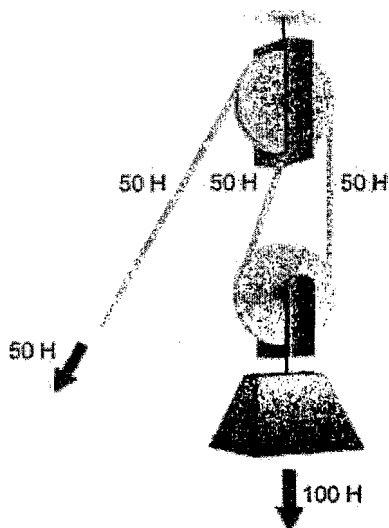


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
КАФЕДРА МАШИНОВЕДЕНИЯ

# Методические указания

к практическим работам  
«Материально-технические средства  
для выполнения монтажных работ»  
по дисциплине «Ремонт и монтаж оборудования пищевых производств»  
для студентов специальности  
1-36 09 01 «Машины и аппараты пищевых производств»



Брест 2017

УДК 658.58

В методических указаниях содержится краткая информация о механизмах подъема грузов, применяемых в крановых машинах, методика расчёта механизма подъема груза и якорей различных типов. Содержание данного издания соответствует учебной программе и способствует приобретению студентами знаний, умений и практических навыков по расчету механизма подъема груза и наземных инвентарных, полузаглубленных и заглубленных якорей. Издание предназначено для студентов специальности 1-36 09 01 «Машины и аппараты пищевых производств»

Составители: Ю.А. Дакало, старший преподаватель  
Ю.А. Добрияник, старший преподаватель  
А.С. Жук, ассистент

Рецензент: зам. начальника конструкторско-технологического отдела  
ОАО «Брестмаш» В.Н. Капитонов.

# Практическая работа №1

## РАСЧЁТ МЕХАНИЗМА ПОДЪЁМА ГРУЗА

**Цель работы:** ознакомиться с основными элементами механизма подъема груза, научиться самостоятельно рассчитывать и выбирать основные параметры механизма подъема груза.

### 1.1 Основные положения теории

Грузоподъемные механизмы предназначены для подъема грузов в вертикальной плоскости, удержания его на весу и опускания в заданном месте. Они могут использоваться и как самостоятельные механизмы, и в качестве составных элементов грузоподъемных машин (например, в башенных кранах, способных перемещать грузы в пространстве во всех направлениях).

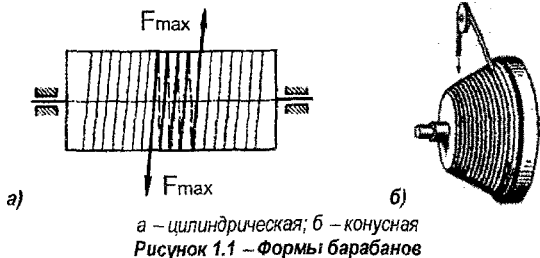
Основными узлами грузоподъемных механизмов являются лебедка и полиспаст.

Лебедка представляет собой машину для перемещения груза, в которой тяговый орган (канат) навивается на барабан или свивается с него.

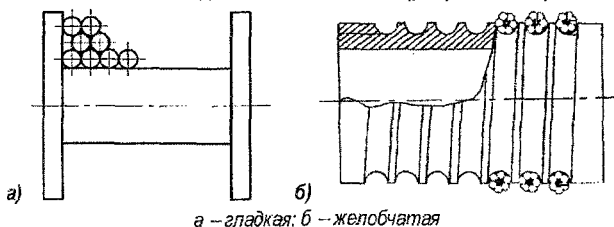
Лебедки бывают общего назначения, применяемые как самостоятельный механизм, и специальные, входящие в состав кранов или других строительных машин. Лебедки подразделяются:

1. По виду привода на ручные (с ручным приводом), приводные (с механическим приводом);
2. По назначению на подъемные (для подъема груза), тяговые (для перемещения груза по горизонтальной или наклонной поверхности);
3. По числу барабанов на однобарабанные, двухбарабанные, рычажные (безбарабанные).

Форма барабана у строительных лебедок бывает цилиндрической (рисунок 1.1, а) и конусной (рисунок 1.1, б).



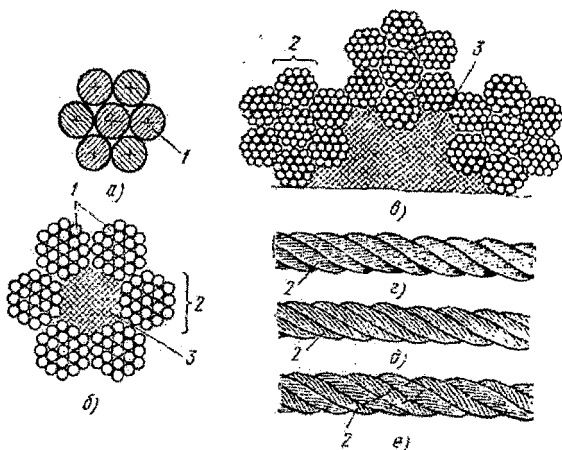
Поверхность барабана бывает гладкой – для многослойной навивки каната (рисунок 1.2, а) и желобчатой – для однослойной навивки (рисунок 1.2, б).



Однослойная навивка обеспечивает более равномерный ход груза и увеличивает срок службы каната, но барабаны, при однослойной навивке, получаются громоздкими. При той же длине каната многослойная навивка позволяет применять барабаны меньшей длины, однако уменьшается срок службы каната и не обеспечивается равномерность хода груза.

Стальные канаты применяются в лебедках в качестве гибких элементов. Если канат является составной частью лебедки, необходимой для поднятия груза, их называют подъемными (грузовыми), если же они используются в качестве тягового органа, перемещающего груз, их называют тяговыми.

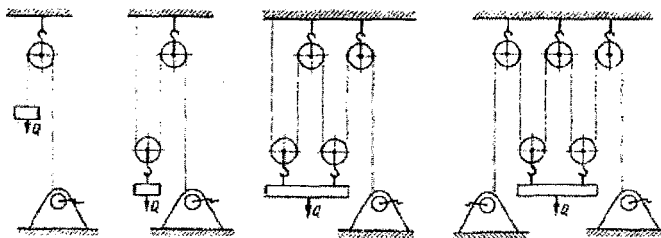
Стальные канаты изготавливают путем свивки из отдельных проволок небольшого диаметра. Канат может быть одинарной (спиральной) свивки, когда он свивается сразу из большого числа отдельных проволок, или двойной свивки, когда проволоки предварительно свиваются в пряди, а затем несколько прядей свиваются вокруг мягкого или жесткого сердечника в канат. Канат тройной свивки свивается из нескольких канатов двойной свивки.



