

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Российский государственный политехнический университет
(НПИ) имени М.И. Платова

Г.М. Симилейский

**ПРАКТИКУМ по дисциплине
КОНСТРУКЦИИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ,
СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ СРЕДСТВ
(специалитет)**



Новочеркасск
ЮРГПУ (НПИ)
2017

УДК 69.002.5+625.7.08
ББК 38.6-5
С71

Рецензенты:

д-р техн. наук **М.Н. Хальфин** (ЮРГПУ(НПИ))
д-р. техн. наук **В.П. Максимов** (ЮРГПУ(НПИ))

Г.М. Симилейский

Практикум по дисциплине «Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств»:/ Г.М. Симилейский; Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. - Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2017. - 97 с.

Практикум по дисциплине " Конструкция наземных транспортно-технологических машин " составлен в соответствии с направлением подготовки 23.05.01 (специалитет) "Наземные транспортно-технологические средства" по специализации "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование", включает методические указания для практических занятий.

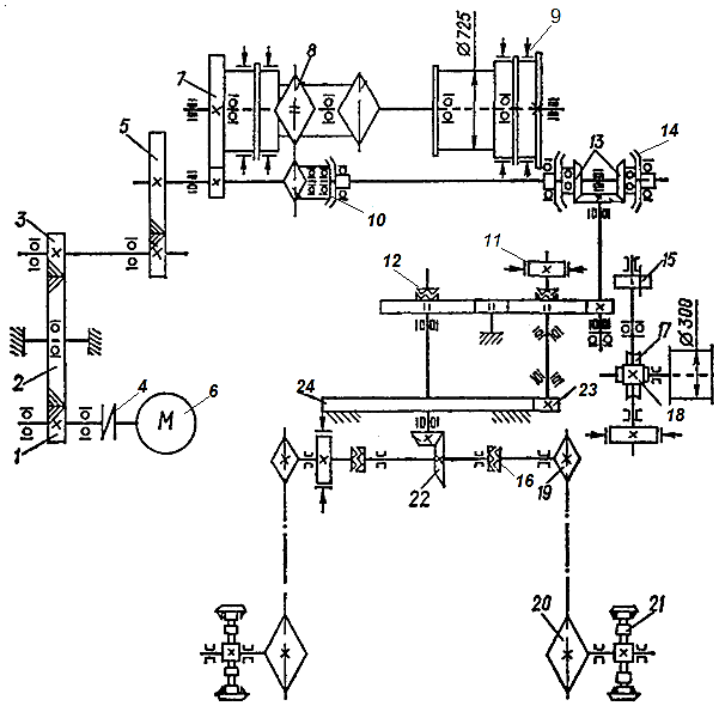
Предназначен для использования студентами дневной формы обучения на практических занятиях, при изучении конструкций наземных транспортно-технологических средств, при выполнении курсовых проектов и выпускной квалификационной работы.

УДК 69.002.5+625.7.08
ББК 38.6-5

© Южно-Российский государственный
политехнический университет
(НПИ) имени М.И.Платова, 2017

Практическое занятие № 1

1. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ УНИВЕРСАЛЬНОГО ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА



1

Задание

Произвести кинематический расчет передач экскаваторов, определив *скорости* заданных механизмов.

1. Порядок выполнения

- 1) **Вычертить** часть *кинематической схемы* экскаватора от двигателя до заданного механизма.
- 2) **Вычертить** *схему запасовки канатов* для заданного механизма экскаватора.
- 3) Определить *передаточные числа* каждой кинематической пары и *общее передаточное число* от двигателя до исполнительного элемента заданного механизма.
- 4) Определить *частоту вращения исполнительного элемента* заданного механизма (барабана, шестерни, ведущего колеса гусеницы, поворотной платформы).
- 5) Определить *скорость* навивки каната на барабан или окружную скорость шестерни (или ведущего колеса гусеницы).
- 6) Определить *скорость сокращения полиспаста* для заданного механизма.

2. Методика выполнения

1) Изучаем кинематическую схему, *перечерчиваем ее часть* — от двигателя до заданного механизма (рис.1 или 3).

Чтобы получить ясное представление о месте расположения и назначении механизмов, изображенных на кинематической схеме, следует предварительно разобраться в устройстве механизмов экскаватора.

На вычерченной части кинематической схемы обозначаем все основные элементы и все данные, необходимые для расчета — *число зубьев, модуль, шаг звездочек, мощность и частоту вращения двигателя, диаметр барабана* и т.п.

2) Чертим *схему запасовки канатов* для заданного механизма, если она нужна для расчетов (рис.2 или 4).

На этой схеме обозначаем *барабаны, канаты, блоки*, указываем *диаметры барабанов и кратность полиспаста*.

3) При определении передаточных чисел следует иметь в виду следующее:

а) под передаточным числом кинематической пары (*зубчатых колес*) понимают *отношение* числа зубьев *ведомого* колеса Z_2 к числу зубьев *ведущей* шестерни Z_1 , например,

для *червячной передачи* — *отношение* числа зубьев *червячного колеса* Z_K к числу *заходов червяка* Z_χ :

$$i_{\chi n} = \frac{Z_K}{Z_\chi}$$

б) *общее передаточное число* от двигателя до исполнительного элемента заданного механизма определяется как *произведение всех частных передаточных чисел соответствующей кинематической цепи*, например

$$i_{\text{общ}} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots \cdot i_n$$

4) Частоту вращения n исполнительного элемента заданного механизма (*барабана, шестерни, ведущего колеса гусеницы, поворотной платформы*) подсчитываем *по частоте вращения двигателя $n_{\text{дв}}$ и общему передаточному числу $i_{\text{общ}}$* :

$$n = \frac{n_{\text{дв}}}{i_{\text{общ}}}, \text{ 1/мин}$$

5) При определении скорости возможны три случая:

а) *скорость навивки V каната на барабан* определяется по формуле

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \text{ м/с,}$$

где D — диаметр соответствующего барабана, м;
 n — частота вращения этого барабана, 1/мин.

б) **окружная скорость $V_{ш}$ шестерни напора** (возврата) z_{12} для экс-

каватора ЭО-5111:

$$V_{ш} = \frac{\pi \cdot d_{ш} \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot m \cdot z \cdot n}{60} \text{ м/с,}$$

где m — модуль шестерни, м;
 z — число зубьев шестерни ;
 n — частота вращения шестерни, 1/мин (см.п. 4)

в) **окружная скорость $V_{к}$ ведущего колеса** гусеницы определяется по

формуле

$$V_{к} = \frac{z \cdot t \cdot n}{60} \text{ м/с,}$$

где z — число зубьев ведущего колеса гусеницы;
 t — шаг зубьев ведущего колеса гусеницы, м;
 n — частота вращения колеса, 1/мин (см.п. 4).

б) Для вычисления **скорости сокращения полиспаста $V_{пол}$** предварительно **определяем его кратность $i_{пол}$** по схеме запасовки канатов (рис.2 или 4).

Затем по скорости навивки каната на барабан V и кратности полиспа-

ста $i_{пол}$ вычисляем **скорость сокращения полиспаста**

$$V_{пол} = \frac{V}{i_{пол}} \text{ м/с,}$$

где V — скорость навивки каната на барабан, м/с (см.п. 5а);
 $i_{пол}$ — кратность полиспаста.

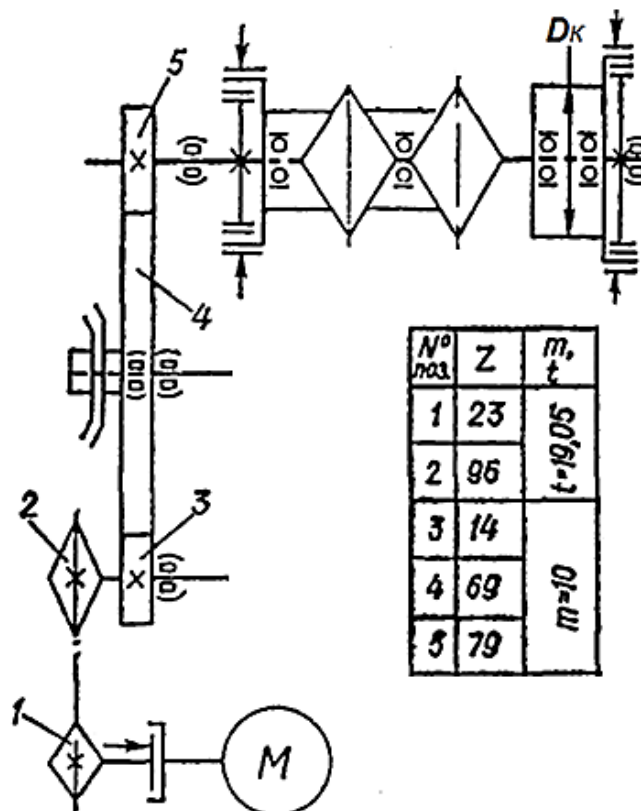
3. Пример выполнения задания

Требуется определить (см.табл.1, вариант 1) скорость подъема ковша прямой лопаты для экскаватора ЭО-4112. Диаметр барабана подъема ковша прямой лопаты $D_k = 500 \text{ мм}$.

Из табл.2 (характеристики экскаваторов) для ЭО-4112 частота вращения вала двигателя $n_{дв.} = 1070 \text{ (1/мин)}$.

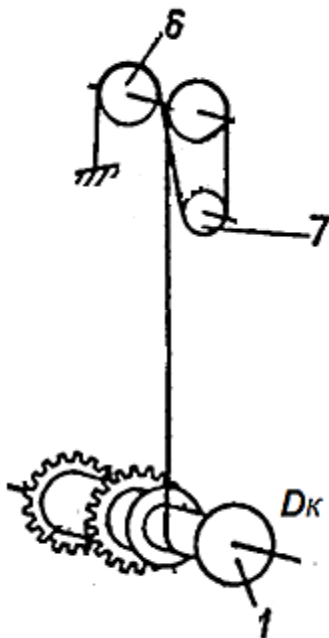
1) Перечерчиваем **часть кинематической схемы** экскаватора ЭО-4112 от двигателя до исполнительного элемента заданного механизма

(в нашем случае – до барабана D_K). Приводим данные элементов кинематической цепи – номера позиций, числа зубьев z , модуль m и шаг цепи t (см. в табличке).



2) Чертим **схему запасовки канатов** для заданного механизма (подъем ковша прямой лопаты), используя рис.2а:

Прямая лопата



На этой схеме обозначены:
 1 — подъемный барабан, 6 — блоки на голове стрелы (головные блоки), 7 — блок ковша прямой лопаты.

Подъемный канат запасован по схеме полиспаста, кратность полиспаста $i_{пол}=2$.

3) Определяем общее передаточное число кинематической цепи от двигателя до барабана D_K .

Кинематические пары в цепи следующие:

- 1-2 цепная передача;
- 3-4 зубчатая передача;
- 4-5 зубчатая передача.

В этих парах *первый* элемент – **ведущий**, а *второй* – **ведомый**.

Расчет ведем сразу для ВСЕЙ кинематической цепи (не по отдельным парам элементов), т.к. при этом повышается точность расчета:

$$i_{\text{общ}} = \frac{Z_2 \cdot Z_4 \cdot Z_5}{Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_4} \quad \text{- сократим } Z_4 \text{ и подставим числа зубьев для каждого элемента:}$$

$$i_{\text{общ}} = \frac{96 \cdot 79}{23 \cdot 14} = 23,55 \quad \text{Общее передаточное отношение равно } 23,55.$$

4) Определим *частоту вращения* ***n*** исполнительного элемента заданного механизма (*барабана подъема ковша прямой лопаты Дк*):

$$n = \frac{n_{\text{дв}}}{i_{\text{общ}}} = \frac{1070}{23,55} = 45,44 \text{ об / мин}$$

5) Определяем *скорость навивки* ***V*** *каната* на барабан подъема ковша:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,5 \cdot 45,44}{60} = 1,189_{(м / с)}$$

6). Вычисляем *скорость сокращения полиспаста* (или *скорость подъема ковша* прямой лопаты):

$$V_{\text{пол}} = \frac{V}{i_{\text{пол}}} = \frac{1,189}{2} = 0,59_{(м / с)}$$

Таким образом, *скорость подъема ковша* прямой лопаты экскаватора ЭО-4112 составляет **0,59 м/с**.

4. Отчетность по работе

Законченная работа с приложением необходимых схем (кинематической и схемы запасовки канатов) сдается преподавателю.

ЗАМЕЧАНИЕ: В некоторых вариантах исходных данных (табл.1) отсутствует диаметр барабана (например, варианты 5,6,8,10 и т.д.). Это означает, что в заданном механизме **канат не используется и схему запасовки канатов приводить не нужно!**

Таблица 1

Вариант	Определить	Диаметр, мм
1-15	Экскаватор ЭО-4112	
С прямой лопатой		
1	Скорость подъема ковша	барабана D_k 500
2	Напорную скорость рукояти	барабана D_n 320
3	Скорость сокращения полиспаста подъема стрелы	барабана D_c 250
4	Скорость возвратного движения рукояти	барабана D_n 320
5	Частоту вращения поворотной платформы на 1-й передаче	—
6	Скорость передвижения на 2-й передаче	—
С обратной лопатой		
7	Скорость подтягивания ковша	барабана D_k 500
8	Скорость передвижения на 1-й передаче	—
9	Скорость сокращения полиспаста подъема рабочего оборудования	барабана D_n 500
10	Частоту вращения поворотной платформы на 2-й передаче	—
С драглайном		
11	Скорость подтягивания ковша	барабана D_k 500
12	Скорость передвижения на 2-й передаче	—
13	Скорость подъема ковша	барабана D_n 500
14	Скорость сокращения полиспаста подъема стрелы	барабана D_c 300
15	Частоту вращения поворотной платформы на 1-й передаче	—

8

Приложение 2. Характеристика экскаваторов

Таблица 2

Характеристика экскаваторов

Марка экскаватора	Тип двигателя	Мощность двигателя, $N_{дв}$, л.с.	Частота вращения вала двигателя $n_{дв}$, 1/мин
ЭО-4112	Д-108-3	80	1070
ЭО-5111	АМ-03В	130	1700

Приложение 3. Условные обозначения

- $i_{общ}$ — общее передаточное число от двигателя до исполнительного элемента заданного механизма;
- $i_{пол}$ — кратность полиспаста;
- m — модуль шестерни;
- n — частота вращения (барабана, шестерни, ведущего колеса гусеницы);
- $n_{дв}$ — частота вращения двигателя экскаватора;
- $N_{дв}$ — мощность двигателя экскаватора;
- V — скорость навивки каната на барабан;
- $V_{ш}$ — окружная скорость шестерни напора (возврата);
- V_k — окружная скорость ведущего колеса гусеницы;
- $V_{пол}$ — скорость сокращения полиспаста;
- t — шаг зубьев ведущего колеса гусеницы или звездочки цепной передачи;
- z — число зубьев (шестерни, ведущего колеса гусеницы);
- z_k — число зубьев червячного колеса;
- $z_ч$ — число заходов червяка.

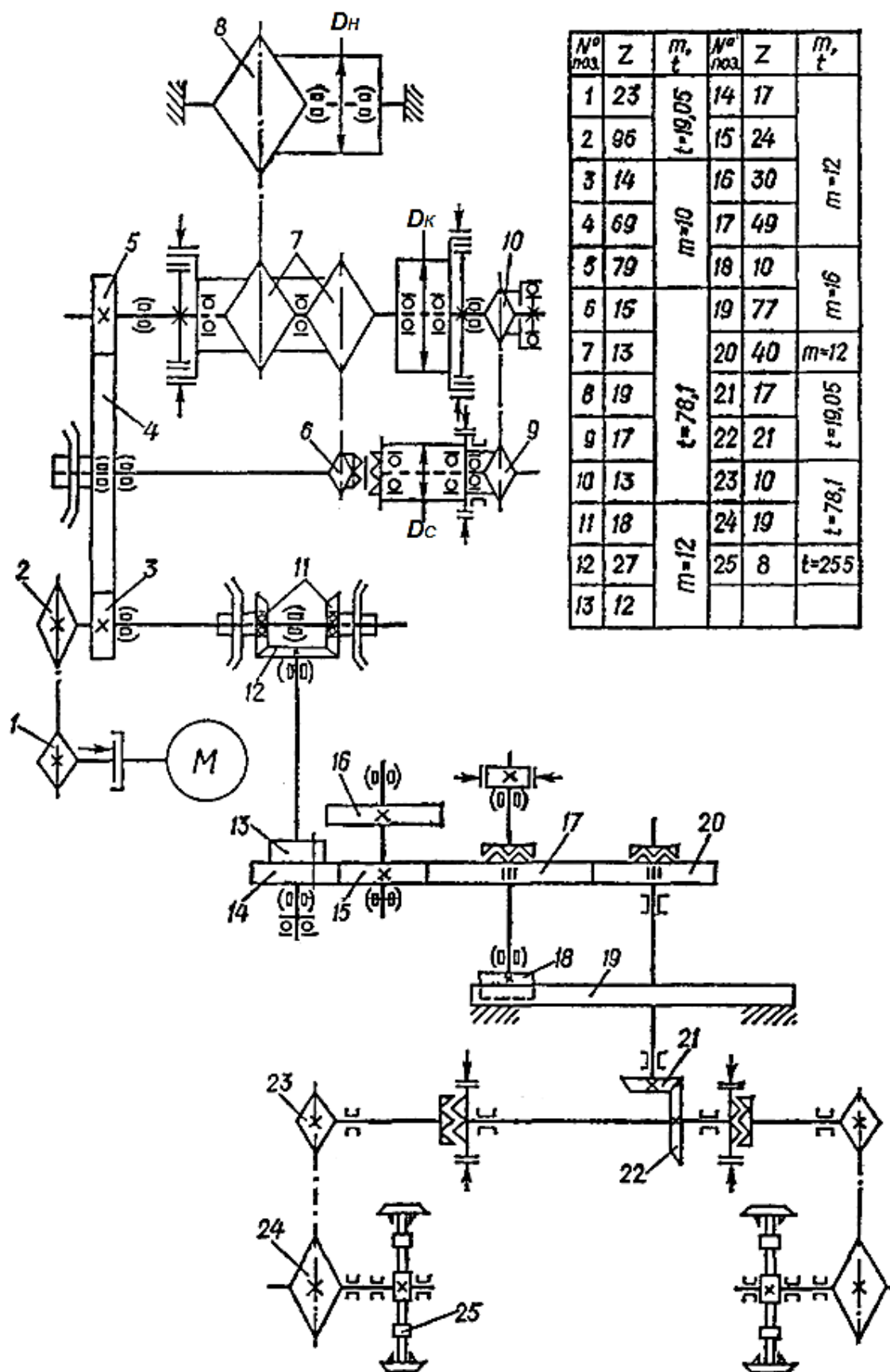


Рис. 1. Кинематическая схема экскаватора ЭО-4112

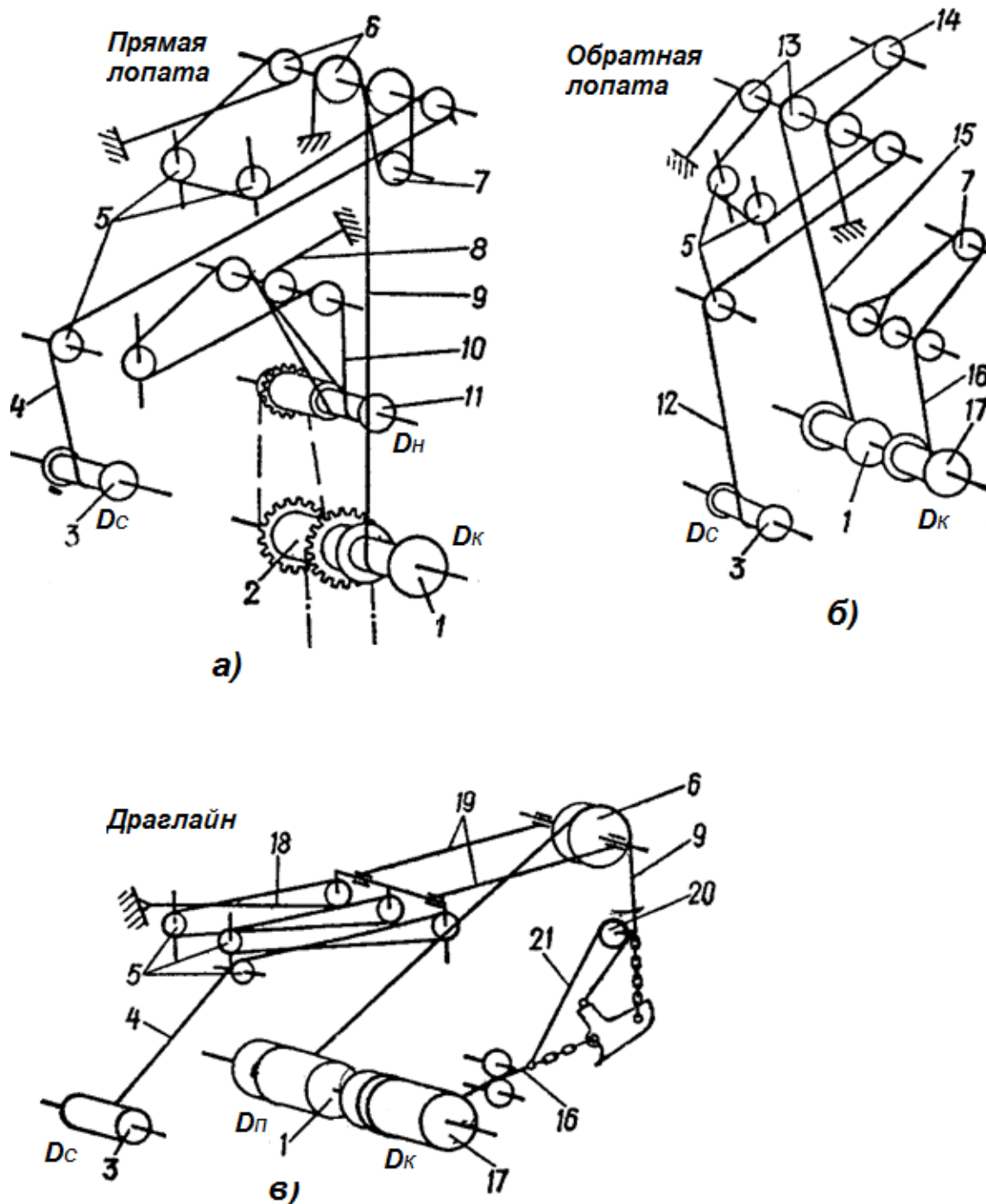


Рис. 2. Схема запасовки канатов экскаватора ЭО-4112:
а - с прямой лопатой, б - с обратной лопатой, в - с драглайном

1 — подъемный барабан, 2 — блок звездочек напора и возврата, 3 — стрелоподъемный барабан, 4 — канат подъема стрелы, 5 — блоки на двуногой стойке, 6 — блоки на голове стрелы, 7 — блок ковша, 8 — канат возврата рукояти, 9 — канат подъема ковша, 10 — канаты напора, 11 — напорный барабан, 12 — канат полиспаста двуногой стойки, 13 — блоки на передней стойке, 14 — блок на рукояти, 15 — канат подъема рабочего оборудования, 16 — канат тяги ковша, 17 — тяговый барабан, 18 — полиспаст подъема стрелы, 19 — канатные оттяжки стрелы, 20 — блок разгрузочного каната, 21 — разгрузочный канат драглайна

№ nos.	Z	m, t	№ nos.	Z	m, t
1	16	m=6	16	20	m=14
2	60		17	24	m=15
3	40		18	16	m=16
4	40		19	9	t=232
5	160		20	17	t=250
6	23	m=12	21	10	t=250
7	128	t=50,8	22	42	m=18
8	55		23	14	m=16
9	32	t=78,1	24	130	m=16
10	11		25	32	m=14
11	26	m=16	26	38	m=14
12	14		27	38	m=14
13	20	m=14	28	17	t=50,8
14	28		29	Однозвонный	
15	12				

