины и механизмы: Транспортное оборудование для строительства. М.: ЦНИИПИ Государственного комитета Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий, 1978. 31 с.
3. Андреев А. Ф., Гнидцевич Е. П. Проектирование и применение вакуумных грузозахватных устройств в строительстве. М.: ЦБТИ Минпромстроя СССР, 1970. 43 с.
4. Вайнсон А. А., Андреев А. Ф. Специализированные крайовые грузозахваты для штучных грузов. М.: Машиностроение, 1972. 200 с.
5. Вакуумные грузозахватные устройства. М.: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1980. 30 с. (Реферативный сборник; 6—80—19).
6. Данилин Б. С., Минайчев В. Е. Основы конструирования вакуумных систем. М.: Энергия, 1971. 392 с.
7. Краповое оборудование: Справочник/Ю. В. Алексеев, А. П. Богословский, Е. М. Пелзнер и др.: Под ред. А. А. Рабиновича. М.: Энергия, 1979. 240 с.
8. Ланцов В. А., Полонский Л. А. Вакуумные захваты приспособления. М.: Стройиздат, 1968. 45 с.
9. Основы вакуумной техники/Б. И. Королев, В. И. Кузнецов, А. И. Пипко, В. Я. Плисковский. М.: Энергия, 1975. 415 с.
10. Пипко А. И., Плисковский В. Я., Пенчко Е. А. Конструирование и расчет вакуумных систем. М.: Энергия, 1970. 504 с.
11. Ротерс. Электромеханические механизмы. Пер. с англ. М.: Госэнергоиздат, 1949. 523 с.

А

Аппараты для управления электромагнитами 221

Б

Башмаки 173
Бочки 8

В

Вакуумная грузозахватная траверса 232 — Техническая характеристика 234
— автономная 232
— для загрязненных и запыленных строительных грузов 232
— для листовых материалов 233, 235
— из унифицированных элементов 237, 238
— поворотная в вертикальной плоскости 239, 240
— поворотная в горизонтальной плоскости 239, 240
— с дистанционным управлением 232
— с раздвижными вакуумными захватами 236
— с размещением вакуум-насосного оборудования на кране 245
— типа VN 239, 240 — Параметры 242
— универсальная 232
— унифицированная 241 — Параметры 242
Вакуумное грузозахватное устройство — Классификация 229, 230 — Принципиальные схемы 231 — Расчет 267—269 — Управление 231
— «Аэролифт» 244
— безнасосное 285
— для бетонных труб 258
— для грузов с поверхностью переменной кривизны 258, 259
Вилочное грузозахватное устройство 133, 134
— несимметричное 145
— симметричное 145, 146
— со свободным подъемом вил 134

Г

ГОСТ 228—65 11
380—71 87
483—75 11
977—75 87
1050—74 87
1088—71 11
1575—75 261
2246—70 159
2319—70 11, 70
2590—71 159
2688—70 107
3079—80 107
3242—79 86
4543—71 87, 160
4784—74 87
5058—65 160
5521—76 76, 87
6348—71 11
7338—77 252
7832—65 150
8032—71 61
9467—75 159
10051—75 86
10130—79 218
10293—77 11
10543—75 86
11546—75 86
12969—67 87
12971—67 87
13377—75 88
13765—68 145
13772—68 145
13994—75 24
14673—69 159
14792—69 86
15150—69 88, 218
15543—70 218
18477—79 147, 148, 159
18496—73 83
19281—73 159
19282—73 160
19417—74 159
19903—74 159

20259—74 150
20527—75 152
22377—77 147
22661—77 160
23002—78 151, 152
24599—81 61, 65, 97

Грейферы — Классификация 59
— Масса 63
— Объем 61, 64, 65
— Приводы 50
— Требования, определяемые безопасностью эксплуатации 11
— Характеристика 96

Грейфер двухканатный двухчелюстной с одношарнирным креплением лопастных челюстей 61
— плоскодугловых лопастей 60

