

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. директора НТИ (филиал) СКФУ  
\_\_\_\_\_ В.В. Кузьменко  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Методические указания для практических занятий**

Направление подготовки – 15.03.02 Технологические машины и оборудование  
Профиль подготовки: Технологическое оборудование химических и нефтехи-  
мических производств  
Квалификация (степень) выпускника - бакалавр

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. зав. кафедрой ХТМиАХП  
\_\_\_\_\_ Е.Н. Павленко  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рассмотрено УМК  
Протокол №\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ г.

Председатель УМК НТИ (филиал)  
СКФУ  
\_\_\_\_\_

**РАЗРАБОТАНО:**

И.о. зав. кафедрой ХТМиАХП  
\_\_\_\_\_ Е.Н. Павленко  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Доцент кафедры ХТМАХП  
\_\_\_\_\_ А.И. Свидченко  
"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Невинномысск, 2020

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**Невинномысский технологический институт (филиал)**

А.И. Свидченко

**МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**  
**Методические указания для практических занятий**

Направление подготовки – 15.03.02 Технологические машины и оборудование  
Профиль подготовки - Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств  
Квалификация (степень) выпускника - бакалавр

Невинномысск, 2020

УДК: 658.511: 66  
ББК 35  
С24

Печатается по решению УМС НТИ (филиал)  
Северо-Кавказского федерального  
университета

Рецензенты: доцент кафедры химической технологии, машин и аппаратов химических производств, канд. хим. наук *А.Л. Проскурнин*; начальник отдела технического развития АО «Невинномысский Азот» *А.М. Новоселов*

**Составитель: А.И. Свидченко**

С24 Монтаж технологического оборудования. Методические указания для практических занятий. / – Невинномысск: Изд-во НТИ (филиал) СКФУ, 2020. – с.

Методические указания подготовлены в соответствии с программой дисциплины «Монтаж технологического оборудования», разработанной в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки бакалавров. Содержат отдельные теоретические вопросы, примеры расчетов и задачи для решения по разделам изучаемого теоретического материала, вынесенным на практические занятия, а также список рекомендуемой литературы [1-11]. Предназначено для получения знаний по дисциплине «Монтаж технологического оборудования» студентами направления подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

УДК 658.511: 66  
ББК 35

© Свидченко А.И.  
© ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Невинномысский технологический институт (филиал), 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	6
Практическое занятие №1. Расчет стальных канатов и канатных стропов.....	6
Практическое занятие №2. Расчет траверс.....	9
Практическое занятие № 3. Расчет и подбор полиспастов.....	13
Практическое занятие №4. Определение канатоемкости и расчет закрепления лебедок.....	19
Практическое занятие №5. Расчет якорей.....	22
Практическое занятие №6. Расчет поворотных шарниров.....	26
Практическое занятие №7. Расчет тягового усилия при транспортировании оборудования и выбор автотранспортных средств.....	29
Практическое занятие № 8. Расчет монтажных штуцеров.....	33
Практическое занятие № 9. Подбор грузоподъемного крана для монтажа вертикального сосуда.....	38
ЛИТЕРАТУРА.....	43

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания составлены на современном научном уровне и рассчитаны на студентов, обладающих достаточной подготовкой по разделам дисциплин: процессы и аппараты химической технологии, технологические машины и оборудование.

Методические указания составлены для проведения практических занятий курса «Монтаж технологического оборудования» с учетом требований стандарта третьего поколения ФГОС ВО для подготовки бакалавров направления 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

При подготовке издания учтены основные изменения в программе дисциплины и тенденции ее развития. Предлагаемые методические указания состоят из раздела, материал которого используется при подготовке и проведении практических занятий.

В результате освоения материала методических указаний по дисциплине «Монтаж технологического оборудования» образовательной программы студент приобретает следующие компетенции:

*профессиональные:* ПК-12 – способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции; ПК-15 – умеет выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин.

Содержание методических указаний соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования к содержанию дисциплины «Монтаж технологического оборудования» для студентов направления 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Приобретаемые компетенции образовательной программы при освоении материала методических указаний – ПК-12, ПК-15. Изучив этот материал, бакалавр будет:

знать:

- выбор основных и вспомогательных материалов и способов реализации основных технологических процессов и применения прогрессивных методов эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения;

уметь:

- участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции;

- составлять заявки на оборудование и запасные части, подготавливать техническую документацию на ремонт оборудования;

владеть:

- способами обеспечения технического оснащения рабочих мест с размещением технологического оборудования, освоения вводимого оборудования;

- методами приемки смонтированного оборудования.

Ниже приведены примеры и задачи, рассматриваемые по основным темам дисциплины, согласно ФГОС ВО и рабочей учебной программы.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### Практическое занятие №1. Расчет стальных канатов и канатных стропов

**Цель:** приобретение знаний и умений по расчету и выбору элементов такелажной оснастки.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является освоение способов расчета канатов и стропов.

При выполнении такелажных работ, связанных с монтажом различного технологического оборудования и конструкций чаще всего применяются стальные канаты. Они используются для изготовления стропов и грузовых подвесок, в качестве расчалок, оттяжек и тяг, также для оснастки полиспастов, лебедок и монтажных кранов.

Стальные канаты рассчитываются на прочность путем определения максимальных расчетных усилий в ветвях, умножения на коэффициент запаса прочности и сравнения полученных значений с разрывным усилием каната в целом. При этом расчетные усилия, действующие на канат, включают нормативные нагрузки без учета коэффициентов перегрузки и динамичности массы грузов с монтажными приспособлениями и усилий в оттяжках, тягах.

*Расчет стального каната проводят в следующем порядке.*

1. Определяют разрывное усилие каната (кН):

$$R_H = S \cdot k_3,$$

где  $S$  – максимальное расчетное усилие в канате, кН;  $k_3$  - коэффициент запаса прочности.

2. В зависимости от назначения выбирают более гибкий (6×36) или более жесткий (6×19) канат и по таблице ГОСТа устанавливают его характеристику: тип, конструкцию, временное сопротивление разрыву, разрывное усилие (не менее расчетного) диаметр и массу.

**Пример 1.1.** Подобрать и рассчитать стальной канат для электролебедки с тяговым усилием  $S = 100$  кН.

Решение

1. Подсчитываем разрывное усилие в канате, определив по данным [10, 11] коэффициент запаса прочности  $k_3 = 5$  для грузового каната с легким режимом работы.

Тогда

$$R_H = S \cdot k_3 = 100 \cdot 5 = 500 \text{ кН.}$$

2. Выбираем для лебедки гибкий канат ЛК – РО конструкции 6×36 (1+7+7/7+14) +1 о. с. (ГОСТ 7668 -81\*) и по таблице ГОСТа определяем его характеристики:

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

*Расчет канатных стропов производят в следующем порядке.*

Схема к расчету приведена на рисунке 1.1.

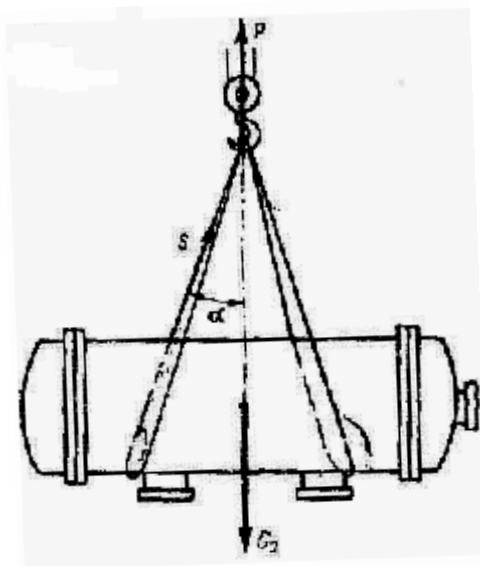


Рисунок 1.1 – Расчетная схема стропов

1. Определяют натяжение (кН) в одной ветви стропа:

$$S = P / (m \cdot \cos \alpha),$$

где  $P$  – расчетное усилие, приложенное к стропу, без учета коэффициентов нагрузки и динамичности, кН;  $m$  – общее количество ветвей стропа;  $\alpha$  – угол между направлением действия расчетного усилия и ветвью стропа, которым задаются исходя из поперечных размеров поднимаемого оборудования и способа



строповки (этот угол рекомендуется назначать не более  $45^0$ , имея в виду, что увеличением его усилие в ветви стропа значительно возрастает).

2. Находят разрывное усилие в ветви стропа (кН):

$$R_H = S \cdot k_3,$$

где  $k_3$  - коэффициент запаса прочности для стропа (по данным [10, 11]).

3. По расчетному разрывному усилию, пользуясь таблицей ГОСТа (по данным [10, 11]), подбирают наиболее гибкий стальной канат и определяют его технические данные: тип и конструкцию, временное сопротивление разрыву, разрывное усилие и диаметр.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Необходимо провести расчет используемого для строповки горизонтального аппарата стального каната по вышеописанной методике.

Таблица 1.1 – Исходные данные к заданию

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Масса аппарата, $G_0$ , т	36	36	38	38	35	40	42	42	32	30	30	25

## Практическое занятие №2. Расчет траверс

**Цель:** приобретение знаний и умений по расчету и выбору элементов та-  
келажной оснастки.

Организационная форма занятия – традиционная.

Целью заданий является освоение способов расчета траверс.

Траверсы представляют собой жесткие грузозахватные приспособления, используемые для строповки при подъеме крупногабаритных конструкций и оборудования.

В практике монтажа оборудования применяются траверсы двух типов – работающие на изгиб и на сжатие (рисунок 2.1).

