

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА МАШИНОВЕДЕНИЯ**  
**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторным работам по курсам:

«Основы строительного производства» для студентов специальности 1-70 04 03,  
«Механизация и автоматизация в строительстве» для студентов специальности 1-70 02 01,  
«Строительные, дорожные и транспортные машины» для студентов специальности  
1-70 03 01, «Мелиоративные и строительные машины» для студентов специальности  
1-70 05 01, «Производство строительных изделий и конструкций» для студентов  
специальности 1-70 01 01, «Техника, технология строительно-монтажных работ»  
для студентов специальности 1-70 04 03.

Часть 1

БРЕСТ 2010

УДК 621.002 (075.8)

Методические указания к лабораторным работам составлены в соответствии с требованиями, изложенными в рабочих программах по соответствующим дисциплинам для студентов специальностей: 1-70 02 01, 1-70 03 01, 1-70 05 01, 1-70 01 01, 1-70 04 03.

В указаниях приведены: цель работы, общие сведения по теории, описание лабораторных установок, последовательность выполнения работ, контрольные вопросы, список литературы.

Издаётся в 2-х частях. Часть 1.

**Составители:** Ранский В.А., доцент  
Ивасюк П.П., доцент  
Есавкин В.И., ст. преподаватель

**Рецензент:** Ребров Г.Е., начальник отдела техники и технологии  
ОАО «Стройтрест №8» г. Бреста

## Лабораторная работа № 1

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА, РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕТОНОНАСОСОВ

Цель работы – изучить устройство и рабочий процесс бетононасосных установок, выбрать тип (марку) бетононасоса для конкретных условий работы.

Работа рассчитана на 2 часа. При проведении работы мер безопасности не требуется.

#### Общие сведения

Применение бетононасосов является одним из прогрессивных методов механизации процессов подачи и распределения бетонных смесей, повышающих качество и эффективность бетонных работ при возведении самых разнообразных монолитных и сборно-монолитных конструкций в промышленном, гражданском, гидротехническом, сельском и других видах строительства.

Преимущества подачи бетонных смесей по трубам:

- высокий темп укладки, до 250 м<sup>3</sup> в смену;
- комплексное решение задачи горизонтальной до 500 м и вертикальной подачи до 120 м;
- возможность подавать бетонную смесь в места, труднодоступные для других средств механизации;
- защита от атмосферных осадков, отсутствие потерь смеси;
- высокая культура технологии производства работ.

Однако эти преимущества могут быть реализованы только при условии правильного выбора типов и основных параметров бетононасосных установок (производительность, рабочее давление, диаметр бетоновода, дальность подачи, характер трассы бетоновода и др.).

#### Устройство и рабочий процесс бетононасосных установок

Бетононасосная установка состоит из бетононасоса и бетоновода (стационарного или проложенного по распределительной стреле). Бетононасосные установки могут быть стационарными, прицепными и самоходными; если они смонтированы на базе автомобилей, то их называют автобетононасосами (рис. 1.1).

1. Бетононасосы. При выборе бетононасосов предпочтение отдают имеющим наименьшее число ходов поршня, регулируемую производительность, дистанционное управление, возможность реверсирования, возможность переключения с автоматического на ручное управление, позволяющим создавать высокое давление поршня на бетонную смесь, надежным, исключая поломки при перегрузках, удобным в эксплуатации и т.д. В наибольшей степени указанным требованиям отвечают поршневые бетононасосы с маслогидравлическим приводом; принцип их работы заключается в следующем (рис. 1.2).

В приемный бункер загружают свежеприготовленную бетонную смесь, которая засасывается поршнем в один из транспортных цилиндров, а поршнем другого транспортного цилиндра одновременно нагнетается в бетоновод. По достижении поршнями крайних положений поворотный патрубок автоматически переключается (с помощью собственного привода), при этом функции цилиндров меняются – всасывающий цилиндр становится нагнетательным, а нагнетательный – всасывающим. В результате смесь нагнетается в бетоновод непрерывно (если не учитывать очень кратковременные остановки, вызванные переключениями затвора из одного положения в другое).