Грейфер двухканатный трехчелюстной 62

Грейфер двухчелюстной 59, 60 — Выбор формы челюсти 69 — Высота 69 — Геометрические размеры 67 — Зачерпывающая способность 75, 87 — Коэффициент запаса прочности — 70 — Кратность полиспада 70, 71 — Крепление челюстей 82 — Масса 70, 87 — Материал для изготовления 87 — Нарботка на отказ 88 — Объем 70 — Профиль канала головки для выхода замыкающего каната 85 — Профиль ручья канатного блока полиспада 85 — Расчет элементов 78—83 — Ресурс 88 — Требования к конструкции 83 — Технические данные 98
— с гидравлическим приводом смыкания челюстей 91 — Параметры 92
— с электромеханическим приводом смыкания челюстей 89 — Параметры 90

Грейфер многочелюстной 59, 94 — Высота 95 — Масса 95 — Технические данные 100
— с индивидуальным приводом 63
— с пневматическими челюстями и компрессорной установкой на кране 96
— с электромеханическим винтовым приводом 95
— четырехканатный 94

Грейфер моторный двухчелюстной с приводом гидравлическим 63
— пневматическим 63
— электромеханическим 63

Грейфер одноканатный 59, 88
— двухчелюстной 62
— приводной 88

Грейфер приводной 59, 63, 88

Грейфер трехчелюстной — Технические данные 98

Грейфер четырехканатный двухчелюстной 85
— клещевой с одношарнирным креплением прутковых челюстей 61
— подгребающий, с одношарнирным креплением плоских челюстей
— с двухшарнирным креплением дуговых челюстей 60
— с двухшарнирным креплением лопастных челюстей 61

Грейфер четырехканатный четырехчелюстной 62

Грейфер четырехчелюстной — Технические данные 99

Грузы — Классификация 6 — Навстренные площадки 35
— штучные — Виды 8 — Классификация 6

Д

Давление на герметизирующей контактной площади уплотнения вакуумного грузозахватного устройства 268
Демпфер 43

Допуски на шероховатость поверхности изделий для применения ВЗК 252

Древесина 8

З

Зажим 193
Зажимное грузозахватное устройство 160 — Автоматизация работы 175 — Захватные органы (см. *Органы захватные*) 173
— клещевое 160

Зажимное грузозахватное устройство с автоматическим управлением 175
— для деревянных ящиков массой до 1 т 181
— для металлических рулонов 182—184

— для строительных изделий 180
— для труб 182
— для ящиков с кирпичом с переменной шириной захвата 181
— с четырехтактным механизмом фиксации захватных органов 176, 178

Зажимное грузозахватное устройство с приводом гидравлическим 188, 189
— канатным 184, 185
— механическим 184
— пневматическим 189, 190
— электромагнитным 186, 187

Замок поворотный спредера 152
— штыревой 119, 120, 201
Затвор штоковый 184

Звено стропа соединительное — Виды 110 — Изгибающие моменты в криволинейной части 112 — Расчет 111 — Расчетные схемы 111 — разъемное треугольное 110 — Запас прочности 113 — Напряжение в опасном сечении 113 — Расчетные схемы 113

К

Камера вакуумная грузозахватная 232, 250 — Базовая грузоподъемность 265 — Параметры 262 — Распределение давления воздуха 265 — Силы, действующие при подъеме и транспортировании груза 266, 267 — Сила притяжения 265 — Типаж 261 — Уплотнение 205 — «Аэролифт» 264 — для горячих металлических листов и плит 257 — для гофрированных листов 259 — для грузов малой ширины 257 — для грузов цилиндрической формы 259 — для изделий с плоской поверхностью 255 — для корпусных стальных листов 256 — для листового материала 256 — фирмы Папкоке 253 — фирмы Тайо 262, 263 — электромагнитная 260

Канаты — Нормы браковки 10 — капроновые 11 — пеньковые 11 — сизальские 11 — стальные 11 — Требования, определяемые безопасностью эксплуатации 10 — Число проколов 10