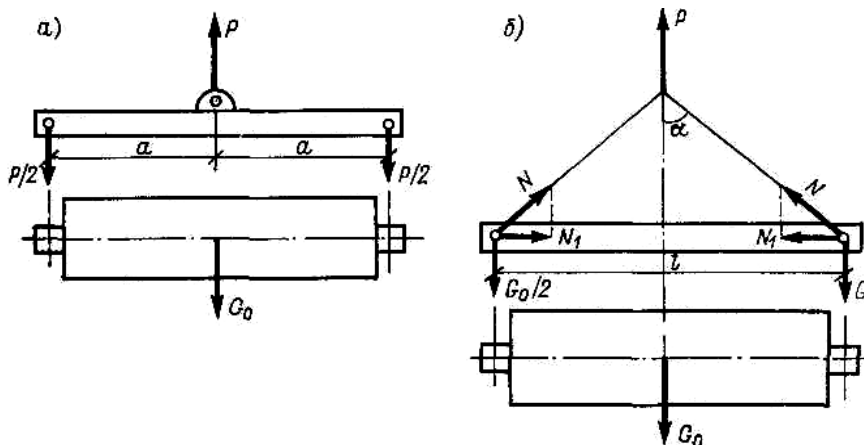


Рисунок 2.1 – Расчетные схемы траверс, работающих на изгиб и сжатие: а) на изгиб; б) на сжатие

Расчет траверсы, работающей на сжатие, производят в следующем порядке.

1. Находят натяжение в каждой канатной подвеске (кН), соединяющей стержень траверсы с крюком грузоподъемного механизма:

для однобалочной траверсы

$$N = 10 \cdot G_0 / (2 \cdot \cos \alpha),$$

где  $G_0$  – масса поднимаемого оборудования, т;  $\alpha$  – угол наклона тяги к вертикали ( $\alpha = 45^\circ$ ).

2. По найденному усилию рассчитывают стальной канат для подвесок (см. расчет каната).

3. Определяют сжимающие усилия в стержнях траверсы (кН):

$$N_1 = 10 \cdot G_0 \cdot K_n \cdot K_d \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2,$$

где  $K_n$  – коэффициент прочности;  $K_d$  – коэффициент динамичности

( $K_n=K_\delta=1,1$ ).

4. В зависимости от величины нагрузки и длины траверсы задаются формой её поперечного сечения, выбирая сплошное сечение из одиночного швеллера, двутавра или стальной трубы. Для усиленной траверсы (сквозной) применяют сечение из двух швеллеров, двутавров, трубы усиленной уголками.

5. Если траверса изготовлена сплошного сечения, то для расчета его площади используют формулу ( $\text{см}^2$ ):

$$F_{mp} = N_1(\varphi \cdot m \cdot 0,1R),$$

где  $\varphi$  - коэффициент продольного изгиба;  $m$  - коэффициент условий работы ( $m=0,85$ );  $R$  - расчетное сопротивление сортового стального проката (по данным [10, 11]), МПа.

6. По данным [10, 11] подбирают стальную трубу, двутавр или швеллер (по сортаменту).

7. Находят расчетную длину траверсы:

$$l_c = \mu \cdot l, \text{ см},$$

где  $\mu$  - коэффициент приведения длины (по данным [10, 11]);  $l$  - расстояние между точками крепления стропов, см.

8. Определяют гибкость траверсы

$$\lambda = l_c / r^T,$$

где  $r^T$  - радиус инерции сечения, см.

9. По данным [10, 11] находят коэффициент продольного изгиба  $\varphi$ :

$$\varphi = 0,714.$$

10. Полученное сечение траверсы проверяют на устойчивость по формуле:

$$N_r / (F^T \cdot \varphi) \leq m \cdot R.$$

Соблюдение данного неравенства свидетельствует об устойчивости сечения балки траверсы.

Особенности расчета траверсы сквозного сечения приводятся в литературе [10].

**Пример 2.1.** Рассчитать и подобрать сечение балки траверсы, работающей на изгиб, для подъема ротора турбины массой  $G_o = 24$  т с расстоянием между канатными подвесками  $l = 4$  м (рисунок 2.1 а).

#### Решение

1. Подсчитываем нагрузку, действующую на траверсу

$$P = 10G_o k_n k_d = 10 \cdot 24 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 290 \text{ кН},$$

где  $k_n = k_d = 1,1$  – коэффициенты прочности и динамичности, учитывающие возможность перегрузки и повышения нагрузки за счёт изменения скорости подъёма груза, соответственно.

2. Определяем изгибающий момент в траверсе

$$M = P \cdot a/2 = 290 \cdot 200/2 = 29000 \text{ кН} \cdot \text{см},$$

где  $a = l/2$  – величина плеча приложения нагрузки, см (см. рисунок 2.1 а).

3. Вычисляем требуемый момент сопротивления поперечного сечения траверсы

$$W_{тр} = M / (m \cdot 0,1 \cdot R) = 29000 / (0,85 \cdot 0,1 \cdot 210) = 1624 \text{ см}^3,$$

где  $m = 0,85$  – коэффициент условий работы;  $R = 210$  МПа – сопротивление материала траверсы (справочные данные).

4. Выбираем по справочным данным конструкцию балки траверсы сквозного сечения, состоящую из двух двутавров, соединенных стальными пластинами на сварке.

5. Подобрав по таблице ГОСТ два двутавра № 40 со значением  $\hat{W}_x = 953$  см<sup>3</sup>, определяем момент сопротивления сечения траверсы в целом

$$W_x = 2\hat{W}_x = 2 \cdot 953 = 1906 \text{ см}^3 > W_{тр} = 1624 \text{ см}^3,$$

что удовлетворяет условию прочности расчетного сечения траверсы.

#### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Необходимо провести расчет используемой для строповки горизонтального аппарата траверсы работающей на сжатие по вышеописанной методике.

Таблица 2.1 – Исходные данные к заданию

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Масса аппарата, $G_0$ , т	36	36	38	38	35	40	42	42	32	30	30	25
Длина траверсы $l$ , м	4	3	5	4	3	5	5	5	4	3	2	2

### Практическое занятие № 3. Расчет и подбор полиспастов

**Цель:** приобретение знаний и умений по расчету и выбору элементов та-  
келажной оснастки.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является освоение способов расчета и подбора полиспас-  
тов.

Полиспасты – представляют собой систему из двух блоков – подвижного и неподвижного, каждый из которых состоит из одного или нескольких роликов, огибаемых канатом. Один конец каната крепится к подвижному блоку, а второй конец подаётся на барабан лебедки. Полиспасты собирают из блоков, грузоподъёмность которых соответствует грузоподъёмности полиспаста.

При компоновке полиспаста нужно, чтобы необходимое усилие на сбегавшей ветви было равно тяговому усилию на лебёдке или несколько меньше. Схемы к расчету полиспастов приведены на рисунке 3.1.

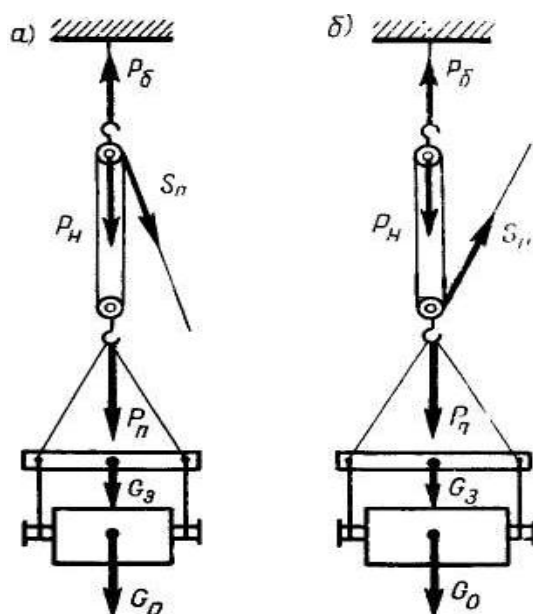


Рисунок 3.1 – Расчетные схемы полиспастов, расположенных вертикально

*Порядок расчёта полиспаста.*

1. Определяют усилие, действующее на крюке подвижного блока полиспаста (кН):

- при подъёме груза (рисунок 3.1):

$$P_n = 10G_0 + 10G_3,$$

где  $G_0$  - масса поднимаемого груза, т;  $G_3$  - масса захватного устройства (траверсы), т;

- при работе полиспаста в горизонтальном или наклонном положении:

$$P_n = P_p,$$

где  $P_p$  - расчётное усилие, действующие на полиспаст при натяжении грузовых и тяговых канатов, оттяжки, вант, кН.

2. Находят усилие, действующее на неподвижный блок полиспаста (кН):

а) направление сбегающей ветви с неподвижного блока полиспаста;

б) направление сбегающей ветви с подвижного блока;

- при направлении сбегающей ветви с неподвижного блока:

$$P_m = k \cdot P_n,$$

где  $k$  – коэффициент, принимаемый по данным [10, 11]:

Грузоподъёмность полиспаста, т	До 30	От 30÷50	От 50÷200	Более 200
Коэффициент $k$	1,2	1,15	1,1	1,07

- при направлении сбегающей ветви с подвижного блока

$$P_m = P_n - S_n,$$

где  $S_n$  – усилие в сбегающей ветви полиспаста, кН; принимается ориентировочно в зависимости от грузоподъёмности полиспастов по данным [10, 11]:

до 50т	$S_n = 0,15 P_n$
50÷150т	$S_n = 0,1 P_n$
>150т	$S_n = 0,08 P_n$

3. По усилиям  $P_n$  и  $P_m$  подбирают подвижные и неподвижные блоки, определяя по данным [10, 11] их технические данные: грузоподъёмность, количество, диаметр роликов, массу, а также длину полиспаста в стянутом виде.