а - одинарной свивки, б - двойной свивки, в - тройной свивки;  
внешний вид каната: г - двойной свивки, д - одинарной свивки, е - тройной свивки;  
1 - проволоки, 2 - прядь, 3 - сердечник

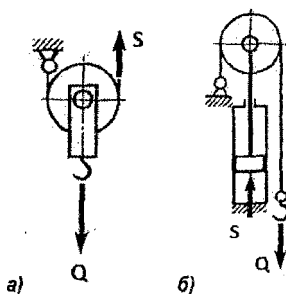
**Рисунок 1.3 - Стальные канаты**

Полиспастом (рис. 1.4) называют систему, состоящую из нескольких подвижных и неподвижных блоков и каната, последовательно огибающего все блоки.



**Рисунок 1.4 - Виды полиспастов**

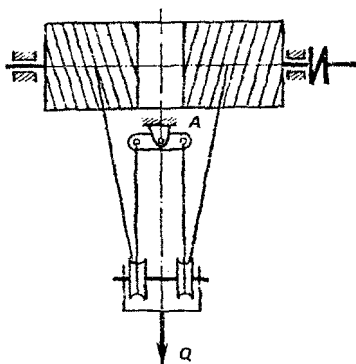
Если подвесить груз  $Q$  к подвижному блоку (рисунок 1.5, а) и один конец каната, огибающий этот блок, закрепить неподвижно, сила тяги  $S$  на другом конце каната будет приблизительно в два раза меньше веса груза, а скорость подъема груза – в два раза меньше скорости движения тянущего конца каната. Благодаря этому уменьшается передаточное число механизма, а также размеры и вес лебедки.



а – при выигрыше в силе, б – при выигрыше в скорости  
**Рисунок 1.5 – Схемы подвижных блоков**

Если к подвижному блоку (рисунок 1.5, б) приложить силу тяги  $S$ , а груз  $Q$  подвесить к тяговому органу (канату), сила тяги будет примерно в два раза больше скорости подъема блока. В данном случае будет проигрыш в силе, затрачиваемой на подъем груза, и выигрыш в скорости подъема груза. Эти полиспасты применяют в гидравлических и пневматических подъемниках для увеличения скорости движения груза по сравнению со скоростью движения поршня.

Чтобы обеспечить прямолинейность подъема груза в кранах мостового типа, обычно применяют сдвоенные полиспасты (рисунок 1.6), у которых на барабан навиваются два конца каната. Для выравнивания натяжения каната служит уравнительный блок А.



**Рисунок 1.6 – Сдвоенный полиспаст**

## 1.2 Порядок расчета механизма подъема груза

Основной расчет механизма подъема груза заключается в подборе каната по ГОСТу, определения диаметра, длины и канатоемкости грузового барабана; определения необ-

ходимой мощности двигателя и подбора его типа, определения передаточного числа механизма подъема и подбора редуктора.

1. Рассчитываем натяжение в канате.

$$S_H = \frac{Q}{i \cdot \eta_{\text{пол}}}, \quad (1.1)$$

где  $S_H$  – натяжение каната, кН;

$Q$  – вес поднимаемого груза, кН;

$i$  – кратность полиспаста (равно числу огибаемых канатом блоков, когда канат сбегает с неподвижного блока полиспаста, и числу блоков полиспаста плюс один, когда канат сбегает с подвижного блока);

$\eta_{\text{пол}}$  – общий КПД полиспаста.

Общий КПД полиспаста определяется по формуле:

$$\eta_{\text{пол}} = \eta_1^z, \quad (1.2)$$

где  $\eta_1 = 0,94$  – КПД одного блока;  $z$  – количество блоков.

2. Подбираем стальной канат по разрывному усилию.

$$S_P = k \cdot S_H, \quad (1.3)$$

где  $S_P$  – разрывное усилие в канате, кН;

$k$  – коэффициент запаса прочности каната (для легкого режима работы – 5; среднего – 5,5; тяжелого – 6).

Требуемый диаметр каната ( $d_k$ ) выбираем по таблице 1П приложения исходя из разрывного усилия в канате (рассчитанное разрывное усилие округляем по таблице 1П в большую ближайшую сторону).

3. Определяем длину каната, диаметр и рабочую длину барабана.

Диаметр барабана определим по формуле:

$$D_b \geq (e - 1) \cdot d_k, \quad (1.4)$$

где  $e$  – коэффициент, зависящий от режима работы (при легком режиме – 16; среднем – 18; тяжелом – 20).

Полученное расчетом  $D_b$  по конструктивным соображениям принимаем из ряда (м): 0,16; 0,2; 0,22; 0,24; 0,26; 0,28; 0,32; 0,4; 0,45; 0,56; 0,63; 0,71.

Определяем рабочую длину каната:

$$L_k = i \cdot H + L_{\text{доп}}, \quad (1.5)$$

где  $L_k$  – длина каната, навиваемого на барабан (канатоемкость барабана), м;

$L_{\text{доп}}$  – длина дополнительных витков каната для разгрузки места крепления каната;

$m$  – число слоев навивки каната (принимаем 1...4).

Определяем длину дополнительных витков каната:

$$L_{\text{доп}} = 2 \cdot \pi \cdot m \cdot D_B. \quad (1.6)$$

Определяем рабочую длину барабана:

$$L_B = \frac{L_K \cdot t}{\pi \cdot m \cdot (D_B + m \cdot d_K)} \cdot \varphi, \quad (1.7)$$

где  $\varphi$  – коэффициент неплотности навивки (принимается равным 0,9...0,95);  
 $t$  – шаг витка, м.

Шаг навивки определяем по формуле:

$$t = d_K + (2 \dots 3) \cdot 10^{-3}. \quad (1.8)$$

Конструктивно соотношение между рабочей длиной барабана и его диаметром должно быть в пределах  $L_B/D_B = 0,5 \dots 3,0$ . Если данное соотношение не выполняется, изменяем число навивок каната на барабан ( $m$ ) или диаметр барабана ( $D_B$ ).

Толщина стенки барабана определяем по формуле:

$$\delta_{\text{min}} = 0,02 \cdot (D_B - d_K) + (6 \dots 10) \cdot 10^{-3}, \quad (1.9)$$

где  $\delta_{\text{min}}$  – минимальная толщина стенки барабана, м.

4. Определяем потребную мощность двигателя.

$$N = \frac{Q \cdot V_r}{\eta} \cdot 10^{-3}, \quad (1.10)$$

где  $N$  – потребная мощность двигателя, кВт;

$Q$  – вес поднимаемого груза, Н;

$V_r$  – скорость подъема груза, м/с;

$\eta = 0,75$  – общий КПД привода (механизма подъема груза).