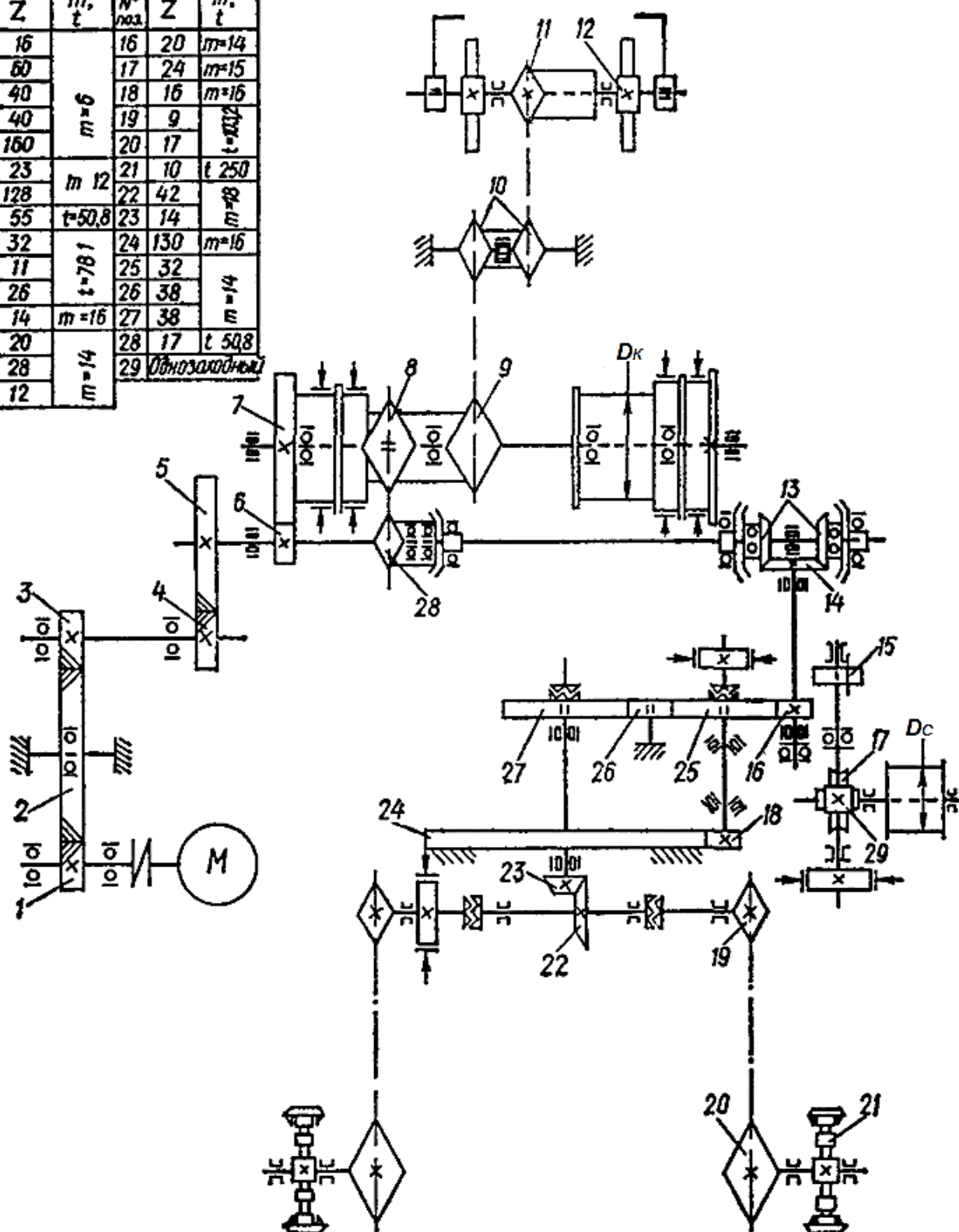


Рис. 3. Кинематическая схема экскаватора ЭО-5111

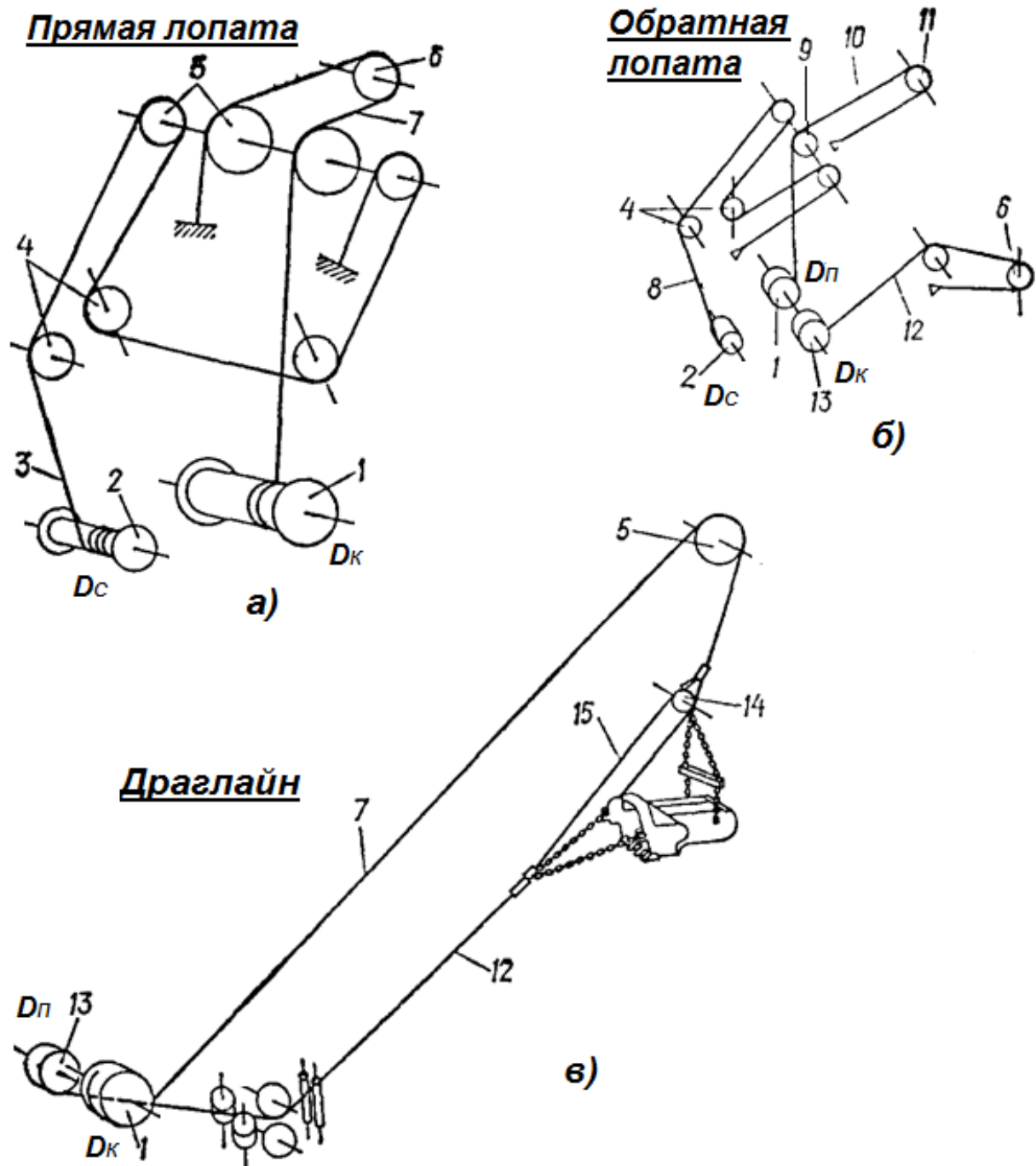


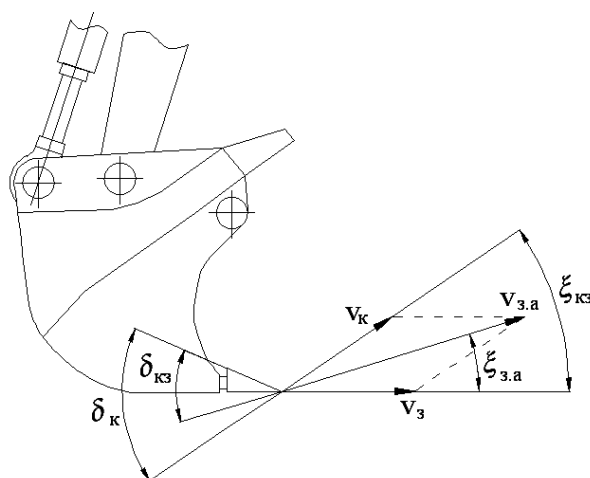
Рис 4. Схемы запасовки канатов экскаватора ЭО-5111:

а - с прямой лопатой, б - с обратной лопатой, в - с драглайном

1 — подъемный барабан, 2 — стрелоподъемный барабан 3—канат подъема стрелы, 4 — блоки на двуногой стойке, 5 — блоки на голове стрелы. 6— блок ковша; 7 — канат подъема ковша, 8 — канат полиспаста передней стойки, 9— блоки на передней стойке, 10 — канат подъема рабочего оборудования обратной лопаты, 11 — блок на рукояти, 12 — канат подтягивания ковша обратной лопаты, 13 — тяговый барабан, 14 — блок разгрузочного каната драглайна, 15 — разгрузочный канат драглайна.

Практическое занятие № 2

2. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ УНИВЕРСАЛЬНОГО ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА



Задание

Произвести силовые расчеты передач экскаваторов, определив усилия на исполнительных элементах заданных механизмов.

Расчеты выполняются применительно к одноковшовым экскаваторам с прямой и обратной лопатами, драглайном.

1. Порядок выполнения

1) Определить **скорость V** или **частоту вращения n** исполнительного элемента заданного механизма.

2) **Вычертить схему запасовки канатов** для заданного механизма экскаватора.

3) Рассчитать **тяговое усилие** на барабане или **окружное усилие** на ведущем колесе гусеницы, шестерне напора, или **крутящий момент** на валу ведущей шестерни поворота платформы.

4) Рассчитать **тяговое усилие** на подвижной обойме полиспаста заданного механизма.

2. Методика выполнения

1) **Скорость V** или **частоту вращения n** исполнительного элемента заданного механизма берем из результатов кинематического расчета универсального одноковшового экскаватора с одноmotorным приводом

2) Чертим **схему запасовки канатов** для заданного механизма, если она нужна для расчетов (рис.2 или 4).

На этой схеме обозначаем барабаны, канаты, блоки, указываем диаметры барабанов и кратность полиспаста.

3) В зависимости от того, какой механизм задан, необходимо определить **тяговое усилие P** (на барабане, шестерне напора или возврата, ведущем колесе гусеницы) или **крутящий момент $M_{кр}$** (на валу ведущей шестерни поворота платформы):

а) **тяговое усилие P** на барабане или окружное усилие на ведущем колесе гусеницы (шестерне напора или возврата)

$$P = \frac{75 \cdot N_{дв} \cdot \eta}{V}, \text{ даН}$$

где $N_{дв}$ — мощность двигателя экскаватора, л.с.;

η — к.п.д. передачи от двигателя до заданного исполнительного элемента;

V (или V_{III} , или V_K) — окружная скорость, м/с.

б) **крутящий момент $M_{кр}$** на валу ведущей шестерни механизма поворота платформы определяем по формуле:

$$M_{кр} = \frac{3000 \cdot N_{дв} \cdot \eta}{\pi \cdot n}, \text{ даН м,}$$

где $N_{дв}$ - мощность двигателя экскаватора, кВт;

η - к.п.д. от двигателя до вала ведущей шестерни поворота;

n - частота вращения поворотной платформы, 1/мин.

4) **Усилие** на подвижной обойме полиспаста **T** найдем по формуле:

$$T = P \cdot i_{пол} \cdot \eta_{пол}, \text{ даН,}$$

где P — тяговое или окружное усилие на барабане, даН (см.п. 3а);

$i_{пол}$ — кратность полиспаста;

$\eta_{пол}$ — к.п.д. полиспаста, определяемый по формуле

$$\eta_{пол} = \frac{1 - \eta_{бл}^{i_{пол}}}{i_{пол} \cdot (1 - \eta_{бл})}$$

где $\eta_{бл}$ - к.п.д. одного блока.

Рекомендуется принимать для блоков на подшипниках скольжения $\eta_{бл} = 0,94 \dots 0,96$; а для блоков на подшипниках качения $\eta_{бл} = 0,97 \dots 0,98$.

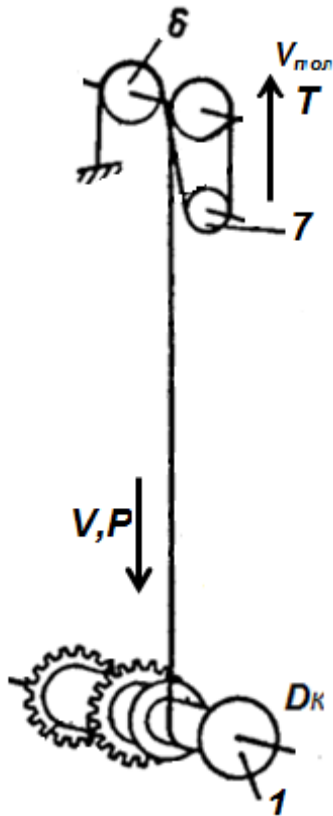
3. Пример выполнения задания

Требуется определить (см.табл.1, вариант 1) **усилие подъема ковша** прямой лопаты для экскаватора ЭО-4112. К.П.Д от двигателя до барабана D_k лебедки подъема ковша 0,84.

Из табл.2 (характеристики экскаваторов) для ЭО-4112 мощность двигателя $N_{дв.}=80$ л.с. (или $80 \times 0,736 = 58,88$ кВт)

- 1) Скорости каната подъема ковша берем из результатов задания № 2:
 ❖ **скорость навивки V каната на барабан** подъема ковша 1,189 м/с;
 ❖ **скорость подъема ковша** прямой лопаты составляет 0,59 м/с.

2) Чертим **схему запасовки канатов** для заданного механизма (подъем ковша прямой лопаты), используя рис.2а:



На этой схеме обозначены:

1 — подъемный барабан, 6 — блоки на голове стрелы (головные блоки), 7 — блок ковша прямой лопаты.

Подъемный канат запасован по схеме полиспаста, **кратность полиспаста $i_{пол}=2$** .

3) Определим **тяговое усилие P** на барабане

$$P = \frac{75 \cdot N_{дв.} \cdot \eta}{V}, \text{ даН},$$

где $N_{дв.}=80$ л.с. - мощность двигателя экскаватора;

$\eta = 0,84$ - к.п.д. передачи от двигателя до барабана лебедки подъема ковша;

$V = 1,189$ м/с — окружная скорость.

$$P = \frac{75 \cdot 80 \cdot 0,84}{1,189} = 4239 \text{ даН}$$

4). **Усилие подъема ковша** (на подвижной обойме полиспаста) **T** определяем по формуле:

$$T = P \cdot i_{пол} \cdot \eta_{пол}, \text{ даН},$$

где $P = 4239$ даН — тяговое усилие на барабане;

$i_{пол} = 2$ - кратность полиспаста;

$\eta_{пол}$ — к.п.д. полиспаста, определяемый по формуле

$$\eta_{пол} = \frac{1 - \eta_{бл}^{i_{пол}}}{i_{пол} \cdot (1 - \eta_{бл})} = \frac{1 - 0,97^2}{2 \cdot (1 - 0,97)} = 0,985,$$

где $\eta_{бл} = 0,97$ - к.п.д. одного блока.

Окончательно получаем **усилие подъема ковша** прямой лопаты

$$T = P \cdot i_{пол} \cdot \eta_{пол} = 4239 \cdot 2 \cdot 0,985 = 8351 \text{ даН}$$

4. Отчетность по работе

Законченная работа с приложением необходимых схем (кинематической и схемы запасовки канатов) сдается преподавателю.

Приложение 1. Исходные данные

Таблица 1

Исходные данные

Экскаватор ЭО-4112

Вариант	Определить	К.п.д. от двигателя до...
С прямой лопатой		
1	Усилие подъема ковша	барабана D_k лебедки подъема ковша 0,84
2	Напорное усилие	напорно-возвратного барабана D_n 0,78
3	Усилие в полиспасте подъема стрелы	барабана D_c стрело-подъемной лебедки 0,85
4	Усилие возврата рукояти	напорно-возвратного барабана D_n 0,78
5	Крутящий момент при повороте платформы на 1-й передаче	вала ведущей шестерни поворота z_{14} 0,68
6	Тяговое усилие при движении на 2-й передаче	гусениц 0,75
С обратной лопатой		
7	Усилие подтягивания ковша	барабана D_k тяговой лебедки 0,84
8	Тяговое усилие при движении на 1-й передаче	гусениц 0,75
9	Усилие подъема рабочего оборудования	барабана D_n подъема ковша 0,84
10	Крутящий момент при повороте платформы на 2-й передаче	вала ведущей шестерни поворота z_{14} 0,68
С драглайном		
11	Усилие подтягивания ковша	барабана D_k тяговой лебедки 0,84
12	Тяговое усилие при движении на 2-й передаче	гусениц 0,75
13	Усилие подъема ковша	барабана D_n лебедки подъема ковша 0,84
14	Усилие подъема стрелы	барабана D_c лебедки подъема стрелы 0,62
15	Крутящий момент при повороте платформы на 1-й передаче	вала ведущей шестерни поворота z_{14} 0,68

Экскаватор ЭО-5111

Вариант	Определить	К.п.д. от двигателя до...
С прямой лопатой		
16	Усилие подъема ковша	барабана D_k лебедки подъема ковша 0,85
17	Усилие напора	напорного вала 0,72
18	Крутящий момент при повороте платформы	вала ведущей шестерни поворота z_{18} 0,80
19	Усилие возвратного движения рукояти	напорного вала 0,72
20	Усилие в полиспасте подъема стрелы	барабана D_c стрелоподъемной лебедки 0,62

21	Тяговое усилие на гусеницах при движении	гусениц 0,68
С обратной лопатой		
22	Усилие подтягивания ковша	барабана D_n тяговой лебедки 0,85
23	Усилие в полиспасте подъема рабочего оборудования	подъемного барабана D_k 0,85
24	Крутящий момент при повороте платформы	вала ведущей шестерни поворота z_{18} 0,80
С драглайном		
25	Усилие подтягивания ковша	барабана D_n тяговой лебедки 0,85
26	Тяговое усилие на гусеницах при движении	гусениц 0,68

Приложение 2. Характеристика экскаваторов

Таблица 2

Характеристика экскаваторов

Марка экскаватора	Тип двигателя	Мощность двигателя, $N_{дв}$, л.с.	Частота вращения вала двигателя $n_{дв}$, 1/мин
ЭО-4112	Д-108-3	80	1070
ЭО-5111	АМ-03В	130	1700

Приложение 3. Условные обозначения

- $i_{пол}$ — кратность полиспаста;
 m — модуль шестерни;
 $M_{кр}$ — крутящий момент на валу ведущей шестерни поворота платформы;
 n — частота вращения (барабана, шестерни, ведущего колеса гусеницы);
 $n_{дв}$ — частота вращения двигателя;
 $N_{дв}$ — мощность двигателя;
 P — тяговое усилие (на барабане, шестерне напора/возврата, ведущем колесе гусеницы);
 V — скорость навивки каната на барабан;
 $V_{ш}$ — окружная скорость шестерни напора (возврата);
 V_k — окружная скорость ведущего колеса гусеницы;
 $V_{пол}$ — скорость сокращения полиспаста;
 t — шаг зубьев ведущего колеса гусеницы;
 T — усилие на подвижной обойме полиспаста;
 z — число зубьев (шестерни, ведущего колеса гусеницы);
 z_k — число зубьев червячного колеса;
 $z_ч$ — число заходов червяка;
 η — к.п.д. передачи от двигателя до заданного механизма;
 $\eta_{пол}$ — к.п.д. полиспаста;
 $\eta_{бл}$ — к.п.д. одного блока.

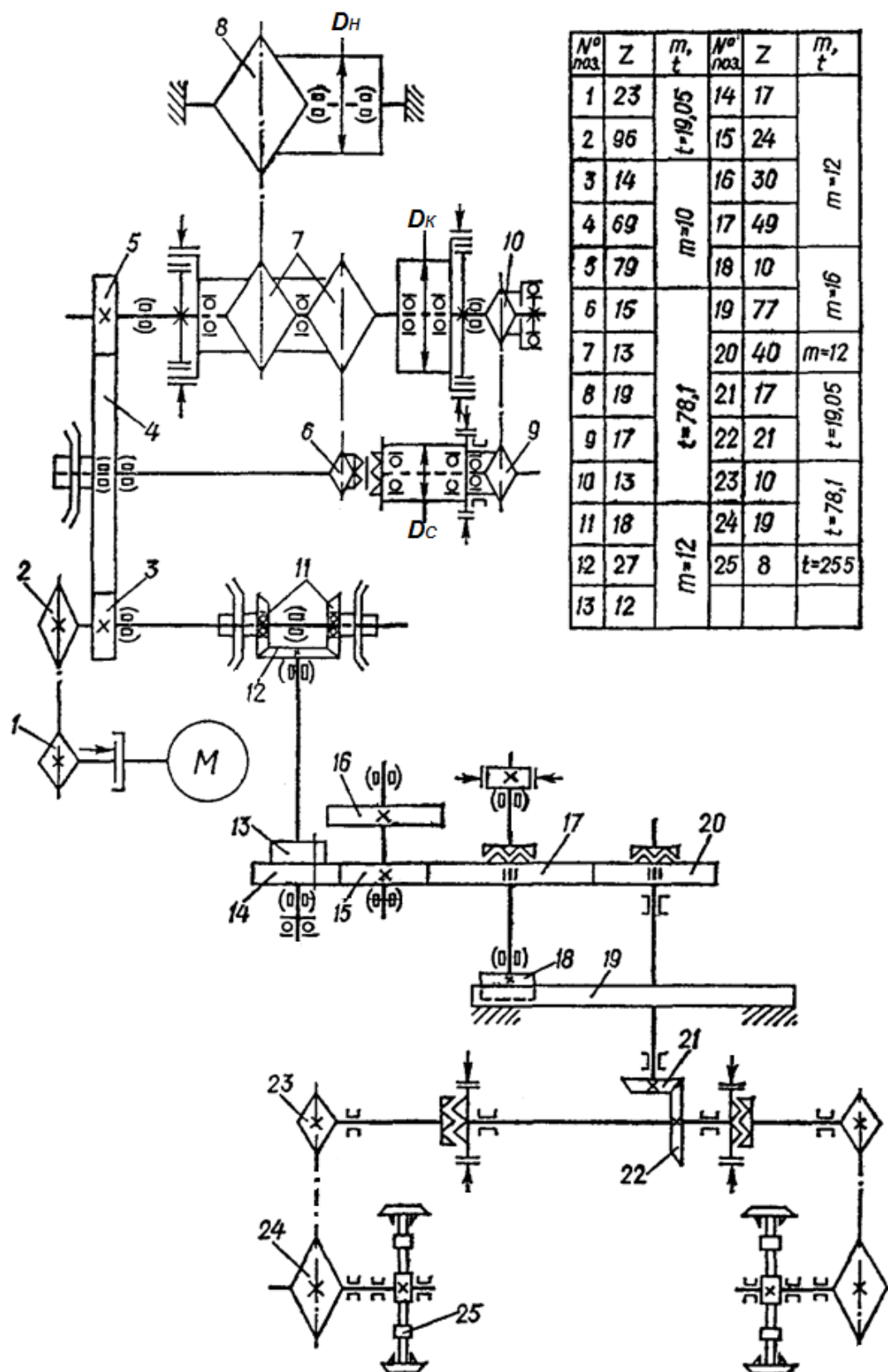


Рис. 1. Кинематическая схема экскаватора ЭО-4112

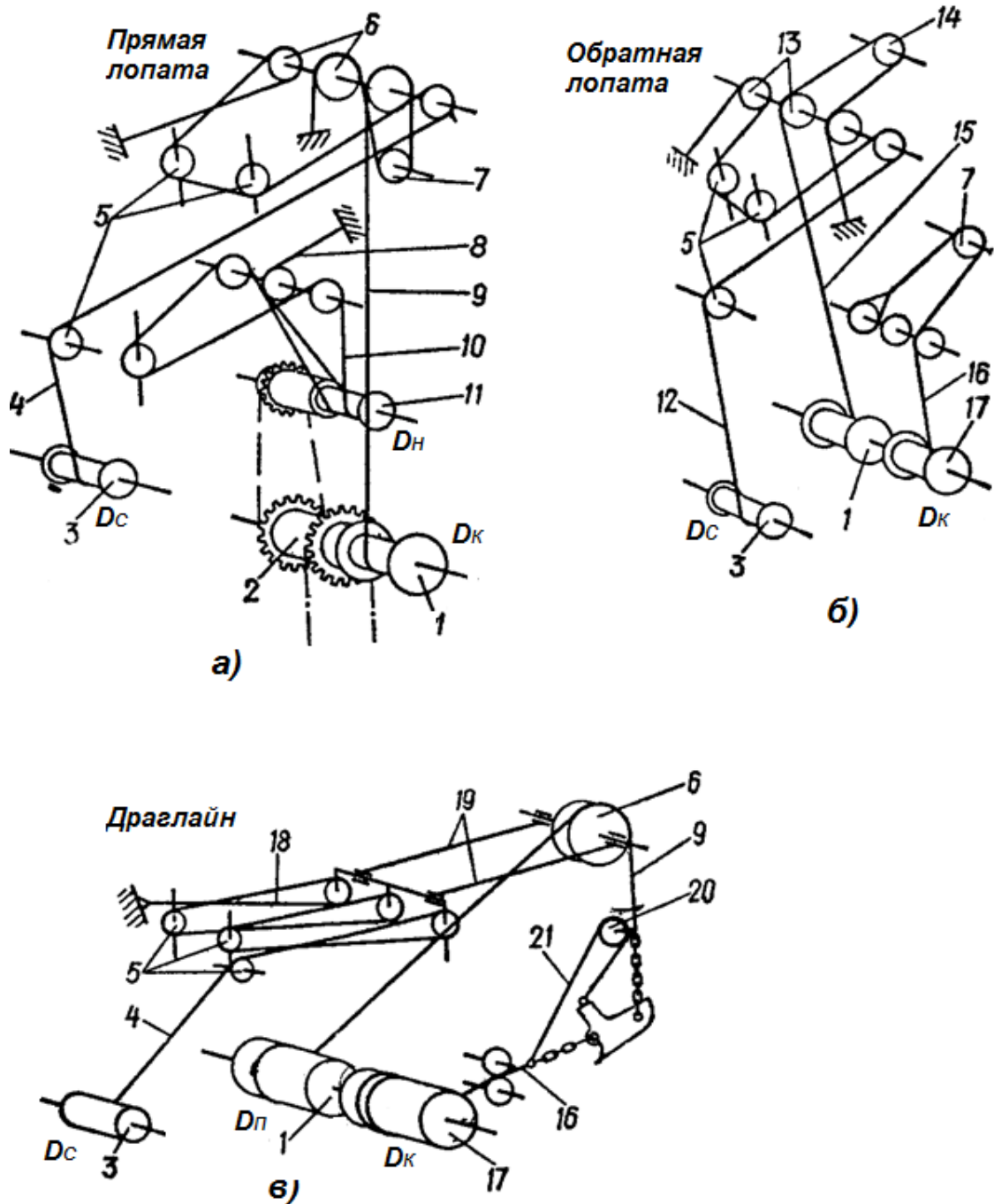


Рис. 2. Схема запасовки канатов экскаватора ЭО-4112:
а - с прямой лопатой, б - с обратной лопатой, в - с драглайном

1 — подъемный барабан, 2 — блок звездочек напора и возврата, 3 — стрелоподъемный барабан, 4 — канат подъема стрелы, 5 — блоки на двуногой стойке, 6 — блоки на голове стрелы, 7 — блок ковша, 8 — канат возврата рукояти, 9 — канат подъема ковша, 10 — канаты напора, 11 — напорный барабан, 12 — канат полиспаста двуногой стойки, 13 — блоки на передней стойке, 14 — блок на рукояти, 15 — канат подъема рабочего оборудования, 16 — канат тяги ковша, 17 — тяговый барабан, 18 — полиспаст подъема стрелы, 19 — канатные оттяжки стрелы, 20 — блок разгрузочного каната, 21 — разгрузочный канат драглайна

№ поз.	Z	m, t	№ поз.	Z	m, t
1	16	m=6	16	20	m=14
2	60		17	24	m=15
3	40		18	16	m=16
4	40		19	9	t=250
5	160		20	17	
6	23	m=12	21	10	t=250
7	128		22	42	m=48
8	55	t=50,8	23	14	
9	32	t=78,1	24	130	m=16
10	11		25	32	m=14
11	26	m=16	26	38	
12	14		27	38	t=50,8
13	20	m=14	28	17	
14	28		29	Однозаходный	
15	12				7