4. Находят усилие сбегающей ветви полиспаста, являющееся наибольшим (кН):

$$S_n = P_n / (m_n \cdot \eta),$$

где  $m_n$  – общее количество роликов в полиспасте без учёта отводных блоков полиспаста;  $\eta$  – КПД полиспаста.

5. Определяют разрывное усилие в сбегающей ветви полиспаста, по которому подбирают канат для его оснастки (кН).

6. Подсчитывают длину каната для оснастки полиспаста:

$$L = m_n(h + 3,14d_p) + l_1 + l_2,$$

где  $h$  – длина полиспаста в растянутом виде, м (исходя из конкретных условий такелажной операции);  $d_p$  – диаметр роликов в блоках, м (приложение К [11]);  $l_1$  – длина сбегающей ветви от ролика блока до барабана лебёдки, м;  $l_2$  – расчетный запас длины каната,  $l_2 = 10$  м.

7. Подсчитывают суммарную массу полиспаста:

$$G_n = G_b + G_k,$$

где  $G_b$  – масса обоих блоков полиспаста, т (по данным [10, 11]);  $G_k$  – масса каната для оснастки полиспаста  $G_k = Lg_k/1000$ ;  $g_k$  – масса 1000 м каната, т (по данным [10, 11]).

8. Определяют усилие, действующее на канат, закрепляющий неподвижный блок полиспаста (кН):

- сбегающая ветвь, сходящая с неподвижного блока:

$$P_b = 10G_0 + 10G_3 + 10G_n + S_n$$

- то же с подвижного:

$$P_b = 10G_0 + 10G_3 + 10G_n - S_n.$$

9. По усилию  $P_b$  – рассчитывают канат для крепления неподвижного блока полиспаста.

10. По усилию в сбегающей ветви полиспаста  $S_n$  подбирают тяговый механизм лебедки (по данным [10, 11]).

**Пример 3.1.** Рассчитать и подобрать полиспаст для подъема горизонтального цилиндрического сосуда массой  $G_0 = 70$  т с помощью траверсы массой  $G_3 = 1$  т на высоту  $h = 12$  м (рисунок 3.1).



## Решение

1. Подсчитываем усилие, действующее на подвижный блок полиспаста

$$P_{\text{п}} = 10G_0 + 10G_3 = 10 \cdot 70 + 10 \cdot 1 = 710 \text{ кН.}$$

2. Находим усилие, действующее на неподвижный блок полиспаста

$$P_{\text{н}} = 1,1P_{\text{п}} = 1,1 \cdot 710 = 781 \text{ кН.}$$

3. Используя справочные данные, подбираем оба блока по наибольшему усилию  $P_{\text{н}}$  со следующими характеристиками: грузоподъемность - 100 т, количество роликов - 5 диаметром 700 мм, масса - 1605 кг.

Таким образом, в полиспасте, состоящем из двух блоков, общее количество роликов  $m_{\text{п}} = 5 \cdot 2 = 10$  шт, масса  $G_6 = 1605 \cdot 2 = 3210$  кг.

4. Выбираем блоки с роликами на подшипниках качения и принимаем два отводных блока, установленных на сбегающей ветви до лебедки. По справочным данным находим коэффициент полезного действия полиспаста  $\eta = 0,783$  для общего количества роликов 12 (10 полиспастных и 2 отводных) и рассчитываем усилие в сбегающей ветви каната

$$S_{\text{п}} = P_{\text{п}}(m_{\text{п}} \eta) = 710 / (10 \cdot 0,783) = 91 \text{ кН.}$$

5. Находим разрывное усилие в сбегающей ветви полиспаста

$$R_{\text{н}} = S_{\text{п}} k_3 = 91 \cdot 4 = 364 \text{ кН,}$$

где  $k_3$  - коэффициент запаса прочности (при  $D/d$  от 13 до 16 равный 4).

6. По таблице ГОСТ подбираем для оснастки полиспаста канат типа ЛК-РО конструкции  $6 \times 36 (1 + 7 + 7/7 + 14) + 1$  о.с. (ГОСТ 7668-80\*) с характеристиками:

- временное сопротивление разрыву, МПа	1764;
- разрывное усилие, кН	396,5;
- диаметр каната, мм	27;
- масса 1000 м каната, кг	2800.

7. Подсчитаем длину каната для оснастки полиспаста, задаваясь длиной сбегающей ветви  $l_1 = 25$  м и считая длину полиспаста в растянутом виде равной высоте подъема сосуда  $h = 12$  м

$$L = m_{\text{п}} (h + 3,14d_p) + l_1 + l_2 =$$

$$= 10 (12 + 3,14 \cdot 0,7) + 25 + 10 = 177 \text{ м.}$$

8. Найдем суммарную массу полиспаста

$$G_{\Pi} = G_6 + G_K = G_6 + L_{g_k}/1000 = 3200 + 177 \cdot 2800/1000 = 3700 \text{ кг.}$$

9. Определим усилие на канат, закрепляющий неподвижный блок полиспаста

$$P_6 = 10G_0 + 10G_3 + 10G_{\Pi} + S_{\Pi} = 10 \cdot 70 + 10 \cdot 1 + 10 \cdot 3,7 + 91 = 838 \text{ кН.}$$

10. Примем канат для крепления верхнего блока полиспаста из 8 ветвей и определим по справочным данным коэффициент запаса прочности  $k_3 = 6$ , как для стропа, подсчитаем разрывное усилие в каждой ветви крепящего каната

$$R_k = P_6 k_3 / 8 = 838 \cdot 6 / 8 = 628,5 \text{ кН.}$$

11. По таблице ГОСТ подбираем канат типа ЛК-РО конструкции  $6 \times 36 (1 + 7 + 7/7 + 14) + 1$  о.с. (ГОСТ 7668—80\*), закрепляющий верхний неподвижный блок полиспаста, с характеристиками:

- временное сопротивление разрыву, МПа	1960;
- разрывное усилие, кН	638,5;
- диаметр каната, мм	33;
- масса 1000 м каната, кг	4155.

12. По усилию в сбегавшей ветви полиспаста по справочным данным подбираем электролебедку типа ЛМЭ-10-510 с тяговым усилием 100 кН и канатоемкостью 510 м.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Необходимо рассчитать и подобрать полиспаст для подъема аппарата. Варианты задания представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные к заданию

№ Варианта	Тип аппарата	Масса аппарата $G_0$ , т	Масса захватного устройства $G_3$ , т	Высота подъема $h$ , м	Способ строповки
1	2	3	4	5	6
1	вертикальный	70	1,0	15	за вершину

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
2	вертикальный	60	1,0	20	за вершину
3	вертикальный	45	0,7	10	за вершину
4	вертикальный	40	0,6	10	за вершину
5	вертикальный	60	1,2	20	за вершину
6	вертикальный	40	1,0	15	за вершину
7	горизонтальный	30	1,0	20	за корпус
8	горизонтальный	20	0,5	10	за корпус
9	горизонтальный	10	0,5	5	за корпус
10	горизонтальный	8	0,3	6	за корпус
11	горизонтальный	9	0,3	5	за корпус
12	горизонтальный	9	0,3	5	за корпус

## Практическое занятие №4. Определение канатоемкости и расчет закрепления лебедок

**Цель:** приобретение знаний и умений по оценке параметров лебедок и их закрепления.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является освоение способов определения канатоемкости и расчет закрепления лебедок.

При эксплуатации лебедок часто приходится определять их канатоемкость и обеспечивать надежное крепление от сдвига и опрокидывания, Правильность решения этих вопросов должна подтверждаться расчетами.

1. Канатоемкость лебедки зависит от длины и диаметра ее барабана  $L_б$  и  $D_б$ , количества слоев навивки каната на барабане  $n$  и диаметра каната  $d$ , которые выбираются из паспорта или определяются по справочным данным [10]. Канатоемкость (м) определяют по формуле:

$$L_k = \frac{\pi z n (D_б + d n)}{1000} - \frac{2\pi D_б}{1000},$$

где  $z$  - число витков каната на рабочей длине барабана:  $z = L_б/t$ ;  $t$  - шаг навивки каната:  $t = 1,1d$ .

Схема крепления лебедки приведена на рисунке 4.1.

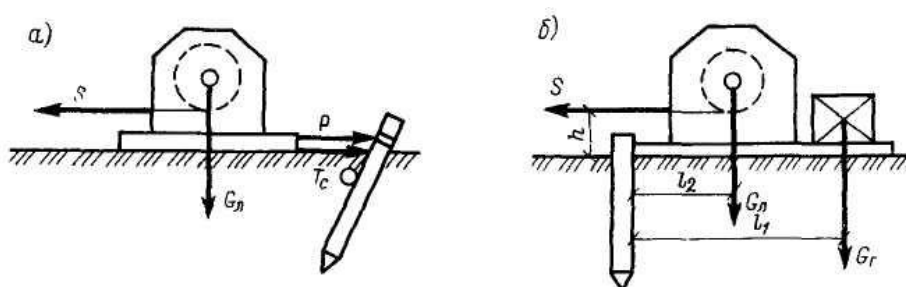


Рисунок 4.1 - Расчетная схема крепления лебедки

2. Рассчитывают крепление лебедки от горизонтального смещения (рисунок 4.1, а):

$$P = S - T_c,$$

где  $P$  - усилие, препятствующее смещению лебедки, кН;  $S$  - тяговое усилие лебедки, кН;  $T_c$  - сила трения рамы лебедки об опорную поверхность, кН:  $T_c =$

$10 (G_{л} + G_{г}) f$ ;  $G_{л}$  - масса лебедки, т (определяется по паспорту или по справочным данным [10]);  $G_{г}$  - масса контргруза, т (если он применяется);  $f$  - коэффициент трения скольжения (определяется по справочным данным [10]).