По таблице 2П приложения подбираем подходящий электродвигатель по требуемой мощности  $N_{\text{дв}}$  и частоте вращения  $n_{\text{дв}}$ .

5. Определяем передаточное число механизма подъема груза.

$$U = \frac{n_{\text{дв}}}{n_B}, \quad (1.11)$$

где  $n_B$  – частота вращения барабана, мин<sup>-1</sup>;

Частота вращения барабана определяется по формуле:

$$n_B = \frac{V_K}{\pi \cdot D_{\text{cp}}}, \quad (1.12)$$

где  $V_K$  – скорость навивки каната на барабан, м/мин;

$D_{\text{cp}}$  – средний диаметр навивки каната, м.

Скорость навивки каната определяется по формуле:

$$V_K = i \cdot V_r. \quad (1.13)$$

Средний диаметр наливки определяется по формуле:

$$D_{cp} = D_B + m \cdot d_K. \quad (1.14)$$

6. По таблице ЗП приложения, согласно определённому передаточному числу и требуемой мощности двигателя, выбираем двухступенчатый цилиндрический редуктор и для него подбираем фактическое передаточное число  $U_\phi$ .

7. Производим перерасчет действительной скорости подъема груза  $V_{Г\phi}$ .

Фактическая частота вращения выходного вала (частота вращения барабана) равна:

$$n_{Б\phi} = \frac{n_{де}}{U_\phi}, \quad (1.15)$$

где  $U_\phi$  – передаточное число редуктора.

Фактическая скорость каната, навиваемого на барабан, будет равна:

$$V_{К\phi} = \pi \cdot D_{cp} \cdot n_{Б\phi}, \quad (1.16)$$

где  $V_{К\phi}$  – фактическая скорость каната, м/мин.

Следовательно, действительная скорость подъема груза будет равна:

$$V_{Г\phi} = \frac{V_{К\phi}}{i}, \quad (1.17)$$

где  $V_{Г\phi}$  – действительная скорость подъема груза, м/мин.

Отклонение фактической скорости подъема груза  $V_{Г\phi}$  от заданной  $V_G$  должно быть равно:

$$\eta = \frac{|V_{Г\phi} - V_G|}{V_G} \leq 10\%. \quad (1.18)$$

Если отклонение получится больше, то необходимо изменить число наливок каната на барабан ( $m$ ), передаточное число редуктора ( $U_\phi$ ) или диаметр барабана ( $D_B$ ).

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить основные узлы грузоподъемных механизмов (п. 1.1).
2. Записать исходные данные в соответствии с вариантом индивидуального задания (таблица 1.1).
3. Вычертить схему механизма подъема (рисунок 1.7) с заданной подвеской груза (рисунок 1.8).
4. Выполнить основной расчет механизма подъема груза (п. 1.2).
5. Сделать вывод.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Тема и цель выполняемой работы.
2. Исходные данные в соответствии с вариантом индивидуального задания.
3. Схема механизма подъема с заданной подвеской груза.
4. Расчет механизма подъема груза.
5. Вывод.



# ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

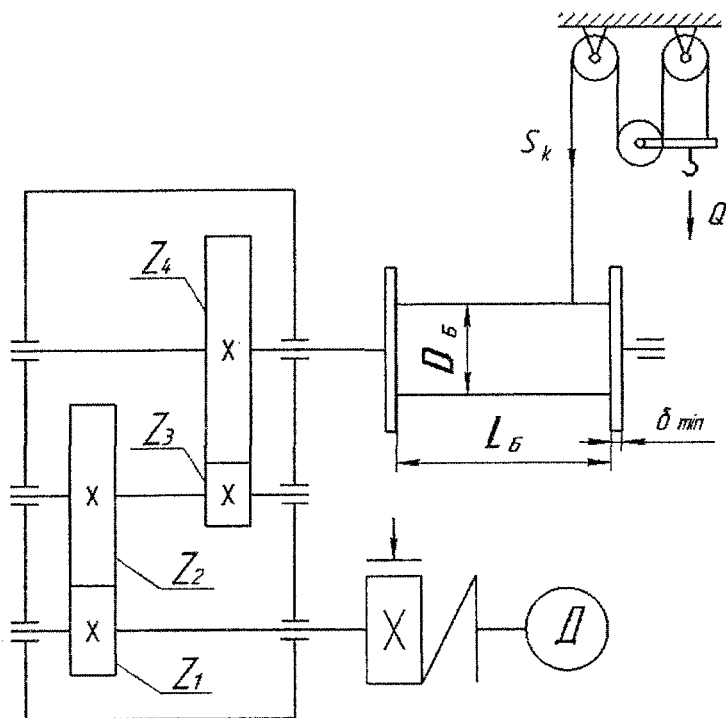


Рисунок 1.7 – Схема механизма подъема груза

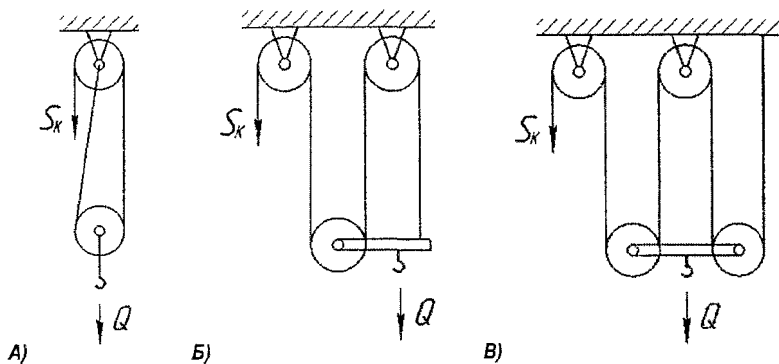


Рисунок 1.8 – Схема подвески груза

Таблица 1.1 – Исходные данные

Вариант	Вес поднимаемого груза Q, кН	Скорость подъема груза $V_r$ , м/мин	Высота подъема груза H, м	Режим работы механизма	Схема подвески груза (рисунок 1.8)
1	50	20	20	Средний	А
2	65	15	10	Средний	Б
3	25	15	15	Легкий	В
4	50	15	20	Легкий	А
5	75	10	30	Тяжелый	В
6	40	20	15	Средний	Б
7	100	15	30	Тяжелый	В
8	75	20	25	Легкий	В
9	50	15	30	Средний	А
10	75	15	25	Тяжелый	В
11	60	15	30	Средний	А
12	65	20	20	Тяжелый	Б
13	90	15	20	Легкий	В
14	40	15	30	Средний	А
15	75	10	30	Тяжелый	Б
16	55	10	40	Тяжелый	Б
17	35	15	20	Средний	В
18	65	20	35	Легкий	А
19	70	15	45	Тяжелый	Б
20	80	10	35	Средний	В

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите области применения механизмов подъема груза.
2. Что такое лебедка?
3. По каким признакам подразделяются лебедки?
4. Назовите конструктивные элементы строительных лебедок.
5. Какие типы барабанов применяются в лебедках?
6. Назовите типы канатов, которые применяют в строительных лебедках.
7. Как подбирают диаметр каната?
8. Дайте определение понятию полиспагт.
9. На выбор каких параметров механизма влияет режим работы?
10. Как осуществляется подъем и опускание грузов на схеме механизма подъема груза (рисунок 1.7)?