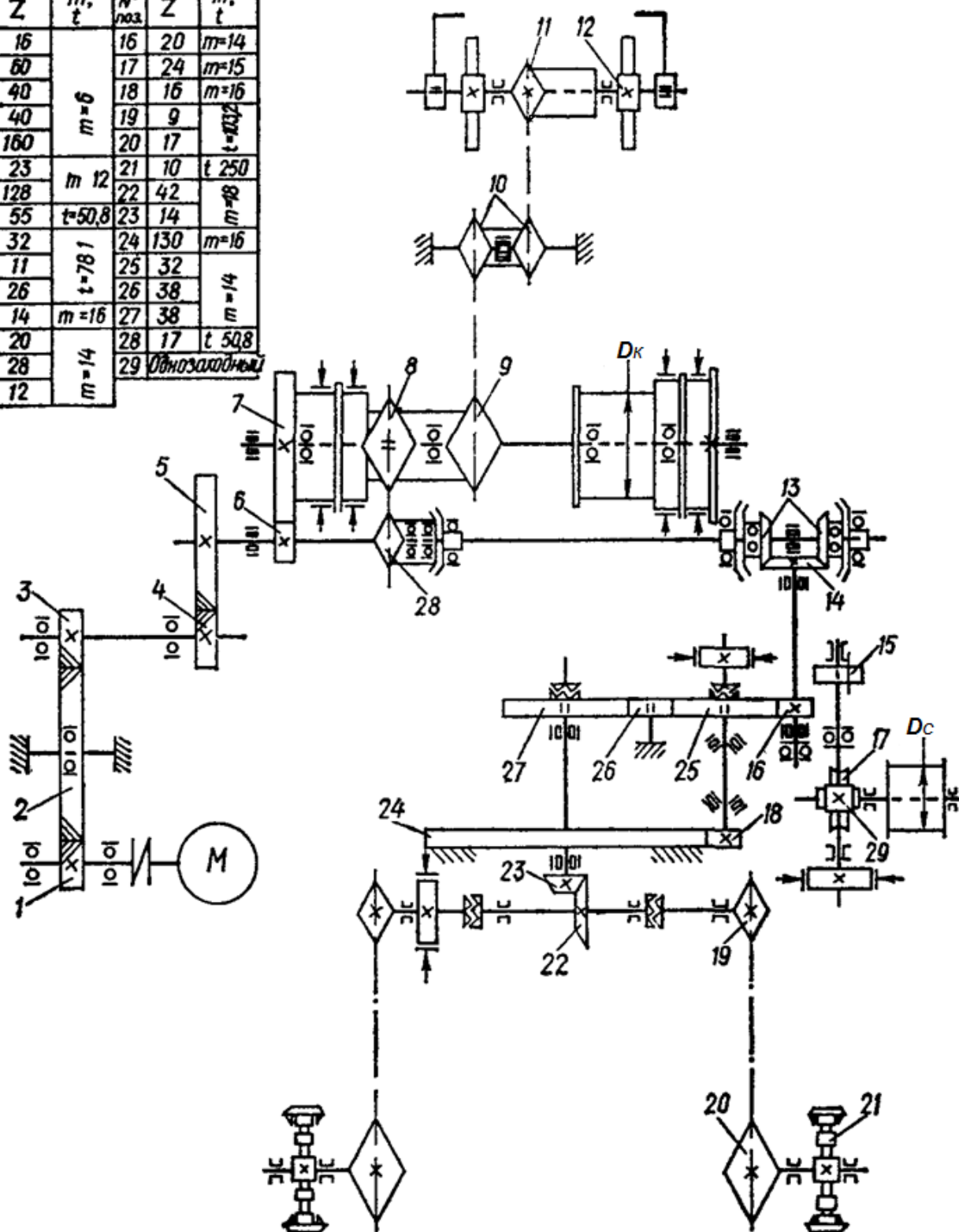


Рис. 3. Кинематическая схема экскаватора ЭО-5111

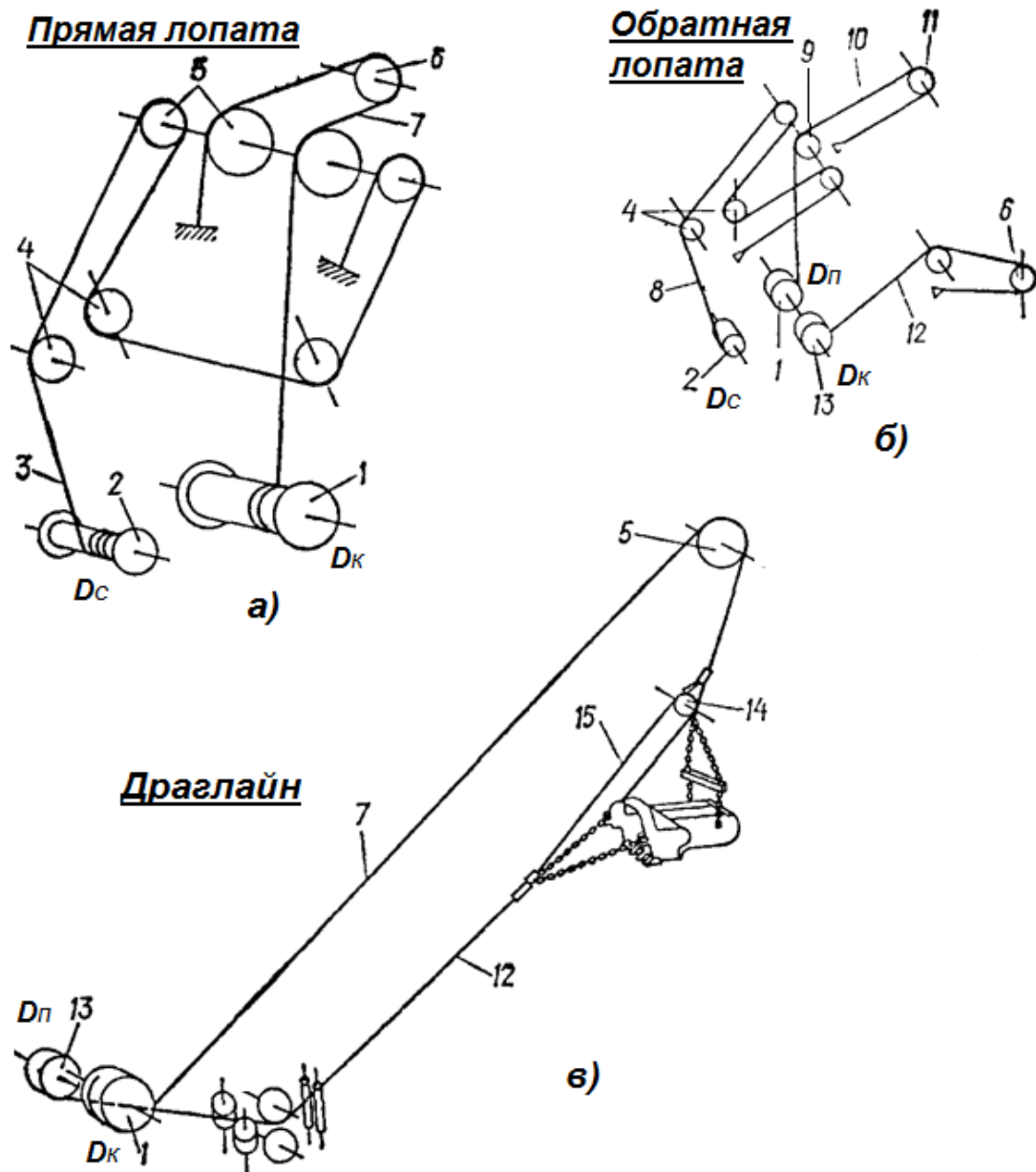


Рис 4. Схемы запасовки канатов экскаватора ЭО-5111:

а - с прямой лопатой, б - с обратной лопатой, в - с драглайном

1 — подъемный барабан, 2 — стрелоподъемный барабан 3—канат подъема стрелы, 4 — блоки на двуногой стойке, 5 — блоки на голове стрелы. 6— блок ковша; 7 — канат подъема ковша, 8 — канат полиспаста передней стойки, 9— блоки на передней стойке, 10 — канат подъема рабочего оборудования обратной лопаты, 11 — блок на рукояти, 12 — канат подтягивания ковша обратной лопаты, 13 — тяговый барабан, 14 — блок разгрузочного каната драглайна, 15 — разгрузочный канат драглайна.

Практическое занятие № 3

3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУЛЬДОЗЕРА



3

Задание

Произвести расчет эксплуатационной производительности бульдозера. Исходные данные взять по таблице 1 (прил.1) согласно своему варианту.

1. Общие положения

Бульдозеры представляют собой самоходные **землеройно-транспортные машины**, предназначенные для резания и перемещения грунтов и материалов на расстояние до 200 м.

Навесное оборудование – **отвал** и **толкающая рама** (рис.1) – навешивается на базовую машину, чаще всего на гусеничный трактор, обладающий высокими тяговыми усилиями и проходимостью.

Чем выше тяговый класс машины, тем больший объем земляных работ она способна выполнять и разрабатывать более прочные грунты.

Бульдозеры тягового класса 10 и выше – могут оборудоваться **рыхлителем**, устанавливаемым за кабиной сзади (рис.1).

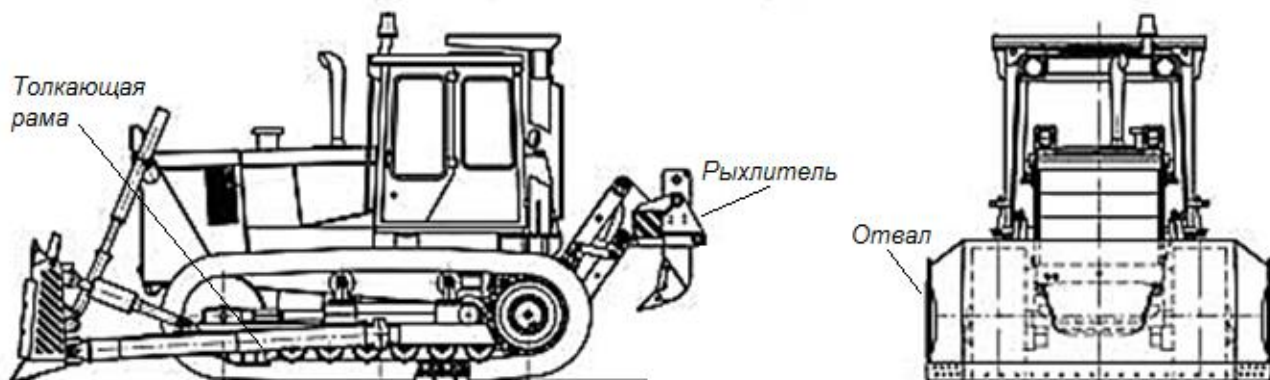


Рис.1. Схема гусеничного бульдозера-рыхлителя с неповоротным отвалом.

Рабочий процесс бульдозера включает следующие операции (рис. 2):

- ❖ при движении машины вперед отвал с помощью системы управления заглубляется в грунт, срезает ножами грунт и накапливает грунт перед отвалом в т.н. призме волочения (рис.2,а);
- ❖ перемещает образовавшийся перед отвалом объем грунта (призму волочения) волоком по поверхности земли к месту разгрузки (рис.2,б);
- ❖ после перемещения (транспортировки) выполняется отсыпка грунта в заданном месте (рис.2,в);
- ❖ после отсыпки грунта отвал поднимается в транспортное положение, машина возвращается к месту набора грунта, после чего цикл повторяется (рис.2,г).

Максимально возможный объем призмы волочения современные бульдозеры набирают на участке длиной 6...12 м.

Экономически целесообразная дальность перемещения грунта не превышает 40..80 м для гусеничных бульдозеров и 100...150 м для пневмоколесных машин.

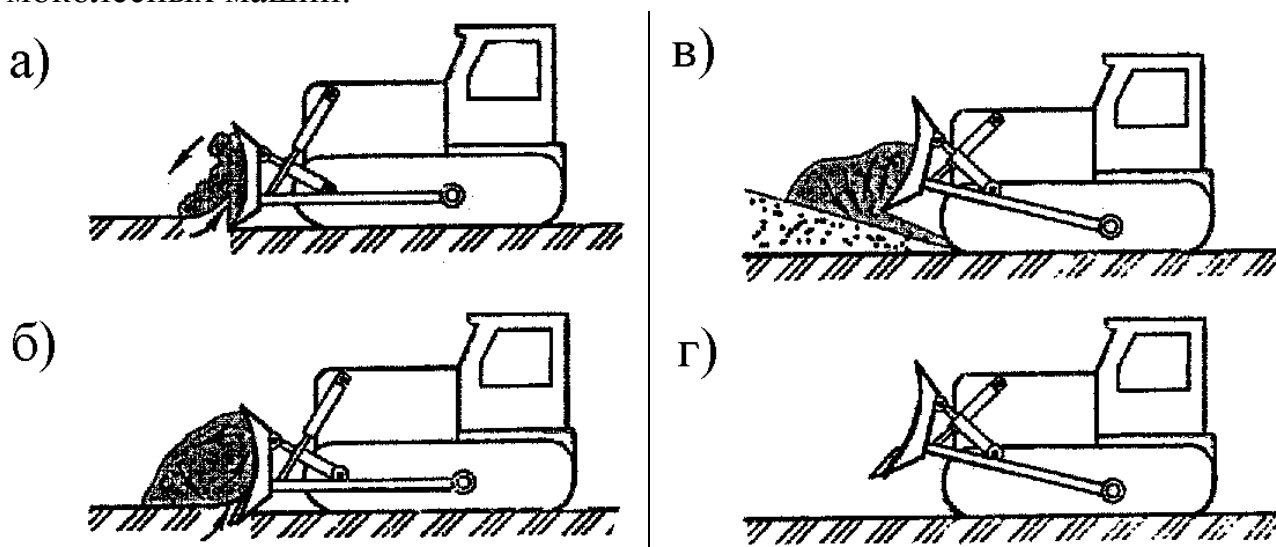


Рис. 2. Схемы работы бульдозера при разработке грунта:

а – резание грунта (заполнение призмы волочения); б – транспортировка грунта;
в – отсыпка грунта; г – возврат назад (холостой ход).

Полный рабочий цикл бульдозера при копании и перемещении грунта состоит из следующих операций:

- внедрение отвала в грунт и набор призмы волочения (копание);
- перемещение грунта к месту укладки (транспортирование);
- укладка (разгрузка) грунта;
- возвращение в забой (обратный ход).

2. Расчет эксплуатационной производительности бульдозера

Производительность бульдозера – количество (объем) грунта, разработанного в единицу времени (m^3/c ; $m^3/ч$; $m^3/смену$).

Эксплуатационная производительность бульдозера определяется с учетом количества грунта перед отвалом q , времени цикла $T_{ц}$, и поправочных коэффициентов по формуле

$$P_{\varnothing} = \frac{3600 \cdot q}{T_{ц}} \cdot k_{\Pi} \cdot k_{\gamma} \cdot k_B, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где k_{Π} – коэффициент, учитывающий потери грунта от дальности транспортирования l_{mp} :

$$k_{\Pi} = 1 - 0,005 \cdot l_{mp}.$$

k_{γ} – коэффициент, учитывающий изменение производительности в зависимости от угла наклона местности α к горизонту (прил.2, табл.4);

k_B – коэффициент использования бульдозера по времени (0,7...0,75).

Продолжительность рабочего цикла бульдозера может быть подсчитана по формуле

$$T_{ц} = t_{\kappa} + t_{mp} + t_o + t_{дон}, \text{ с},$$

где t_{κ} , t_{mp} , t_o – время копания, транспортирования и обратного хода;

$t_{дон}$ – дополнительные затраты времени;

$$t_{дон} = t_n + t_{он} + 2t_{нов};$$

t_n – время переключения передач (5 с);

$t_{он}$ – время опускания отвала (2 с);

$t_{нов}$ – время поворота (10 с). При челночной схеме работы без поворотов машины $t_{нов} = 0$.

Время на укладку грунта в расчете цикла не учитываем, так как оно обычно совмещается с временем транспортирования.

Длительность основных операции рабочего цикла определяется с учетом пути и скорости передвижения бульдозера на этих операциях:

Продолжительность копания, $t_{\kappa} = \frac{l_{\kappa}}{V_{\kappa}} \text{ с};$

Продолжительность транспортирования, $t_{mp} = \frac{l_{mp}}{V_{mp}} \text{ с};$

Продолжительность обратного хода, $t_o = \frac{l_{\kappa} + l_{mp}}{V_o} \text{ с}.$

В эти формулы *путь* подставляется в м, а *скорость* - в м/с.

Копание грунта обычно осуществляется на первой передаче в коробке передач трактора, транспортирование – на второй, а обратный ход – на третьей или задним ходом (при челночной схеме работы).

ВНИМАНИЕ! Для расчета принимаем:

□ скорость при *копании* грунта V_k – равной *минимальной* скорости при движении *вперед*;

□ скорость при *транспортировании* грунта $V_{тр}$ – равной *средней* скорости при движении *вперед*;

□ скорость *обратного хода* V_o – равна *средней* скорости при движении *назад*.

Путь копания зависит от объема грунта q , накапливаемого перед отвалом (в призме волочения), и глубины копания h :

$$q = \frac{L \cdot H^2 \cdot k_{oz}}{2 \cdot \operatorname{tg} \rho_0 \cdot k_p}, \text{ м}^3,$$

$$l_k = \frac{q}{h \cdot L}, \text{ м};$$

где L, H – длина и высота отвала бульдозера (прил.4);

ρ_0 – угол естественного откоса грунта (прил.2, табл. 2).;

k_{oz} – коэффициент уменьшения объема призмы грунта (прил.2, табл. 3).

k_p – коэффициент разрыхления грунта (прил.2, табл. 2).

Для увеличения производительности бульдозера при копании легких грунтов с обоих концов отвала устанавливают сменные уширители, открылки и удлинители, применяют сферические и полусферические отвалы.

Для уменьшения потерь грунта при транспортировании используют технологические приемы:

а) перемещение с непрерывным дополнительным резанием грунта на глубину 5...10 см для компенсации потери грунта;

б) перемещение в ранее сооруженной с помощью двух боковых валиков грунта траншее, которая предохраняет призму грунта от потерь;

в) перемещение с промежуточным накоплением грунта, который подхватывается отвалом при последующих проходах и восполняет потери.

3. Отчетность по работе

Работа выполняется на бланках. Выполненная работа сдается преподавателю.

Приложение 1. Исходные данные

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Индекс	Грунт	Расстояние транспортирования, l_{mp} , м	Схема работы	Глубина среза, h , м	Угол наклона местности, α , град
1	Б-8	ПС	70	Челночная	0,10	0
2	Б-100	ПК	60	С поворотом	0,12	+5
3	Б-120	СП	80	С поворотом	0,16	-5
4	Б-150	СТ	75	С поворотом	0,15	+10
5	Б-170	СЛ	85	С поворотом	0,20	-10
6	Б10М	Р	60	Челночная	0,14	-5
7	Б11	СП	70	С поворотом	0,18	+5
8	Б12	СТ	90	С поворотом	0,21	-10
9	Б14	СЛ	100	С поворотом	0,24	-5
10	ДЭТ-250М2	СТ	75	С поворотом	0,30	+15
11	ДЭТ-320	СТ	80	Челночная	0,32	0
12	ДЭТ-400	ГЛ	90	С поворотом	0,35	+10
13	ЧЕТРА Т-35	ГЛ	70	С поворотом	0,36	+5
14	ЧЕТРА Т-40	ГЛ	75	С поворотом	0,38	-5
15	Т-50.01	ГЛ	80	С поворотом	0,40	+10
16	Т-75.01	ГЛ	100	Челночная	0,45	+15
17	Б-150	СТ	60	С поворотом	0,30	-5
18	Б-170	СЛ	85	С поворотом	0,35	-10
19	Б10М	Р	50	С поворотом	0,15	-5
20	Б11	СП	55	С поворотом	0,20	+5
21	Б12	СТ	80	Челночная	0,17	0
22	Б14	СЛ	60	С поворотом	0,26	+10
23	ДЭТ-320	ГЛ	95	С поворотом	0,33	+5
24	ЧЕТРА Т-35	ГЛ	75	С поворотом	0,34	+10
25	Б-120	ПС	55	С поворотом	0,22	-10

Приложение 2. Расчетные величины

Таблица 2

Значение угла естественного откоса ρ_0 и коэффициент разрыхления k_p

Род грунта	Сокращенное обозначение	ρ_0 , град	k_p
Песок средний	ПС	35	1,08...1,17
Песок крупный	ПК	32	1,08...1,17
Супесь	СП	34	1,08...1,17
Суглинок тяжелый	СТ	40	1,24...1,30
Суглинок легкий	СЛ	30	1,15...1,28
Растительный	Р	35	1,24...1,30
Глина	ГЛ	42	1,30...1,40

Таблица 3

Коэффициент k_{oz} уменьшения объема призмы грунта (с отношения H/L)

H/L	Несвязные грунты	Связные грунты
0,15	0,64	0,97
0,20	0,63	0,93
0,25	0,62	0,89
0,30	0,61	0,85
0,35	0,58	0,82
0,40	0,54	0,78

К **несвязным** грунтам относится песок (любой), все остальные грунты – **связные**.

Таблица 4

Значение коэффициента k_y в зависимости от угла наклона местности α

α , град	0	подъем			спуск		
		+5	+10	+15	-5	-10	-15
k_y	1	0,8	0,5	0,45	1,3	1,8	2,3

Приложение 3. Условные обозначения

- $P_{\text{э}}$ — производительность бульдозера эксплуатационная (расчет);
 q — объем призмы волочения (расчет);
 $k_{\text{П}}$ — коэффициент, учитывающий потери грунта от дальности транспортирования (расчет);
 $k_{\text{Р}}$ — коэффициент разрыхления грунта (прил.2, табл.2);
 k_y — коэффициент, учитывающий изменение производительности в зависимости от угла наклона местности α к горизонту (прил.2, табл.4);
 $k_{\text{В}}$ — коэффициент использования бульдозера по времени (0,7...0,75)
 $t_{\text{ц}}$ — продолжительность рабочего цикла бульдозера (расчет)
 $t_{\text{к}}$ — продолжительность копания (расчет)
 $t_{\text{мр}}$ — продолжительность транспортировки грунта (расчет);
 $t_{\text{о}}$ — продолжительность обратного хода (расчет);
 $t_{\text{доп}}$ — дополнительные затраты времени (расчет);
 $t_{\text{н}}$ — продолжительность переключения передач (5с);
 $t_{\text{он}}$ — продолжительность опускания отвала (2с);
 $t_{\text{нов}}$ — продолжительность поворота (10с);
 $l_{\text{к}}$ — длина пути копания грунта (расчет);
 $l_{\text{мр}}$ — длина пути транспортировки грунта (прил.1, табл.1);
 $l_{\text{к}}$ — длина пути копания грунта (расчет);
 $V_{\text{к}}$ — скорость при копании грунта (прил.4, технич.характеристики);
 $V_{\text{мр}}$ — скорость при транспортировании грунта (прил.4, технич.характеристики);
 $V_{\text{о}}$ — скорость обратного хода (прил.4, технич.характеристики);
 k_{oz} — коэффициент уменьшения объема призмы грунта (прил.2, табл. 3).

Приложение 4. Технические характеристики бульдозеров

Б-8



Масса, т	10,7
Мощность двигателя, л. с.	110
Размеры отвала, мм	
длина	3050
высота	1135
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	1,1-10,0
назад	1,1-10,0
Тяговый класс, т	6

Б-100



Масса, т	16,5
Мощность двигателя, л. с.	180
Размеры отвала, мм	
длина	3240
высота	1250
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	1,8-9,5
назад	10
Тяговый класс, т	10

Б-120



Масса, т	17,5
Мощность двигателя, л. с.	180
Размеры отвала, мм	
длина	3265
высота	1355
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	1,8-10
назад	12,0
Тяговый класс	10

Б-150



Масса, т	22
Мощность двигателя, л. с.	240
Размеры отвала, мм	
длина	3730
высота	1575
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	1,8-9,5
назад	11,0
Тяговый класс, т	15



Б-170

Масса, т	22
Мощность двигателя, л. с.	180
Размеры отвала, мм	
длина	3420
высота	1300
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	2,6-10,4
назад	11,5
Тяговый класс, т	15



Б10М

Масса, т	18,42
Мощность двигателя, л. с.	180
Размеры отвала, мм	
длина	3310
высота	1400
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	2,0-9,3
назад	11,1
Тяговый класс, т	10



Б11

Масса, т	21,3
Мощность двигателя, л. с.	190
Размеры отвала, мм	
длина	3350
высота	1450
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	1-10,9
назад	1-13,5
Тяговый класс, т	15



Б12

Масса, т	24,0
Мощность двигателя, л. с.	215
Размеры отвала, мм	
длина	3750
высота	1575
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	1-9,6
назад	1-11,9
Тяговый класс, т	15

Б14

Масса, т	24,52
Мощность двигателя, л. с.	230
Размеры отвала, мм	
длина	3730
высота	1500
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	1-9,6
назад	1-11,9
Тяговый класс, т	15

ДЭТ-250М2

Масса, т	41,5
Мощность двигателя, л. с.	323
Размеры отвала, мм	
длина	4250
высота	1850
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	1,2-15,9
назад	1,2-15,9
Тяговый класс, т	25

ДЭТ-320

Масса, т	45
Мощность двигателя, л. с.	350
Размеры отвала, мм	
длина	4250
высота	1850
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	1,1-15,7
назад	1,1-15,7
Тяговый класс, т	25

ДЭТ-400

Масса, т	44,5
Мощность двигателя, л. с.	370
Размеры отвала, мм	
длина	4250
высота	1850
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	1,1-15,7
назад	1,1-15,7
Тяговый класс, т	25

ЧЕТРА Т-35



Масса, т	61,55
Мощность двигателя, л. с.	520
Размеры отвала, мм	
длина	5500
высота	2000
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	4,0-11,9
назад	4,9-14,3
Тяговый класс, т	35

ЧЕТРА Т-40



Масса, т	67,85
Мощность двигателя, л. с.	590
Размеры отвала, мм	
длина	4730
высота	2230
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	4,0-12,7
назад	4,5-15,6
Тяговый класс, т	35

Т-50.01



Масса, т	95,5
Мощность двигателя, л. с.	750
Размеры отвала, мм	
длина	5520
высота	2425
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	4,1-12,0
назад	5,0-14,2
Тяговый класс, т	50

Т-75.01



Масса, т	106
Мощность двигателя, л. с.	820
Размеры отвала, мм	
длина	6000
высота	2600
Скорость передвижения., км/ч	
вперед	1-10,6
назад	1-14
Тяговый класс, т	75

Практическое занятие № 4

4. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОДНОКОВШОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ



4

Задание

Произвести расчет эксплуатационной производительности одноковшового экскаватора.

Исходные данные взять по табл.2 (прил. 2) согласно своему варианту.

Производительность одноковшового экскаватора – количество грунта, разработанного в единицу времени ($\text{м}^3/\text{с}$; $\text{м}^3/\text{ч}$; $\text{м}^3/\text{смену}$).

Продолжительность рабочего цикла экскаватора определяется продолжительностью выполнения 4-х технологических операций: *копания, поворота на выгрузку, выгрузки и поворота в забой*:

$$t_{цэ} = t_{нв} + t_{г} + t_{нз}$$

Различают три категории производительности – **теоретическая** (расчетная), **техническая** и **эксплуатационная**.

1. Теоретическая производительность

Теоретическая производительность экскаватора рассчитывается *при проектировании машины для расчетных условий* грунта и забоя:

$$P_{теор} = \frac{q}{t_{ц}} \text{ (м}^3/\text{с)} = \frac{3600 \cdot q}{t_{ц}} \text{ (м}^3/\text{ч)}$$

Теоретическая производительность служит для сравнения экскаваторов разных моделей, но одного класса. В паспорте экскаватора обычно указывают теоретическую производительность.

2. Техническая производительность

Техническая производительность экскаватора характеризует наибольшую работоспособность экскаватора в условиях *данного* грунта, *конкретного* забоя и *способа* его разработки, т.е. является *максимально возможной* в *данных условиях*:

$$П_{техн} = \frac{q}{t_{\text{ц}}} \cdot \frac{k_n}{k_p} \text{ (м}^3/\text{с)} = \frac{3600 \cdot q}{t_{\text{ц}}} \cdot \frac{k_n}{k_p} \text{ (м}^3/\text{ч)}$$

$$k_n = \frac{V_{\text{разрыхл.гр}}}{q}$$

где k_n — **коэффициент наполнения ковша**, равный отношению фактического объема разрыхленного грунта в ковше к геометрической емкости ковша:

при этом k_n может быть как больше (ковш загружен «с шапкой»), так и меньше единицы:

$$k_n = \frac{V_{\text{разрыхл.гр}}}{q}$$

$$k_n \geq 1 \text{ или } k_n \leq 1$$

k_p — **коэффициент разрыхления грунта** показывает, на сколько увеличивается объем выкопанного грунта (*разрыхленного*) по сравнению с объемом этого же грунта в массиве (*целике*):

$$k_p = \frac{V_{\text{разрыхл.гр}}}{V_{\text{целик}}}$$

Коэффициент разрыхления грунта **всегда** больше единицы, т.е. $k_n > 1$

3. Эксплуатационная производительность

Эксплуатационная производительность определяется с учетом свойств грунта, параметров забоя и организации работ.

Эксплуатационная производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$) одноковшового экскаватора определяется по формуле:

$$П_{\text{э}} = \frac{3600 \cdot q \cdot k_n \cdot k_m \cdot k_y}{t_{\text{ц}} \cdot k_p} \cdot k_6$$

где q - вместимость ковша, м^3 :

k_n — коэффициент наполнения ковша;

k_p — коэффициент разрыхления грунта;

k_m – коэффициент влияния трудности разработки;

k_y – коэффициент управления машиной, зависящий от квалификации машиниста ($k_y = 0,89 - 0,98$);

k_B – коэффициент использования экскаватора по времени, ($k_B = 0,85$)

Продолжительность цикла, с,

$$t_u = t_k + t_{nv} + t_v + t_{nz},$$

здесь t_k – продолжительность копания, с;

t_{nv} – продолжительность поворота на выгрузку, с

t_v – продолжительность выгрузки, с;

t_{nz} – продолжительность поворота в забой, с.

Значения **продолжительности операций** цикла определяются с использованием **коэффициентов пропорциональности** k_i , принимаемых по табл. 1.

Продолжительность **каждой** операции, с

$$t_i = k_i \sqrt[3]{m},$$

где m – масса экскаватора, т.

4. Отчетность по работе

Работа выполняется на бланках. Выполненная работа сдается преподавателю.