По усилию  $P$  рассчитывают элементы, закрепляющие лебедку от смещения, - канат, якорь.

3. Если необходимо, рассчитывают крепление лебедки от опрокидывания с помощью контргруза (рисунок 4.1, б), масса которого ( $G_2$ ), определяется по формуле

$$G_2 = \frac{\kappa_y (Sh - 10G_{л}l_2)}{10l_1},$$

где  $\kappa_y$  - коэффициент устойчивости лебедки:  $\kappa_y = 2$ ;  $S$  - тяговое усилие лебедки, кН;  $h$  - высота каната от опорной поверхности, м;  $l_1$  и  $l_2$  - расстояния, м, от ребра опрокидывания до линий действия соответственно  $G_{л}$  и  $G_{г}$ .

**Пример 4.1.** Определить канатоемкость лебедки для каната диаметром  $d = 18$  мм, если известно, что длина барабана  $L_{б} = 1200$  мм, диаметр барабана  $D_{б} = 350$  мм, количество слоев навивки каната на барабане  $n = 5$ .

Решение

1. Определяем шаг навивки каната на барабан лебедки:

$$t = 1,1 d = 1,1 \cdot 18 = 19,8 \text{ мм.}$$

2. Подсчитываем число витков каната на длине барабана:

$$z = L_{б}/t = 1200/19,8 = 61.$$

3. Определяем канатоемкость лебедки:

$$L_{к} = \frac{\pi z n (D_{б} + dn)}{1000} - \frac{2\pi D_{б}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 61 \cdot 5 (350 + 18 \cdot 5)}{1000} - \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 350}{1000} = 418 \text{ м.}$$

**Пример 4.2.** Рассчитать элементы закрепления электролебедки типа ЛМ-5М, установленной на бетонном полу цеха без контргруза (рисунок 4.1, а).

Решение

1. Находим силу трения лебедки о бетонный пол, определив  $G_{л} = 1,2$  т по приложениям VII и XVIII [10],  $f = 0,45$ :

$$T_c = G_{л} \cdot f = 10 \cdot 1,2 \cdot 0,45 = 5,4 \text{ кН.}$$

2. Определяем усилие на закрепляющий лебедку канат:

$$P = S - T_c = 50 - 5,4 = 44,6 \text{ кН},$$

где  $S$  - тяговое усилие лебедки типа ЛМ-5М, кН.

4. По усилию  $P$  рассчитываем канат для закрепления лебедки за колонну здания (см. занятие №1).

#### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Необходимо провести расчет канатомкости лебедки и ее закрепления по вышеописанной методике.

Исходные данные для расчетов принимаются по указанию преподавателя.

## Практическое занятие №5. Расчет якорей

**Цель:** приобретение знаний и умений по оценке параметров якорей и их несущей способности.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является освоение способов подбора типоразмеров якорей.

Монтажные якоря служат для закрепления вант, расчалок, лебёдок, оттяжек и др. Конструкции якорей обычно стационарные. Монтажные якоря должны выдерживать сосредоточенную нагрузку, действующую под углом  $\pm 45^\circ$  в горизонтальной плоскости и  $0 - 90^\circ$  в вертикальной. По принципу работы можно выделить якоря: заглубленные, наземные, полузаглубленные, комбинированные [11]. На рисунке 5.1 изображены заглубленные и наземные якоря.

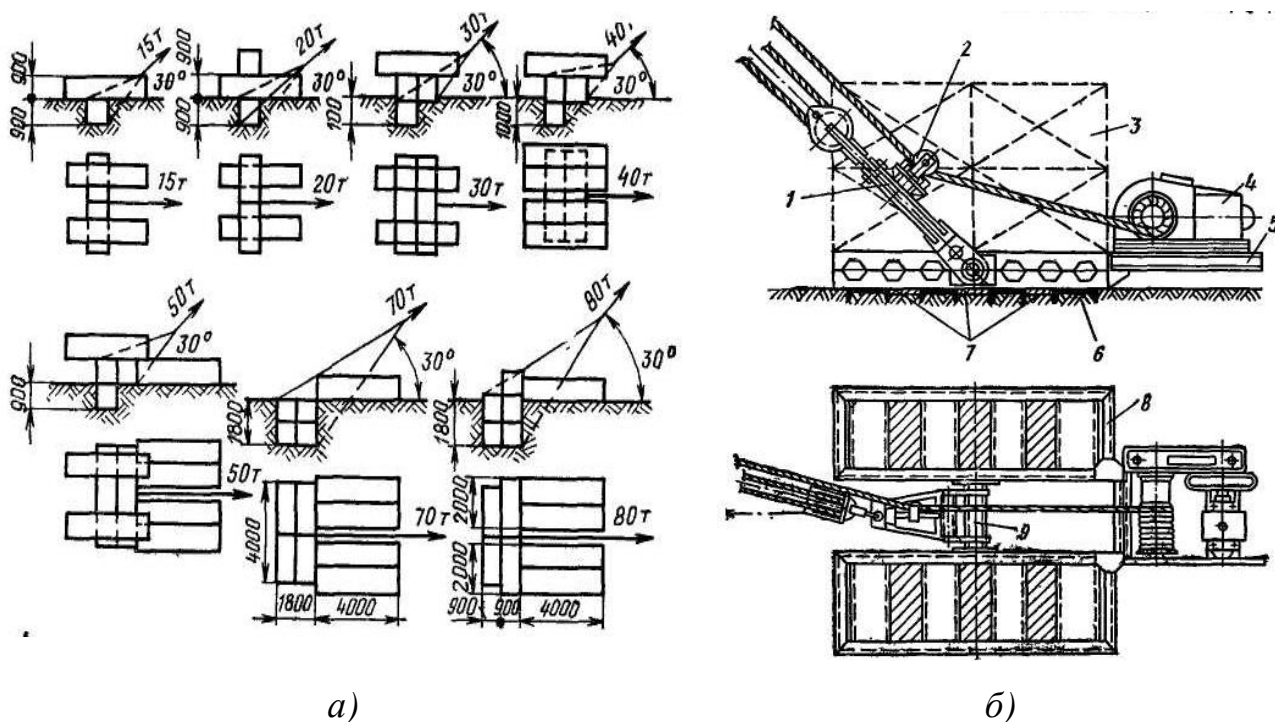


Рисунок 5.1 – Типовые разновидности якорей:

а - разновидности якорей; б – схема инвентарного якоря: 1 – тяга; 2 – отводной ролик; 3 – железобетонные блоки; 4 – лебедка; 5 – площадка для лебедки; 6 – упорные стенки; 7 – элементы, перекрывающие пространство между упорными стенками; 8 – рама; 9 – ось

По конструкции и применяемым материалам якоря делят: заглубленные –

на свайные, винтовые, деревоземляные и бетонные; полузаглубленные – на бетонные; наземные – на бетонные с гладким основанием или упорными стенками; комбинированные – на свайно-наземные, свайно-винтовые. В качестве якорей можно иногда использовать также существующие строительные и технологические конструкции. Существуют различные способы установки якорей. Их можно забивать вручную или копром, завинчивать вручную или применять буровую установку, монтировать с помощью буровой установки и грузоподъемных механизмов (автокранов, трубоукладчиков).

Наземный инвентарный якорь представляет собой сварную раму с упорными стенками в виде швеллеров или шпилей, которые врезаются в грунт и обеспечивают хорошую устойчивость якоря от сдвига. Сварные рамы, разработанные Гипромонтажспецстроем, для якорей с упорными стенками, имеют следующие размеры 2,8×4,7; 4,2×5; 5,2×6,5 и 6×7,6 м, бетонные блоки 1,5×1×0,45 м, массой 1,5 т, 1,5×1×1,35 м, массой 4,5 т и 0,9×0,9×4 м, массой 7,5 т.

На рамы укладывают бетонные блоки, количество которых определяется необходимой массой якоря, зависящей от допускаемой нагрузки.

*Порядок и расчет наземных инвентарных якорей.*

Расчет якоря состоит в определении его массы, обеспечивающей устойчивость якоря от сдвига и опрокидывания (рисунок 5.2).

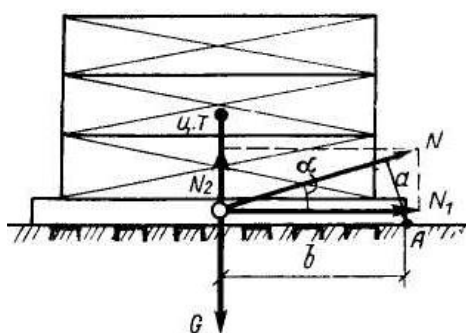


Рисунок 5.2 – Расчетная схема инвентарного наземного якоря

Для этого выполняют следующее.

1. Определяют суммарную массу железобетонных блоков, обеспечивающих устойчивость якоря от сдвига, т

$$G = 0,1(N_1 / f + N_2)K_{yc.},$$



где  $N_1$  и  $N_2$  – горизонтальная и вертикальная составляющая усилия в тяге  $N$ , кН при угле наклона тяги к горизонту  $\alpha$ :

$$N_1 = N \cdot \cos \alpha ,$$

$$N_2 = N \cdot \sin \alpha ,$$

$f$  – коэффициент трения скольжения якоря по грунту; коэффициент трения скольжения для разных грунтов равен:

для песка сухого уплотнённого            0,785–0,835,

чернозёма плотного сухого                0,895–0,985,

получернозёма сырого                    0,990–0,995;

$K_{yc}$  – коэффициент устойчивости якоря от сдвига ( $K_{yc} = 1,5$ ).