## Практическая работа №2 РАСЧЕТ ЯКОРЕЙ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой и получить практические навыки расчёта якорей различных типов.

Для закрепления различных элементов такелажной оснастки (вант, полиспастов, оттяжек, некоторых видов подъемно-транспортных машин) в частности лебедок, применяются якоря. От конкретных условий монтажа и величины нагрузки зависит выбор типа якоря: инвентарный наземный, полузаглубленный, заглубленный и свайный.

### 2.1 Расчет наземных инвентарных якорей

Наземный якорь представляет собой сварную раму с упорными стенками в виде швеллеров или шипов, которые, врезаясь в грунт, обеспечивают хорошую устойчивость якоря от сдвига. На раму укладываются бетонные блоки различных размеров, количество которых определяется необходимой массой якоря. Бетонные блоки имеют стандартную массу и размеры. Блок размером  $1,5 \times 1 \times 0,45$  м имеет массу 1,5 т;  $1,5 \times 1 \times 1,35$  м – 4,5 т;  $0,9 \times 0,9 \times 4$  м – 7,5 т.

Сборно-разборная конструкция такого якоря облегчает его транспортировку на объект, регулировку допускаемой нагрузки, многократное использование. Такие якоря применяются для нагрузок до 1000 кН.

Расчет якоря заключается в определении его массы, обеспечивающей устойчивость от сдвига и опрокидывания (рисунок 2.1), и производится в следующей последовательности:

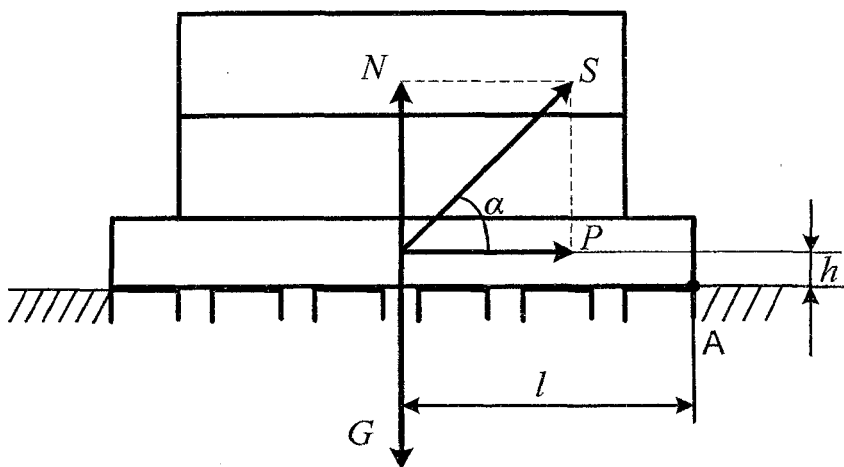


Рисунок 2.1 – Расчетная схема инвентарного наземного якоря

1. Определить суммарную массу железобетонных блоков, обеспечивающих устойчивость якоря от сдвига:

$$G = \left( \frac{P}{f} + N \right) \cdot K_{см}, \text{ Н}, \quad (2.1)$$

где  $P$  и  $N$  – соответственно горизонтальная и вертикальная составляющие усилия в тяге  $S$ , которые могут быть определены, если известен угол  $\alpha$  по формулам (2.2) и (2.3);

$f$  – коэффициент трения скольжения по грунту;

$K_{см}$  – коэффициент запаса устойчивости якоря от сдвига,  $K_{см}=1,5$ ;

$$P = S \cdot \cos \alpha, \text{ кН}, \quad (2.2)$$

$$N = S \cdot \sin \alpha, \text{ кН}. \quad (2.3)$$

В зависимости от грунта для якорей с металлическими рамами значение коэффициента  $f$  может быть принято равным:

для сухого утрамбованного песка ..... 0,785 – 0,835;

для чернозема плотного сырого ..... 0,895 – 0,955;

для получернозема сырого ..... 0,990 – 0,995.

Для рамы якоря, не имеющей шипов, коэффициент трения выбирают из таблицы 4П приложения.

При установке бетонных массивов непосредственно на грунт коэффициент трения скольжения принимается равным 0,5.

2. Определить необходимое количество бетонных блоков выбранных размеров и массой  $g$ :

$$n = \frac{G}{g} \quad (2.4)$$

3. Проверить якорь на устойчивость от опрокидывания относительно ребра А:

$$(G - N) \cdot l \geq P \cdot h \cdot K_{оп}, \quad (2.5)$$

где  $l$  – плечо удерживающего момента от массы якоря, м;  $h$  – плечо действия силы  $P$ , м;  $K_{оп}$  – коэффициент устойчивости якоря от опрокидывания,  $K_{оп}=1,4$ .

## 2.2 Расчет полузаглубленных якорей

Полузаглубленные якоря состоят из железобетонных блоков массой, как правило, 7,5 т, размером 900×900×4000 мм, часть из которых заглубляется в грунт. Тяга крепится к заглубленным блокам. Длинная грань заглубленных блоков располагается перпендикулярно грузовой канатной тяге (рисунок 2.2).

Расчет полузаглубленного якоря сводится к проверке якоря на отрыв от грунта вертикальной составляющей усилия, действующего на якорь, определению удельного давления на грунт гранью заглубленного блока и сравнению этого давления с допускаемым. Расчетное удельное давление должно быть меньше допускаемого, что означает отсутствие сдвига грунта, а значит, и якоря.

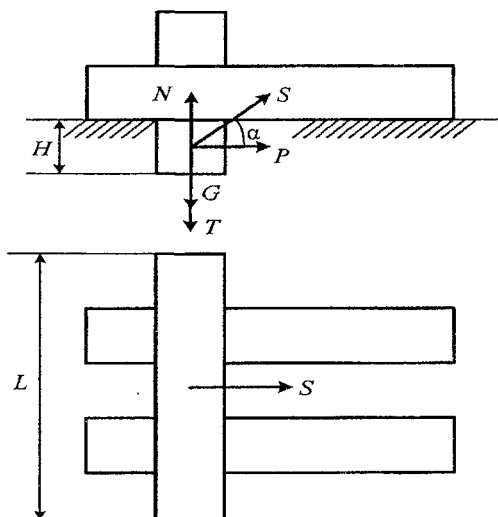


Рисунок 2.2 – Расчетная схема инвентарного полузаглубленного якоря

Полузаглубленный якорь рассчитывается следующим образом:

1. Проверяется якорь на отрыв от грунта вертикальным усилием:

$$G+T \geq K_y \cdot N, \quad (2.6)$$

где  $G$  – вес якоря (величиной  $G$  задаются, считается, что она должна превышать тяговое усилие, действующее на якорь), кН;

$K_y$  – коэффициент устойчивости якоря,  $K_y=1,4$ .