Карабин 116, 127 — Расчет на прочность 116

Клапаны вакуумные 277

Клещевое грузозахватное устройство 5, 38, 160 — Изгибающий момент 165 — Ориентирование 36 — Параметры 161 — Расчетное усилие 164 — Расчет 164 — Расчетная схема 164 — Условие прочности рычага 165 — для балок, двоярное на траверсе 162 — для рельсов 162 — для труб полуавтоматическое 163 — для труб, двоярное на траверсе 162 — для труб, типа КЗ 164 — металлургического крана 186

— с принудительным вращением лопастным гидротолкателем на подвижной обойме 39 — с фиксирующим рычагом для грузов с отверстиями 163

Клиновое грузозахватное устройство — Конструкция 196 — Передаточная функция 197 — Расчет 197 — Сила зацепления 197

— для бетонных и железобетонных изделий 198 — с двумя кулачками в ручном отцеплении 198

— с дистанционным управлением 199 — сегментное 199, 200 — стержневое 198, 199 — типа «ножницы» 199, 200 — унифицированное с ручным отцеплением 199

Контейнерное грузозахватное устройство 5, 147 — Кинематическая схема 155 — Схема взаимодействия с фитингами 149 — Схема подвеса 158 — автоматизированное 153 — с пневмоприводом штырей 157 — с регулируемой точкой подвеса 158 — с управляемым поворотным штырем 154 — со сменными рамами 157

Контейнеры 153 — среднетоннажные 158 — Габаритные размеры 159 — универсальные 147 — Габаритные размеры 147 — Параметры 148

Коромысла — Параметры 140 — гнутые для легких грузов 139 — для деталей с одинаковой массой 139 — для конусных деталей 139 — для средних по массе грузов 139 — круглые с лысками для особо тяжелых грузов 139 — обыкновенные для деталей средней и малой массы 139

Коромысловое грузозахватное устройство 139

— автоматическое для изделий с вертикальными отверстиями 141 — для монтажа панелей перекрытий 140

— петлевое 139 — петлевое для плит перекрытий 140 — унифицированное — Параметры 141

Коэффициент трения между контактным элементом захватного органа и грузом 172

Кран — Момент инерции поворотной части 33 — Режим эксплуатации 13 —

Система динамическая 18 — Ускорения механизмов передвижения 35 — башенный — Период свободных колебаний 25 — мостовой — Система грузовых полуплоскостей 44

Крановое грузозахватное устройство вилочное 133, 134

— с горизонтально-поворотными лапами 131, 132 — с поворотными лапами 131

Кран-погрузчик гидравлический с вакуумным грузозахватным устройством на шарнирно-рычажной стреле 248

Крюки грузоподъемные — Требования, определяемые безопасностью эксплуатации 9 — чалочные 114 — Расчетное напряжение 115

Крюковое грузозахватное устройство — Стабилизация положения 44, 45 — с планетарным механизмом вращения крюка 38

Л

Лапчатое грузозахватное устройство 5 — Вес противовеса 143 — Действующие силы 142 — Классификация 129, 131 — Момент, изгибающий спинку лапы, 145 — Напряжение в материале лапы 145 — Расчет на прочность 145 — Расчетная схема уравновешивания 143 — Угол наклона лап вверх 142 — Уравновешивание 141 — Условие уравновешивания 144

— для бетонных плит 130 — для горячего проката 135 — жесткозакрепленное на колонне крана-штабелера 130

— коромысловое 139 — коромысловое для тонкостенных плит 130

— одиночное 130 — с вертикально-поворотными лапами 130 — двоярное 130 — счетверенное на траверсе для длинномерных грузов 130

Лапы прижимные 173

М

Магниты 9

Магнитное грузозахватное устройство 5, 216, 228, 229

Материал — Кусковатость 6 — Размеры наибольших кусков для грейферов 65

— сыпучий 6 — Классификация 6 — Классификация по гранулометрическому составу и насыпной плотности 66 — физико-механические параметры 7

Механизм поворота штырей 155

Механизм поворотный грузозахватного устройства — Характеристика 41 — с гидравлическим демпфером 38 — унифицированный 39

Механизм подъема крана — Классы использования 14

— Классы нагружения 13 — Коэффициент динамичности 24 — Продолжительность цикла подъема 15