Приложение 1. Условные обозначения

P_{Σ} — производительность экскаватора эксплуатационная;

q — вместимость (емкость) ковша;

k_H – коэффициент наполнения ковша

k_P – коэффициент разрыхления грунта

k_T – коэффициент влияния трудности разработки

k_y – коэффициент управления машиной, зависящий от квалификации машиниста

k_B – коэффициент использования экскаватора по времени

t_u – продолжительность рабочего цикла экскаватора

t_k – продолжительность копания

t_{nv} – продолжительность поворота на выгрузку

t_v – продолжительность выгрузки

t_{nz} – продолжительность поворота в забой

k_{ik} – коэффициент пропорциональности при копании

k_{inv} – коэффициент пропорциональности при повороте на выгрузку

k_{iv} – коэффициент пропорциональности при выгрузке

k_{inz} – коэффициент пропорциональности при повороте в забой

Приложение 2. Исходные данные

Таблица 2

Исходные данные

Ва- риант	Индекс	Категория грунта	$q, \text{м}^3$	k_p	k_m	k_n	Коэф-ты пропорциональности, k_i			
							k_{ik}	k_{in6}	k_{i6}	k_{in3}
1	ЕК-12	1	0,5	1,15	0,95	1,10	1,80	1,65	1,85	1,21
2	ЕК-14	2	0,5	1,18	1,00	1,20	1,78	1,62	1,80	1,23
3	ЕК-18	2	1,0	1,20	0,90	1,10	1,76	1,59	1,75	1,25
4	ЕК-20	4	1,0	1,30	0,85	0,95	1,74	1,56	1,70	1,27
5	ЕА-17К	4	0,65	1,33	0,80	0,90	1,72	1,53	1,65	1,29
6	ЕА-17У	4	0,65	1,32	0,75	0,92	1,70	1,50	1,62	1,31
7	ТЭП-18	3	0,65	1,25	0,70	0,80	1,68	1,47	1,67	1,33
8	TVEX 140W	2	0,5	1,17	0,75	0,96	1,66	1,44	1,72	1,35
9	ЕТ-14	2	0,65	1,19	0,80	1,00	1,64	1,41	1,77	1,37
10	ЕТ-16	3	0,5	1,22	0,85	1,10	1,62	1,38	1,82	1,21
11	ЕТ-18	3	1,0	1,24	0,90	1,05	1,60	1,64	1,84	1,23
12	ЕТ-20	4	1,0	1,34	0,95	1,00	1,58	1,61	1,79	1,25
13	ЕТ-26	4	1,25	1,33	0,98	0,98	1,56	1,58	1,74	1,27
14	ЭО-4225А	4	1,0	1,40	1,00	1,00	1,54	1,55	1,69	1,29
15	ЕК-12	2	0,65	1,20	0,97	0,90	1,52	1,52	1,64	1,31
16	ЕК-14	1	0,8	1,12	0,92	0,87	1,50	1,49	1,67	1,33
17	ЕК-18	2	0,77	1,21	0,87	0,83	1,48	1,46	1,72	1,35
18	TVEX 140W	2	0,8	1,20	0,82	0,94	1,72	1,43	1,77	1,37
19	ЕТ-14	3	0,5	1,26	0,77	0,75	1,70	1,40	1,82	1,25
20	ЕТ-16	2	0,65	1,16	0,74	1,15	1,68	1,37	1,84	1,27
21	ЕТ-18	3	0,77	1,28	0,76	1,00	1,66	1,39	1,79	1,29
22	ЭО-4121	3	1,0	1,30	0,82	1,05	1,64	1,42	1,74	1,31
23	ЭО-4225А	3	1,4	1,28	0,86	0,98	1,62	1,45	1,83	1,33
24	ЭО-4121	4	0,65	1,35	0,92	0,86	1,60	1,48	1,85	1,35
25	ЭО-4225А	4	1,25	1,31	0,96	0,92	1,58	1,51	1,78	1,37

Приложение 3. Технические характеристики экскаваторов

Экскаваторы пневмоколесные

ЕК-12



Вес, т	12.9
Мощность двигателя, л. с.	83
Продолжительность цикла, с	15
Давление в гидросистеме, МПа	32
Скорость передвиж., км/ч	20
Рукоять, м	1.9
Радиус копания, м	8.25
Глубина копания, м	4.8
Высота выгрузки, м	6.4
Угол поворота ковша (град.)	173
Емкость ковша (по SAE), м3	0,5 0,65

ЕК-14



Вес, т	14
Емкость ковша, м.куб	0.8 (0.4; 0.5;0.65)
Мощность двигателя, л. с.	105
Продолжительность цикла, с	16
Давление в гидросистеме, МПа	28
Скорость передвижения, км/ч	25 (20)
Рукоять, м	1.9/2.2 / 2.8/3.4
Радиус копания, м	8.2/8.4 / 9.0 / 9.6
Радиус копания на уровне стоянки, м	7.92/8.2 /8.79/9.37
Кинематическая глубина копания, м	4.89 / 5.2 / 5.8 / 6.4
Угол поворота ковша, градусы	173

ЕК-18



Вес, т	18
Емкость ковша (по SAE), куб.м	1.0 (0.65; 0.77)
Мощность двигателя, л. с.	105
Продолжительность цикла, с	18.5
Давление в гидросистеме, МПа	28
Скорость передвижения, км/ч	20
Рукоять, м	2.2 -3.4
Радиус копания, м	9.1 - 10.2
Радиус копания на уровне стоянки, м	8.86 -10.0
Кинематическая глубина копания, м	5.77 - 6.97
Высота выгрузки, м	6.24 - 6.75
Угол поворота ковша (град.)	177

ЕК-20



Эксплуатационная масса, кг	20150
Емкость ковша, м³ (по SAE)	1.0
Мощность двигателя, кВт	114
Продолжительность цикла, с	14
Частота вращения поворотной платформы, об/мин	9.6
Максимальное усилие при копании ковшом, кг	13900
Тяговое усилие, кг	10500
Скорость передвижения, км/ч	26
Максимальный радиус копания (захвата), м	9.3
Максимальная глубина копания, м	5.86
Максимальная высота выгрузки, м	6.2
Угол поворота ковша, град	177

EA-17K

	Эксплуатационная масса, кг	17700
	Емкость ковша, м³ (по SAE)	0,65
	Двигатель	Д-243С-286
	Мощность двигателя, кВт	59,6
	Скорость передвижения, км/ч	90
	Длина, мм	8500
	Ширина, мм	2500
	Высота, мм	3490

EA-17У

	Эксплуатационная масса, кг	17500
	Емкость ковша, м³ (по SAE)	0,65
	Двигатель	Д-243С
	Мощность двигателя, кВт	59,6
	Продолжительность цикла, с	15
	Давление в гидросистеме, МПа	32
	Скорость передвижения, км/ч	70

ТЭП-18

	Рабочее оборудование	планировщик
	Эксплуатационная масса, кг	22000
	Емкость ковша, м³ (по SAE)	0,65
	Двигатель	Д-245S2
	Мощность двигателя, кВт	120
	Скорость передвижения, км/ч	70

TVEX 140W

	Эксплуатационная масса, кг	14400
	Емкость ковша, куб.м	0,5-0,8
	Двигатель	ММЗ Д245.2S2
	Мощность двигателя	90 кВт
	Трансмиссия	Гидростатическая
	Скорость передвижения, км/ч	первая 7/вторая 25
	Ширина, мм	2550

Экскаваторы гусеничные

ЕТ-14

	Вес, т	14,8
	Емкость ковша (по SAE), м³	0,65 (0,5; 0,4; 0,32)
	Двигатель	Perkins 1104C-44TA
	Мощность двигателя, л. с.	123
	Продолжительность цикла, с	16
	Скорость передвижения, км/ч	2,4
	Рукоять, м	1,9/2,2/2,8
	Радиус копания, м	8,2 / 8,4 / 9,0 / 9,6
	Радиус копания на уровне стоянки, м	7,9 / 8,28 / 8,86 / 9,49
	Кинематическая глубина копания, м	5,2 / 5,5 / 6,1 / 6,7
	Высота выгрузки, м	5,4/ 5,5/ 5,8/ 6,18
	Угол поворота ковша (град.)	173

ET-16

	Вес, т	16
	Емкость ковша (по SAE), м³	0,65 (0,5; 0,4; 0,32)
	Мощность двигателя, л.с.	123
	Продолжительность цикла, с	16,5
	Скорость передвижения, км/ч	2,4
Длина рукояти, м		1,9 / 2,2 / 2,8 / 3,4
Радиус копания, м		8,2 / 8,4 / 9,0 / 9,6
Радиус копания на уровне стоянки, м		7,9 / 8,2 / 8,76 / 9,3
Кинематическая глубина копания, м		5,1 / 5,4 / 6,0 / 6,6
Высота выгрузки, м		5,52 / 5,70 / 6,05 / 6,35
Угол поворота ковша (град.)		173 / 173 / 173 / 173
Максимальная емкость ковша (по SAE), м.куб		0,65 / 0,5 / 0,4 / 0,32

ET-18

	Вес, кг	17000
	Емкость ковша (по SAE), м³	1,0 (0,65; 0,77)
	Двигатель	Д245
	Мощность двигателя, л. с.	77,5
	Продолжительность цикла, с	18,5
	Давление в гидросистеме, МПа	28
	Скорость передвижения, км/ч	2,4

ET-20



Вес, кг	20500
Емкость ковша (по SAE), м³	1,0
Длина, мм	9520
Ширина, мм	2750
Высота, мм	3600
Двигатель	ЯМЗ-236
Мощность двигателя, л. с.	110
Продолжительность цикла, с	14
Давление в гидросистеме, МПа	32
Скорость передвижения, км/ч	3,5

ET-26



Эксплуатационная масса, т.	27,0
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	132(180)
Частота вращения платформы, мин⁻¹	11
Скорость передвижения, км/час.	2,12/4,25
Наибольшее тяговое усилие, тн.	21,0
Глубина копания, м	6,52
Радиус копания на уровне стоянки, м.	10,1
Высота выгрузки, м.	6,52
Емкость ковша, м³	1,25
Продолжительность рабочего цикла, с	16-18
Производительность м³/ч	280-250

Ковровец ЭО-4121

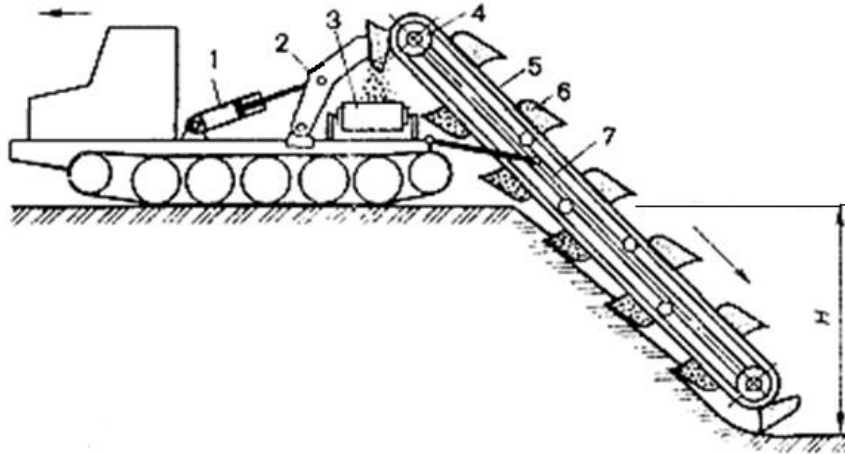
	Производительность, м³/ч	до 150
	Мощность, л.с.	130
	Емкость ковша, м³:	0,65-1,5
	Наибольшая глубина копания, м:	5,8
	Наибольший радиус копания, м:	9,2
	Наибольшая высота разгрузки, м:	6,0
	Скорость передвижения, км/ч	2,8
	Число оборотов платформы в минуту	до 6
	Усилие на зубьях ковша, кгс	14 200
	Продолжительность цикла, с:	20
	Вес (масса), кг: с обратной лопатой	20 900

Ковровец ЭО-4225А

	Эксплуатационная масса, кг	26450
	Мощность, кВт	125
	Объём ковша, м³	0.6-1.42
	Давление в гидросистеме, МПа	28
	Тяговое усилие, кН	210
	Скорость передвижения, км/ч	4.2
	Скорость вращения платформы, об/мин	9.1
	Радиус копания, мм	10300
	Глубина копания, мм	7300
	Высота копания, мм	7000
	Высота выгрузки, мм	5400

Практическое занятие № 5

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНШЕЙНОГО ЭКСКАВАТОРА



Задание

Выполнить расчет параметров траншейного цепного экскаватора (с ковшами).

Исходные данные взять по табл. 1 согласно своему варианту.

1. Общие положения

Многоковшовые траншейные экскаваторы – это землеройные машины, выполняющие все операции технологического цикла (разработку грунта, транспортировку его на поверхность и выгрузку в отвал или транспортное средство) одновременно.

Они являются самоходными землеройными машинами **непрерывного действия**, которые при своем поступательном движении отрываю́т позади себя продольную выемку - **траншею** определенной глубины и ширины.

В отличие от одноковшовых траншейные экскаваторы постоянно передвигаются во время работы и отделяют грунт от массива с помощью непрерывно движущихся по замкнутому контуру **ковшей** или **скребков** и одновременно эвакуируют его в сторону от траншеи в отвал или в транспортные средства с помощью **отвального устройства**.

Производительность траншейных экскаваторов в 2-2,5 раза выше, чем у одноковшовых машин, при более высоком качестве работ и меньших энергозатратах на 1м^3 разработанного грунта. Траншейные экскаваторы способны эффективно разрабатывать как немерзлые, так и мерзлые грунты.

В качестве **главного параметра** принимается **глубина** отрываемых траншей.

Совместно с другими видами машин и вспомогательного оборудования экскаваторы непрерывного действия образуют технологические комплексы, предназначенные для выполнения различных видов работ при строительстве нефте- и газопроводов, оросительных и осушительных каналов, устройстве дренажных систем, закрытых напорных водоводов, строительстве подземных кабельных линий связи и электропередач, других коммуникаций.

1.1 Классификация многоковшовых экскаваторов

Траншейные экскаваторы классифицируют по следующим основным признакам:

- по типу рабочего органа - *цепные (ЭТЦ) и роторные (ЭТР)*;
- по способу соединения рабочего оборудования с базовым тягачом
- с навесным и полуприцепным рабочим оборудованием;
- по типу ходового устройства базового тягача - на *гусеничные и пневмоколесные*
- по типу привода - с механическим, гидравлическим, электрическим и комбинированным приводом.

1.2 Схемы многоковшовых экскаваторов

Рабочим органом *цепных* экскаваторов (рис 1.) является однорядная или двухрядная свободно провисающая бесконечная цепь 5, огибающая наклонную раму 7 и несущие на себе ковши или скребки 6.

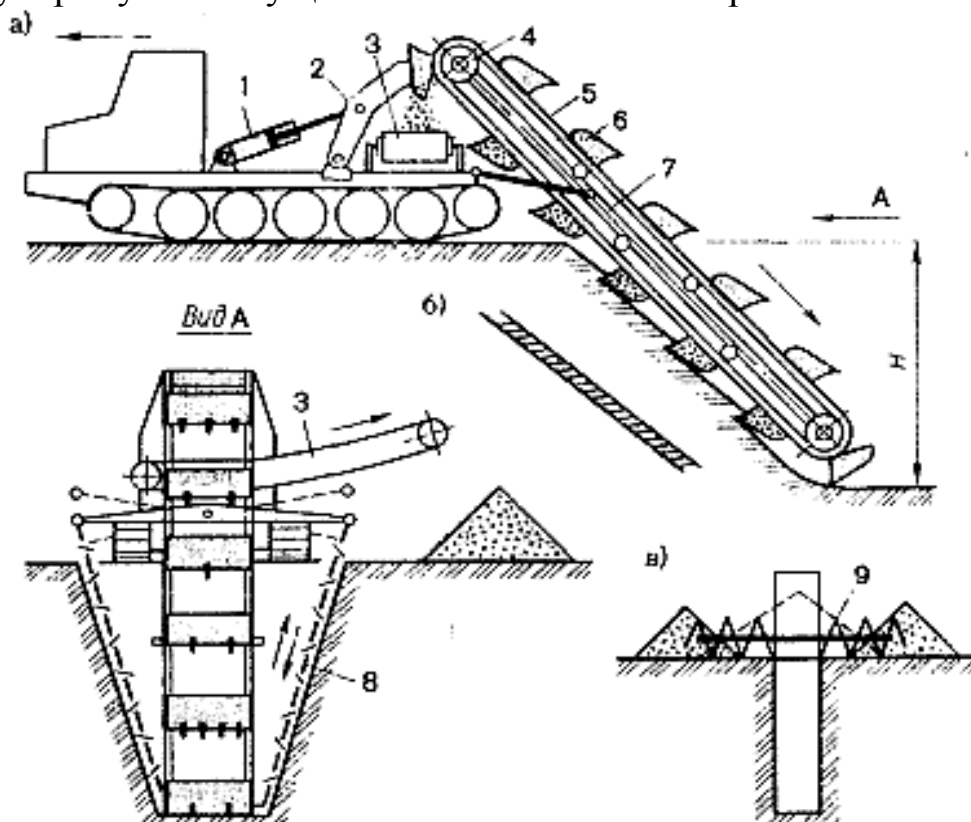


Рис 1. Схема цепного траншейного экскаватора

Рабочим органом **роторных** экскаваторов (рис 2.) является жесткий ротор (колесо) 12 с ковшами или скребками 11, вращающийся на роликах 8 рамы 9.

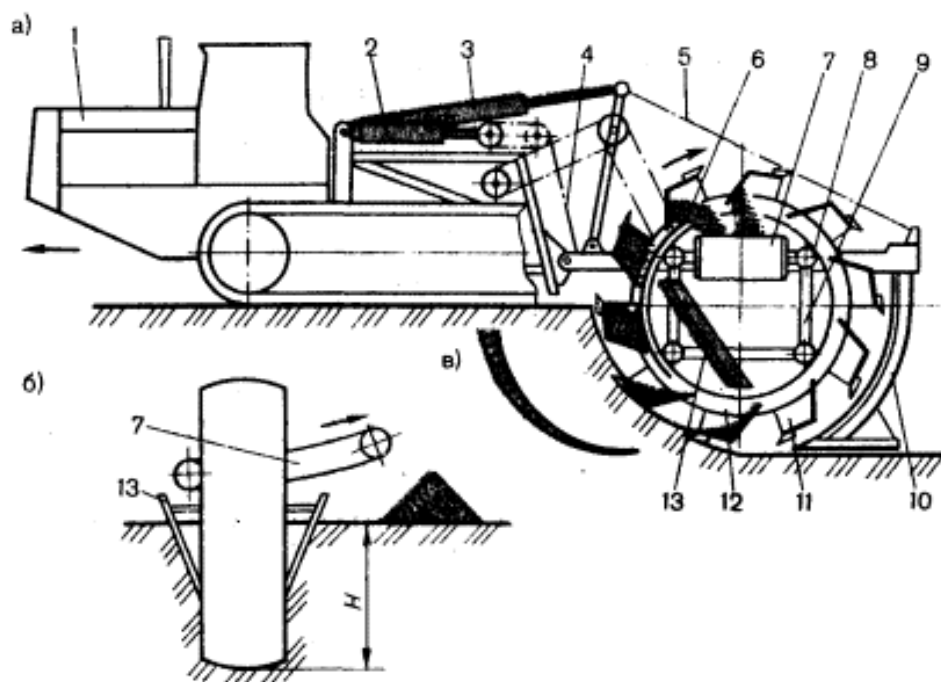


Рис 2. Схема роторного траншейного экскаватора

Ширина отрываемых траншей прямоугольного профиля зависит от ширины **ковша** или **скребка** и расположения на них режущих элементов.

На один и тот же базовый тягач могут быть навешены сменные рабочие органы с различной шириной и количеством ковшей (скребков) для рытья траншей с различными параметрами профиля.

Для получения трапецеидального профиля рабочие органы цепного и роторного траншейного экскаватора оборудуют активными и пассивными **откосообразователями**.

Для разработки мерзлых грунтов цепные экскаваторы оборудуют специальными сменными рабочими органами. Ковши роторных экскаваторов при разработке мерзлых грунтов оснащают специальными сменными зубьями, армированными твердосплавными износостойкими пластинами. Копание мерзлых грунтов ведется на пониженных скоростях тягача и рабочего органа, поэтому производительность экскаватора снижается в 3-5 раз.

1.3 Принцип действия траншейного экскаватора

Во время работы цепь или ротор движется в плоскости движения тягача.

Отделение грунта от массива и заполнение им рабочего органа осуществляются в результате сообщения цепи или ротору двух совмещенных движений копания: **основного** — поступательного относительно рамы (для

цепи) или вращательного вокруг своей оси (для ротора) и **движения подачи** – поступательного в направлении движения машины. Основное движение способствует отделению слоя грунта и направлено по касательной к траектории копания. Движение подачи регулирует толщину отделяемого слоя грунта и направлено перпендикулярно (нормально) касательному.

Соотношение скоростей этих движений определяет траекторию движения режущих элементов рабочего органа в продольно-вертикальной плоскости, которая представляет собой наклонную прямую у цепных экскаваторов (рис 1,б) и трахоиду у роторных (рис 2,в).

Толщина стружки, отделяемая **цепным** рабочим органом, практически постоянна по всей высоте забоя. **Роторный** рабочий орган отделяет стружку переменной толщины, достигающей максимального значения на уровне оси вращения ротора.

Рабочая скорость передвижения экскаваторов при копании траншей бесступенчато регулируется в широком диапазоне в зависимости от условий работы и составляет 5-800 м/ч у цепных машин и 10-500 м/ч у роторных.

Скорость движения рабочего органа определяется способом разгрузки ковшей роторных экскаваторов и динамическими нагрузками у цепных. Скорость рабочего органа цепных машин не превышает 2,4 м/с. Рабочие органы современных траншейных экскаваторов имеют несколько скоростей движения, причем пониженные скорости используют при копании траншей в тяжелых талых и мерзлых грунтах.

2. Определение основных параметров рабочего оборудования

2.1 Расчет параметров ковшовой цепи

Шаг ковшовой цепи $l_{\text{ц}}$, мм, принимают в зависимости от вместимости ковша, измеряемой в литрах:

$q_{\text{к}} \leq 50 \text{ л},$	$l_{\text{ц}} = 200 \text{ мм};$
$q_{\text{к}} = 50 \dots 100 \text{ л},$	$l_{\text{ц}} = 300 \text{ мм};$
$q_{\text{к}} = 100 \dots 200 \text{ л},$	$l_{\text{ц}} = 350 \text{ мм};$
$q_{\text{к}} = 250 \dots 400 \text{ л},$	$l_{\text{ц}} = 400 \text{ мм}.$

Шаг ковшей (расстояние между ковшами) $t_{\text{к}}$, мм, (рис. 3) определяют по формуле

$$t_{\text{к}} = z \cdot l_{\text{ц}} \quad (1)$$

где z – число звеньев между ковшами, принимаемое равным 4, 6 или 8, но обязательно четным числом.

Предпочтительной считают **четырёхзвенную** цепь.

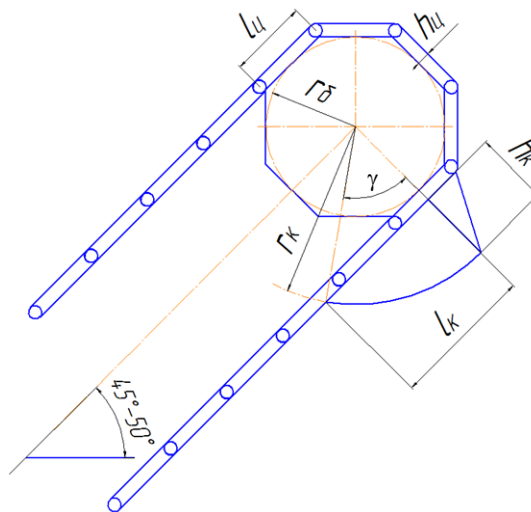


Рис. 3. Схема для определения размеров ковша экскаватора

В экскаваторах малой и средней мощности применяются преимущественно *шестигранные приводные звездочки*. В мощных моделях при повышенных скоростях ковшовой цепи с целью уменьшения динамических нагрузок наравне с шестигранными используют *восемьгранные* звездочки.

Внутренний радиус шестигранной звездочки r_δ , мм, определяют по формуле

$$r_\delta = \frac{l_u}{1,154} \quad (2)$$

2.2 Расчет параметров ковша

Высоту ковша h_k , мм, определяют по формуле

$$h_k = (1,1 \dots 1,2) \cdot r_\delta \quad (3)$$

Радиус днища ковша r_k , мм:

$$r_k = r_\delta + \frac{h_u}{2} + h_k \quad (4)$$

где h_u – ширина звена цепи (см. табл.1).

Затем определяют **длину ковша** l_k , мм:

$$l_k = \sqrt{r_k^2 - \left(r_\delta + \frac{h_u}{2}\right)^2} \quad (5)$$

и геометрическую (расчетную) емкость ковша экскаватора q_k , m^3 :

$$q_k = \left[\frac{\pi \cdot r_k^2 \cdot \gamma}{360} + \frac{l_y \cdot h_k}{4} - \frac{l_k \left(r_{\bar{o}} + \frac{h_y}{2} \right)}{2} \right] \cdot b_k \quad (6)$$

$$\text{где } \gamma = \arccos \left(\frac{r_{\bar{o}} + \frac{h_y}{2}}{r_{\bar{o}} + \frac{h_y}{2} + h_k} \right);$$

b_k - ширина ковша, м.

Ширину ковша b_k , м, определяют по формуле

$$b_k = B_m - 0,06, \quad (7)$$

где B_m – ширина траншеи, м.

2.3 Расчет скорости движения цепи

При расчете скорости движения цепи необходимо обеспечить достаточное время для разгрузки грунта из ковша в бункер до встречи падающего грунта со следующим ковшом.

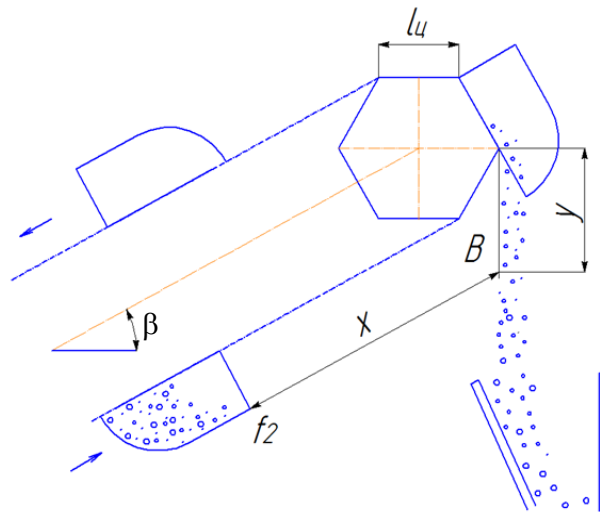


Рис. 4. Схема к расчету скорости цепи

Высыпавшийся грунт падает вертикально вниз, а ковш движется поступательно, параллельно оси ковшовой цепи. Встреча падающих частиц грунта с ковшом может произойти в точке B (рис. 4).

Для обеспечения полного высыпания грунта до встречи с ковшом следует выбрать такие скорости, чтобы падающие частицы грунта прошли путь y за время, которое должно быть меньше, чем потребуется для кромки ковша f_2 при прохождении расстояния x :

$$\frac{x}{V_k} \geq k \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot y}{g}} \quad (8)$$

где V_k – скорость ковшовой цепи, м/с;

k – опытный коэффициент запаса ($k = 1,5$);

g – ускорение силы тяжести, м/с² ($g = 9,81$).

При **шестигранной** (шестизубой) приводной звездочке и углах наклона ковшовой цепи $\beta = 30...50^\circ$ значения y и x с достаточной степенью точности можно определить по следующим зависимостям:

$$y = 1,73 l_y, \quad (9)$$

$$x = t_k - 2l_y - h_k t_g (\beta - 30^\circ). \quad (10)$$

Тогда V_k , м/с:

$$V_k \leq \frac{t_k - 2 \cdot l_y - h_k \cdot t_g (\beta - 30^\circ)}{k \cdot \sqrt{0,346 \cdot l_y}} \quad (11)$$

В современных конструкциях ЭТЦ скорость цепи принимается в среднем **0,75...0,9 м/с**, при крайних пределах – **0,5...1,2 м/с**.