Вертикальную составляющую усилия  $S$  определяют, если известен угол  $\alpha$  (угол наклона тягового каната к горизонту) по формуле (2.3).

Силу трения заглубленного блока якоря о стенку котлована рассчитывают по формуле:

$$T=P \cdot f, \text{ кН}, \quad (2.7)$$

где  $P$  – горизонтальная составляющая, определяемая по формуле (2.2), кН;

$f$  – коэффициент трения, который обычно принимается равным 0,5.

2. Определяется удельное давление грани заглубленного блока на стенку котлована, которое должно быть меньше допускаемого:

$$\sigma = \frac{P}{F \cdot \eta} < [\sigma]_r, \text{ МПа}, \quad (2.8)$$

где  $F$  – площадь боковой грани заглубленного в грунт блока якоря, м<sup>2</sup>;

$\eta$  – коэффициент уменьшения допускаемого давления, учитывающий неравномерность смятия грунта (принимается равным 0,25);

$[\sigma]_r$  – допускаемое удельное давление на грунт, выбирается в зависимости от категории грунта по таблице 5П приложения, МПа.

### 2.3 Расчет заглубленных якорей

Якоря такого типа представляют собой заглубленные анкеры в виде бревен, стальных труб или бетонных плит прямоугольного сечения с выводом на поверхность каната или тяги, изготовленной из профильной стали. В зависимости от величины воспринимаемого усилия якоря выполняются двух типов: для нагрузок до 200 кН используются якоря облегченного типа, когда анкеры укладываются непосредственно в котлован (рисунок 2.3); для нагрузок свыше 200 кН – усиленные якоря с укреплением стенки котлована щитом из бревен (рисунок 2.5).

При расчете заглубленных якорей определяют:

- устойчивость якоря от вырывания при действии вертикальных сил;
- давление на грунт от горизонтальных сил;
- сечение элементов якоря.

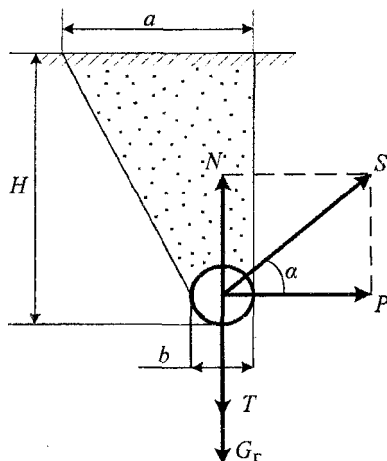


Рисунок 2.3 – Расчетная схема заглубленного облегченного якоря

#### 2.3.1 Облегченный заглубленный якорь

Расчет облегченного заглубленного якоря с анкерами из бревен или стальных труб выполняется в следующем порядке:

1. Проверяется устойчивость якоря при действии вертикальных сил:

$$G_r + T > K_y \cdot N, \quad (2.9)$$

где  $G_r$  – вес грунта котлована, кН;

$T$  – сила трения анкера о стенку котлована, определяемая по формуле (2.7), кН;

$K_y$  – коэффициент устойчивости якоря ( $K_y=3$ );

$N$  – вертикальная составляющая усилия в тяге якоря, определяемая по формуле (2.3), кН.

Вес грунта котлована может быть найден по формуле:

$$G_r = \frac{a+b}{2} \cdot H \cdot l \cdot \rho_r \cdot g, \quad \text{кН}, \quad (2.10)$$

где  $a$  и  $b$  – размеры котлована, м;  
 $H$  – глубина заложения анкера, м;  
 $l$  – длина анкера, м;  
 $\rho = 1500$  – плотность грунта, кг/м<sup>3</sup>;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Коэффициент трения анкера о грунт: для дерева  $f \approx 0,5$ ; для стали  $f \approx 0,45$ .

2. Определяется удельное давление на грунт от действия горизонтальных сил:

$$\sigma = \frac{P}{l \cdot d \cdot \eta \cdot n}, \text{ Мпа,} \quad (2.11)$$

где  $d$  – диаметр анкера (предварительно задаётся), м;  
 $l$  – длина анкера, м;  
 $\eta$  – коэффициент уменьшения допускаемого давления, учитывающий неравномерность смятия грунта (принимается равным 0,25);  
 $n$  – количество бревен или труб (величиной  $n$  задаются).

Для устойчивости якоря необходимо выполнение условия  $\sigma < [\sigma]_r$ .

3. На прочность анкер рассчитывают для двух случаев: для якоря с одной и с двумя тягами (рисунок 2.4).

В якорях с бетонными анкерами расчет анкера на прочность не выполняется.

#### Якорь с одной тягой

1. Определяется максимальный изгибающий момент в анкере:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{S \cdot l}{8}, \text{ кН}\cdot\text{м,} \quad (2.12)$$

где  $q$  – равномерно распределенная нагрузка на анкер, кН/м.

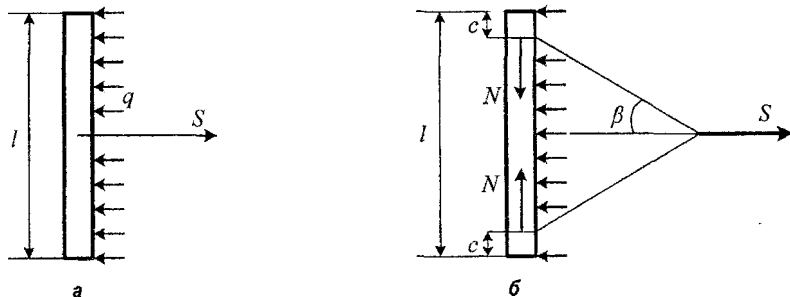


Рисунок 2.4 – Схема расчета закладного анкера с одной (а) и с двумя (б) тягами

2. Находится требуемый момент сопротивления сечения анкера:

$$W_{тр} = \frac{M}{m \cdot R}, \text{ м}^3, \quad (2.13)$$

где  $m=0,9$  – коэффициент условия работы;

$R$  – расчетное сопротивление анкера, работающего на изгиб (для бревен  $R=13$  МПа, для стальных труб  $R$  определяется по таблице 6П приложения).