— Расчет на прочность 15 — Режимы эксплуатации 13, 14 — Число циклов подъема 15

Механизм фиксации захватных органов 174

— Расчет 177 — Схема работы 177 — Цикл работы 176

Мешки с грузом 8

Момент наветренной площади 33

Н

Насос вакуумный 272 — Быстрота действия 272, 273 — Техническая характеристика 273

— водокольцевой 274 — диафрагменный 274, 275 — малогабаритный 273 — механический с масляным уплотнением 273

О

Оборудование вакуумное 272—293 — Выбор параметров 280

Опорно-зажимные грузозахватные устройства 161

Органы захватных зажимных грузозахватных устройств — Механизм фиксации 176 — Конструкция 174 — Крепление 173

— в виде кулачков на пружине 174 — гладкие металлические 174 — с накладкой из простой резины 174 — с накладкой из стальных канатов 174

— с накладкой из толстой резины 174 — с насечкой 174 — с шипами 174

Ориентирование грузозахватного устройства 35

— вращательное 36

Пакеты листового металла 8
 — листовых стройматериалов 8
 — пиломатериалов 7
 Пластины 173
 Плиты железобетонные для ленточных фундаментов 8
 Поворотное грузозахватное устройство — Максимальный угол поворота траверсы 54 — Методика расчета 55 — Полиспаст 50 — Схема канатного подвеса 50 — Угловая жесткость подвеса 51 — Угол поворота бифилярного подвеса 50, 51 — Характеристика 40 — для работы с малыми контейнерами 41
 Погрузчик листовой стали с вакуумным грузозахватным устройством 246, 247
 Полиспаст грузовой 43, 50
 Преобразователь вращающийся 222 — статический 222
 Прижим жесткий 173 — пружинный 173

Рамное грузозахватное устройство 152 — с крючьями, заводимыми вручную в фитинги 153
 Резина — Физико-механические свойства 252, 279
 Ресивер вакуумный 275 — Объем 275 — Схема 276 — Толщина стенок 276
 Рулоны бумаги 8 — стальные — Параметры 182
 Рычажное фрикционное самозажимное грузозахватное устройство 165, 166 — со стягиваемой рычажной системой 165, 167 — с распорной рычажной системой 167
 Рычажно-канатное грузозахватное устройство зажимное для ящиков 168 — для бумаги в рулонах 168 — для дорожных бордюров 168 — для каучука в кипах 168 — для целлюлозы в кипах 168
 Рычажно-канатное грузозахватное устройство самозажимное 169 — Параметры 170
 Рычажно-клиновое грузозахватное устройство 196

Средеры — Габаритные размеры 151 — Замки поворотные 152 — Параметры 151 — Предпочтительность конструктивного исполнения 152 — Схемы 151
 Стабилизация положения грузозахватного устройства 35
 Строп — Звенья соединительные 110 — Расчет концевых элементов 111 — грузовой одноветвевой 102
 Строп канатный 103, 201 — Грузоподъемность 107 — Заплетка канатов 106 — Нагрузка на ветвь 108 — Разрывное усилие 107 — Соединение втулочное 105 — Соединение гильзо-клиновое 105 — Схема для определения размеров 107 — Требования, определяемые безопасностью эксплуатации 10 — двухветвевой 103 — многоветвевой 104, 106 — одноветвевой 104 — трехветвевой 103 — универсальный 104, 105 — уравнивающий 103 — четырехветвевой 105
 Строп полуавтоматический 41
 Строп универсальный — Параметры 122 — с инвентарными опорами и дистанционной расстропкой 121
 Строп цепной 11, 103, 108 — одноветвевой 109 — трехветвевой 109 — универсальный 109 — четырехветвевой 109
 Строповое грузозахватное устройство 5, 102 — Классификация 102 — Параметры 122 — Способы захвата груза 103 — с якорным замком для дистанционной расстропки 122 — универсальное с дистанционной отцепкой крюков 117
 Т

Траверса 43 — Изгибающий момент 213 — Классификация 200 — Масса 213 — Момент сопротивления 213 — Расчет 213 — Сжимающее горизонтальное усилие 214 — Стабилизация положения 49 — Усилие в тяге 213 — автоматическая для увязанных пакетов проката 135