2. Подсчитывают необходимое количество бетонных блоков выбранных размеров и масс  $g$

$$m = G/g.$$

3. Проверяют якорь на устойчивость от опрокидывания

$$10G \cdot b > K_{yc} \cdot N \cdot a ,$$

где  $b$  – плечо удерживающего момента от массы якоря, м (равно 0,5 длины рамы);

$K_{yc}$  – коэффициент устойчивости якоря от опрокидывания  $K_{yc} = 1,4$ ;

$a$  – плечо опрокидывающего момента

$$a = b \cdot \sin \alpha .$$

**Пример 5.1.** Рассчитать инвентарный наземный якорь, установленный на плотном сыром чернозёме для крепления полиспаста с усилием  $N=210$  кН, наклонённого под углом  $\alpha = 40^\circ$  к горизонту.

1. Определим величины горизонтальной и вертикальной составляющей усилий в полиспасте,  $N$ :

$$N_1 = N \cdot \cos \alpha , N_1 = 210 \cdot 0,766 = 161 \text{ кН};$$

$$N_2 = N \cdot \sin \alpha , N_2 = 210 \cdot 0,643 = 135 \text{ кН}.$$

2. Найдём общую массу якоря, обеспечивающую устойчивость его от сдвига:

$$G = 0,1 \cdot (N_1 / f + N_2) \cdot K_{це}$$

$$G = 0,1 \cdot (161/0,925 + 135) \cdot 1,5 = 46,4 \text{ т.}$$

3. Выбираем бетонные блоки размером  $1,5 \times 1 \times 1,35$  м массой  $g=4,5$  т и определим их необходимое количество:

$$m = G/g = 46,4/4,5 = 10,3, \text{ принимаем } m = 12, \text{ тогда масса якоря составит:}$$

$$G = m \cdot g = 12 \cdot 4,5 = 54 \text{ т.}$$

4. Принимаем размеры опорной рамы для укладки блоков в плане  $4,2 \times 5$  м и, учитывая, что плечо  $b$  составляет половину длины рамы ( $b=2,1$  м). Определяем плечо  $a$ :

$$a = b \cdot \sin \alpha = 2,1 \cdot 0,643 = 1,4 \text{ м.}$$

5. Проверяем устойчивость якоря от опрокидывания:

$$10 \cdot G \cdot b > K_{y.o.} \cdot N \cdot a, \text{ или } 10 \cdot 54 \cdot 2,1 = 1134 \text{ кН} \cdot \text{м} > 1,4 \cdot 210 \cdot 1,4 = 412 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Данное неравенство свидетельствует об устойчивости якоря от опрокидывания.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Необходимо провести расчет и подбор инвентарного якоря по вышеописанной методике.

Исходные данные для расчетов принимаются по указанию преподавателя.

## Практическое занятие №6. Расчет поворотных шарниров

**Цель:** приобретение знаний и умений по оценке параметров поворотных шарниров.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является освоение способов расчета поворотных шарниров, применяемых при подъеме вертикальных сосудов и аппаратов.

Подъем аппаратов способом поворота в значительной степени зависит от рациональной конструкции шарниров.

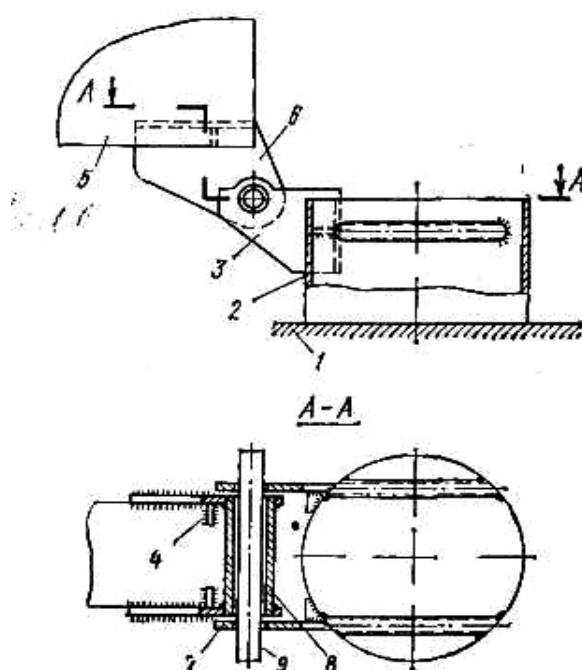


Рисунок 6.1 – Шарнир, прикрепленный к разрезанной опоре аппарата:

1 – фундамент; 2 – нижняя часть опоры аппарата; 3,6 – косынки; 4,7 – ребра жесткости; 8 – труба; 9 – ось шарнира

Различают следующие типы шарниров: с опорной частью, приваривающейся к цилиндрической опоре аппарата, которая обычно разрезается; с опорной частью, устанавливаемой на вспомогательной плите рядом с фундаментом (инвентарный шарнир). Наиболее прост по конструкции шарнир, прикрепленный к разрезанной опоре аппарата (рисунок 6.1).

*Порядок расчета шарнира.*

Для расчета шарнира и удельного давления на грунт необходимо определить

действующие на шарнир силы (рисунок 6.2).

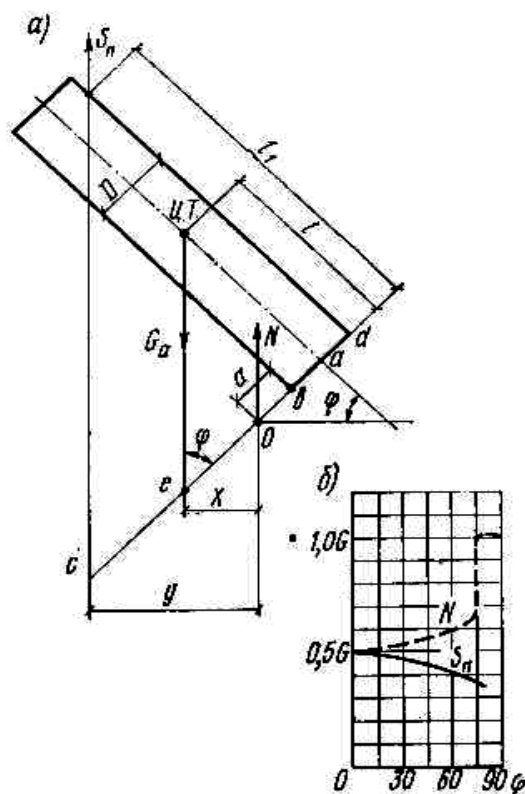


Рисунок 6.2 – Схема сил, действующая при подъеме аппарата поворотом вокруг шарнира: а) схема сил; б) зависимость усилия подъема от угла подъема

Так как  $S_n < G_a$ , то реакция в шарнире

$$N = G_a - S_n = G_a \cdot \left[ 1 - \frac{l \cdot \operatorname{ctg} \varphi - (a + D/2)}{l_1 \cdot \operatorname{ctg} \varphi - (a + D)} \right],$$

где  $G_a$  – масса аппарата, т;

$l$  – расстояние до центра тяжести аппарата  $l = h_a/2$ , м;

$l_1$  – расстояние до места строповки аппарата, м;

$D$  – диаметр аппарата, м;

$O$  – точка оси шарнира;

$a$  – расстояние от точки  $O$  до аппарата, м;

$S_n$  – усилие подъема, т;

Ось шарнира рассчитывают на удельное давление

$$p = N/l \cdot d < [\sigma_{см}],$$

где  $\sigma_{см}$  – допускаемое напряжение смятия для материала шарнира

Ось рассчитывают на срез:

$$\sigma_{cp} = 4 \cdot N / k \cdot \pi \cdot d^2,$$

где  $k$  – число плоскостей среза

Необходимо рассчитать ось поворотного шарнира на удельное давление и на срез.

Варианты задания представлены в таблице

Таблица – Параметры аппарата для расчета поворотного шарнира

Варианты задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Масса аппарата, $G_0$ , т	70	80	90	40	60	30	10	20	48	29	42	62
Высота аппарата $h_a$ , м	15	18	20	22	10	12	18	20	22	25	10	12
Расстояние до места строповки аппарата $l$ , м	10	12	13	12	6	8	12	13	12	16	6	8
Диаметр аппарата $D$ , м	2,4	2,2	2,6	1,4	2,2	2,4	1,6	1,4	1,1	1,2	1,6	2,0
Расстояние от точки $O$ до аппарата	1	1,5	0,9	1	1,5	0,9	1,2	1,4	1,4	1,5	1,6	1,0
Угол подъема $\varphi$ , °	20	25	25	30	30	40	40	45	40	42	40	42

## Практическое занятие №7. Расчет тягового усилия при транспортировании оборудования и выбор автотранспортных средств

**Цель:** приобретение знаний и умений по оценке параметров транспортирования оборудования.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является освоение способов расчета тягового усилия при транспортировании оборудования и выбора автотранспортных средств.

Крупногабаритное оборудование можно перевозить железнодорожным, водным, автодорожным и воздушным транспортом.

Габаритные ограничения перевозок различными видами транспорта приведены на рисунке 7.1.