За счет плавной регулировки количество масла, поступающего в рабочие (приводные) гидроцилиндры, производительность бетононасоса можно изменять от минимальной до максимальной.

В качестве распределительных устройств бетононасосов, изменяющих направление потока бетонной смеси, могут применяться поворотные трубы, пластины, шибберные заслонки, клапаны и т.д.

Более подробно устройство современных бетононасосов можно рассмотреть на макетах и плакатах, имеющихся в лаборатории.

2. Бетоноводы предназначены для перемещения по ним бетонной смеси от бетононасоса к месту укладки и состоят из отдельных труб-звеньев, соединяемых между собой быстросъемными соединениями. Трубы могут быть стальными или из полимерных материалов. С уменьшением диаметра труб одновременно уменьшается допустимый размер зерен крупного заполнителя, трудоемкость и стоимость монтажа и демонтажа звеньев, вместе с тем повышается износ бетоновода и сопротивление перекачиванию смеси, падает производительность насоса. Предпочтительными диаметрами следует считать 100-125 мм. Стационарные бетоноводы прокладывают по земле, на подставках, прикрепляют к стенам бетонированных сооружений и т.д.

3. Распределительные стрелы предназначены для перемещения концевой участка бетоновода в зоне распределения смеси и могут быть смонтированы либо непосредственно на бетононасосе (автобетононасосе), либо выполняются автономными. Распределительная стрела состоит из несущих элементов-секций, бетоновода с концным резиноканевым рукавом, опорно-поворотного устройства и привода. Несущие элементы выполняются, как правило, коробчатого сечения из высокопрочных сталей. Они шарнирно соединяются между собой и приводятся в движение с помощью гидроцилиндров.

4. Автобетононасосы с шарнирно-сочлененной стрелой наиболее эффективно применять при интенсивном ведении бетонных работ и частых перебазировках оборудования, вдоль фронта бетонирования, при необходимости подачи бетонной смеси в опасную лубку тонкостенных конструкций, отдельно стоящих фундаментов, в оконные проемы, технологические отверстия и другие труднодоступные места.

### **Выбор типа бетононасосной установки**

Выбор типа бетононасосной установки зависит от многих факторов-условия расположения объекта строительства, трассы бетоновода (дальности подачи, конфигурации бетоновода, его диаметра), требуемых давлений, производительности (подачи), состава бетонной смеси и ее подвижности и др.

Выбор типа бетононасоса можно производить либо с помощью расчета требуемого давления поршня на бетонную смесь, либо по номограммам.

#### 1. Выбор типа бетононасоса по величине требуемого давления поршня на бетонную смесь

Движение (перекачивание) бетонной смеси возможно при условии  $P_p \geq P$ , где  $P_p$  – давление поршня на смесь в транспортном цилиндре,  $P$  – общее гидравлическое сопротивление в бетоноводе:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4, \text{ МПа}, \quad (1.1)$$

где  $P_1 = \eta_n \cdot \ell$  – сопротивление движению бетонной смеси внутри бетоновода постоянного сечения, МПа;  $\ell$  – общая длина бетоновода, м;  $\eta_n$  – удельное сопротивление движению бетонной смеси на одном погонном метре бетоновода, МПа/м; зависит от характера и

скорости движения, состава и подвижности смеси, крупности и вида заполнителя, доли песка в заполнителях, материала бетоновода и его внутреннего диаметра.

Движение смеси в бетоноводе может происходить только при наличии пристенного смазывающего слоя, состоящего из цементного теста и мельчайших частиц песка (рис. 1.3). Создание пристенного слоя обеспечивается правильным подбором состава бетонной смеси.