3. Сечение анкера из стальных труб подбирают по таблице 7П приложения, чтобы суммарный момент сопротивления сечения  $W_x$  был не менее  $W_{тр}$ .

4. Для анкера из бревен их диаметр определяется по формуле:

$$d = \sqrt[3]{10W_{тр}/n}, \text{ м}, \quad (2.14)$$

где  $n$  – количество бревен (величиной  $n$  задаются).

### **Якорь с двумя тягами**

1. Определяется максимальный изгибающий момент в анкере:

$$M = S \cdot c^2 / (2l), \quad (2.15)$$

где  $c$  – расстояние от конца анкера до точки крепления тяги (рисунок 2.4, б), м.

2. Находится усилие, сжимающее анкер:

$$N = S \cdot \operatorname{tg} \beta / 2, \quad (2.16)$$

где  $\beta$  – угол между тягой и направлением усилия  $S$ , град.

3. Проверяют анкер на прочность при его изгибе и сжатии, задаваясь диаметром бревен или стальных труб и их количеством:

$$\frac{N}{F} + \frac{M}{W_x} \leq m \cdot R, \quad (2.17)$$

где  $F$  – суммарная площадь сечения бревен или труб, м<sup>2</sup>;  $W_x$  – суммарный момент сопротивления сечения бревен или труб, м<sup>3</sup>.

Для труб величины  $F$  и  $W_x$  выбираются по таблице 7П приложения, для бревен эти величины рассчитываются как для круглого сечения:

$$W_x = 0,1 \cdot d^3 \cdot n, \text{ м}^3. \quad (2.18)$$

### **2.3.2 Усиленный заглубленный якорь**

Принцип расчета этого типа якоря (рисунок 2.5) аналогичен расчету облегченного якоря.

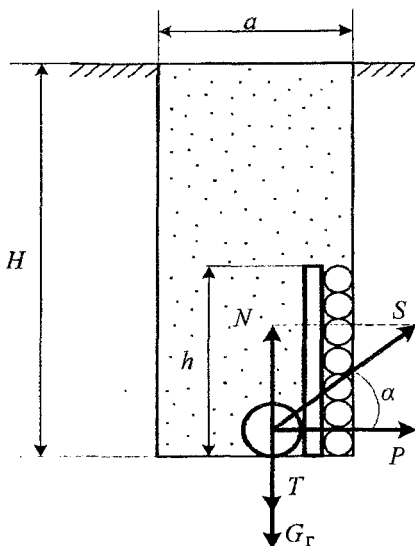
1. Определяют устойчивость якоря от действия вертикальных сил по формуле (2.9).

Масса грунта котлована определяется по формуле:

$$G_r = H \cdot a \cdot l \cdot \rho_r \cdot g, \text{ кН}. \quad (2.19)$$

Остальные обозначения такие же, как для облегченного якоря. Коэффициент трения анкера по бревенчатой стенке принимается равным 0,4. Коэффициент устойчивости якоря принимается равным  $K_y=2$ .





**Рисунок 2.5 – Расчетная схема усиленного заглубленного якоря**

2. Рассчитывается удельное давление анкера на грунт от действия горизонтальных сил, которое должно быть меньше допустимого:

$$\sigma_r = P / (l \cdot h \cdot \eta) < [\sigma]_r \quad (2.20)$$

где  $h$  – высота вертикального щита, м.

3. Рассчитывается сечение анкера аналогично облегченному якорю по формулам (2.12)-(2.14).

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить область применения якорей различных типов.
2. Записать исходные данные в соответствии с вариантом индивидуального задания (таблица 2.1).
3. Выполнить расчет наземного инвентарного якоря в соответствии с п. 2.1.
4. Выполнить расчет полузаглубленного якоря в соответствии с п. 2.2.
5. Выбрать тип заглубленного якоря в зависимости от величины воспринимаемого усилия. Выполнить расчет усиленного или облегченного якоря с одной тягой в соответствии с п. 2.3.
6. Сделать вывод.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Тема и цель выполняемой работы.
2. Исходные данные в соответствии с вариантом индивидуального задания.
3. Расчетная схема и расчет наземного инвентарного якоря.
4. Расчетная схема и расчет полузаглубленного якоря.
5. Расчетная схема и расчет заглубленного инвентарного якоря.
6. Вывод.

Таблица 2.1 – Варианты индивидуальных заданий

Вариант	Тяговое усилие S, кН	$\alpha$ , град.	Тип грунта	Размеры согласно расчётной схеме для якоря					
				наземного (рисунок 2.1) и полузаглубленного (рисунок 2.2)		заглубленного (рисунок 2.3, 2.5)			
				$l$ , м	$h$ , м	$a$ , м	$b$ , м	$H$ , м	$l$ , м
1	150	15	песок	0,8	0,2	2,5	0,3	2,8	3
2	160	18	чернозём	0,85	0,22	2,8	0,4	3	3,2
3	170	20	гравий	0,9	0,24	3	0,5	3,2	3,4
4	180	25	глина	1	0,25	3,2	0,6	3,5	4
5	200	28	песок	0,9	0,25	3,5	0,8	4	3,5
6	210	30	чернозём	0,85	0,22	3	-	3,2	3,5
7	220	35	гравий	0,9	0,24	3,6	-	3,8	3,5
8	230	40	глина	1	0,25	3,2	-	3,5	4
9	150	35	глина	0,8	0,2	2,5	0,4	2,8	3
10	160	32	гравий	0,85	0,22	2,8	0,5	3	3,2
11	170	30	чернозём	0,9	0,24	3	0,6	3,2	3,4
12	180	28	песок	1	0,25	3,2	0,8	3,5	4
13	200	25	глина	0,9	0,25	3,5	0,6	4	3,5
14	210	24	гравий	0,85	0,22	3	-	3,2	3,5
15	220	22	чернозём	0,9	0,24	3,6	-	3,8	3,5
16	230	20	песок	1	0,25	3,2	-	3,5	4
17	150	20	гравий	0,8	0,2	2,5	0,3	2,8	3
18	160	25	глина	0,85	0,22	2,8	0,4	3	3,2
19	170	28	песок	0,9	0,24	3	0,5	3,2	3,4
20	180	30	чернозём	1	0,25	3,2	0,6	3,5	4

Примечание: 1. Для нечётных вариантов принять анкеры из брёвен, чётных – из стальных труб.  
2. При расчёте усиленных заглубленных якорей принять  $h=0,4H$ .

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего применяются якоря?
2. Какие бывают виды якорей?
3. Что представляет собой наземный инвентарный якорь?
4. В чём заключается расчёт наземного инвентарного якоря?
5. Перечислите преимущества наземных инвентарных якорей.
6. Что представляет собой полузаглубленный якорь?
7. В чём заключается расчёт полузаглубленного якоря?
8. Назовите виды усиленных якорей.
9. Что представляет собой усиленный якорь?
10. В чём заключается расчёт усиленного якоря?
11. Что применяется в качестве анкеров для усиленных якорей?

### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добронравов, С.С. Строительные машины и оборудования: справочник / С.С. Добронравов, М.С. Добронравов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 445 с.
2. Иванов, М.Н. Детали машин: учебник для студентов вузов / Под ред. В.А. Финогенова. – 6-е изд. перераб. и испр. – М.: Высш. шк., 2000. – 447 с.
3. Баутин, В.М. Монтаж оборудования перерабатывающих предприятий / В.М. Баутин, Ф.Я. Рудик, Н.В. Юдаев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2002. – 184 с.

Таблица 1П – Диаметры стальных канатов типа ТК-6х19=114 проволока с органическим сердечником ГОСТ 3070-88. Расчетный предел прочности проволоки при растяжении  $R=1569 \text{ Н/мм}$

Диаметр каната, мм	Разрывное усилие каната, кН	Диаметр каната, мм	Разрывное усилие каната, кН
3,1	3,4	11,0	58,45
3,4	5,77	12,5	76,39
3,7	5,88	14,0	95,6
4,0	8,07	15,5	119,15
4,4	9,34	17,0	144,16
4,8	11,38	18,5	171,61
5,3	13,73	20,0	201,53
5,7	16,38	22,0	233,4
6,2	19,02	23,5	267,23
7,7	29,71	25,0	305,48
9,3	42,95	26,5	344,7

Таблица 2П – Технические данные асинхронных трехфазных двигателей серии 5А

Тип электродвигателя	Номинальная мощность двигателя $N_{дв}$ , кВт	Частота вращения $n_{дв}$ , мин <sup>-1</sup>	Тип электродвигателя	Номинальная мощность двигателя $N_{дв}$ , кВт	Частота вращения $n_{дв}$ , мин <sup>-1</sup>
Синхронная частота вращения $n_{синхр}=1000 \text{ мин}^{-1}$					
5А80МА6	0,75	930	5А160М6	15	970
5А80МВ6	1,1	930	АИР180М6	18,5	980
5АМ112МА6	3,0	950	5А200М6	22	975
5АМ112МВ6	4,0	955	5А200Л6	30	975
5АМХ132S6	5,5	960	5А225М6	37	980
5АМХ132М6	7,5	960	5АМ250S6	45	985
5А160S6	11	970	5АМ250М6	55	985
Синхронная частота вращения $n_{синхр}=750 \text{ мин}^{-1}$					
5А80МВ8	0,55	700	АИР180М8	15	730
5АМ112МА8	2,2	710	5А200М8	18,5	735
5АМ112МВ8	3,0	710	5А200Л8	22	735
5АМХ132S8	4,0	715	5А225М8	30	735
5АМХ132М8	5,5	715	5АМ250S8	37	740
5А160S8	7,5	725	5АМ250М8	45	740
5А160М8	11	725	5АМ280S8е	55	740

Таблица 3П – Фактические передаточные числа двухступенчатых цилиндрических редукторов

Типоразмер редуктора	Передаточное число редуктора $U_0$
ЦД-2	8,0; 9,0; 10,0; 11,2; 12,5; 14,0; 16,0; 18,0; 20,0; 22,4; 25,0; 28,0; 31,5; 35,5; 36,8; 40,0; 45,0
Ц2	8,32; 9,8; 12,4; 16,3; 19,8; 24,9; 32,4; 41,34
2Ч40	7,75; 9,75; 12,25; 15,5; 19,5; 24,5; 31,0; 39,0
PM-250	8,23; 10,35; 12,64; 15,75; 20,49; 23,34; 31,50; 40,17; 48,57

Таблица 4П – Значение коэффициента трения скольжения  $f$

Материал соприкасающихся поверхностей	Состояние поверхностей	Значение $f$
Сталь по стали	Сухие	0,15
	Смазанные	0,10
Сталь по дереву	Сухие	0,40
	Смазанные	0,11
Сталь по бетону	Сухие	0,45
Сталь по гравию	Сухая	0,45
Сталь по снегу	–	0,02
Сталь по песчанику	Сухая	0,42
Дерево по дереву	Сухие	0,50
	Смазанные	0,15
Дерево по бетону	Сухие	0,50
Дерево по снегу	–	0,035

Таблица 5П – Допускаемое удельное давление на грунт  $[\sigma]_г$ , МПа

Тип грунта	$[\sigma]_г$
плотно слежавшийся гравий	0,50 – 0,80
сухой песок	0,30 – 0,50
сухая глина	0,30 – 0,40
мокрый песок	0,10 – 0,30
мокрая глина	0,05 – 0,20
болотистый грунт, торф	0,025 – 0,05

Таблица 6П – Расчетное сопротивление прокатной стали

Напряженное состояние	Условное обозначение	Расчетное сопротивление, МПа			
		Ст 3	Ст 5	Сталь 45	Сталь 40Х
1. Растяжение, сжатие, изгиб	$R$	210	230	300	400
2. Срез	$R_{ср}$	130	140	180	240

Таблица 7П – Основные расчетные данные стальных бесшовных труб (ГОСТ 8732–78)

Диаметр, мм		Толщина стенки, мм	Площадь сечения $F, \text{см}^2$	Момент инерции $I, \text{см}^4$	Момент сопротивления $W, \text{см}^3$	Радиус инерции $r, \text{см}$	Масса $m, \text{кг}$
наружный $d_n$	внутренний $d_b$						
1	2	3	4	5	6	7	8
102	94	4	12,3	148	29,0	3,47	9,67
	90	6	18,1	209	41,0	3,40	14,21
	86	8	23,6	263	51,6	3,34	18,55
	82	10	28,9	309	60,6	3,27	22,69
	78	12	33,9	350	68,6	3,21	26,63
	74	14	38,7	384	75,3	3,15	30,38
	70	16	43,2	413	81,0	3,09	33,93
108	100	4	13,1	177	32,8	3,68	10,26
	96	6	19,2	251	46,5	3,62	15,09
	92	8	25,1	316	58,4	3,55	19,73
	88	10	30,8	373	69,1	3,48	24,17
	84	12	36,2	423	78,3	3,42	28,41
	80	14	41,3	467	86,5	3,36	32,45
	76	16	46,2	504	93,4	3,30	36,30
114	106	4	13,8	209	36,7	3,89	10,85
	102	6	20,4	298	52,3	3,83	15,98
	98	8	26,6	376	66,0	3,76	20,91
	94	10	32,7	446	78,2	3,70	25,65
	90	12	38,4	507	88,9	3,63	30,19
	86	14	44,0	561	98,5	3,57	34,53
	82	16	49,2	607	106,0	3,51	38,67
121	113	4	14,7	252	41,6	4,14	11,54
	109	6	21,7	359	59,4	4,07	17,02
	105	8	28,4	456	75,3	4,00	22,29
	101	10	34,9	541	89,5	3,94	27,37
	97	12	41,1	618	102,0	3,88	32,26
	93	14	47,1	685	113,0	3,81	36,94
	89	16	52,8	744	123,0	3,76	41,43
	85	18	58,3	796	132,0	3,70	45,72
127	119	4	15,5	293	46,1	4,35	12,13
	115	6	22,8	418	65,9	4,28	17,90
	111	8	29,9	532	83,8	4,22	23,48
	107	10	36,8	633	99,8	4,15	28,85
	103	12	43,4	724	114,0	4,09	34,03
	99	14	49,7	806	127,0	4,02	39,01
	95	16	55,8	877	138,0	3,96	43,80
133	125	4	16,2	337	50,8	4,57	12,73
	121	6	23,9	484	72,7	4,49	18,79
	117	8	31,4	616	94,3	4,43	24,66
	113	10	38,6	736	111,0	4,36	30,33
	109	12	45,6	843	127,0	4,30	35,81
	105	14	52,3	939	141,0	4,24	41,09
	101	16	58,8	1025	154,0	4,18	46,17