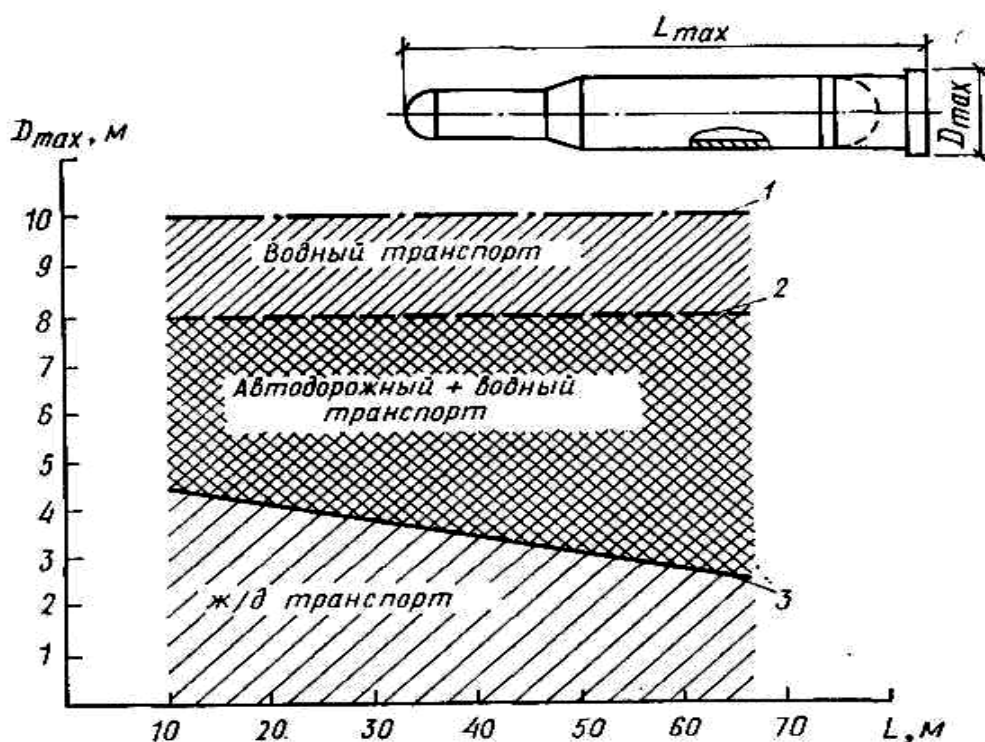


Рисунок 7.1 – Габаритные ограничения перевозок аппаратов:

1 – 3 – верхние границы перевозок соответственно водным, автодорожным и железнодорожным транспортом

Габаритами погрузки называют предельное поперечное, перпендикулярное оси пути очертание, внутри которого должен помещаться груз, с учетом упаковки и крепления.

Несмотря на преимущество перевозок по железной дороге, часть грузов

перевозится по автодорогам.

Для перевозки крупногабаритного и тяжеловесного оборудования применяются прицепы тяжеловозы различной грузоподъемности, которые буксируются тракторами или специальными колесными тягачами.

Учитывая массу и габариты оборудования, расстояние и характеристику дороги (подъемы, уклоны, радиусы закруглений), выбирают прицепы-тяжеловозы и тип тягачей, устанавливают их количество. В некоторых случаях можно идти от обратного. Расчет тягового усилия производят в следующем порядке.

#### *Расчеты транспортных средств.*

1. Определяют суммарное сопротивление движению всего транспорта (кН):

$$F = 10 \cdot G_T f_T + 10 \cdot (G_{\Pi} + G_0) \cdot f_{\Pi} \pm 10 \cdot (G_T + G_{\Pi} + G_0) \cdot f_Y ,$$

где  $G_T$  – масса тягача, т (подбирается предварительно по справочным данным [10, 11]);  $f_T$  – удельное сопротивление движению тягача (принимается аналогично);  $G_{\Pi}$  – масса выбранного для транспортирования оборудования прицепа, т (принимается по паспорту прицепа или данным [10, 11]);  $G_0$  – масса транспортируемого оборудования, т;  $f_{\Pi}$  – удельное сопротивление движению прицепа (принимается по данным [10, 11]);  $f_Y$  – сопротивление движению от уклона дороги, равное показателю уклона, соответствующему 0,01 на каждый процент уклона (это сопротивление принимается с плюсом при подъеме дороги и с минусом – при спуске).

2. Рассчитывают необходимое тяговое усилие для страгивания автопоезда с места с учетом увеличения тяговой нагрузки примерно на 50 % (кН):

$$F_T = 1,5 \cdot F.$$

3. По величине  $F_T$  подбирают тягач (по данным [10, 11]).

4. Определяют силу тяги подобранного тягача по мощности двигателя на ведущих колесах автомобиля или гусеницах трактора (кН):

$$F_d = 3,67 \cdot N \eta / v,$$

где  $N$  – мощность двигателя, кВт;  $\eta$  – КПД двигателя и силовой передачи (для автомашин  $\eta = 0,85$ ; для тракторов  $\eta = 0,8$ );  $v$  – скорость движения, км/ч (величиной  $v$  задаются в пределах указанных в данных [10, 11]).

5. Подсчитывают силу тяги тягача по сцеплению с поверхностью дороги (кН):

$$F_c = 10 \cdot G_c \cdot \varphi,$$

где  $G_c$  – сцепная масса тягача, обеспечивающая надежное сцепление его с поверхностью дороги, т (для автомобилей  $G_c = 0,6 \div 0,7$  их массы, для тракторов  $G_c$  равна их массе);  $\varphi$  – коэффициент сцепления колес тягача с покрытием дороги или гусениц тягача (данным [10, 11]).

**Пример 7.1.** Подобрать тягач для транспортирования аппарата массой  $G_0 = 65$  т на пневмоколесном прицепе-тяжеловозе ЧМЗАП – 5530 – по сухой грунтовой дороге с максимальным подъемом 4 % и скоростью  $v = 2,6$  км/ч.

#### Решение

1. Для буксировки прицепа с аппаратом предварительно принимаем по данным [10, 11] трактор марки ДЭТ – 250 массой  $G_T = 25$  т с мощностью двигателя  $N = 184$  кВт и скоростью  $v = 2 \div 20,5$  км/ч.

2. Определяем суммарное сопротивление движению всего транспорта:

$$F = 10G_T f_T + 10(G_{\Pi} + G_0) \cdot f_T + 10(G_T + G_{\Pi} + G_0) \cdot f_T = 10 \cdot 25 \cdot 0,075 + 10 \cdot (47 + 65) \cdot 0,05 + 10 \cdot (25 + 47 + 65) \cdot 0,04 = 130 \text{ кН.}$$

3. Определяем необходимое тяговое усилие с учетом увеличения нагрузки при старте автопоезда с места:

$$F_T = 1,5F = 1,5 \cdot 130 = 195 \text{ кН.}$$

4. Находим силу тяги подобранного тягача по мощности двигателя:

$$F_d = 3,67 \cdot N \cdot \eta / v = 3,67 \cdot 184 \cdot 0,8 / 2,6 = 208 \text{ кН.}$$

5. Находим силу тяги тягача по сцеплению с поверхности дороги:

$$F_c = 10 \cdot G_c \cdot \varphi = 10 \cdot 25 \cdot 0,85 = 213 \text{ кН.}$$

Принимая во внимание, что буксования гусениц тягача не будет (так как  $F_d < F_c$ ), а также что наименьшая сила тяги для данного случая  $F_d$  превышает расчетное тяговое усилие  $F_T$ , убеждаемся в правильности проведенных расче-



тов.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Необходимо рассчитать силу тяги тягача по сцеплению с поверхностью дороги. Варианты заданий приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Исходные данные к заданию

№ Варианта	Характеристика оборудования			Характеристика дороги		
	Масса оборудования $G_0$ , м	Диаметр оборудования $D_0$ , м	Высота оборудования (длина) $H_0$ , м	Тип и состояние дороги	Скорость движения автотранспорта, км/ч	Уклон дороги %
1	10	1,2	8,6	асфальтобетон	2,6	+3
2	12	1,4	9,0	сухая грунтовая	3,0	+4
3	14	1,6	9,2	сухая песчаная	3,4	+2
4	16	1,6	9,6	снежная укатанная	3,6	+3
5	14	1,4	9,8	асфальтобетон	3,8	+4
6	11	1,1	8,0	сухая грунтовая	3,2	+2
7	9	1,0	7,2	бездорожье	3,0	-3
8	7	0,8	8,0	сухая грунтовая	3,6	-2
9	6	0,8	8,2	снежная укатанная	3,8	-3
10	10	1,0	8,0	сухая песчаная	4,2	-4

## Практическое занятие № 8. Расчет монтажных штуцеров

**Цель:** приобретение знаний и умений по расчету и выбору элементов та-  
келажной оснастки.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является освоение способов расчета монтажных штуце-  
ров.

Монтажные (ложные) штуцера часто применяются для строповки верти-  
кальных цилиндрических аппаратов при их подъеме и установке на фундамент.

Монтажные штуцера представляют собой стальные патрубки различных  
сечений, привариваемых торцом в виде консоли (рисунок 8.1) к корпусу аппа-  
рата.

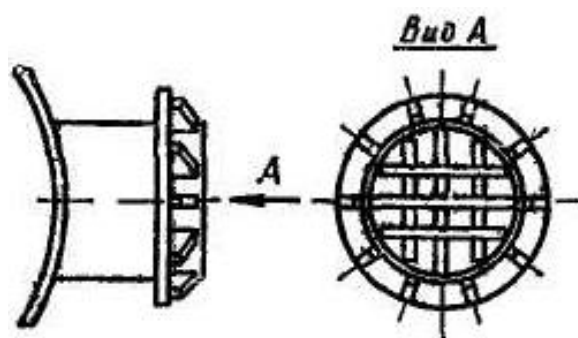


Рисунок 8.1 – Монтажный штуцер

Для увеличения жесткости штуцера внутри его патрубка варивают ребра  
из листовой стали; для устранения трения между стропом и штуцером при  
наклонах аппарата на штуцер надевают свободный патрубок большего диаме-  
тра; для предохранения стропа от соскальзывания к внешнему торцу штуцера  
приваривают ограничительный фланец. На монтажные штуцера распростра-  
няется ГОСТ 14114-69\*.