— балансирная с дистанционной расстропкой для монтажа железобетонных ферм 205 — балочная с балансирными стропами 201 — балочная составная изменяемой длины 201 — для грузов большой массы 211 — для двухпустотных перекрытий 204 — для железобетонных балок 205 — для железобетонных ферм и балок 205 — для металлических и железобетонных плит 206 — для пакетов стальных листов 204 — для подстропильных ферм 205 — для трех плит перекрытий 204 — для цилиндрических изделий 209 — кольцевая 208 — листовой конструкции 210 — плоскостная 207 — пространственноразвитая 208 — решетчатая 200, 201 — со скобой для навески на крюк 201 — универсальная 202, 212 — Параметры 203, 212
 Траверса унифицированная — Конструкция 211 — для монтажа колонн 203
 Тяга грейфера 82, 83

Узел рымный 159
 Уплотнения вакуумных захватных камер 251 — Классификация 250 — Крепление 253 — фирмы Панкоке 254
 Успокоитель активный 48 — Момент от ветровой нагрузки 50 — Усилие, воспринимаемое канатом 49 — Устройство 49 — Характеристика 49 — пассивный 45 — Коэффициент затухания 45 — Кратность полиспаста 47 — Масса балластного груза 46, 48 — Ход балластного груза 46
 Устройство грузозахватное (см. под их названиями, например *Ланчатое грузозахватное устройство*)
 Устройство грузозахватное 5 — Динамика вращательного движения 50 — Динамическая нагрузка 18 — Зона оптимальной долговечности 13 — Классификация 5 — Коэффициент запаса прочности 16 — Нагрузка 18

— Нагрузочный график 17 — Ориентирование положения 35 — Ориентирование вращательное 36, 37 — Ориентирование вручную 36 — Ориентирование принудительным вращением 37 — Продолжительность цикла 15 — Расчет на прочность 12 — Способы управления 5 — Стабилизация положения 35, 43 — Статическая нагрузка 18 — Срок службы 12 — Требования, определяемые безопасностью эксплуатации 9 — Усилие отрыва груза 18 — Цикл работы 17 — Эквивалентная нагрузка 17
 Устройство грузозахватное крана — Варианты нагружения 20—22 — Вертикальная нагрузка 34 — Время отрыва груза 24 — Динамическая нагрузка 19, 23, 28, 31 — Коэффициент динамичности 19, 21, 23, 29, 30, 32, 35 — Полная нагрузка 21 — Перемещение груза 29 — Сила, сдвигающая груз 31 — Скорость перемещения груза 29 — Статическая нагрузка 19 — Схема динамического нагружения 29, 32 — Уравнение движения 20, 23, 29, 32 — Уравнение динамического равновесия 33 — Усилие в упругом звене 20 — Частота колебаний груза 29 — башенного — Коэффициент динамичности 24, 25 — мостового — Коэффициент динамичности 25, 28
 Устройство для автоматического освобождения крюка от петли грузового стропа 118 — присоединительное канатов 86
 Фитинги 147, 159 — Конструкции 150 — Нагрузки 150 — Схема взаимодействия с грузозахватным устройством 149
 Фрикционное грузозахватное устройство 5 — зажимное 161 — Параметры 166 — зажимное стягиваемое для узких грузов 167 — зажимное стягиваемое для широких грузов 167 — самозажимное — Расчет 169

Ц

- Цепи — Сращивание, определяемые безопасностью эксплуатации 11
 — грузовые сварные 109
 — круглозвенные 11
 — якорные литые 11
 — якорные сварные 11

Ч

- Челюсть грейфера 59
 Челюсть грейфера двухчелюстного 91
 — Выбор формы 69
 — Высота 67
 — Длина 67
 — Заглубление 74
 — Изгибающий момент в боковинах 81
 — Нагрузка на кромке 75
 — Плечо 76
 — Полуразмах 76
 — Раскрытие 69
 — Сопrotивление внедрению 74
 — Толщина ножа 68
 — Угол раскрытия 69
 — Ширина 67
 — Ширина ножа 81