3. Определение производительности экскаватора

Часовую **эксплуатационную** производительность Π_ε , м³/ч, определяем по формуле

$$\Pi_\varepsilon = \frac{3,6 \cdot V_k \cdot q_k \cdot k_n}{t_k \cdot k_p} \cdot k_\varepsilon \quad (12)$$

где k_n – коэффициент наполнения ковшей, зависящий от категории грунта:

Категория грунта	1	2	3	4
Коэффициент наполнения k_n	0,9-1,2	0,8-1,1	0,75-1,0	0,7-0,9

k_p – коэффициент разрыхления грунта (1,1...1,3)

k_b – коэффициент использования рабочего времени (0,85).

Техническая производительность

$$\Pi_T = \frac{3,6 \cdot V_k \cdot q_k \cdot k_n}{t_k \cdot k_p} \quad (13)$$

а **теоретическая**

$$\Pi_0 = \frac{3,6 \cdot V_k \cdot q_k}{t_k} \quad (14)$$

В формулах (12), (13) и (14) вместимость ковша q_k измеряется в литрах!

4. Отчетность по работе

Выполненная работа (на индивидуальном бланке) сдается преподавателю.

Приложение 1. Исходные данные

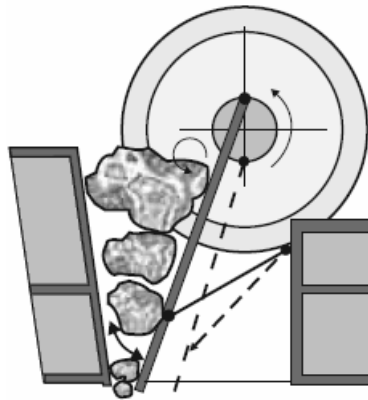
Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Вместимость ковша, Q_k , л	Ширина траншеи, B_m , м	Глубина траншеи, H_m , м	Категория грунта	Ширина звена цепи $h_{ц}$, мм
1	25	0,5	2	1	30
2	35	0,8	3	1	30
3	40	0,8	3,5	1	30
4	70	0,8	4	2	40
5	120	1,2	3	3	50
6	130	1,4	2,8	3	50
7	65	0,66	3	2	40
8	30	0,4	2	1	40
9	80	1	3	2	50
10	100	1,5	2,5	3	60
11	30	0,5	2	1	30
12	35	0,8	3	1	30
13	45	0,8	3,5	1	30
14	60	0,8	4	2	40
15	120	1,2	3	3	50
16	130	1,4	2,8	3	50
17	60	0,66	3	2	40
18	35	0,4	2	1	40
19	75	1	3	2	50
20	90	1,5	2,5	3	60
21	25	0,5	2	1	30
22	35	0,8	3	1	30
23	40	0,8	3,5	1	30
24	70	0,8	4	2	40
25	120	1,2	3	3	50

Практическое занятие № 6

6. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК



6

Цель: изучить конструкцию щековых дробилок, научиться определять их основные параметры и производительность.

Задание

Вычертить расчетную схему с указанием основных параметров щековой дробилки.

По исходным данным произвести расчет производительности щековой дробилки.

1. Понятие о процессе дробления

Процесс уменьшения размеров упруго-хрупкого тела от первоначальной (исходной) крупности до требуемой путем воздействия внешних сил называется **дроблением** или **помолом**, а машины, применяемые для этих целей, **дробилками** или **мельницами**.

В зависимости от *конечной крупности кусков материала* различают следующие основные виды этого процесса:

- ❖ - крупное дробление (100 - 350 мм);
- ❖ - среднее дробление (40 - 100 мм);
- ❖ - мелкое дробление (5 - 40 мм);
- ❖ - помол (менее 5 мм).

Наиболее распространенными строительными материалами, получаемыми в результате измельчения горных пород, являются щебень, гравий и песок. Для дорожного строительства предусмотрены следующие фракции щебня по крупности:

- ❖ - крупный (40 - 70 мм);
- ❖ - средний (20 - 40 мм);
- ❖ - мелкий (10 - 20 мм);
- ❖ - клинец (5 - 10 мм).

ГОСТ 8267-93 предусматривает следующие фракции **щебня** и **гравия**: 5 - 10, 10 - 15, 10 - 20, 15 - 20, 20 - 40, 40 - 80, смесь 5 - 20, а по заказу 80 - 120 и 120 - 150.

Для обеспечения эффективности дробления материала от исходной до конечной крупности этот процесс осуществляется в большинстве случаев в несколько приемов, то есть последовательно на нескольких дробилках. Каждая отдельная дробилка выполняет часть общего процесса, называемую **стадией дробления**.

Одним из основных типов дробильных машин являются **щековые** дробилки. Они применяются для *крупного* и *среднего* дробления горных пород *средней* и *высокой прочности*. При дроблении в несколько стадий щековые дробилки обычно осуществляют первую стадию дробления, хотя нередко применяются и на последующих стадиях.

Процесс дробления характеризуется *отношением* размера кусков исходного материала к размеру кусков готового продукта.

Это отношение называют **степенью дробления i** .

Существуют разные оценки степени дробления. Например, ее можно выразить как отношение размера максимального куска в исходном материале к размеру максимального куска в готовом продукте ($i = D_{\max} / d_{\max}$) или как отношение средней крупности $-i = D_{\text{ср}} / d_{\text{ср}}$. Наиболее точно степень дробления определяется соотношением средневзвешенных размеров кусков исходного и конечного материалов - $i = D_{\text{св}} / d_{\text{св}}$.

Для ориентировочных расчетов **степень дробления** можно определить по формуле

$$i = \frac{0,85 \cdot B}{b}, \quad (1)$$

где B - ширина приемного отверстия дробилки, м;

b - ширина выходной щели камеры дробления дробилки, м.

Число стадий дробления назначается, исходя из требуемой степени дробления.

Например, для уменьшения кусков исходного материала размером 1200 мм до размера 40 мм требуемая степень дробления будет составлять $i = 1200/40 = 30$. Так как большинство дробильных машин позволяют получить степень дробления от 3 до 7, то для получения $i = 30$ требуется как минимум 2 - 3 стадии.

2. Классификация и конструкция щековых дробилок

Принцип работы щековой дробилки заключается в следующем. В камеру дробления, имеющую форму клина и образованную двумя щеками, из

которых одна в большинстве случаев является *неподвижной*, а другая *подвижной*, подается дробимый материал.

Благодаря клинообразной форме камеры дробления куски материала располагаются по высоте камеры в зависимости от их крупности: более крупные - вверху, менее крупные - внизу.

Подвижная щека периодически приближается к *неподвижной*, причем при сближении щек (*ход сжатия*) куски материала дробятся, при отходе подвижной щеки (*холостой ход*) куски материала продвигаются вниз под действием силы тяжести, выходя из камеры дробления, если их размеры стали меньше наиболее узкой части камеры, называемой ***выходной щелью***, или занимают новое положение, соответствующее своему новому размеру. Затем цикл повторяется.

Характер движения подвижной щеки зависит от кинематических особенностей механизма щековых дробилок. За время применения этих дробилок для переработки различных материалов было предложено большое количество самых разнообразных кинематических схем механизма дробилок.

Все они могут быть разделены на две большие группы: дробилки с ***простым движением подвижной щеки*** (ЩДП), у которых траектории движения точек подвижной щеки представляют собой прямые линии или части дуги окружности, и дробилки со ***сложным движением подвижной щеки*** (ЩДС), траектории точек подвижной щеки которых представляют собой замкнутые кривые, чаще всего эллипсы.

На рис. 1 изображена дробилка с ***простым движением подвижной щеки***.

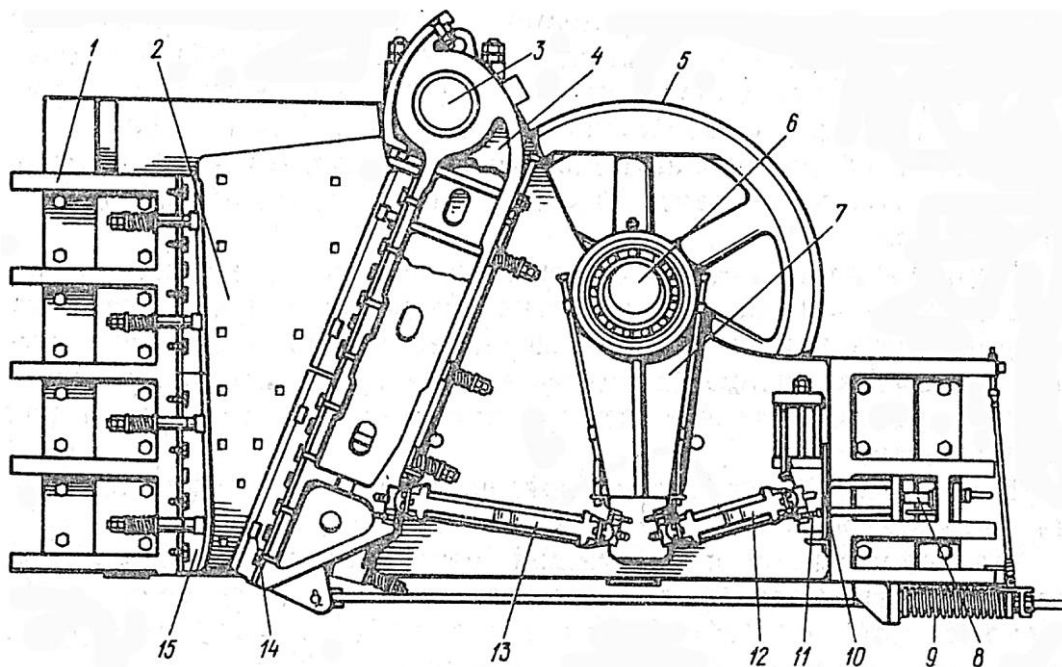


Рис. 1. Дробилка с простым движением подвижной щеки

Она состоит из: **станины 1**, в боковых стенках которой закреплены коренные подшипники **эксцентрикового вала 6**. На эксцентричной части вала подвешен **шатун 7**, в нижней части которого имеются пазы для установки **сухарей**, являющихся опорными поверхностями для **передней 13** и **задней 12 распорных плит**.

При вращении **эксцентрикового вала** **шатун** получает **качательное** движение, которое с помощью **распорных плит** передается **подвижной щеке 4**. Щека получает **маятниковое** движение с центром в **оси 3** подвеса. Силовое замыкание звеньев механизма привода подвижной щеки обеспечивается **тягами и пружинами 9**.

На один конец **эксцентрикового вала** насажен **шкив-маховик 5**, на другой - **маховик**. На неподвижной и подвижной щеках закреплены **неподвижная 15** и **подвижная 14 дробящие плиты** (футеровки). Часть боковых стенок станины облицована **боковыми плитами 2**. Ширину **выходной щели** регулируют путем установки между **упором 11** и **задней стенкой** станины дополнительных **прокладок 10** различной толщины. Для облегчения этой операции предусмотрен **гидравлический домкрат 8**. Другим вариантом изменения ширины выходной щели является замена задней распорной плиты более длинной или короткой.

Дробилка со сложным движением щеки (рис. 2) состоит из **подвижной щеки 9**, которая представляет собой стальную отливку, расположенную на эксцентричной части **приводного вала 3**.

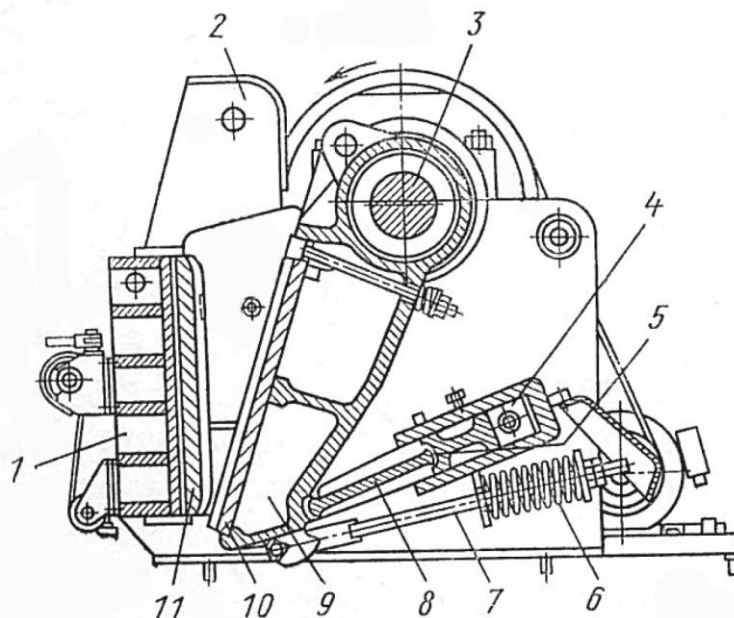


Рис. 2. Дробилка со сложным движением подвижной щеки

В ее нижней части имеется паз, куда вставлен **сухарь** для упора **распорной плиты 8**. Другим концом распорная плита упирается в **сухарь регулировочного устройства 5** с клиновым механизмом. **Замыкающее**

устройство состоит из *тяги 7* и *пружины 6*. Натяжение пружины регулируется гайкой. В нижней части подвижной щеки имеется выступ, на который установлена *дробящая плита 10*. *Неподвижная дробящая плита 11* снизу опирается на выступ *станины 1*, а с боковых сторон зажата боковыми футеровками, выполненными в виде клиньев. Регулировка *выходной щели* осуществляется с помощью электродвигателя. Для предотвращения вылета дробимого материала предусмотрен *кожух 2*. *Предохранительным устройством* обычно является *распорная плита 8*. Ее делают либо с искусственно ослабленным сечением, либо составной из двух частей, скрепленных болтами (заклепками). При превышении допустимой нагрузки распорная плита ломается, предотвращая тем самым выход из строя более ответственных и дорогих узлов дробилки.

Направление вращения *эксцентрикового вала 3* в дробилках со сложным движением щеки должно обеспечивать затягивание дробимого материала между *дробящими плитами 10 и 11*.

У каждого из двух основных типов щековых дробилок есть свои достоинства и недостатки.

Преимуществами дробилок *с простым качанием* щеки являются: возможность дробления высокопрочных пород, сравнительно малый износ дробящих плит; **недостатком** - большая металлоемкость по сравнению с дробилками со сложным качанием щеки, а также большая неравномерность получаемой фракции готового продукта.

Дробилки *со сложным качанием* щеки более производительны по сравнению с аналогичными дробилками с простым качанием щеки, но из-за трения дробимого материала о дробящие плиты они подвергаются быстрому изнашиванию.

Для изготовления дробилок используют следующие материалы.

Станины чаще всего делают из стали марки 35Л или Ст3. *Подвижную щеку* изготавливают из стали 35Л, *дробящие плиты* (футеровки) отливают из высокомарганцевистой стали 110Г13Л. *Эксцентриковый вал* и ось подвижной щеки делают из стали 40Х, *оттяжную пружину* - из стали 60С2, *шатун* - из стали 25Л, *клин* и *ползун* регулировочного устройства - из стали 25ГЛ. *Распорные плиты* и маховики дробилок отливают из чугуна марок СЧ-18-36 или СЧ-24-34.

3. Расчет основных параметров

К основным *кинематическим* и *конструктивным* параметрам относят:

- ❖ *ширина B и длина L загрузочного отверстия,*
- ❖ *высота камеры дробления H ,*
- ❖ *номинальная ширина выходной щели b ,*

- ❖ *угол захвата α ,*
- ❖ *ход подвижной щеки S ,*
- ❖ *частота вращения эксцентрикового вала n ,*
- ❖ *производительность Π ,*
- ❖ *мощность привода N ,*
- ❖ *максимальное усилие дробления $Q_{\max}$.*

3.1. Параметры камеры дробления

Ширина загрузочного отверстия камеры дробления B определяется по максимальному размеру кусков исходного материала

$$B = \frac{D_{\max}}{0,85}$$

В свою очередь, по данным эксплуатационных организаций при дроблении рядовой горной массы без предварительного отсева мелочи

$$D_{\max} = \frac{D_{св}}{(0,35...0,45)}$$

Таким образом, ширина загрузочного отверстия щековой дробилки равна

$$B = \frac{D_{св}}{(0,3...0,4)}$$

Длина загрузочного отверстия L определяется из условия обеспечения заданной производительности дробилки, либо предварительно принимается по прототипу.

Высота камеры дробления H определяется из формулы

$$H = (2...2,5) \cdot B \quad (4)$$

Номинальная ширина выходной щели b определяется из формулы (1) при заданной степени дробления или принимается по прототипу.

Так как ширина b выходной щели - величина переменная, то принимают ее среднее (**номинальное**) значение.

3.2. Угол захвата

Угол захвата α - угол между неподвижной и подвижной щеками дробилки (рис. 3), который должен обеспечивать разрушение материала при сжатии, то есть *захват* куска, а не выталкивание его вверх.

На кусок, зажатый между щеками, действуют усилие P и равнодействующая R , причем

$$R = 2 \cdot P \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (5)$$

Силы трения $F = fP$ действуют на кусок материала против направления выталкивающей силы, то есть, направлены вниз. При сжатии кусок материала не будет выталкиваться вверх, если силы трения будут больше или равны выталкивающей силе:

$$F = f \cdot P \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \quad \text{или} \quad 2 \cdot f \cdot P \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \geq R \quad (6)$$

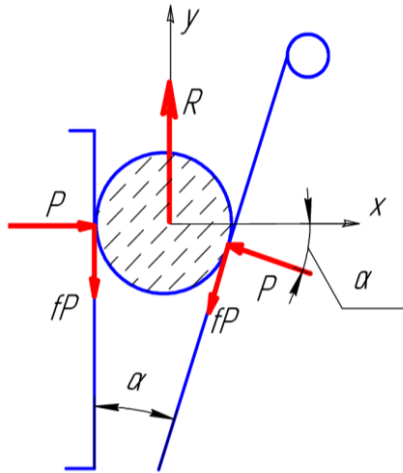


Рис. 3. Схема для определения угла захвата

После преобразований получаем

$$f \geq \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (7)$$

Так как коэффициент трения $f = \operatorname{tg} \varphi$ (где φ - *угол внешнего трения* дробимого материала по материалу дробящих плит), то

$$2 \cdot \varphi \geq \alpha \quad (8)$$

То есть нормальное дробление возможно, если **угол захвата равен или меньше двойного угла трения**. Согласно лабораторным исследованиям, коэффициент трения каменных материалов о сталь составляет 0,3, тогда угол внешнего трения $\varphi = 16^\circ$ и $\alpha = 33^\circ$. Угол 33° является **предельным углом захвата**, обеспечивающим процесс дробления, но по результатам опытов по увеличению производительности и, исходя из конструктивных соображений, **рекомендуется** выбрать угол захвата $\alpha = 18 \dots 20^\circ$.

3.3. *Ход сжатия*

Ход сжатия в верхнем (S_v) и нижнем (S_n) сечениях камеры дробления (рис. 4) должны обеспечивать интенсивный процесс дробления по всей высоте камеры и отвечать эффективным показателям процесса - производительности, степени дробления, расходу энергии.

Ход подвижной щеки (мм) в верхней части камеры дробления:

❖ для дробилок с простым движением щеки

$$S_v = (0,01 \dots 0,03) B, \quad (9)$$

где B - ширина загрузочного отверстия, мм.

❖ Для дробилок со сложным движением щеки

$$S_g = (0,03 \dots 0,06) B \quad (10)$$

Ход сжатия (мм) в нижней части камеры дробления:

❖ для дробилки с простым движением щеки определяется по формуле

$$S_n = 8 + 0,26 \cdot b, \quad (11)$$

где b - номинальная ширина выходной щели, мм.

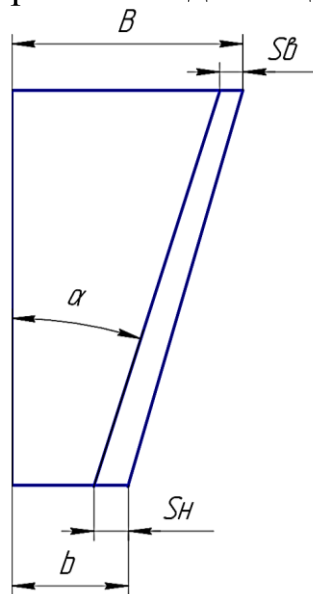


Рис. 4. Схема для определения хода подвижной щеки

❖ Для дробилок со сложным движением щеки

$$S_n = 7 + 0,10 \cdot b. \quad (12)$$

3.4. Частота вращения эксцентрикового вала

Частота вращения эксцентрикового вала n , равная числу двойных качаний подвижной щеки, определяется из условия свободной разгрузки призмы материала из нижней зоны за время отхода подвижной щеки от неподвижной (рис. 5).

Это условие обеспечивает максимальную производительность. Если эксцентриковый вал совершает n оборотов в секунду и время отхода щеки равно времени половины оборота, то $t = 1/(2 \cdot n)$.

Из рис. 5 следует, что высота призмы материала, выпадающего из камеры дробления:

$$h = \frac{S_n}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

С другой стороны

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2. \quad (13)$$

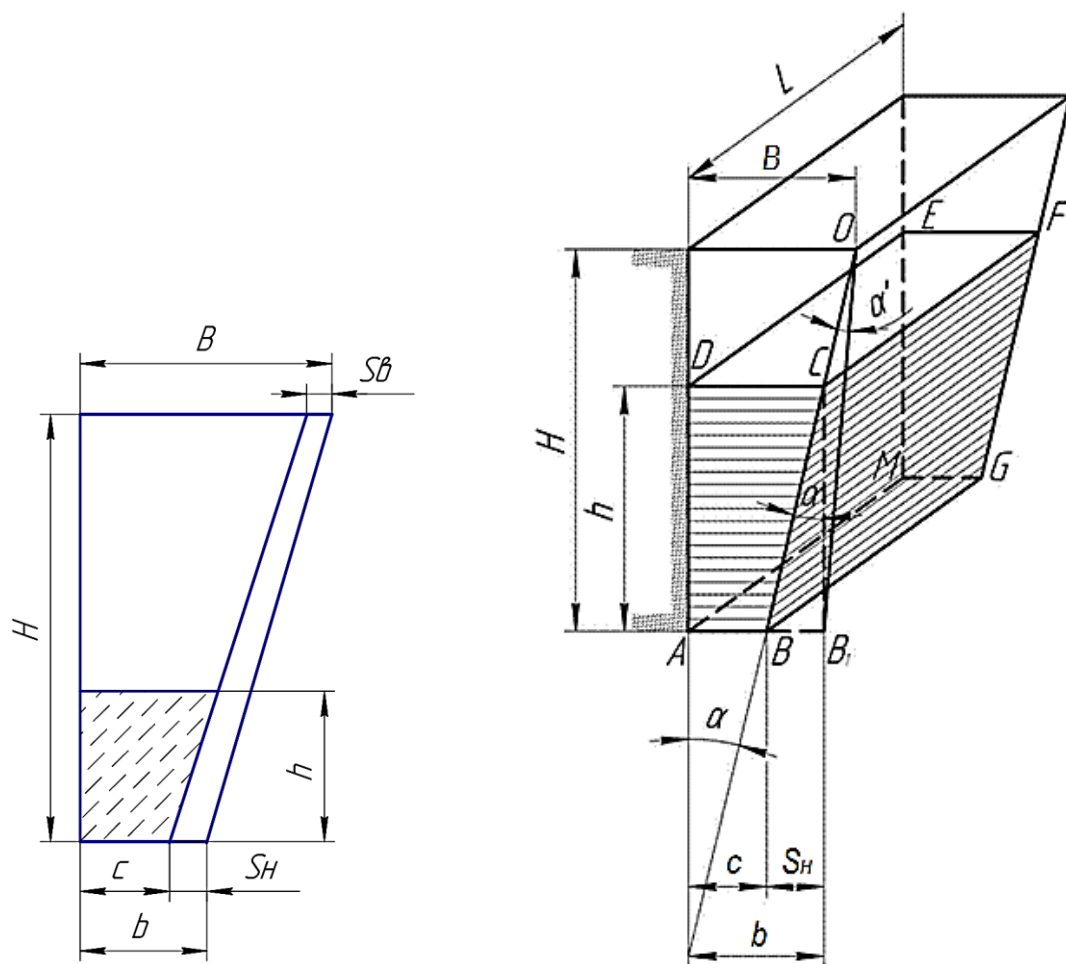


Рис. 5. Схема для определения частоты вращения эксцентрикового вала
Объединив эти выражения, получим

$$n = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot S_n}}. \quad (14)$$

В этой формуле не учтены силы трения кусков материала о дробящие плиты.

ВНИИстройдормаш предложил зависимость частоты вращения n (с^{-1}) для дробилок с простым и сложным движением щеки:

❖ с шириной приемного отверстия до 600 мм включительно:

$$n = 17 \cdot b^{-0.3} \quad (15)$$

где b - номинальная ширина выходной щели, мм.

❖ Для дробилок с шириной приемного отверстия более 600 мм:

$$n = 13 \cdot b^{-0.3} \quad (16)$$

4. Определение производительности

Производительность дробилок рассчитывается по методике, предполагающей, что разгрузка материала происходит только при отходе подвижной щеки и при этом за один оборот вала из дробилки выпадает не-

который объем материала $V (м^3)$, заключенный в призме высотой h (заштрихованный участок на рис. 5).

$$\Pi = \mu \cdot V \cdot n, \quad (17)$$

где μ - коэффициент разрыхления материала в объеме призмы, по экспериментальным данным $\mu = 0,35 \dots 0,65$;

n - частота вращения вала, $с^{-1}$.

Объем призмы $V (м^3)$ определяется по формуле

$$V = \frac{(c + b) \cdot S_n \cdot L}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (18)$$

где c - минимальное расстояние между подвижной и неподвижной дробящей плитой в момент сближения плит, $м$ (рис. 5).

Подставив (18) в (17), получаем выражение для определения производительности ($м^3/с$)

$$\Pi = \frac{\mu \cdot (c + b) \cdot S_n \cdot L \cdot n}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (19)$$

Подсчитанная по данной формуле производительность в большинстве случаев отличается от фактической, так как исходные предпосылки недостаточно полно отражают характер процесса в камере дробления.

С учетом дополнительных параметров окончательно формула производительности для щековых дробилок будет следующей

$$\Pi = \frac{\mu \cdot (B - b) \cdot S_{cp} \cdot L \cdot n \cdot b}{2 \cdot D_{св} \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (20)$$

где S_{cp} - средний ход сжатия, $м$; $S_{cp} = (S_в + S_n)/2$;

$D_{св}$ - **средневзвешенный** размер кусков в исходном материале, $м$;

- для дробилок с шириной приемного отверстия 600 мм и менее принимается равным B : $D_{св} = B$;
- для дробилок с шириной приемного отверстия 900 мм и более, работающих на рядовой горной массе $D_{св} = (0,3 \dots 0,4) B$.

5. Определение мощности привода

При определении мощности привода дробилок может быть использована формула В. Л. Кирпичева, согласно которой работа дробления равна

$$A = \frac{\sigma_{сж}^2 \cdot V_n}{2 \cdot E} \quad (21)$$

где $\sigma_{сж}$ - предел прочности дробимого материала, $Па$;

E - модуль упругости дробимого материала, $Па$;

V_n - полный объем камеры дробления, $м^3$.

Данная формула не отражает точно процессы, происходящие при дроблении материала в камере, поэтому по экспериментальным данным ВНИИстройдормаша предложена следующая зависимость

$$A = \frac{K_B \cdot \Pi \cdot (\sqrt{i} - 1)}{D_{св}}, \quad (22)$$

где K_B - коэффициент пропорциональности.

Коэффициент K_B определяется, исходя из большого числа различных факторов, и поэтому для практических расчетов формула (22) не используется.

Методика расчета работы дробления и мощности привода может выглядеть следующим образом. Первоначально определяется мощность привода ($кВт$) дробилки по следующей формуле

$$A = 1,1 \cdot E_i \cdot K_M \cdot \frac{\sqrt{i} - 1}{\sqrt{D_{св}}} \cdot \Pi \cdot \rho \quad (23)$$

где E_i - энергетический показатель ($кВтч/т$), определяется в зависимости от вида горной породы и месторождения, но, так как дробилки поставляются с универсальным приводом для работы на любых горных породах, на практике принимается $E_i = 8 \text{ кВтч/т}$;

K_M - коэффициент масштабного фактора ;

Π - производительность, $м^3/ч$;

ρ - плотность дробимого материала, $т/м^3$;

$D_{св}$ - средневзвешенный размер исходного материала, $мм$.