Величину  $\eta_n$  для бетонных смесей подвижностью до 10 см рекомендуется определять по формуле:

$$\eta_n = (aV^{0.5} + \eta_0) \cdot k_{\sigma} \cdot k_M \cdot k_S, \text{ МПа}, \quad (1.2)$$

где  $a$  – коэффициент, зависящий от подвижности и состава смеси (табл. 1.1)

Таблица 1.1

Номер смеси*	Расход цемента в бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	Величина коэф. $a$ , МПа·(см) <sup>0.5</sup>		Величина $\eta_0$ , МПа/м	
		Подвижность смеси (осадка конуса)			
		8 см	10 см	8 см	10 см
1	300	0,0113	0,0088	0,0060	0,0032
2	400	0,0140	0,0120	0,0111	0,0074

Примечание:\*) расход песка в смеси 1 и 2 принят соответственно 800 и 700 кг/м<sup>3</sup>; Мкр = 2,1;  $\gamma_n$  = 1560 кг/м<sup>3</sup>, щебня – 800 и 1100 кг/м<sup>3</sup> (фракция 5-20 мм);

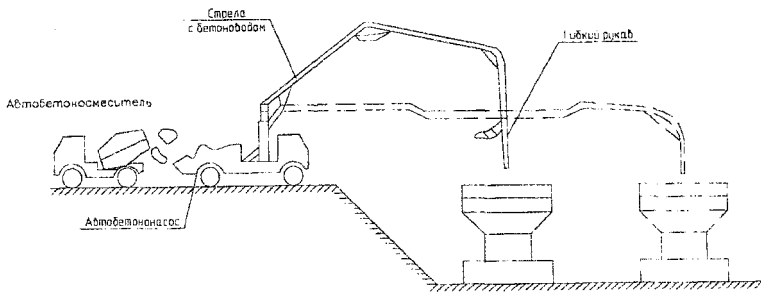


Рисунок 1.1 – Технологическая карта

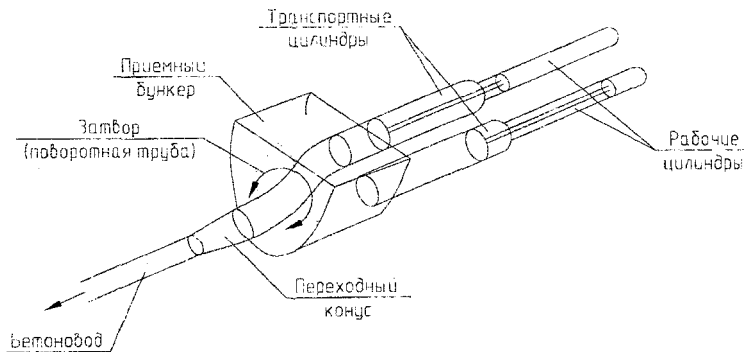


Рисунок 1.2 – Схема поршневого бетононасоса

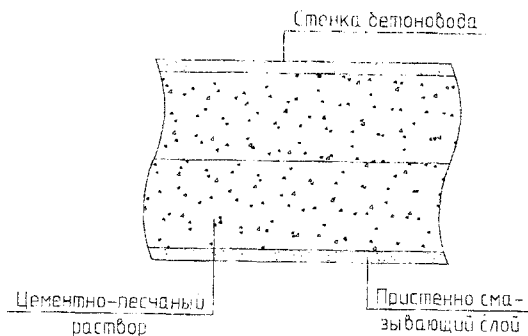


Рисунок 1.3 – Характер движения бетонной смеси в трубопроводе

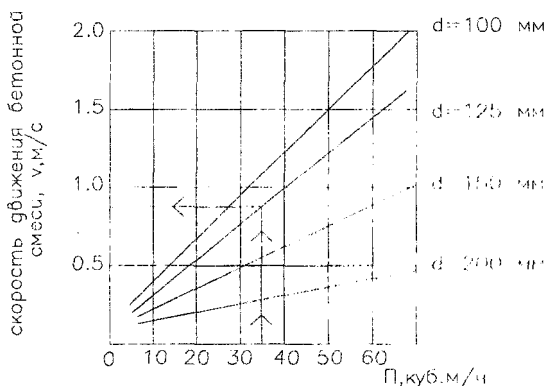


Рисунок 1.4 – Зависимость скорости движения бетонной смеси в трубопроводе от производительности бетононасоса

$V$  – скорость транспортирования смеси, м/с;

$\eta_0$  – сопротивление на одном потонном метре горизонтального участка трубопровода при сдвиге, т.е. при  $V = 0$  (см. табл. 1.1);