Ш

- Шаровое грузозахватное устройство 196
 Штыри 153, 201
 — Механизм поворота 155
 Штырьевое грузозахватное устройство 125
 — для колонн 125, 128
 — с дистанционной расстроповкой 127, 128
 — с электромеханическим приводом и дистанционным управлением 129
 — унифицированное с рычажно-электромагнитным приводом 124
 Штырьевое-строповое грузозахватное устройство 119 — Параметры 121
 — механизированное 123
 — с приводом безрычажным электромагнитным 124

- с приводом рычажно-пневматическим 123, 124
 — с приводом рычажным электромагнитным 123, 124
 — со скобой для заякоривания стропа и вытягиваемым штырем 120, 121
 — с управлением при помощи тормозных электромагнитов 123
 — унифицированное с рычажно-электромагнитным приводом 127

Э

- Эксцентриковое грузозахватное устройство 5 — Классификация 191 — КПД 195 — Параметры 191 — Передаточное число 195 — Расчет 195 — Сила сжатия 195
 — зарубежные 193 — Параметры 194
 — для транспортирования листового проката в горизонтальном положении 192
 — с двусторонним расположением эксцентриков 192
 — с одним эксцентриком, поджимаемым вручную 192
 — с одним эксцентриком, поджимасом натяжением подъемного каната 193
 Электромагнитное грузозахватное устройство 216
 Грузоподъемность 216 — Установка на кране 217
 — вакуумное 260
 — для длинноременного проката с предохранительными лапачи 224, 225
 — для металлических листов с предохранительным устройством 223, 224
 — для труб большого диаметра с предохранительным устройством 224
 — круглой формы 217
 — прямоугольной формы 217
 Электромагниты — Максимальная используемая мощность 221 — Параметры 218 — Подключение к внешней электросети 218 — Техническая характеристика 219
 — круглые — Параметры 220
 — тормозные — Параметры 222, 223
 Элемент зажимной 174
 — распорный клинчатого грузозахватного устройства 197

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | | | |
|--|----|--|-----|
| Введение | 3 | 2.1.2. Характеристика зачерпываемых материалов | 65 |
| 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ | 5 | 2.2. Расчет основных параметров двухчелюстных грейферов | 65 |
| 1.1. Классификация и общая характеристика грузозахватных устройств | 5 | 2.2.1. Общие предпосылки расчета | 65 |
| 1.1.1. Классификация | 5 | 2.2.2. Геометрические размеры грейфера | 67 |
| 1.1.2. Характеристика грузов, с которыми взаимодействуют краевые грузозахватные устройства | 6 | 2.2.3. Масса грейфера | 70 |
| 1.1.3. Требования к краевым грузозахватным устройствам, определяемые безопасностью их эксплуатации | 9 | 2.2.4. Силы взаимодействия между элементами грейфера | 70 |
| 1.1.4. Надежность и прочностные расчеты грузозахватных устройств | 12 | 2.2.5. Кратность полиспаста замыкающего каната | 71 |
| 1.2. Нагрузки, действующие на грузозахватные устройства | 18 | 2.2.6. Проверка зачерпывающей способности грейфера | 75 |
| 1.2.1. Общая характеристика | 18 | 2.3. Расчет элементов двухчелюстного грейфера на прочность | 78 |
| 1.2.2. Статическая нагрузка | 18 | 2.3.1. Параметры загрузки | 78 |
| 1.2.3. Динамическая нагрузка при работе механизма подъема | 19 | 2.3.2. Конструктивное исполнение и расчет элементов двухчелюстного грейфера | 81 |
| 1.2.4. Динамическая нагрузка при передвижении крана | 28 | 2.3.3. Требования к конструкции грейфера | 83 |
| 1.2.5. Динамическая нагрузка при вращении поворотной части крана | 31 | 2.4. Грейферы нестандартных типов | 88 |
| 1.2.6. Расчетная нагрузка | 34 | 2.4.1. Одноканатные грейферы | 88 |
| 1.3. Ориентирование и стабилизация положения грузозахватных устройств | 35 | 2.4.2. Приводные грейферы | 88 |
| 1.3.1. Определеие | 35 | 2.4.3. Многочелюстные грейферы | 94 |
| 1.3.2. Устройства для вращательного ориентирования грузозахватных устройств | 36 | 2.5. Характеристика грейферов, находящихся в эксплуатации | 96 |
| 1.3.3. Устройства для стабилизации положения грузозахватных устройств | 43 | Список литературы | 101 |
| 1.3.4. Пассивные успокоители | 45 | 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ | 102 |
| 1.3.5. Активные успокоители | 48 | 3.1. Строповые грузозахватные устройства | 102 |
| 1.3.6. Динамика вращательного движения грузозахватного устройства | 50 | 3.1.1. Определения и классификация | 102 |
| Список литературы | 58 | 3.1.2. Грузовые канатные стропы | 103 |
| 2. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ | 59 | 3.1.3. Расчет канатных ветвей стропов | 107 |
| 2.1. Классификация грейферов и характеристика зачерпываемых материалов | 59 | 3.1.4. Грузовые цепные стропы | 108 |
| 2.1.1. Классификация грейферов | 59 | 3.1.5. Звенья и детали стропов | 110 |
| | | 3.1.6. Расчет концевых элементов стропов | 111 |
| | | 3.2. Строповые грузозахватные устройства с дистанционным и автоматическим управлением | 116 |
| | | 3.2.1. Грузозахватные устройства с дистанционной и автоматической отцепкой и зацепкой крюков | 116 |
| | | 3.2.2. Штырьевые-строповые грузозахватные устройства | 119 |
| | | 3.2.3. Штырьевые-строповые механизированные грузозахватные устройства | 123 |