После определения мощности привода можно определить работу дробления ($Дж$) по формуле

$$A = 2 \cdot N / n. \quad (24)$$

где N - мощность привода, $Вт$;

n - частота вращения вала, $с^{-1}$.

Коэффициент 2 учитывает тот факт, что в дробилках половина работы дробления совершается за счет вращающихся маховиков.

6. Определение максимального усилия дробления

Определение усилия дробления Q_{max} производится из выражения работы дробления. Принимается во внимание, что дробящее усилие изменяется в течение рабочего хода щеки от 0 в начальный момент до максимального значения к концу хода:

$$A = \frac{(0 + Q_{max})}{2} \cdot S_{ср} \quad (25)$$

где S_{cp} - средний ход сжатия, м.

Принимаем, что точка приложения максимального усилия расположена на $1/2$ высоты камеры дробления, считая от верхней кромки неподвижной щеки (рис. 6).

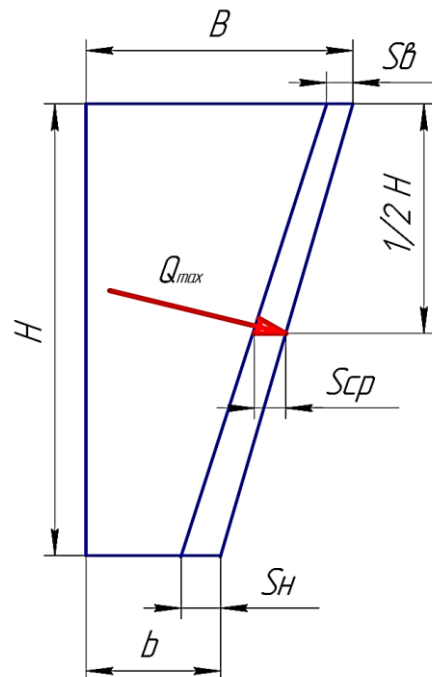


Рис. 6. Точка приложения дробящего усилия Q_{max}

Из формулы (25) определяется значение максимального дробящего усилия

$$Q_{max} = \frac{2 \cdot A}{S_{cp}}. \quad (26)$$

По экспериментальным данным уточненное значение максимального усилия (H) определяется по формуле

$$Q_{max} = 2,7 \cdot 10^6 \cdot F, \quad (27)$$

где F - площадь неподвижной дробящей плиты, m^2 ; $F = L \cdot H$.

Для предотвращения ложного срабатывания предохранительных устройств полученное значение рекомендуется увеличить в 1,5 раза, поэтому окончательно выражение для максимального усилия можно записать

$$Q_{max} = 1,5 \cdot 2,7 \cdot 10^6 \cdot F = 4 \cdot 10^6 \cdot F, \quad (28)$$

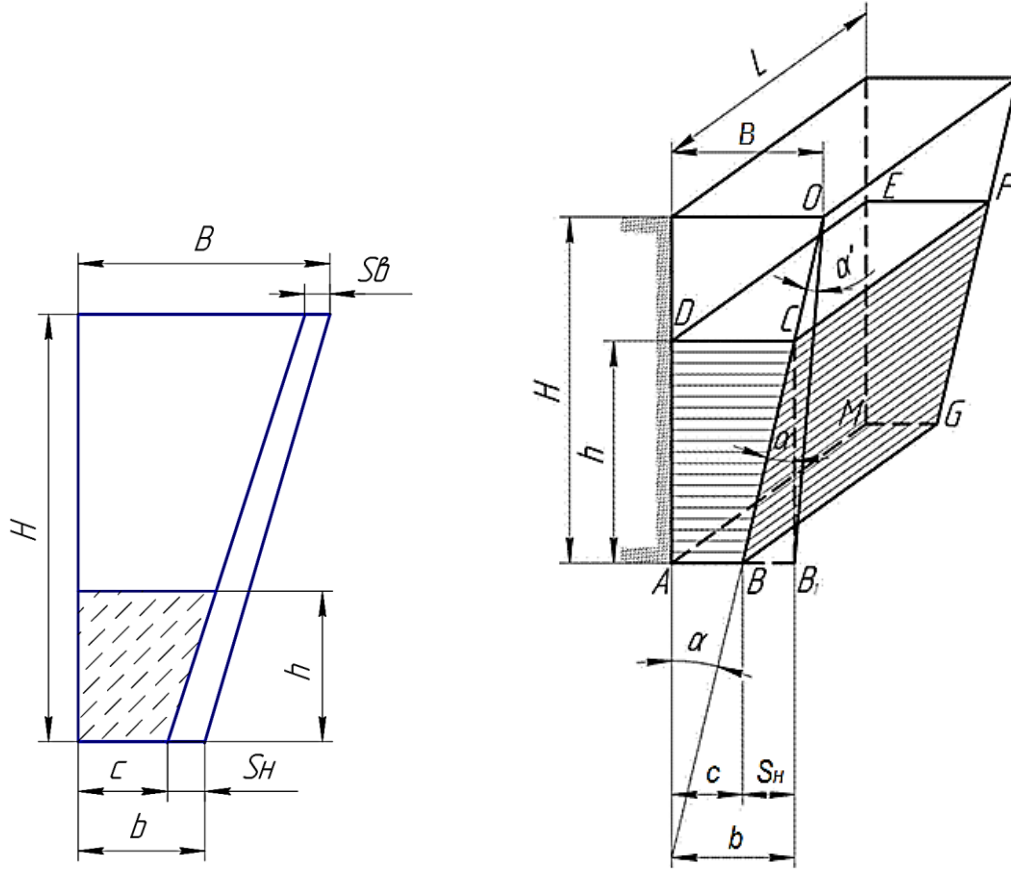
7. Пример выполнения задания

7.1. Составляем таблицу исходных данных

Вариант	Тип дробилки	Типоразмер	$B, м$	$L, м$	$b, м$	α , град.	Вид дробимого материала	μ
26	СМД-111	ЩДС 9х12	0,9	1,2	0,13	18	Песчаник	0,4

7.2. Составляем схему дробления

Схему дробления составляем с указанием следующих параметров:



B – ширина загрузочного отверстия, м;

L – длина загрузочного отверстия, м;

h – высота слоя дробимого материала, м.

b – ширина (номинальная) разгрузочного отверстия, м;

s – ход щеки, м

7.3. Скорость вращения эксцентрикового вала

Определяем для дробилок с простым и сложным движением щеки по формулам:

❖ с шириной приемного отверстия до 600 мм включительно:

$$n = 17 \cdot b^{-0,3},$$

где b – номинальная ширина выходной щели, мм.

❖ для дробилок с шириной приемного отверстия 900 мм и более:

$$n = 13 \cdot b^{-0,3}$$

где: n – скорость вращения эксцентрикового вала, c^{-1} .

В нашем случае $B=900$ мм а $b=130$ мм, поэтому

$$n = 13 \cdot 130^{-0,3} = 3,01 \text{ с}^{-1} \approx 180 \text{ оборотов/мин}$$

7.4. Расчет промежуточных величин

❖ Рассчитаем S_{cp} - *средний ход сжатия*.

Для дробилки со сложным движением подвижной щеки:

- ход подвижной щеки (мм) в верхней части камеры дробления

$$S_v = (0,03...0,06) \cdot B = 0,045 \cdot 900 = 40,5 \text{ мм}$$

- ход подвижной щеки (мм) в нижней части камеры дробления

$$S_n = 7 + 0,10 \cdot b = 7 + 0,10 \cdot 130 = 20 \text{ мм}$$

Средний ход сжатия

$$S_{cp} = \frac{S_v + S_n}{2} = \frac{40,5 + 20}{2} = 30,25 \text{ мм}$$

где: $B = 900 \text{ мм}$ – ширина загрузочного отверстия;

$b = 130 \text{ мм}$ – номинальный размер разгрузочной щели.

❖ Определим *средневзвешенный размер кусков* в исходном материале.

- для дробилок с шириной приемного отверстия 900 мм

$$D_{cv} = (0,3...0,4) \cdot B = 0,35 \cdot 900 = 315 \text{ мм}$$

7.5. Производительность щековой дробилки

Объемную производительность определяем по формуле:

$$П = \frac{\mu \cdot (B - b) \cdot S_{cp} \cdot L \cdot n \cdot b}{2 \cdot D_{cv} \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

$$\begin{aligned} П &= \frac{0,4 \cdot (900 - 130) \cdot 30,25 \cdot 1200 \cdot 30,1 \cdot 130}{2 \cdot 315 \cdot \operatorname{tg} 18^\circ} = \\ &= \frac{0,4 \cdot (900 - 130) \cdot 30,25 \cdot 1200 \cdot 30,1 \cdot 130}{2 \cdot 315 \cdot 0,3249} = 0,0214 \text{ куб.м / с} = 77 \text{ куб.м / ч} \end{aligned}$$

Весовую производительность находим с учетом плотности дробимого материала

$$П_B = П \cdot \rho = 77 \cdot 2400 = 184800 \text{ кг / ч} \approx 185 \text{ т / ч}$$

8. Отчетность по работе

Выполненная работа, включающая схему дробления и расчет с расшифровкой формул, сдается преподавателю.

Приложение 1. Исходные данные

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Тип дробилок	α , град	Вид дробимого материала	μ
1	СМД-111	15	Гранит	0,4
2	СМД-118	17	Известняк средней крепости	0,35
3	СМД-117	18	Песчаник	0,3
4	СМД-115	16	Сланец	0,65
5	СМД-116	20	Известняк мягкий	0,6
6	СМД-109	22	Сланец	0,5
7	СМД-110	25	Песчаник	0,45
8	СМД-111	16	Известняк средней крепости	0,4
9	СМД-118	15	Гранит	0,35
10	СМД-117	17	Песчаник	0,3
11	СМД-115	18	Гранит	0,65
12	СМД-116	20	Известняк средней крепости	0,6
13	СМД-109	22	Сланец	0,5
14	СМД-110	25	Известняк мягкий	0,45
15	СМД-111	20	Сланец	0,4
16	СМД-118	16	Известняк средней крепости	0,35
17	СМД-117	18	Гранит	0,3
18	СМД-115	17	Песчаник	0,65
19	СМД-116	15	Сланец	0,6
20	СМД-109	16	Известняк мягкий	0,5
21	СМД-110	17	Известняк средней крепости	0,45
22	СМД-111	18	Песчаник	0,4
23	СМД-118	20	Гранит	0,35
24	СМД-117	22	Сланец	0,3
25	СМД-115	25	Известняк мягкий	0,65

Приложение 2. Технические характеристики дробилок

Таблица 2

Технические характеристики дробилок

Тип дробилки	Типоразмер	Максимальный размер куска, мм	Ширина разгрузочной щели, мм		Производительность, м ³ /ч	Мощность двигателя, кВт	Масса, т
			Номинальная*	От - До			
СМД-109	ЩДС 4х9	340	60	40-90	23-53	45	10,8
СМД-110	ЩДС 6х9	500	100	75-130	58-104	75	18,5
СМД-111	ЩДС 9х12	750	130	97-163	180	90	67,6
СМД-115	ЩДС 5х8	420	70	50-95	48-95	60	17,0
СМД-116	ЩДС 2,5х4	210	40	20-80	4-16	18,5	2,85
СМД-117	ЩДП 15х21	1300	180	120-220	450-750	250	243,3
СМД-118	ЩДП 12х15	1000	150	115-195	230-390	160	145,2

Номинальная* ширина разгрузочной щели – наиболее часто применяемое значение.

Приложение 3. Свойства дробимого материала

Таблица 3

Свойства дробимого материала

Дробимый материал	ρ - плотность дробимого материала, кг/м^3	E – модуль упругости дробимого материала, 10^{-4} МПа
Гранит	2600	6,0
Песчаник	2400	5,1
Известняк средней крепости	2200	4,5
Известняк мягкий	1700	2,1
Сланец	2300	2,2

Приложение 4. Условные обозначения

- ЩДС* - щековая дробилка со СЛОЖНЫМ движением подвижной щеки;
ЩДП - щековая дробилка с ПРОСТЫМ движением подвижной щеки;
 $D_{\max}$ - максимальный размер кусков материала, загружаемого в дробилку;
 $d_{\max}$ - максимальный размер кусков продукта, получаемого на выходе из дробилки;
 $D_{св}$ - средневзвешенный размер кусков материала, загружаемых в дробилку;
 i – степень дробления;
 B – ширина загрузочного отверстия,
 L – длина загрузочного отверстия,
 b - ширина разгрузочного отверстия (номинальная);
 α - угол наклона подвижной щеки, град;
 μ – коэффициент разрыхления дробимого материала;
 S_v - ход подвижной щеки в верхней части камеры дробления;
 S_n - ход подвижной щеки в нижней части камеры дробления;
 $S_{ср}$ - средний ход сжатия;
 h – высота слоя материала в зоне дробления;
 ρ – плотность дробимого материала, кг/м^3 ;
 σ – предел прочности дробимого материала, МПа;
 E – модуль упругости дробимого материала
 n – скорость вращения эксцентрикового вала, с^{-1} ;
 V – объем призмы материала, выходящего из разгрузочного отверстия за один отход подвижной щеки.

Практическое занятие № 7

7. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ БЕТНОСМЕСИТЕЛЯ



7

Задание

Ознакомиться с устройством гравитационных бетоносмесителей.
Определить часовую и сменную *эксплуатационную производительность* гравитационного передвижного смесителя.
Рассчитать необходимую *мощность* смесителя.
Определить *объем выхода готовой* бетонной смеси.
Исходные данные для расчета приведены в табл. 1 (прил.1).

1. Классификация и устройство бетоносмесителей

Процесс приготовления бетонной смеси состоит из операций дозирования компонентов и их смешивания.

Для приготовления бетонных смесей из отдозированных компонентов: вяжущего (цемента), воды, химических добавок и заполнителей (песка, щебня или гравия) предназначены бетоносмесители. Их классифицируют по трём основным признакам: условиям эксплуатации, режиму работы и способу перемешивания.

По условиям эксплуатации различают *передвижные* и *стационарные* бетоносмесители.

Передвижные бетоносмесители используют для небольших объёмов работ на рассредоточенных объектах или при возведении линейно-протяженных объектов. Они имеют объем готового замеса малых и средних размеров.

Стационарные бетоносмесители используют в течение длительного периода на одном месте в комплекте технологического оборудования бе-

тоносмесительных установок и заводов средней и большой производительности.

По режиму работы бетоносмесители делятся на две группы: *циклического* и *непрерывного* действия.

В *циклических* бетоносмесителях процесс приготовления бетонной смеси происходит по операциям: *загрузка, перемешивание* и *выгрузка* готового замеса.

Следующая порция отдозированных компонентов подается в смесительную ёмкость после выгрузки готового замеса. Такой способ приготовления позволяет регулировать продолжительность смешивания в зависимости от состава смеси и используется при производстве бетонной смеси различных марок.

Рабочие органы циклического бетоносмесителя работают в повторно-кратковременном режиме, что отрицательно влияет на срок службы. Главным параметром циклических бетоносмесителей является полезная вместимость ёмкости, в которой смешиваются компоненты. В технической характеристике вместимость характеризует объём готового замеса в литрах, а также объём загрузки сыпучих компонентов.

Бетоносмесители непрерывного действия загружаются компонентами бетонной смеси непрерывным потоком постоянного сечения с помощью ленточных питателей или ленточных конвейеров. Компоненты подаются в бетоносмеситель одновременно и в процессе перемешивания перемещаются к разгрузочному люку. Готовая смесь непрерывно поступает в транспортные средства. Главным параметром является производительность по готовой смеси - 5, 30, 60, 120 и 240 м³/ч. Они широко применяются в строительстве, где требуется одномарочный бетон в больших объёмах.

По способу смешивания бетоносмесители разделяются на *гравитационные* и *принудительного* действия.

Гравитационные циклические смесители характеризуются несложными конструкцией и кинематической схемой, возможностью работать с заполнителями крупностью до 120...150 мм, незначительным изнашиванием рабочих органов, малой энергоёмкостью процесса, простотой обслуживания и эксплуатации, низкой себестоимостью.

Гравитационный бетоносмеситель циклического действия (рис.1) представляет собой барабан, вращающийся вокруг горизонтальной или наклонной к горизонту оси с закреплёнными на его внутренней поверхности лопастями.

Смесительный барабан выполнен из листовой стали. Верхняя часть его имеет форму усеченного конуса, нижняя — цилиндра, в днище

которого вварена втулка для посадки на вал редуктора. К стенкам барабана изнутри прикреплены лопасти. Опрокидывание смесительного барабана осуществляется гидроопрокидывателем, состоящим из гидроцилиндра, рычага, гидропривода и гидрораспределителя управления.

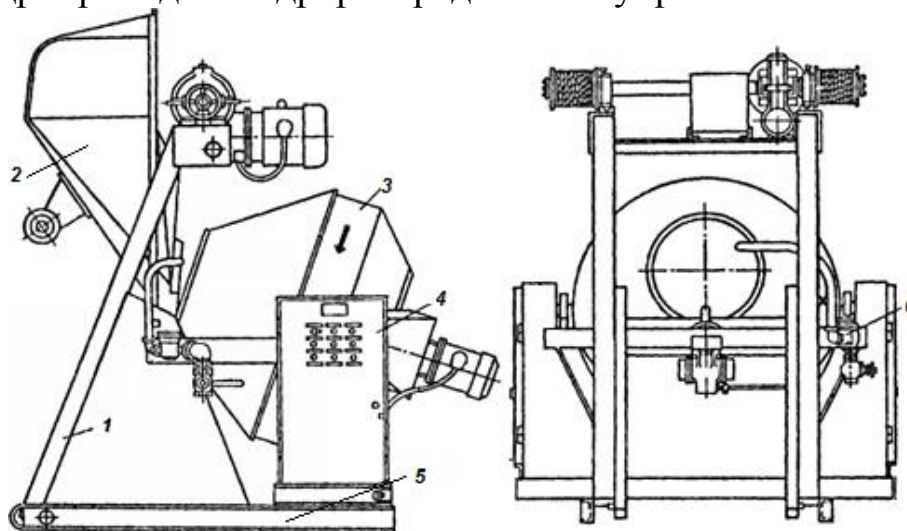


Рис. 1 Бетоносмеситель циклического действия:

1 — направляющие скипа; 2 — загрузочный ковш; 3 — смеситель в сборе; 4 — электрооборудование; 5 — рама смесителя; 6 — система водопитания

Скиповый подъемник состоит из рамы, загрузочного ковша, вибратора и механизма (лебедки) подъема и опускания ковша. К задней стенке ковша приварены две оси с роликами для передвижения ковша по направляющим рамы.

Электрооборудование бетоносмесителя состоит из электродвигателей и системы управления ими.

В зависимости от формы смесительного барабана бетоносмесители могут быть с наклоняющимся барабаном грушевидной и двухконусной формы, с лопастными горизонтальными валами и горизонтальным цилиндрическим барабаном.

При вращении барабана компоненты бетонной смеси подхватываются лопастями, расположенными на внутренней поверхности барабана, поднимаются в положение, при котором свободно падают, перемешиваясь с нижними слоями, которые в свою очередь увлекаются вверх. Таким образом происходит смешивание компонентов.

Эти смесители хорошо смешивают *умеренно подвижные* и *подвижные* бетонные смеси, но не обеспечивают достаточной однородности *жестких* и *малоподвижных* бетонных смесей.

В смесителях **принудительного действия** потоки смешиваемой массы создаются лопастями, движущимися внутри смесительной ёмкости.

Кроме того, бетоносмесители классифицируют:

по **способу загрузки** – на бетоносмесители со скиповым ковшом, со специальным дозатором, с загрузочной воронкой и ручной загрузкой;

по **степени автоматизации** – на неавтоматизированные, полуавтоматизированные;

по **типу управления** – на бетоносмесители с ручным, электромеханическим, гидравлическим и пневматическим управлением.

2. Методика расчета

Расчет параметров выполним для гравитационных смесителей циклического действия, предназначенных для обслуживания объектов с малым объемом работ и использующихся для приготовления пластичных бетонных смесей с крупностью заполнителя до 40 мм в условиях стройплощадок и на бетоносмесительных узлах небольшой производительности.

2.1. Определение эксплуатационной производительности бетоносмесителя

Эксплуатационная производительность смесительных машин периодического действия, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$\Pi_{\text{э}} = \frac{V \cdot n \cdot K \cdot k_{\text{в}}}{1000}$$

где V - вместимость смесительного барабана по загрузке, л (прил.1, табл.1);

n - число замесов в 1 час:

$$n = \frac{3600}{t_{\text{ц}}} \quad \text{- здесь продолжительность цикла } t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3,$$

t_1 - время загрузки барабана при подаче скиповым ковшом, с (прил.1, табл.1);

t_2 - время перемешивания смеси, с (прил.1, табл.1);

t_3 - время разгрузки барабана, с (прил.1, табл.1);

K — коэффициент выхода смеси (прил.1, табл.1), представляющий собой отношение объема готовой смеси к вместимости барабана по загрузке

$$K = \frac{V_{\text{гз}}}{V},$$

где $V_{\text{гз}}$ - объем готового замеса;

$k_{\text{в}}$ - коэффициент использования бетоносмесителя по времени.

2.2. Определение сменной производительности бетоносмесителя

Сменная эксплуатационная производительность бетоносмесителя, $\text{м}^3/\text{смену}$:

$$P_{см} = T_{см} \cdot P_{э}$$

где $T_{см}$ — продолжительность смены, ч.

2.3. Расчет мощности гравитационного бетоносмесителя

Мощностные затраты бетоносмесителей с загрузочным ковшом-скипом состоят из мощности двигателя привода барабана N_1 и мощности, расходуемой на подъем загрузочного ковша N_2 :

$$N = N_1 + N_2$$

Мощность двигателя привода вращения барабана бетоносмесителя, кВт :

$$N_1 = \frac{0,375 \cdot G_{см} \cdot R_{бц} \cdot \omega}{100 \cdot \eta_{мех}}$$

где $G_{см}$ — сила тяжести бетонной смеси, помещенной в барабан, Н .

По эмпирической зависимости

$$G_{см} = (6,4 \dots 6,8) \cdot V,$$

где объем по загрузке V — измеряется в *литрах*, а $G_{см}$ получаем в Н .

$R_{бц}$ — радиус цилиндрической части барабана, м (прил.1, табл.1);

ω — угловая скорость смесительного барабана, рад/с ;

$\eta_{мех}$ — КПД привода смесительного барабана.

Мощность, расходуемая на подъем загрузочного ковша (скипа) в момент его опрокидывания, кВт :

$$N_2 = \frac{(R-1) \cdot G_{см} + (G_{см} + G_k) \cdot \sin \alpha \cdot v}{1000 \cdot \eta}$$

где $G_{см}$ — сила тяжести компонентов бетонной смеси, подаваемой скипом в барабан, Н .

G_k — вес ковша подъемника, Н ;

R — коэффициент вредных сопротивлений;

α — угол подъема скипа, град ;

v — скорость подъема скипа, м/с (прил.1, табл.1);

η — КПД лебедки скипа.

Определяем объем готового замеса V_{23} (значение V и K взять из исходных данных (прил.1, табл.1)):

$$V_{23} = V \cdot K$$

3. Отчетность по работе

Выполненная работа – расчет с расшифровкой формул – сдается преподавателю.

Приложение 1. Исходные данные

Таблица 1

Исходные данные к расчету

Вариант	Вместимость барабана по загрузке $V, л$	$R_{бц}, мм$	Коэффициент выхода смеси K	Скорость подъема скипа $v, м/с$	$t_1, с$	$t_2, с$	$t_3, с$
1	200	160	0,65	0,2	15	90	20
2	180	160	0,68	0,26	15	100	30
3	150	150	0,67	0,2	18	80	20
4	220	160	0,69	0,25	20	120	40
5	240	165	0,66	0,27	15	100	50
6	160	155	0,65	0,23	17	90	20
7	420	200	0,68	0,27	16	110	30
8	240	165	0,67	0,28	20	150	40
9	480	210	0,66	0,3	15	80	20
10	360	195	0,7	0,27	18	100	30
11	180	160	0,65	0,2	15	90	20
12	200	160	0,68	0,26	15	100	30
13	150	150	0,67	0,2	18	80	20
14	240	160	0,69	0,25	20	120	40
15	220	165	0,66	0,27	15	100	50
16	400	200	0,65	0,23	17	90	20
17	160	155	0,68	0,27	16	110	30
18	450	210	0,67	0,28	20	150	40
19	240	165	0,66	0,3	15	80	20
20	320	180	0,7	0,27	18	100	30
21	200	160	0,65	0,2	15	90	20
22	180	160	0,68	0,26	15	100	30
23	150	150	0,67	0,2	18	80	20
24	220	160	0,69	0,25	20	120	40
25	240	165	0,66	0,27	15	100	50

Приложение 2. Условные обозначения

- P_9 - часовая эксплуатационная производительность бетоносмесителя (расчет);
 $P_{см}$ - сменная эксплуатационная производительность бетоносмесителя (расчет);
 $G_{см}$ — сила тяжести бетонной смеси, Н (расчет);
 G_k – вес ковша подъемника, Н ($G_k = 1000 \text{ Н}$);
 K - коэффициент выхода бетонной смеси (прил. 1, табл. 1),
 k_B – коэффициент использования бетоносмесителя по времени (**0,8...0,9**)
 n – количество замесов в час (расчет);
 N_1 — мощности двигателя привода барабана смесителя (расчет);
 N_2 – мощность, расходуемая на подъем загрузочного ковша (расчет);
 R – коэффициент вредных сопротивлений ($R = 1,2...1,25$);
 t_u - продолжительность рабочего цикла смесителя, с (расчет)
 t_1 - продолжительность загрузки барабана скиповым ковшом, с (прил. 1, табл. 1);
 t_2 – продолжительность перемешивания смеси, с (прил. 1, табл. 1);
 t_3 – продолжительность разгрузки барабана, с (прил. 1, табл. 1);
 $T_{см}$ – продолжительность смены, час (**8,2** часа при пятидневной рабочей неделе);
 V – вместимость смесительного барабана по загрузке, л (прил. 1, табл. 1);
 V_{23} – объем готового замеса;
 v – скорость подъема скипа при загрузке, м/с (прил. 1, табл. 1);
 α – угол подъема скипа, град (принять $\alpha = 55^\circ$);
 $\eta_{мех}$ – КПД привода смесительного барабана ($\eta_{мех} = 0,92$);
 η – КПД лебедки скипа ($\eta = 0,75$)
 ω - угловая скорость смесительного барабана, рад/с ($\omega = 2 \text{ рад/с}$);

Практическое занятие № 8

8. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ГРУЗОВОЙ ЛЕБЕДКИ

Задание

Начертить *кинематическую* схему лебедки.

Начертить *схему* запасовки каната.

Определить *общий коэффициент полезного действия* подъемного механизма.

Подобрать *стальной канат*.

Определить *канатоемкость, диаметр и длину* барабана.

Исходные данные взять по табл. 1 согласно своему варианту.

1. Общие положения

Приводные однобарабанные грузоподъемные реверсивные лебедки приводятся в действие от электродвигателей, подключаемых к сети переменного тока, и предназначены для подъема груза с помощью канатных полиспастов.

Одна из наиболее распространенных компоновок приведена на рис. 1.