## Продолжение таблицы 7П

1	2	3	4	5	6	7	8
140	128	6	25,3	568	81,1	4,74	19,83
	124	8	33,8	725	104,0	4,68	26,04
	120	10	40,8	868	124,0	4,61	32,06
	116	12	48,3	997	142,0	4,55	37,88
	112	14	55,4	1114	159,0	4,49	43,50
	108	16	62,3	1218	174,0	4,42	48,93
	104	18	69,0	1312	187,0	4,36	54,16
	100	20	75,4	1395	199,0	4,30	59,19
146	134	6	26,4	648	88,8	4,95	20,72
	130	8	34,7	829	114,0	4,89	27,23
	126	10	42,7	993	136,0	4,82	33,54
	122	12	50,5	1143	157,0	4,76	39,66
	118	14	58,0	1279	175,0	4,70	45,57
	114	16	65,3	1402	192,0	4,64	51,30
	110	18	72,4	1512	207,0	4,57	56,98
	106	20	79,2	1611	221,0	4,51	62,15
152	140	6	27,5	734	96,6	5,17	21,60
	136	8	36,2	941	124,0	5,10	28,41
	132	10	44,6	1130	149,0	5,03	35,02
	128	12	52,8	1303	171,0	4,97	41,43
	124	14	60,7	1460	192,0	4,90	47,65
	120	16	68,4	1608	212,0	4,85	53,66
	116	18	75,8	1732	228,0	4,78	59,48
	112	20	82,9	1849	243,0	4,72	65,1
159	147	6	28,8	845	106	5,41	22,64
	143	8	37,9	1085	136	5,35	29,79
	139	10	46,8	1304	164	5,28	36,75
	135	12	55,4	1507	190	5,21	43,50
	131	14	63,8	1692	213	5,15	50,06
	127	16	71,9	1851	234	5,09	56,43
	123	18	79,7	2014	253	5,03	62,59
	168	156	6	30,5	1003	119	5,74
152		8	40,2	1290	153	5,66	31,57
148		10	49,6	1555	185	5,60	38,97
144		12	58,8	1800	214	5,53	46,17
140		14	67,7	2025	241	5,47	53,17
136		16	76,4	2222	265	5,40	59,98
132		18	84,8	2421	288	5,34	66,59
128		20	93,0	2593	308	5,28	73,00
180	168	6	32,8	1243	138	6,15	25,75
	164	8	43,2	1602	178	6,09	33,93
	160	10	53,4	1936	215	6,03	41,92
	156	12	63,3	2246	250	5,96	49,72
	152	14	73,0	2533	281	5,89	57,31
	148	16	82,4	2797	310	5,83	64,71
	144	18	91,6	3043	338	5,76	71,91
	140	20	101,0	3268	363	5,69	78,92

## Окончание таблицы 7П

1	2	3	4	5	6	7	8
194	182	6	35,4	1568	162	6,65	27,82
	178	8	46,7	2026	209	6,59	36,70
	174	10	57,8	2454	253	6,51	45,38
	170	12	68,6	2864	295	6,46	53,86
	166	14	79,2	3226	332	6,38	62,15
	162	16	89,5	3573	368	6,32	70,24
	158	18	99,5	3895	401	6,26	78,13
154	20	109,0	4193	431	6,20	85,28	
203	191	6	36,9	1800	181	6,97	29,15
	187	8	48,7	2329	234	6,90	38,47
	183	10	60,5	2826	284	6,83	47,60
	179	12	72,2	3291	331	6,76	56,52
	175	14	83,2	3725	375	6,69	65,25
	171	16	94,2	4131	415	6,62	73,79
	167	18	104,4	4510	453	6,55	82,12
163	20	114,6	4862	489	6,48	90,26	
219	207	6	40,1	2279	208	7,53	31,52
	203	8	53,0	2956	270	7,47	41,63
	199	10	65,6	3594	328	7,40	51,54
	195	12	78,0	4195	383	7,33	61,26
	191	14	90,2	4760	435	7,27	70,78
245	229	8	59,6	4188	342	8,38	46,76
	225	10	73,8	5107	417	8,32	57,95
	221	12	87,8	5978	488	8,25	68,95
	217	14	102,0	6803	555	8,19	79,76
	213	16	115,0	7584	619	8,12	90,36
	209	18	128,0	8322	680	8,06	100,77
	205	20	141,0	9019	737	7,99	110,98
273	257	8	66,6	5853	429	9,37	52,28
	253	10	82,6	7157	525	9,31	64,86
	249	12	98,4	8398	615	9,23	77,24
	245	14	114,0	9582	702	9,18	89,42
	241	16	129,0	10710	785	9,12	101,41
	237	18	144,0	11780	863	9,04	113,20
	233	20	159,0	12800	938	8,97	124,79

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители:

*Дакало Юрий Александрович*

*Добрняник Юрий Алексеевич*

*Жук Александр Сергеевич*

## **Методические указания**

к практическим работам  
«Материально-технические средства  
для выполнения монтажных работ»  
по дисциплине «Ремонт и монтаж оборудования пищевых производств»  
для студентов специальности  
1-36 09 01 «Машины и аппараты пищевых производств»

Ответственный за выпуск: Жук А.С.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано в печать 03.05.2017 г. Формат 60x84 1/16. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Arial Narrow». Усл. печ. л. 1,4. Уч. изд. л. 1,5. Заказ № 382. Тираж 40 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.