*Порядок расчета монтажных штуцеров.*

1. Находят усилие от стропа, действующее на каждый монтажный штуцер  
(кН):

$$N = 10G_0 K_n K_d K_n / 2,$$

где  $K_n$  – коэффициент прочности;  $K_d$  – коэффициент динамичности;  $K_d = 1,1$ ;  
 $K_n$  – коэффициент надёжности;  $K_n = 1,1$ ;  $G_0$  – масса поднимаемого оборудова-

ния, т.

Расчетная схема монтажных штуцеров изображена на рисунке 8.2.

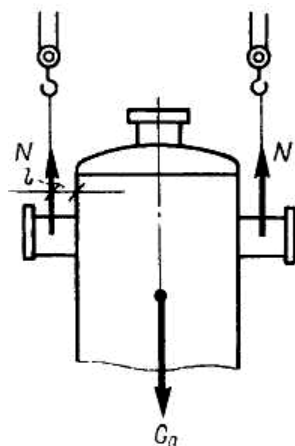


Рисунок 8.2 – Расчетная схема монтажного штуцера

2. Определяют величину момента (кН·см) от усилия в стропе, действующего на штуцер:

$$M = N \cdot l ,$$

где  $l$  – расстояние от линии действия усилия  $N$  до стенки аппарата, см.

3. При известном сечении штуцера проверяют его прочность на изгиб (для упрощения расчета наличие ребер жесткости в штуцере не учитывается):

$$M/W \leq m \cdot R_y^{св} ,$$

где  $W$  – момент сопротивления сечения штуцера,  $см^3$  (определяется по данным [10, 11] для стальных труб).

4. Если необходимо определить сечение штуцера, удовлетворяющее условиям прочности, то подсчитывают минимальный момент сопротивления:

$$W = M / (m \cdot 0,1 \cdot R)$$

и по находят сечение штуцера с моментом сопротивления, ближайшим большим к расчетному.

5. Проверяют на прочность сварной кольцевой шов крепления штуцера к корпусу аппарата по формуле:

$$M / ( \beta \cdot h_{ш} \cdot \pi \cdot r^2 ) \leq m \cdot R_y^{св} ,$$

$\beta$  – коэффициент, учитывающий глубину провара (для ручной сварки  $\beta = 0,7$ );

$r$  – радиус штуцера, см;  $h_{ш}$  – толщина шва зависит от усилия, действующего на штуцер ( $h_{ш}$  находят по данным [10, 11]);  $R_y^{св}$  – прочность сварных швов на срез (по данным [10, 11]).

**Задача 5.8.** Рассчитать монтажные штуцеры, используемые для строповки вертикального сосуда при его подъёме и установке на фундамент. Монтажные характеристики сосуда следующие: внутренний диаметр –  $D = 3,6$  м; высота -  $H = 16,5$  м; монтажная масса составляет  $G_0 = 83$  т.

### Решение

Схема к расчёту монтажных штуцеров приведена на рисунке 5.8.

Усилие от стропа, действующее на каждый монтажный штуцер, определяется по формуле

$$N = \frac{10 \cdot G_0 \cdot k_{п} \cdot k_{д} \cdot k_{н}}{2},$$

где  $G_0$  – масса оборудования, кг;  $k_{н} = 1,2$  – коэффициент неравномерности нагрузки на такелажные элементы при отсутствии балансирных устройств;  $k_{п} = k_{д} = 1,1$  – коэффициент прочности и коэффициент динамичности, учитывающие возможность перегрузки и возможность повышения нагрузки за счёт изменения скорости подъёма груза соответственно.

Тогда

$$N = \frac{10 \cdot 83 \cdot 10^3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2}{2} = 603 \text{ кН.}$$

Величина момента от усилия в стропе, действующего на штуцер, определяется по формуле

$$M = N \cdot l,$$

где  $l = 0,12$  м – расстояние от линии действия усилия  $N$  до стенки сосуда, принимается по конструктивным соображениям.

Тогда

$$M = 603 \cdot 0,12 = 72,4 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Минимальный момент сопротивления, удовлетворяющий усло-

виям прочности монтажных штуцеров, определяется по формуле

$$W = \frac{M}{m \cdot R},$$

где  $m = 0,85$  – коэффициент условий работы;  $R = 210$  МПа – сопротивление материала патрубка, принятое по справочным данным.

Необходимый момент сопротивления равен

$$W = \frac{72,4 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 210 \cdot 10^6} = 0,406 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

По найденному моменту сопротивления  $W = 0,406 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  (т.е.  $406 \text{ см}^3$ ) выбираем с некоторым запасом сечение патрубка для монтажного штуцера размером  $d_n \times S = 273 \times 12$  мм с моментом сопротивления  $W_T = 615 \text{ см}^3 > W_{\text{мин}} = 406 \text{ см}^3$ .

Прочность сварного шва крепления штуцера к корпусу аппарата определяется по условию

$$\frac{M}{\beta \cdot h_{\text{ш}} \cdot \pi \cdot r^2} \leq m \cdot R_{\text{св}}^y,$$

где  $\beta = 0,7$  – коэффициент глубины провара для ручной сварки;  $r = 0,137$  м – радиус штуцера;  $h_{\text{ш}} = 0,014$  м – толщина сварного шва по ГОСТ 1414-85\*;  $R_{\text{св}}^y = 150$  МПа – расчётное сопротивление сварного соединения для угловых швов при проверке на срез, принятое по справочным данным.

После подстановки величин получим

$$\frac{72,4 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 0,014 \cdot 3,14 \cdot 0,137^2} \leq 0,85 \cdot 150 \cdot 10^6$$

или  $125 \text{ МПа} \leq 128 \text{ МПа}$ .

Таким образом, условие прочности сварного шва выполняется. Расчет завершен.

#### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Необходимо рассчитать и подобрать монтажные штуцера для строповки вертикального аппарата. Варианты заданий представлены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Исходные данные к заданию

№ Ва- рианта	Масса аппара- та $G_0$ , т	Масса за- хватного устрой- ства $G_3$ , т	Расстояние от линии дей- ствия усилия N до стенки аппарата, см
1	70	1,0	15
2	60	1,0	20
3	45	0,7	10
4	40	0,6	10
5	60	1,2	20
6	40	1,0	15
7	30	1,0	20
8	20	0,5	10
9	10	0,5	5
10	8	0,3	6
11	9	0,3	5
12	9	0,3	5

## Практическое занятие № 9. Подбор грузоподъемного крана для монтажа вертикального сосуда

**Цель:** приобретение знаний и умений по расчету грузоподъемности и выбору монтажных кранов.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является освоение способов расчета и выбора монтажных кранов.

Вопросы выбора монтажного крана и метода монтажа различного оборудования и конструкций взаимосвязаны между собой. Как правило, они решаются одновременно.

При решении этих вопросов следует из всего многообразия монтажных кранов выбрать наиболее рациональный с технической и экономической точек зрения, учитывая применяемый метод монтажа оборудования. Исходными данными при этом являются габариты и масса монтируемого оборудования, высота фундамента и наличие в зоне монтажа других сооружений, оборудования и конструкций.

*Порядок выбора кранов.*

При выборе кранов и определении мест их размещения по отношению к поднимаемому оборудованию должно соблюдаться следующее:

- наименьшие вылеты крюков кранов и минимальные их изменения в процессе подъема оборудования;
- соответствие максимально необходимых вылетов крюков кранов начальному моменту подъема оборудования;
- расположение стрел кранов преимущественно по направлению их передвижения;
- при необходимости передвижения кранов с поднятым грузом вылет крюков должен быть минимальным и в случае расположения стрел поперек гусениц масса груза не должна превышать 10 % грузоподъемности крана при данной длине стрелы; при увеличении вылета независимо от направления стре-

лы масса груза должна быть не более 50 % от паспортной грузоподъемности крана при данных длине стрелы и вылете крюка;

- отклонение грузового полиспаста от вертикали должно быть не более  $3^\circ$  в зависимости от типа крана и длины стрелы;

- угол наклона рабочей площадки не более, чем указанный в паспорте крана (он зависит от несущей способности грунта, типа крана и длины стрелы и лежит в пределах до  $4^\circ$ );

- минимальное расстояние поднимаемого оборудования от стрелы крана - 0,5 м;

- работа кранов допускается при силе ветра до 6 баллов (12 м/с);

- при большой влажности грунта или его недостаточной несущей способности рабочая площадка для крана должна оборудоваться настилом из железобетонных или металлических плит;

- при работе кранов в стесненных условиях необходимо учитывать их габаритные размеры, приведенные в справочной литературе.

Выбор монтажных кранов при подъеме оборудования как методом скольжения, так и методом поворота вокруг шарнира, может осуществляться двумя способами: построением монтажной схемы в масштабе; использованием таблиц максимальных габаритов и масс поднимаемого оборудования.

Выбор крана первым способом выполняется следующим образом:

1. Определяют максимальную нагрузку на монтажный кран и необходимую высоту подъема крюка крана. Порядок определения этих данных указан для различных методов подъема оборудования в справочной литературе.

2. Используя эти данные и задавшись необходимым вылетом крюка, подбирают предварительно типоразмер монтажного крана по графикам грузовой-сотных характеристик, приведенных в приложениях [10], или по справочнику и паспорту крана. Грузоподъемность и высота подъема крюка выбранного крана должны быть не менее расчетных.