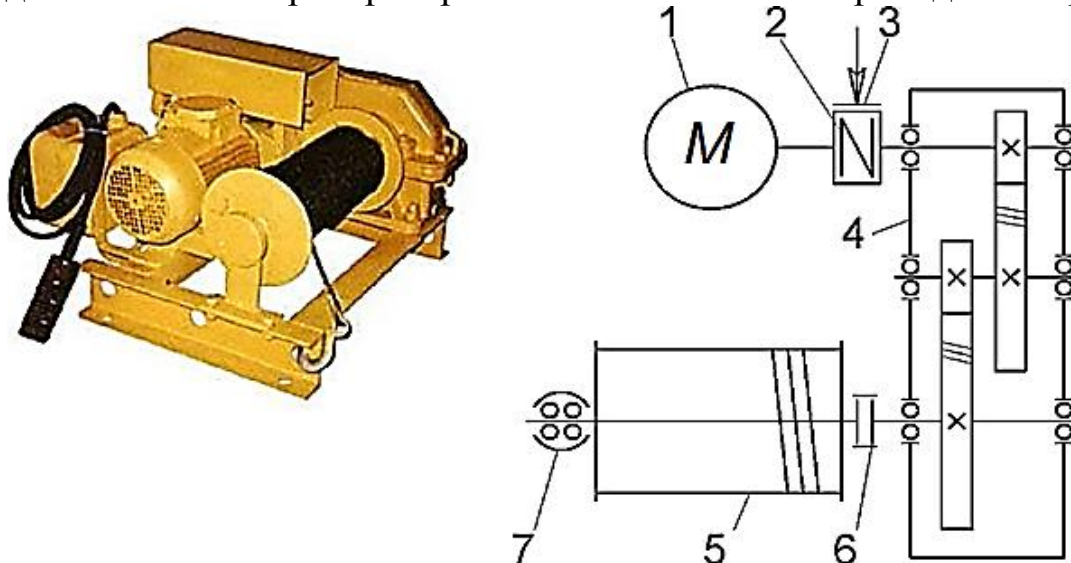


Рис. 1. Общий вид и кинематическая схема лебедки:

1 - электродвигатель; 2 - упругая втулочно-пальцевая муфта с тормозным шкивом; 3 - автоматический постоянно замкнутый двухколодочный тормоз; 4 - цилиндрический двухступенчатый зубчатый редуктор; 5 - барабан; 6 - зубчатая муфта; 7 - выносная подшипниковая опора.

Интенсивность работы и загрузки механизмов подъема характеризуется группой классификации (режима) механизма.

В соответствии с требованиями ИСО 4301/1 установлены восемь групп классификации (режима) механизма М1, М2, ... ,М8.

Длительность работы электродвигателя механизма в процентах от общего времени работы характеризуется продолжительностью включения ПВ.

Взаимосвязь группы классификации (режима) механизма и продолжительности включения приведена в табл. 1.

Таблица 1

Группы классификации (режима) механизма

Группа классификации (режима) механизма по ИСО 4301/1	Группа классификации (режима) механизма по ГОСТ	Продолжительность включения ПВ, %
M1-M4	Легкий (Л)	15
M5-M6	Средний (С)	25
M7-M8	Тяжелый (Т)	40

2. Методика расчета

2.1. Определение кратности полиспаста

Выбираем схему канатного полиспаста (рис.2) в соответствии с вариантом задания (прил.1, табл.9) и определяем его кратность.

Кратность полиспаста определяется:

$$u = \frac{k_{\text{в}}}{a} \quad (1)$$

где $k_{\text{в}}$ - число ветвей каната, на которых подвешено грузозахватное устройство;

a - число ветвей каната, наматываемых на барабан.

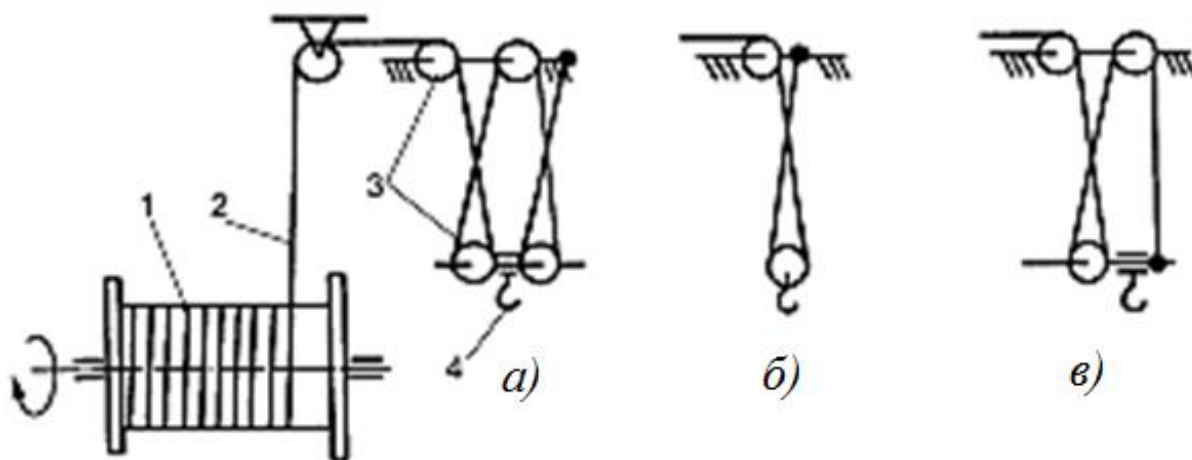


Рис. 2. Схемы канатных механизмов: 1 - барабан; 2 - стальной канат; 3 - система блоков, образующая полиспаст; 4 - грузозахватное устройство

2.2. Определение общего КПД канатно-блочной системы

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_n \cdot \eta_{\text{бл}}^{k_o} \quad (2)$$

где η_n - коэффициент полезного действия полиспаста;

$\eta_{\text{бл}}$ - коэффициент полезного действия одного блока, ($\eta_{\text{бл}} = 0,98$);

k_o - количество обводных блоков:

- ❖ Для башенных кранов число обводных блоков можно принять равным 3.
- ❖ Для строительных подъемников можно принять равным 1.
- ❖ Для большинства стреловых кранов обводные блоки в канатных механизмах отсутствуют.

Коэффициент полезного действия полиспаста:

$$\eta_n = \frac{\eta_{\text{бл}} \cdot (1 - \eta_{\text{бл}}^u)}{u \cdot (1 - \eta_{\text{бл}})} \quad (3)$$

2.3. Подбор стального каната

В грузоподъемных машинах применяют преимущественно канаты двойной свивки типа **ЛК** с шестью прядями в поперечном сечении и числом проволок в каждой пряди 19...37. Такие канаты маркируются следующим образом: **ЛК6х19+1ОС** (стальной канат с линейным касанием проволок, имеющий шесть прядей, в каждой из которых находятся 19 проволок и один органический сердечник).

Подбираем стальной канат по допускаемому разрывному усилию (H):

$$S_p \geq k_z \cdot S_k \quad (4)$$

где S_p - допускаемое разрывное усилие в канате, H ;

k_z - коэффициент запаса прочности каната на разрыв, зависящий от режима работы механизма, определяется по табл. 2;

S_k - максимальное рабочее усилие в канате, H .

Таблица 2

Минимальные значения коэффициента запаса прочности каната

Группа классификации механизма по ИСО 4301/1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Коэффициент запаса прочности каната	3,15	3,35	3,55	4,00	4,50	5,60	7,10	9,00

Максимальное рабочее усилие в канате, навиваемом на барабан при подъеме груза, определяется следующим образом:

для кранов:

$$S_{\text{к.кр}} = \frac{(Q + m_{\text{кп}})g}{a \cdot u \cdot \eta_{\text{общ}}}, \text{ Н}, \quad (5)$$

для строительных подъемников:

$$S_{\text{к.сп}} = \frac{(Q + m_{\text{гп}})g}{a \cdot u \cdot \eta_{\text{общ}}}, \text{ Н}, \quad (6)$$

где Q - масса поднимаемого груза, кг;

$m_{кп}$ - масса крюковой подвески, кг;

$m_{зн}$ - масса грузовой платформы, кг (при расчетах принять $m_{зн} = 150$ кг);

g - ускорение свободного падения, м/с².

$$m_{кп} = (0,06...0,08) \cdot Q, \text{ кг.} \quad (7)$$

Необходимый диаметр каната и все его данные на основании расчетного разрывного усилия каната определяются по ГОСТ 2688-80, выборочные данные из которого приведены в табл. 3.

Условное обозначение стального каната имеет вид:

d -Г-I-N-1568 ГОСТ 2688-80,

где d - диаметр каната, мм;

Г - канат предназначен для подъема грузов;

I - обозначение марки стали проволоки для грузовых канатов;

N - канат нераскручивающийся правой свивки прядей;

1568 - маркировочная группа (временное сопротивление разрыву одной проволоки каната), МПа, по которой взяты диаметр каната и разрывное усилие.

Таблица 3

Разрывное усилие стальных канатов двойной свивки типа ЛК-Р по ГОСТ 2688-80

Диаметр каната, мм	Масса 1 м каната, кг	Маркировочная группа (временное сопротивление проволок разрыву, МПа)			
		1372	1568	1764	1960
		Разрывное усилие, Н			
8,3	0,256	—	34800	38150	41600
9,1	0,305	—	41550	45450	49600
9,9	0,359	—	48850	53450	58350
11,0	0,462	—	62850	68800	75100
12,0	0,527	—	71750	78550	85750
13,0	0,597	71050	81250	89000	97000
14,0	0,728	86800	98950	108000	118000
15,0	0,804	100000	114500	125500	137000
16,5	1,025	121500	139000	152000	166000
18,0	1,220	145000	166000	181500	198000
19,5	1,405	167000	191000	209000	228000
21,0	1,635	194500	222000	234500	265500
22,5	1,850	220000	251000	275000	303500
23,5	2,110	250500	287000	314000	343000

2.4 Расчет параметров барабана лебедки

Поверхность барабана лебедки может быть *гладкой* или *с канавками (нарезной)* для укладки каната, как показано на рис. 3.

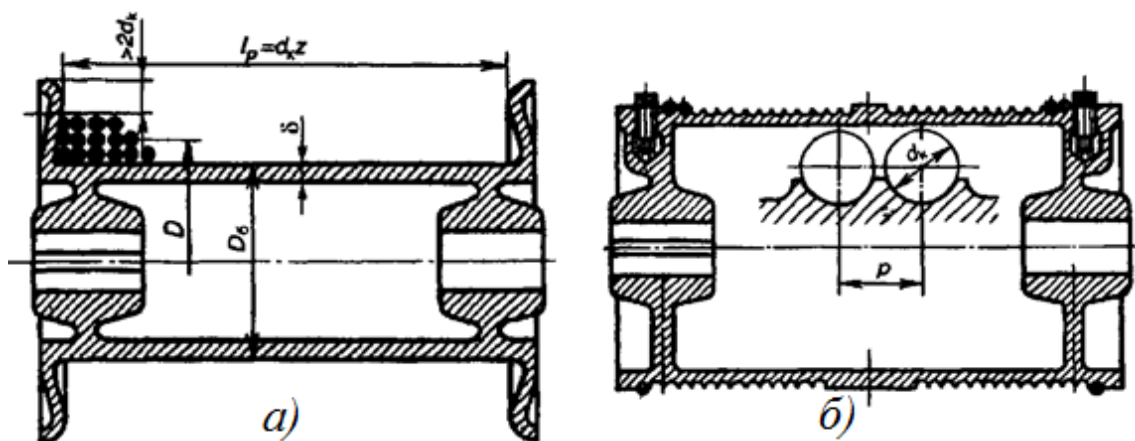


Рис. 3. Разновидности барабанов лебедок: а) - гладкий, б) - с канавками (нарезной)

Размеры профиля канавок на барабане зависят от параметров каната (табл. 4). *Нарезные барабаны* используются для укладки каната в один слой. *Гладкие барабаны* применяются для укладки каната в несколько слоев.

Число слоев укладки каната на барабан можно определить по табл.4.:

Таблица 4

Число слоев каната на барабане

Длина каната, наматываемого на барабан (L_k), м	Число слоев укладки (m)
до 50	1
50...125	2
125...200	3
200...350	4
350...550	5

Длина каната, наматываемого на барабан, равна

$$L_k = H u, \text{ м}, \quad (8)$$

где H - высота подъема груза, м.

Минимальный диаметр барабана определяется

$$D_6 \geq h_1 d, \text{ мм}, \quad (9)$$

где h_1 - коэффициент выбора диаметра (табл. 5);

d - диаметр каната.

Таблица 5

Коэффициент выбора диаметра

Группа классификации механизма	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Коэффициент выбора диаметра h_1	11,2	12,5	14,0	16,0	18,0	20,0	22,4	25,0

Полученное значение D_6 увеличивают в большую сторону и принимают из ряда: ..., **320, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800**, ..., мм.

Количество *рабочих витков* в одном слое навивки:

$$Z_p = \frac{1000 \cdot L_k}{\pi \cdot m \cdot (m \cdot d + D_{\phi}) \cdot \varphi}, \quad (10)$$

где φ - коэффициент неплотности навивки каната (для *гладких* барабанов $\varphi = 0,9 \dots 0,95$, для *нарезных* $\varphi = 1$).

Общее число витков:

$$Z = Z_p + Z_3 + Z_k, \quad (11)$$

где Z_3 - число запасных витков - от 1,5 до 2;

Z_k - число витков каната, находящихся под зажимным устройством (для нарезных барабанов Z_k составляет 3...4 витка, для гладких равно нулю).

Определяем основные конструктивные размеры барабана.

Длина барабана с нарезкой:

$$L_{\phi} = Z \cdot t, \text{ мм} \quad (12)$$

где t – шаг нарезки, мм;

$$t = d + (2 \dots 3), \text{ мм} \quad (13)$$

Для гладкого барабана

$$L_{\phi} = Z \cdot d, \text{ мм} \quad (12)$$

Гладкие барабаны выполняются с *ребордами*, диаметр которых равен

$$D_p = D_p + 2d(m+2), \text{ мм} \quad (14)$$

Конструктивно соотношение между длиной барабана и его диаметром должно находиться в пределах

$$0,5 < \frac{L_{\phi}}{D_{\phi}} < 3,0$$

3. Оформление результатов расчетов

Параметры лебедки, полученные в результате расчета сводим в табл. 6.

Таблица 6

Основные конструктивные и рабочие параметры лебедки

Параметры	Единицы измерения	Численное значение
Расчетная длина каната, наматываемого на барабан	м	
Диаметр каната	мм	
Марка каната		
Размер барабана		
диаметр	мм	
длина	мм	

Приложение 1. Исходные данные

Таблица 9

Исходные данные к расчету грузовой лебедки

Вариант	Схема по рис.2	Грузоподъемная машина	Масса поднимаемого груза Q , кг	Скорость подъема груза, м/с	Высота подъема груза, м	Группа классификации механизма
1	б)	КБ	2000	0,63	60	М3
2	б)	КБ	1700	0,67	70	М4
3	в)	КС	1800	0,60	15	М4
4	б)	КБ	4500	0,53	60	М5
5	а)	КБ	7200	0,26	35	М3
6	б)	СП	500	0,50	50	М2
7	б)	КБ	5200	0,65	58	М3
8	б)	СП	500	0,37	27	М3
9	в)	КС	3500	0,52	18	М5
10	б)	КБ	4700	0,56	70	М4
11	б)	КБ	2000	0,63	60	М3
12	б)	КБ	1700	0,67	70	М4
13	в)	КС	1800	0,60	15	М4
14	б)	КБ	4500	0,53	60	М5
15	а)	КБ	7200	0,26	35	М3
16	б)	СП	500	0,50	50	М2
17	б)	КБ	5200	0,65	58	М3
18	б)	СП	500	0,37	27	М3
19	в)	КС	3500	0,52	18	М5
20	б)	КБ	4700	0,56	70	М4
21	б)	КБ	2000	0,63	60	М3
22	б)	КБ	1700	0,67	70	М4
23	в)	КС	1800	0,60	15	М4
24	б)	КБ	4500	0,53	60	М5
25	а)	КБ	7200	0,26	35	М3

В табл. 9 в графе «Грузоподъемная машина» указан тип грузоподъемной машины, в состав которой входит рассчитываемая лебедка:

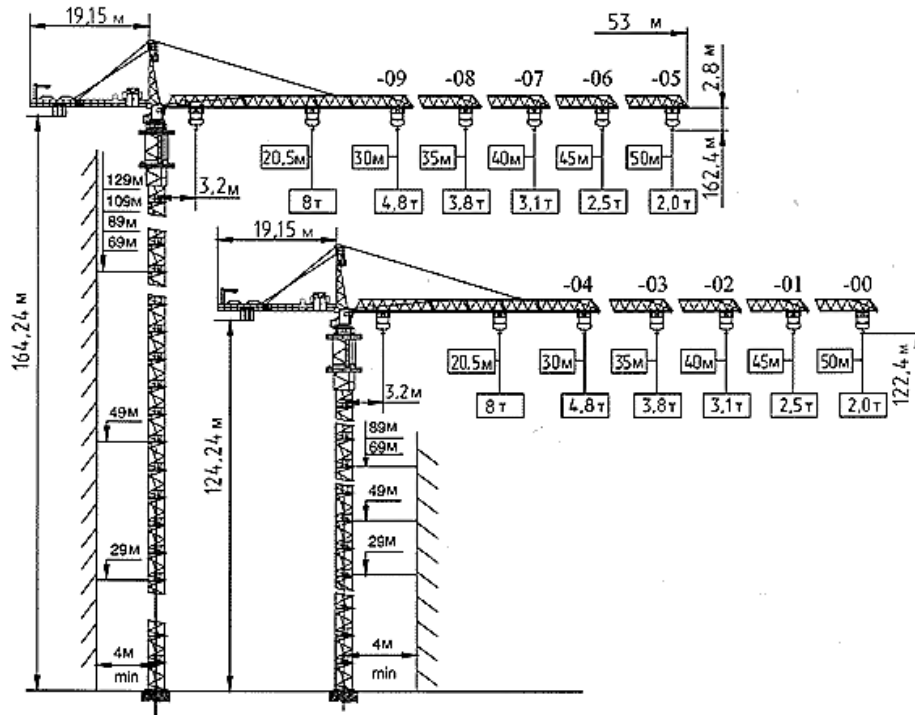
- ☐ КБ - кран башенный,
- ☐ СП - строительный подъемник,
- ☐ КС - кран стреловой).

Приложение 2. Условные обозначения

- P_9 - часовая эксплуатационная производительность бетоносмесителя (расчет);
 $P_{см}$ - сменная эксплуатационная производительность бетоносмесителя (расчет);
 $G_{см}$ — сила тяжести бетонной смеси, Н (расчет);
 G_k – вес ковша подъемника, Н ($G_k = 1000 \text{ Н}$);
 K - коэффициент выхода бетонной смеси (прил. 1, табл. 1),
 k_B – коэффициент использования бетоносмесителя по времени (0,8...0,9)
 n – количество замесов в час (расчет);
 N_1 — мощности двигателя привода барабана смесителя (расчет);
 N_2 – мощность, расходуемая на подъем загрузочного ковша (расчет);
 R – коэффициент вредных сопротивлений ($R = 1,2...1,25$);
 t_u - продолжительность рабочего цикла смесителя, с (расчет)
 t_1 - продолжительность загрузки барабана скиповым ковшом, с (прил. 1, табл. 1);
 t_2 – продолжительность перемешивания смеси, с (прил. 1, табл. 1);
 t_3 – продолжительность разгрузки барабана, с (прил. 1, табл. 1);
 $T_{см}$ – продолжительность смены, час (**8,2** часа при пятидневной рабочей неделе);
 V – вместимость смесительного барабана по загрузке, л (прил. 1, табл. 1);
 $V_{зз}$ – объем готового замеса;
 v – скорость подъема скипа при загрузке, м/с (прил. 1, табл. 1);
 α – угол подъема скипа, град (принять $\alpha = 55^\circ$);
 $\eta_{мех}$ – КПД привода смесительного барабана ($\eta_{мех} = 0,92$);
 η – КПД лебедки скипа ($\eta = 0,75$)
 ω - угловая скорость смесительного барабана, рад/с ($\omega = 2 \text{ рад/с}$);

Практическое занятие № 9

9. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БАШЕННОГО КРАНА



9

Задание

Ознакомиться с устройством башенных кранов.

Произвести расчет эксплуатационной производительности крана.

Исходные данные взять по табл. 1 согласно своему варианту.

1. Общие положения

Башенным краном называется поворотный кран со **стрелой**, закрепленной в верхней части вертикально расположенной **башни**, предназначенный для выполнения строительно-монтажных работ, а также для выполнения погрузочно-разгрузочных работ на складах и полигонах.

Машинист крана (крановщик) управляет механизмами крана из кабины, которая, как правило, находится наверху башни.

Кран выполняет следующие движения: подъем груза, изменение вылета (т.е. изменение положения крюковой подвески относительно оси вращения крана), поворот и передвижение крана.

Сочетание этих движений позволяет подавать груз в любую точку строящегося здания, обслуживать территорию склада, разгружать материалы с транспортных средств. Груз поднимают с помощью **грузовой лебедки**, **грузового каната** и **крюковой подвески**.

Поворотная часть крана вращается относительно неповоротной **механизм поворота**. Обе части связаны **опорно-поворотным устройством**.

ством, которое передает вертикальные и опрокидывающие нагрузки от поворотной части на неповоротную — **ходовую раму**.

По конструктивному исполнению краны изготавливают с **поворотной** или **неповоротной** башнями.

Различают **стационарные** и **передвижные** башенные краны. У стационарных опорная рама крепится к монолитному или сборному опорному основанию. Башни передвижных кранов опираются на ходовые колесные или гусеничные тележки, которые перемещаются по рельсовому пути или непосредственно по грунту.

Грузоподъемность передвижных башенных кранов достигает 100...120 т, стационарных — 400 т; высота подъема — до 150 м, вылет крюка — до 50 м.

Главным параметром башенных кранов является **грузовой момент**, определяемый произведением грузоподъемности на вылет крюка.

По способу изменения вылета крюка различают башенные краны с **грузовой тележкой**, несущей крюк и перемещающейся по горизонтальной стреле, и краны с **подъемной стрелой**, изменяющие вылет путем наклона стрелы на угол, допускаемый конструкцией крана.

По расположению поворотного устройства различают башенные краны с **нижним поворотом**, т. е. с башней, вращающейся вместе со стрелой, и с **верхним поворотом** — с поворотной стрелой и неповоротной башней.

Башни кранов представляют собой трубчатые или пространственные металлоконструкции различного сечения.

Стрелы башенных кранов выполняют пространственными из уголкового профиля или труб малого диаметра. Применяют также стрелы из труб большого диаметра и стрелы коробчатого сечения.

Для уравнивания масс стрелы и груза в башенных кранах применяют **противовесы**.

Подъем и опускание груза у башенных кранов осуществляется с помощью **электрореверсивных лебедок**. Большинство кранов имеет односкоростные лебедки. Но есть крановые лебедки, имеющие две, три, четыре скорости и более. Наличие нескольких скоростей повышает производительность крана и расширяет область его применения.

Параметрический ряд серии унифицированных башенных кранов (КБ) по ГОСТ 13556–91 включает 7 основных типоразмеров. Башенные краны для массового строительства от 1 до 5-й размерных групп предусмотрены с **балочной** (горизонтальной) **стрелой** и **грузовой тележкой**.

В настоящее время широкое применение в строительстве получили краны серии КБ четвертой размерной группы (прил.3). В эту группу входят унифицированные краны КБ-403А, КБ-403Б, КБ-405.1А, КБ-411, КБ-408,

кран модульной системы КБМ-401 и их модификации. Эти краны максимальной грузоподъемностью 8... 10 т предназначены для выполнения строительно-монтажных работ на строительстве жилых, гражданских и промышленных зданий и сооружений высотой до 12...16 этажей, имеют однотипную конструкцию и представляют собой мобильные самоходные полноповоротные машины на рельсовом ходу с поворотной телескопической башней и нижним расположением противовеса.

2. Устройство башенного крана КБ-403Б

Кран КБ-403Б (рис. 1) выполнен на рельсовом ходу и состоит из ходовой рамы 1 с флюгерами 2 и ходовыми тележками 3, поворотной платформы 4 с размещенными на ней грузовой 5 и стреловой 6 лебедками, механизмом поворота 7, противовесом 8, башни с распоркой 9 и навесной кабиной 10, балочной стрелой 11 с грузовой тележкой 12 и механизмом 13 ее передвижения.

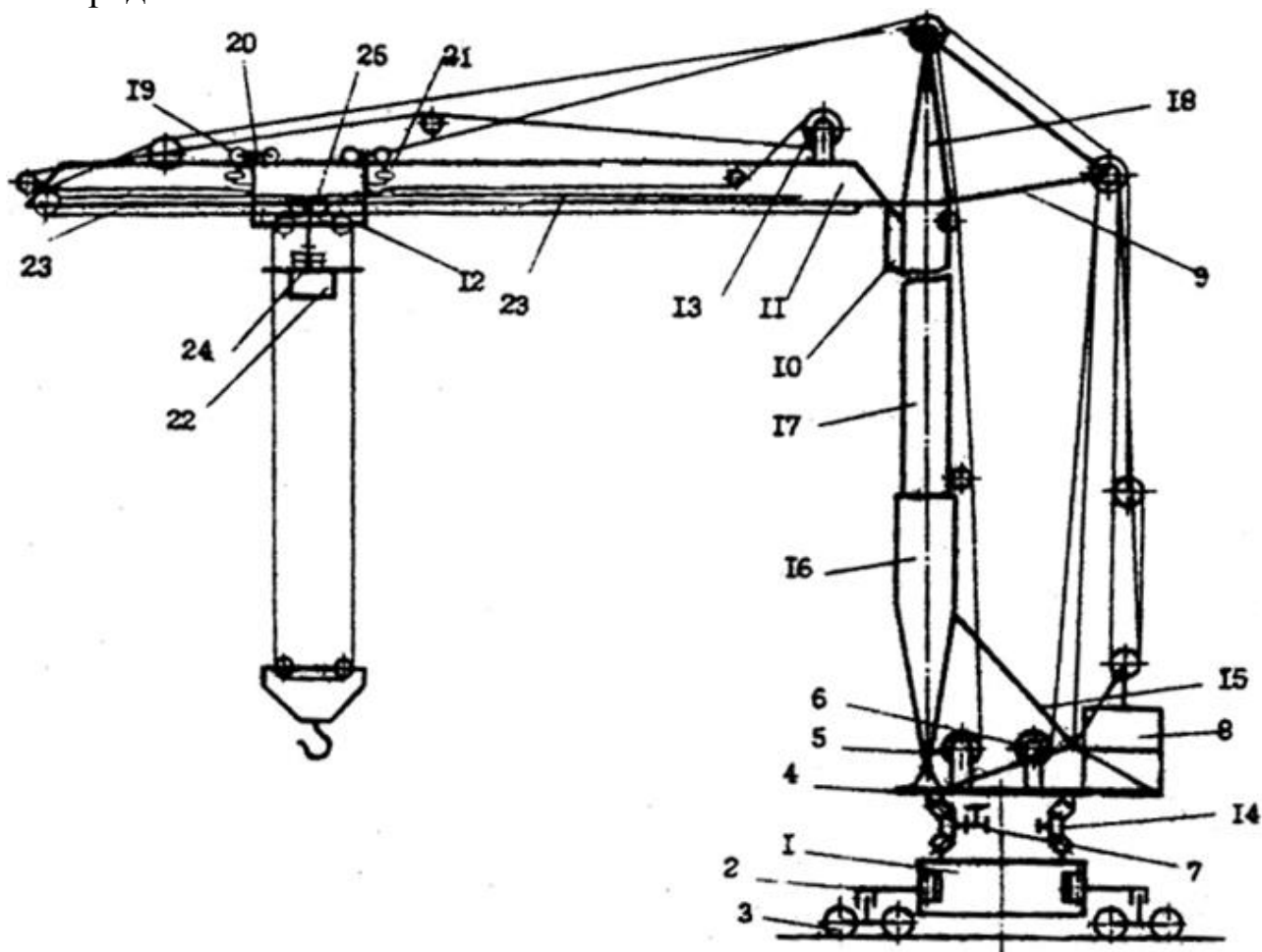


Рис. 1. Схема башенного крана КБ-403Б

Ходовая рама 1 крана представляет собой сварное кольцо коробчатого сечения, которое проушинами шарнирно соединено с четырьмя диагонально расположенными флюгерами 2. Флюгера через цапфы опираются на ходовые тележки, две из которых ведущие. Шарнирное соединение

флюгеров с ходовой рамой и тележками, которые выполнены балансирными, облегчает прохождение крана по закруглениям рельсового пути.