| | | | | | | | |
|--|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| 3.2.4. Штырьевые грузозахватные устройства | 125 | 3.8.3. Расчет эксцентрикового грузозахватного устройства | 195 | 4.4. Вакуумное оборудование грузозахватных устройств | 272 | 4.5. Безнасосные вакуумные грузозахватные устройства | 285 |
| 3.3. Ланчатые поддерживающие грузозахватные устройства | 129 | 3.8.4. Клиновые грузозахватные устройства | 196 | 4.4.1. Вакуумные насосы и основные факторы, определяющие их выбор для получения вакуума | 275 | 4.5.1. Определение и классификация | 285 |
| 3.3.1. Классификация и общие сведения | 129 | 3.8.5. Конструктивное исполнение и характеристика клиновых грузозахватных устройств для бетонных и железобетонных изделий | 198 | 4.4.2. Вакуумные ресиверы | 275 | 4.5.2. Диафрагменно-поршневые вакуумные грузозахватные устройства | 286 |
| 3.3.2. Грузозахватные устройства с горизонтально-поворотными лапами (вилами) | 131 | 3.9. Грузозахватные траверсы | 200 | 4.4.3. Приборы контроля и управления | 277 | 4.5.3. Расчет безнасосных грузозахватных устройств | 289 |
| 3.3.3. Грузозахватные устройства с вертикально-поворотными лапами | 136 | 3.9.1. Классификация и основные требования | 200 | 4.4.4. Соединение узлов вакуумной системы | 279 | Список литературы | 293 |
| 3.3.4. Коромысловые грузозахватные устройства | 139 | 3.9.2. Конструкции траверс для строповки к подъемна металлургических и железобетонных конструкций | 202 | 4.4.5. Расчет вакуумных систем и выбор параметров вакуумного оборудования | 280 | Предметный указатель | 294 |
| 3.3.5. Расчет ланчатых грузозахватных устройств | 142 | 3.9.3. Траверсы для строповки и подъема технологического оборудования | 205 | | | | |
| 3.4. Грузозахватные устройства для контейнеров | 147 | 3.9.4. Траверсы для транспортирования грузов двумя кранами | 210 | | | | |
| 3.4.1. Характеристика контейнеров | 147 | 3.9.5. Расчет траверс | 213 | | | | |
| 3.4.2. Параметры стредеров | 151 | Список литературы | 214 | | | | |
| 3.4.3. Грузозахватные устройства для универсальных контейнеров | 152 | | | | | | |
| 3.4.4. Зарубежные грузозахватные устройства для контейнеров | 156 | | | | | | |
| 3.4.5. Грузозахватные устройства для среднетоннажных контейнеров | 158 | 4. ПРИТЯГИВАЮЩИЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ | 216 | | | | |
| 3.5. Зажимные грузозахватные устройства | 160 | 4.1. Электромагнитные и магнитные грузозахватные устройства | 216 | | | | |
| 3.5.1. Классификация и назначения | 160 | 4.1.1. Грузоподъемные электромагниты | 216 | | | | |
| 3.5.2. Клещевые грузозахватные устройства | 161 | 4.1.2. Параметры грузоподъемных электромагнитов | 218 | | | | |