3. Вычерчивают монтажную схему в масштабе, проверяя возможность размещения полностью поднятого оборудования в подстреловом пространстве



и имея в виду, что расстояние оборудования от стрелы крана должно быть не менее чем 0,5 м.

Выбор крана вторым способом выполняется в следующем порядке:

1. Зная габариты и массу оборудования, выбирают метод его подъема и место строповки (за вершину или на высоте  $2/3$  от его основания).

2. По таблице, соответствующей выбранному методу подъема, подбирают типоразмер одиночного или спаренных кранов с длиной стрел, обеспечивающих подъем оборудования с известными массой, высотой и поперечными размерами.

**Пример 9.1.** Подобрать грузоподъемный кран для монтажа вертикального сосуда при его подъеме и установке на фундамент высотой 0,5 м. Монтажные характеристики сосуда следующие: внутренний диаметр –  $D = 3,6$  м; высота -  $H = 14,6$  м; монтажная масса –  $G_0 = 83 \cdot \text{т}$ .

Решение

Схема сосуда приведена на рисунке 9.1.

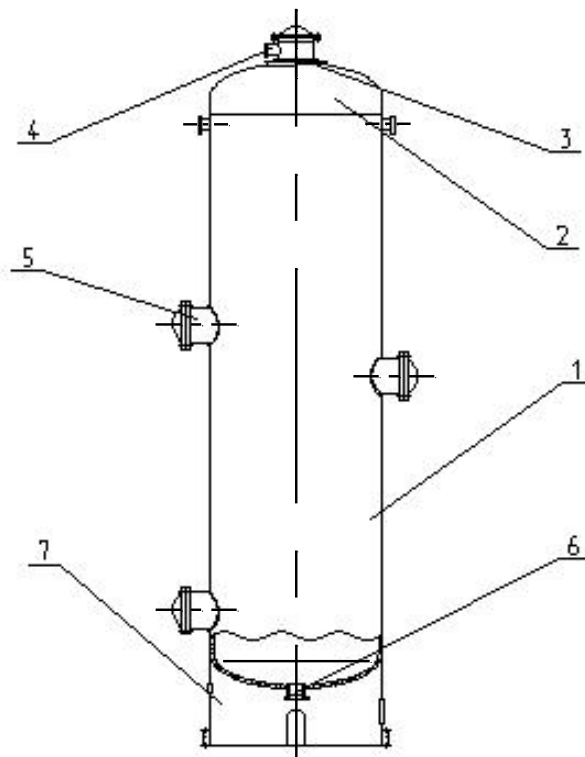


Рисунок 9.1 – Схема сосуда, подлежащего монтажу: 1 – обечайка; 2 – днище; 3 – входной патрубков; 4 – штуцер ввода потока; 5 – люк-лаз; 6 – штуцер вывода потока; 7 – опора (мантия)

Предварительно выбираем схему подъема одним краном со строповкой у вершины аппарата.

Для решения задачи необходимо построить монтажную схему, приведенную на рисунке 9.2.

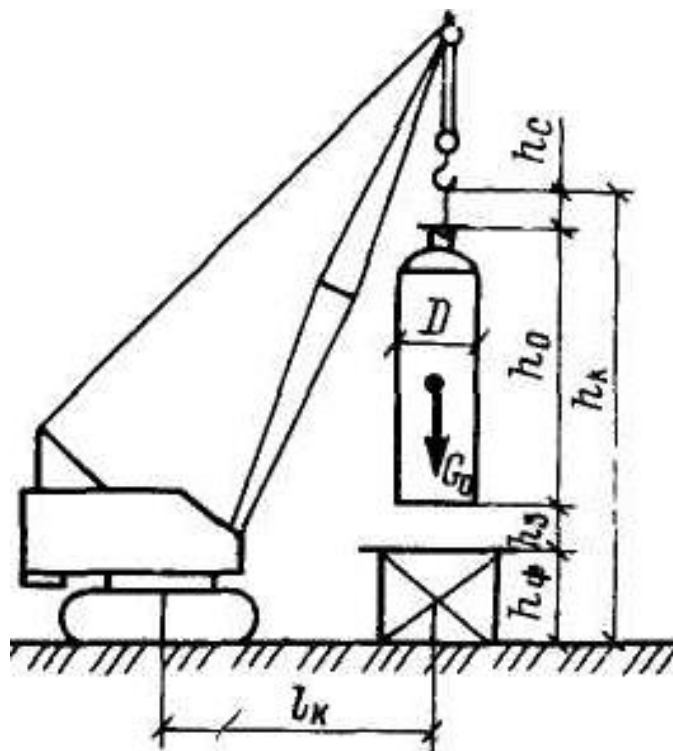


Рисунок 9.2 – Принцип построения масштабной схемы при монтаже вертикального сосуда

Требуемая грузоподъемность монтажного крана определяется по формуле

$$G_{\text{к.тр}} \geq \frac{G_0}{n_{\text{к}}},$$

где  $G_0 = 83 \cdot 10^3$  кг – масса аппарата;  $n_{\text{к}} = 1$  – количество кранов, участвующих в подъеме оборудования.

Тогда

$$G_{\text{к.тр}} \geq \frac{83 \cdot 10^3}{1} = 83 \cdot 10^3 \text{ кг}.$$

Необходимая высота подъема крюка крана для установки аппарата на фундамент вычисляется по формуле

$$h_{\text{к}} = h_{\text{ф}} + h_{\text{з}} + h_{\text{o}} + h_{\text{с}},$$

где  $h_{\text{ф}} = 0,5$  м – высота фундамента;  $h_{\text{з}} = 0,5$  м – рекомендуемый запас высоты

оборудования над фундаментом;  $h_o = 14,6$  м – высота оборудования от основания до места строповки, назначаемая по чертежу аппарата (рисунок 9.2);  $h_c = 3$  м – высота стропы, назначаемая по конструктивным соображениям.

Тогда

$$h_k = 0,5 + 0,5 + 14,6 + 3 = 18,6 \text{ м.}$$

По графику грузовысотных характеристик (справочные данные [10]) выбираем кран типа СКГ-160 с длиной стрелы 30 м. При вылете крюка  $l_k = 10$  м, кран имеет грузоподъемность  $G_k = 90 \cdot 10^3$  кг и высоту подъема крюка более 20 м, что обеспечивает подъем и установку аппарата на фундамент.

Для подтверждения возможности размещения поднятого над фундаментом аппарата в подстреловом пространстве вычерчивается монтажная схема в масштабе.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Необходимо рассчитать и подобрать монтажный кран для подъема вертикального аппарата. Варианты заданий представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Исходные данные к заданию

№ Варианта	Масса оборудования $G_0$ , м	Диаметр оборудования $D_0$ , м	Высота оборудования $H_0$ , м	Высота фундамента, м
1	10	1,2	8,6	0,5
2	12	1,4	9,0	1,0
3	14	1,6	9,2	0,5
4	16	1,6	9,6	1,0
5	14	1,4	9,8	0,5
6	11	1,1	8,0	1,0
7	9	1,0	7,2	0,5
8	7	0,8	8,0	1,0
9	6	0,8	8,2	0,5
10	18	1,8	10,0	1,0
11	20	2,0	12,0	0,5
12	30	2,2	14,0	1,0

## ЛИТЕРАТУРА

1. Техническая эксплуатация и ремонт технологического оборудования : учебное пособие / Р. Фаскиев, Е. Бондаренко, Е. Кеян, Р. Хасанов ; Министерство образования и науки Российской Федерации ; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2011. - 261 с. : ил., табл. - <http://biblioclub.ru/>.
2. Поникаров И.И., Гайнуллин М.Г. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки. – М.: Альфа-М, 2006. 608 с.
3. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования: Учебник для вузов/ А.Н.Батищев, И.Г.Голубев, В.В. Курчаткин и др. – М.: КолосС, 2007. – 424 с.
4. Молоканов Ю.К., Харас З.Б. Монтаж аппаратов и оборудования для нефтяной и газовой промышленности. - М.: Недра, 1982. - 391 с.
5. Гальперин М.И., Артемьев В.И., Местечкин Л.М. Монтаж технологического оборудования нефтеперерабатывающих заводов. – М.: Стройиздат, 1982. – 351 с.
6. Ермаков В.И., Шеин В.С. Ремонт и монтаж химического оборудования. – М.: Машиностроение, 1992. – 208 с.
7. Рахмилевич З.З., Радзин И.М., Фарамазов С.А. Справочник механика
8. Поповский Б.В., Линевич Г.В. Сборка и монтаж крупногабаритных аппаратов и ёмкостей. – М.: Машиностроение, 1986. – 240 с.
9. Сооружение промышленных печей. / Под ред. И.А. Шишкова. – М.: Стройиздат, 1986. – 413 с.
10. Матвеев В.В., Крупин Н.Ф. Примеры расчёта такелажной оснастки. – Л.: Стройиздат, 1987. – 320 с.
11. Монтаж технологического оборудования. Методические указания по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 24080 / Воробьева А.Л., Свидченко А.И., Чеботарев Е.А. – Невинномысск: НТИ СевКавГТУ, 2005. – 82 с.

# МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

## Методические указания для практических занятий

Направление подготовки – 15.03.02 Технологические машины и оборудование  
Профиль подготовки - Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств

Составитель            *доц. А.И. Свидченко*

Рецензенты            *доц. А.Л. Проскурнин, доц. А.М. Новоселов*

Редактор

---

Подписано в печать    20    г.            Формат 60 x 84    1/16  
Уч.-изд. л.    Усл. печ. л.            Тираж            Заказ №  
Невинномысский технологический институт (филиал)  
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

---

Отпечатано в типографии НТИ  
357108, г. Невинномысск, ул. Гагарина, 1