Для предотвращения угона крана в нерабочем состоянии ветром, тележки снабжены противоугонными захватами.

Поворотная платформа 4 опирается на ходовую раму 1 с возможностью вращения в горизонтальной плоскости. Это соединение осуществлено с помощью *роликового опорно-поворотного устройства* 14, выполняющего роль подшипника для вращения поворотной платформы.

Составная телескопическая *башня* решетчатой сварной конструкции, выполненная из труб, установлена на поворотной платформе шарнирно и удерживается в вертикальном положении посредством подкосов 15. Башня состоит из портала 16, секций 17, оголовка 18, распорки 9 и механизма выдвижения. Удлинение башни осуществляется снизу на необходимую высоту по мере возведения строящегося объекта.

В верхней части башни крепится *кабина* 10 и *стрела* 11, выполненная сварной из труб. Стрела имеет направляющие для перемещения грузовой тележки в виде продольных уголков.

Стрела состоит из четырех секций и может иметь длину 20, 25, 30 м.

Для увеличения высоты подъема груза стрела длиной 20 и 25 м может устанавливаться под углом 30° и 50°. Грузовая тележка 12 опирается на направляющие стрелы четырьмя парами роликов 19, которые для равномерного распределения нагрузок соединены с рамой тележки балансирными 20. Для устранения перекосов при движении тележка снабжена четырьмя боковыми роликами 21.

Привод крана выполнен многомоторным, индивидуальным с питанием электродвигателей от сети трехфазного переменного тока и содержит пять механизмов: *грузовой*, *стреловой*, *передвижения тележки* (тележечный), *поворота платформы* и *передвижения крана* по рельсам.

Каждый механизм снабжен отдельным реверсивным двигателем. На кране установлены три электрические реверсивные лебедки: *грузовая*, *стреловая* и *тележечная*.

Грузовой механизм крана состоит (рис. 2) из лебедки 1, каната 2, закрепленного на барабане лебедки и огибающего неподвижный блок 3 на оголовке башни, неподвижные блоки 4 и 5 на головной части стрелы, неподвижные блоки 6 и 7 на раме 8 грузовой тележки, подвижные блоки 9 и 10 крюковой подвески 11, содержащей крюк 12.

Грузовой канат образует двукратный грузовой полиспаст 13. Вторым концом грузового каната прикреплен к стреле через **ограничитель грузоподъемности** 14, который автоматически отключает грузовую лебедку при превышении установленной грузоподъемности.

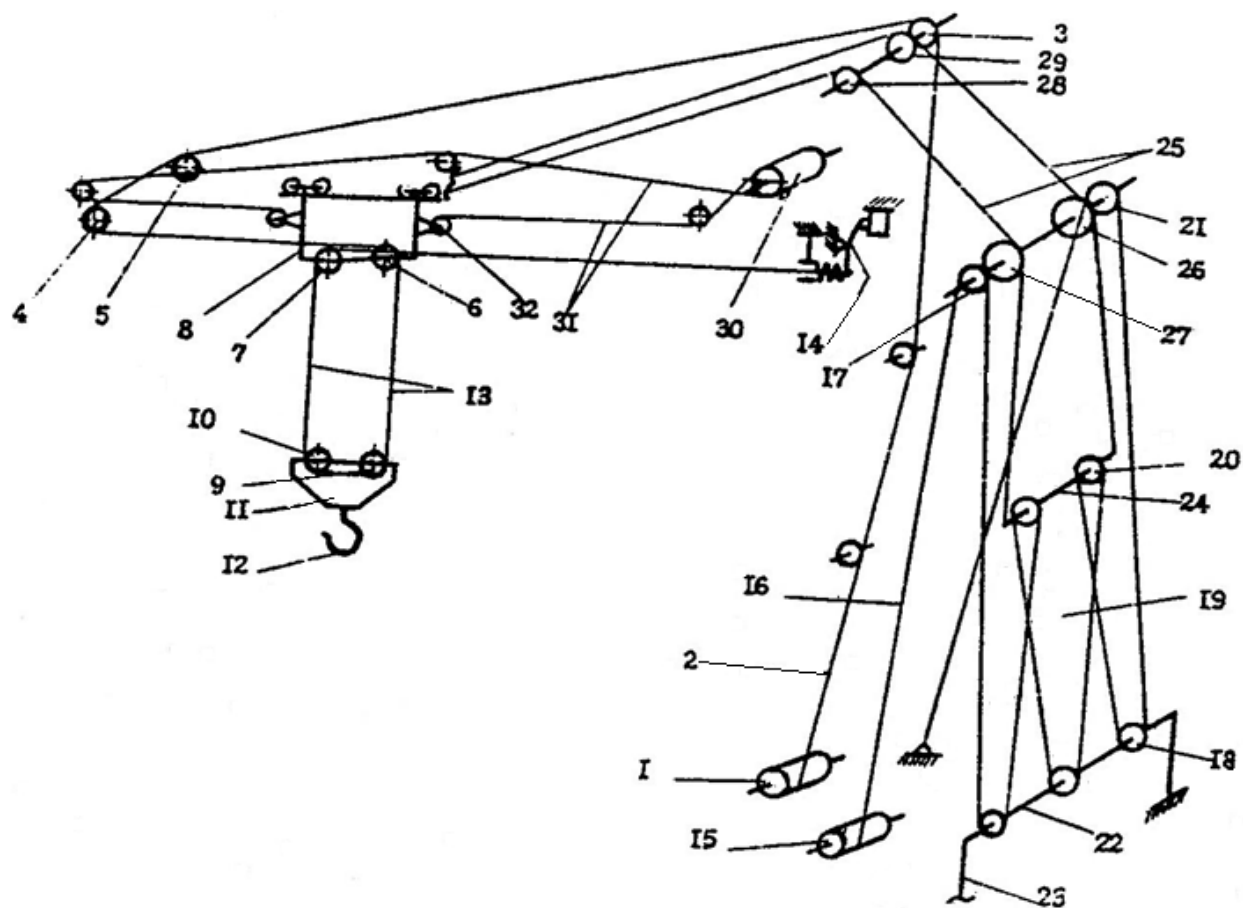


Рис. 2. Схема запасовки канатов башенного крана КБ-403Б

Грузовая лебедка выполнена двухдвигательной. Электродвигатели соединены последовательно с ведущим валом редуктора и включаются автоматически в зависимости от массы поднимаемого груза. Для подъема груза массой до 2 т со скоростью 58 м/мин включается один из двигателей. Для подъема груза массой более 2 т со скоростью 40 м/мин включается другой двигатель, имеющий меньшую частоту вращения.

Стреловой механизм крана (рис. 2) состоит из лебедки 15, каната 16, закрепленного на барабане лебедки, и огибающего неподвижный блок 17 на распорке башни, три блока 18 неподвижной обоймы 22 и два блока 20 подвижной обоймы 24 стрелового полиспаста 19. Второй конец стрелового каната 16 закреплен на поворотной платформе. Неподвижная обойма 22 стрелового полиспаста крепится к поворотной платформе через две оттяжки 23. Подвижная обойма 24 стрелового полиспаста 19 соединена со стрелой посредством стрелового расчала 25, состоящего из двух канатов, которые огибают блоки 26 и 27 на распорке башни и блоки 28 и 29 на оголовке башни. Стреловой полиспаст четырехкратный.

Стреловая унифицированная лебедка крана имеет типовую конструкцию.

Замкнутый канатный привод передвижения грузовой тележки 8 состоит из лебедки 30 (рис. 2), установленной на стреле, тележечных ка-

натов 31 и двух барабанов 32, снабженных храповыми остановами для натяжения тележечных канатов. Тележечные канаты левыми концами закреплены на барабане 32 с противоположных сторон тележки, а правыми концами – с противоположных сторон барабана 30.

При вращении барабана по часовой стрелке тележка перемещается вправо и вылет груза уменьшается. При вращении барабана против часовой стрелки тележка перемещается влево и вылет груза увеличивается.

Кран снабжен **ограничителем высоты подъема** груза (рис. 1). Упор 22 ограничителя подвешен к стреле посредством каната 23, огибающего два блока 24 на упоре и два блока 25 на тележке. Левый конец каната 23 прикреплен к передней части стрелы, а правый – к рычагу конечного выключателя, расположенного на задней части стрелы. Натяжением каната 23 под действием веса упора 22 конечный выключатель замыкает цепь питания электродвигателя грузовой лебедки. При подъеме груза на максимальную высоту крюковая подвеска приподнимает упор 22. При этом канат 23 перестает воздействовать на конечный выключатель, который обесточивает двигатель. Подъем груза автоматически прекращается.

Устройство для **вращения поворотной платформы** крана (рис. 3) состоит из *механизма поворота* и *опорно-поворотного устройства*. Механизм поворота осуществляет принудительное вращение поворотной платформы, а опорно-поворотное устройство является для нее подвижной опорой (подшипником).

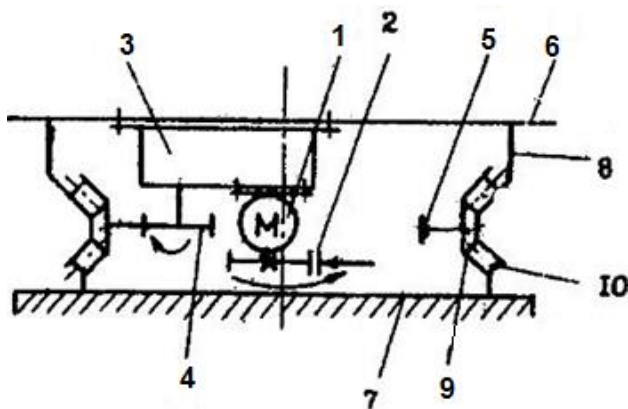


Рис. 3. Схема механизма вращения поворотной платформы

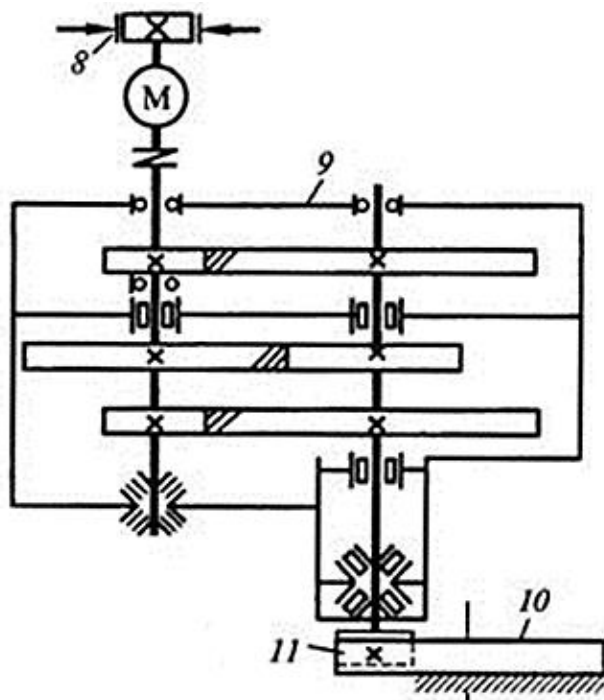


Рис. 4. Кинематическая схема механизма поворота: 8 - тормоз; 9 - трехступенчатый редуктор; 10 - зубчатый венец; 11 - выходная шестерня

На кране КБ-403Б установлен унифицированный **механизм поворота**, применяемый для башенных кранов серии КБ. Механизм (рис.3) состоит из установленных в одном блоке электродвигателя 1, колодочного тормоза 2, трехступенчатого цилиндрического редуктора 3 и шестерни 4, закрепленной на ведомом валу редуктора. Шестерня 4 зацеплена с внутренними зубьями зубчатого венца 5, который выполнен за одно целое с внутренней обоймой 9 опорно-поворотного устройства. Корпус редуктора 3 прикреплен к поворотной платформе. Электродвигатель 1 имеет фланцевое крепление к редуктору.

Поворотная платформа 6 (рис.3) установлена на ходовой раме 7 посредством роликового двухрядного опорно-поворотного устройства. Оно, как и обычный подшипник качения, состоит из двух обойм (колец): наружной 8, внутренней 9 и двух рядов тел качения (роликов) 10 между обоймами. Причем наружная обойма 8 соединена с поворотной платформой 6, а внутренняя обойма 9 вместе с зубчатым венцом 5 соединена с ходовой рамой 7. При вращении поворотной платформы ходовая рама, обойма 9 и венец 5 остаются неподвижными, а относительно них совершает горизонтальное вращение поворотная платформа вместе с наружной обоймой 8, перекатывающейся на роликах по внутренней неподвижной обойме 9.

При включенном электродвигателе 1 через редуктор 3 приводится во вращение шестерня 4, которая, обкатываясь по зубьям венца 5, совершает планетарное движение и увлекает во вращение сам механизм поворота, а вместе с ним и поворотную платформу 6.

3. Расчет производительности башенного крана

Рабочий процесс строительных кранов осуществляется циклично. Основными **операциями рабочего цикла** являются:

- ❖ зацепка груза;
- ❖ подъем груза;
- ❖ перемещение груза в горизонтальной плоскости посредством передвижения грузовой тележки по стреле крана по рельсам и поворота поворотной платформы;
- ❖ наводка груза и установка его в проектное положение;
- ❖ отцепка груза;
- ❖ опускание крюка;
- ❖ перемещение крюка в горизонтальной плоскости к месту очередной зацепки.

Для сокращения времени цикла, и повышения производительности крана широко используется **совмещение операций**: подъем или опускание

крюка с поворотом; поворота с перемещением крюка в горизонтальном направлении и др.

Суммарное время рабочего цикла крана может быть подсчитано по формуле

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{м}} + t_{\text{р}},$$

где $t_{\text{м}}$ – машинное время; $t_{\text{р}}$ – время ручных операций.

$$t_{\text{м}} = A \left(\frac{H}{v_1} + \frac{H}{v_2} + \frac{2S_{\text{м}}}{v_{\text{м}}} + \frac{2S_{\text{к}}}{v_{\text{к}}} + \frac{2\alpha}{360n_n} \right), \text{ мин}$$

где H – высота подъема груза, м;

$S_{\text{м}}$ – путь передвижения грузовой тележки по стреле, м;

$S_{\text{к}}$ – путь передвижения крана по рельсам, м;

α – угол поворота, град;

v_1 – скорость подъема, м/мин;

v_2 – скорость опускания крюка, м/мин;

$v_{\text{м}}$ – скорость передвижения грузовой тележки, м/мин;

$v_{\text{к}}$ – скорость передвижения крана, м/мин;

n_n – частота вращения поворотной платформы, об/мин;

A – коэффициент, учитывающий совмещение операций, который принимается в зависимости от угла поворота:

α , град	70	80	90	100	110	120	130	135	140	150	160	170	180
A	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,83	0,81	0,80	0,79	0,77	0,74	0,72	0,70

Время ручных операций:

$$t_{\text{р}} = t_{\text{з}} + t_{\text{у}},$$

$t_{\text{з}}$ – время зацепки и отцепки груза, мин;

$t_{\text{у}}$ – время наводки и установки монтируемого элемента с частичным использованием механизмов крана, мин.

Сменная эксплуатационная производительность крана определяется по формуле

$$P_{\text{см}} = \frac{60 \cdot t_{\text{см}} \cdot Q \cdot k_{\text{в}}}{T_{\text{ц}}}, \text{ т/см},$$

где $t_{\text{см}}$ – средняя продолжительность смены, час;

Q – средняя масса поднимаемого элемента, t ;

k_6 – коэффициент использования крана по времени работы.

Приложение 1. Исходные данные

Таблица 1

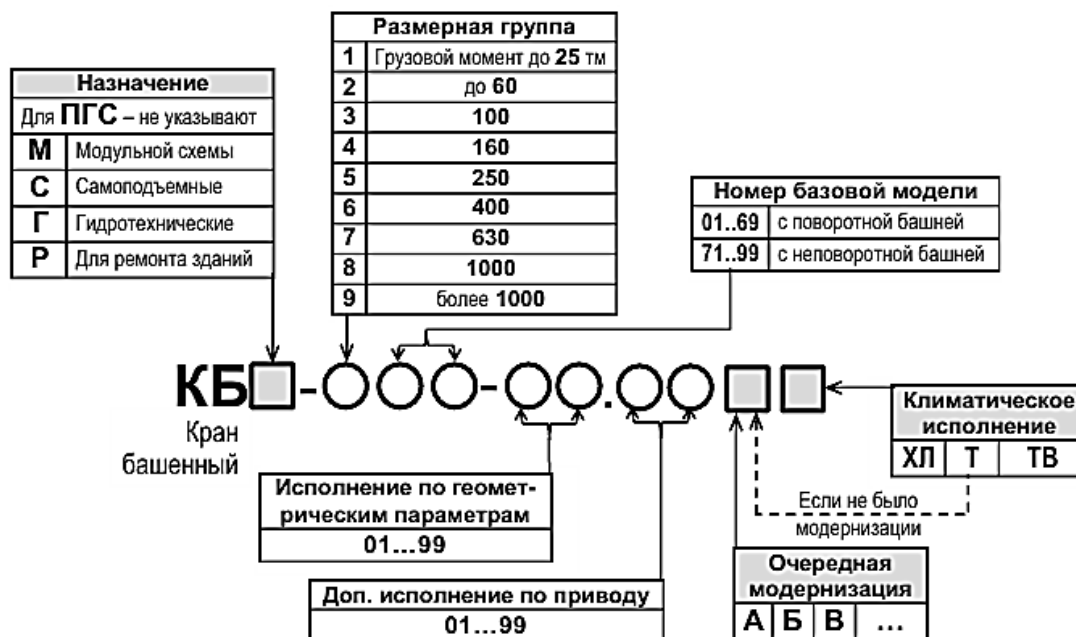
Исходные данные

Вариант	Q, t	$H, м$	$S_m, м$	$S_k, м$	$\alpha, град$	$t_y, мин$	$t_3, мин$
1	1	20	10	15	100	0,7	3
2	1,5	30	14	10	90	1,0	5
3	5	25	10	12	150	1,5	2,5
4	6	35	8	15	180	1,2	3,5
5	3	22	14	14	120	2,0	4
6	1,4	32	20	10	135	0,9	7
7	8	38	8	18	160	1,5	5
8	1,2	24	23	20	90	0,8	3
9	6,8	26	15	15	110	0,9	3,5
10	1,8	28	22	10	130	1,0	4
11	2,0	30	19	8	150	1,1	4,5
12	2,5	32	24	22	170	1,2	5
13	3,2	34	20	17	100	1,3	5,5
14	3,6	36	18	12	120	1,4	6
15	4,0	38	20	10	140	1,5	6,5
16	4,5	25	9	24	160	1,6	7
17	5,1	27	10	19	180	1,7	7,5
18	5,5	29	16	14	80	1,8	6,8
19	6,2	31	15	12	70	1,9	6,3
20	6,6	33	14	18	90	2,0	6,1
21	7,0	35	11	13	100	1,8	5,8
22	7,5	37	9	10	110	1,6	5,6
23	7,8	20	13	26	120	1,4	5,4
24	4,2	22	17	21	130	1,2	5,2
25	8	24	10	16	140	1,0	5

Приложение 2. Условные обозначения

- $P_{см}$ — производительность крана эксплуатационная (расчет);
- A — коэффициент, учитывающий совмещение операций (зависит от угла поворота)
- α — угол поворота платформы, град (прил.1, табл.1);
- H — высота подъема груза, м (прил.1, табл.1);
- k_B — коэффициент использования крана по времени (**0,7...0,9**)
- n_n — частота вращения поворотной платформы, об/мин (**0,6 об/мин**);
- Q — средняя масса поднимаемого элемента, т (прил.1, табл.1);
- Q_{max} — грузоподъемность крана, кг;
- S_m — длина пути передвижения грузовой тележки по стреле, м (прил.1, табл.1);
- S_k — длина пути передвижения крана по рельсам, м (прил.1, табл.1);
- T_u — продолжительность рабочего цикла крана, мин (расчет)
- t_m — машинное время, мин (расчет)
- t_p — продолжительность ручных операций (расчет);
- t_y — продолжительность наводки и установки, мин (прил.1, табл.1);
- $t_{см}$ — продолжительность смены, час (**8,2** часа при пятидневной рабочей неделе);
- t_3 — время зацепки и отцепки монтируемого элемента, мин (прил.1, табл.1);
- V_1 — скорость подъема груза, (**58** м/мин при массе груза до **2т** и **40** м/мин **свыше 2т**);
- V_2 — скорость опускания крюка, м/мин (**65** м/мин);
- V_m — скорость передвижения грузовой тележки, м/мин (**23** м/мин);
- V_k — скорость передвижения крана, м/мин (**18** м/мин);

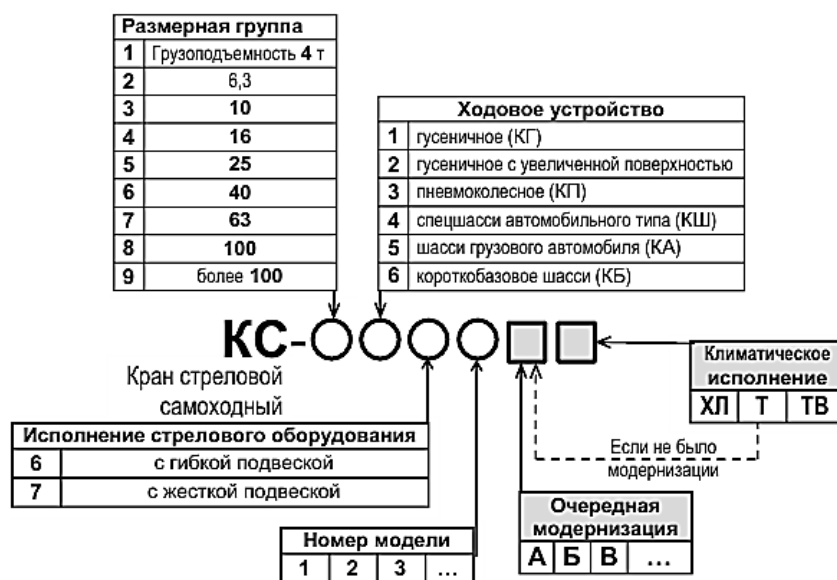
Приложение 3. Индексация башенных кранов



Пример: кран башенный (КБ) для гидротехнического строительства (Г), размерной группы (8), с неповоротной башней (74), с исполнением по геометрическим параметрам (01), с дополнительным исполнением по приводу (02), первой модернизации (А), в тропическом исполнении (Т)

КБГ-874-01.02АТ

Приложение 4. Индексация самоходных стреловых кранов



Пример: кран стреловой самоходный общего назначения (КС), 5-й размерной группы (5), на гусеничном (1) ходовом устройстве, с жесткой (7) подвеской рабочего оборудования, второй (2) модели, первой (А) модернизации, в исполнении для холодного (ХЛ) климата

КС-5172АХЛ

Оглавление

1. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ УНИВЕРСАЛЬНОГО ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА	3
<i>Задание</i>	<i>3</i>
1. Порядок выполнения	3
2. Методика выполнения	4
3. Пример выполнения задания	5
4. Отчетность по работе	7
Приложение 1. Исходные данные	8
Приложение 2. Характеристика экскаваторов	9
Приложение 3. Условные обозначения	9
2. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ УНИВЕРСАЛЬНОГО ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА	14
<i>Задание</i>	<i>14</i>
1. Порядок выполнения	14
2. Методика выполнения	14
3. Пример выполнения задания	15
4. Отчетность по работе	17
Приложение 1. Исходные данные	17
Приложение 2. Характеристика экскаваторов	18
Приложение 3. Условные обозначения	18
3. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУЛЬДОЗЕРА	23
<i>Задание</i>	<i>23</i>
1. Общие положения	23
2. Расчет эксплуатационной производительности бульдозера	24
3. Отчетность по работе	26
Приложение 1. Исходные данные	27
Приложение 2. Расчетные величины	27
Приложение 3. Условные обозначения	28
Приложение 4. Технические характеристики бульдозеров	29
4. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОДНОКОВШОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ	33
<i>Задание</i>	<i>33</i>
1. Теоретическая производительность	33
2. Техническая производительность	34
3. Эксплуатационная производительность	34
4. Отчетность по работе	35
Приложение 1. Условные обозначения	35
Приложение 2. Исходные данные	36
Приложение 3. Технические характеристики экскаваторов	37
<i>Экскаваторы пневмоколесные</i>	<i>37</i>
<i>Экскаваторы гусеничные</i>	<i>40</i>
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНШЕЙНОГО ЭКСКАВАТОРА	44
<i>Задание</i>	<i>44</i>
1. Общие положения	44

1.1 Классификация многоковшовых экскаваторов	45
1.2 Схемы многоковшовых экскаваторов	45
1.3 Принцип действия траншейного экскаватора	46
2. Определение основных параметров рабочего оборудования.....	47
2.1 Расчет параметров ковшовой цепи	47
2.2 Расчет параметров ковша	48
2.3 Расчет скорости движения цепи	49
3. Определение производительности экскаватора.....	50
4. Отчетность по работе	51
Приложение 1. Исходные данные	51
6. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ	
ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК	52
Задание	52
1. Понятие о процессе дробления.....	52
2. Классификация и конструкция щековых дробилок	53
3. Расчет основных параметров	56
3.1. Параметры камеры дробления	57
3.2. Угол захвата	57
3.3. Ход сжатия	58
3.4. Частота вращения эксцентрикового вала.....	59
4. Определение производительности	60
5. Определение мощности привода.....	61
6. Определение максимального усилия дробления	62
7. Пример выполнения задания	63
7.1. Составляем таблицу исходных данных	63
7.2. Составляем схему дробления	64
7.3. Скорость вращения эксцентрикового вала	64
7.4. Расчет промежуточных величин	65
7.5. Производительность щековой дробилки	65
8. Отчетность по работе	65
Приложение 1. Исходные данные	66
Приложение 2. Технические характеристики дробилок	66
Приложение 3. Свойства дробимого материала	67
Приложение 4. Условные обозначения	67
7. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ.....	68
Задание	68
1. Классификация и устройство бетоносмесителей	68
2. Методика расчета.....	71
2.1. Определение эксплуатационной производительности бетоносмесителя	71
2.2. Определение сменной производительности бетоносмесителя	72
2.3. Расчет мощности гравитационного бетоносмесителя	72
3. Отчетность по работе	73
Приложение 1. Исходные данные	73
Приложение 2. Условные обозначения	74
8. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ГРУЗОВОЙ ЛЕБЕДКИ.....	75
Задание	75

1. Общие положения	75
2. Методика расчета.....	76
2.1. Определение кратности полиспаста	76
2.2. Определение общего КПД канатно-блочной системы.....	76
2.3. Подбор стального каната.....	77
2.4 Расчет параметров барабана лебедки	78
3. Оформление результатов расчетов	80
Приложение 1. Исходные данные	81
Приложение 2. Условные обозначения	82
9. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БАШЕННОГО КРАНА	83
<i>Задание</i>	83
1. Общие положения.....	83
2. Устройство башенного крана КБ-403Б.....	85
3. Расчет производительности башенного крана.....	89
Приложение 1. Исходные данные	91
Приложение 2. Условные обозначения	92
Приложение 3. Индексация башенных кранов	93
Приложение 4. Индексация самоходных стреловых кранов.....	93

Учебное издание

Симилейский Георгий Михайлович

**ПРАКТИКУМ по дисциплине
КОНСТРУКЦИИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ,
СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ СРЕДСТВ**

Авторская редакция

Компьютерная верстка Г.М. Симилейский

Подписано в печать **17.07. 2017**

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Ризография

Усл. п.л. **6,1**. Уч.-изд. л. 6,3. Тираж 30 экз. Заказ **_____**.

Южно-Российский политехнический университет (НПИ)
имени М.И.Платова

346428, Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Отпечатано в ИД «Политехник»

idp-npi@mail.ru

ДФО СПЕЦ 2015 **1-1**