| 3.5.3. Рычажные фрикционные самозажимные грузозахватные устройства | 165 | 4.1.3. Грузоподъемные электромагниты нестандартного исполнения | 222 | | | | |
| 3.5.4. Рычажно-канатные самозажимные грузозахватные устройства | 169 | 4.1.4. Электромагнитные грузозахватные устройства с предохранительными приспособлениями | 223 | | | | |
| 3.5.5. Расчет фрикционных самозажимных грузозахватных устройств | 169 | 4.1.5. Расчет электромагнитных грузозахватных устройств | 225 | | | | |
| 3.5.6. Конструкции захватного органа зажимного грузозахватного устройства и давление при его контакте с грузом | 173 | 4.1.6. Магнитные грузозахватные устройства | 228 | | | | |
| 3.6. Зажимные грузозахватные устройства с автоматическим управлением | 175 | 4.2. Вакуумные грузозахватные устройства | 229 | | | | |
| 3.6.1. Общая характеристика | 175 | 4.2.1. Определение и классификация | 229 | | | | |
| 3.6.2. Грузозахватные устройства с четырехтактным механизмом фиксации захватных органов | 175 | 4.2.2. Автономные вакуумные грузозахватные траверсы | 232 | | | | |
| 3.6.3. Расчет механизма фиксации | 177 | 4.2.3. Зарубежные вакуумные грузозахватные траверсы | 237 | | | | |
| 3.6.4. Технические характеристики грузозахватных устройств с четырехтактным механизмом фиксации | 178 | 4.2.4. Вакуумные грузозахватные траверсы с размещением вакуумнасосного оборудования на кране | 245 | | | | |
| 3.6.5. Грузозахватные устройства для металлических рулонов | 182 | 4.3. Вакуумные грузозахватные камеры | 250 | | | | |
| 3.7. Зажимные грузозахватные устройства с механическим приводом | 184 | 4.3.1. Уплотнения вакуумных грузозахватных камер | 250 | | | | |
| 3.7.1. Грузозахватные устройства с канатным приводом | 184 | 4.3.2. Вакуумные грузозахватные камеры для изделий с плоской поверхностью | 255 | | | | |
| 3.7.2. Грузозахватные устройства с электромеханическим приводом | 186 | 4.3.3. Вакуумные грузозахватные камеры для изделий с криволинейной поверхностью | 258 | | | | |
| 3.7.3. Грузозахватные устройства с гидравлическим приводом | 188 | 4.3.4. Вакуумные электромагнитные грузозахватные камеры | 260 | | | | |
| 3.7.4. Грузозахватные устройства с пневмоприводом | 189 | 4.3.5. Типаж вакуумных грузозахватных камер | 261 | | | | |
| 3.8. Эксцентриковые и клиновые грузозахватные устройства | 191 | 4.3.6. Определение базовой грузоподъемности вакуумной грузозахватной камеры | 265 | | | | |
| 3.8.1. Конструктивное исполнение и характеристика эксцентриковых грузозахватных устройств | 191 | 4.3.7. Силы, действующие при подъеме и транспортировании груза вакуумным грузозахватным устройством | 266 | | | | |
| 3.8.2. Конструкции и параметры зарубежных эксцентриковых грузозахватных устройств | 193 | | | | | | |