$k_d = D_{100} / D$  – коэффициент изменения сопротивления движению смеси в зависимости от величины внутреннего диаметра трубы;

$D_{100}$  и  $D$  – внутренний диаметр трубопровода, равный соответственно 100 мм применяемый на практике, мм;

$k_m$  – коэффициент изменения сопротивления в зависимости от материала трубопровода (для стали  $k_m = 1$ , для резиновых шлангов  $k_m = 1,5$ );

$k_s$  – коэффициент, учитывающий влияние вида крупного заполнителя на величину сопротивлений (для щебня  $k_s = 1$ , для гравия  $k_s = 0,8$ );

$P_2 = \gamma \cdot h \cdot 10^{-0.5}$  – потери напора на вертикальном участке бетоновода высотой  $h$ , м; при объемной массе бетоносмеси  $\gamma = 2400 \text{ кг/м}^3$ ;

$P_2 = 0,024 h$ , МПа;

$P_3 = 3 \cdot \eta_n \cdot \xi_k$  – местные потери напора в переходном конусе, соединяющем транспортные цилиндры бетононасоса с бетоноводом, МПа;

$\xi_k$  – длина переходного конуса, м;

$R_4$  – местные потери напора в одном колене, МПа. Колена 90,45°, 30° эквивалентны по сопротивлению горизонтальному бетоноводу длиной соответственно 12, 7 и 5 м:

$R_{4-90} = 12 \cdot \eta_n \cdot z$  – местные потери напора в колене 90°, МПа;

$R_{4-45} = 7 \cdot \eta_n \cdot z$  – местные потери напора в колене 45°, МПа;

$R_{4-30} = 5 \cdot \eta_n \cdot z$  – местные потери напора в колене 30°, МПа;

$z$  – число колен, шт.

После определения по формуле (1.1) общего гидравлического сопротивления  $P$  выбирают из табл. 1.2 наиболее подходящий тип бетононасосной установки, при условии  $P_p > P$ . Если этому условию удовлетворяют несколько типов бетононасосов, то предпочтение отдают тому из них, который обеспечивает и другие преимущества (мобильность, минимальную энергоёмкость, большую подачу и др.).

Таблица 1.2 – Техническая характеристика бетононасосов отечественного производства

Параметр	Марка бетононасоса				
	СБ-95	СБ-123	АБН-60	БНР-35	БН-40
Тип бетононасоса	Стациона.	Стациона.	Автобетононасос	Прицепной	Прицепной
Подача $P_{тек}$ , м <sup>3</sup> /ч	25	40	60	25	40
Дальность *) подачи, м					
- по горизонтали	250	250	180	180	200
- по вертикали	50	50	35	35	40
Диаметр бетоновода					
внутренний, мм	150	125	100	150	125
Ход поршня, мм	1000	1000	2000	2000	1500
Число ходов поршня, мин <sup>-1</sup>	10	11	12	12	12
Наиб. давление в транспорт. цилиндре $P_p$ , МПа	4,5	6,0	3	3	4,5
Мощность привода общая, кВт	56,7	76,7	132	49,7	45

Примечание: \*) насосы могут обеспечить указанную дальность подачи либо только по горизонтали, либо только по вертикали.

## 2. Выбор типа бетононасоса по номограммам

Номограмма, показывающая зависимость между давлением в бетоноводе, его диаметром, дальностью подачи, подвижностью бетонной смеси (осадкой конуса) и производительностью насоса, приведена на рис. 1.5.

Данная номограмма составлена для бетонных смесей с содержанием 55 % крупного заполнителя – природного гравия с размером зерен до 25 мм. Принцип определения производительности бетононасоса по известному давлению в бетоноводе (ключ) показан стрелками.

Для определения расчетной дальности подачи бетоносмеси на вертикальном участке бетоновода давление принимается вдвое большим, чем на горизонтальном. Исходя из этого, к заданной длине горизонтального участка необходимо прибавить удвоенную длину заданного вертикального бетоновода.

С помощью номограммы можно решить и обратную задачу – по требуемой производительности установить возникающее давление в бетоноводе при определенной подвижности бетонной смеси, дальности ее подачи и диаметре трубопровода.

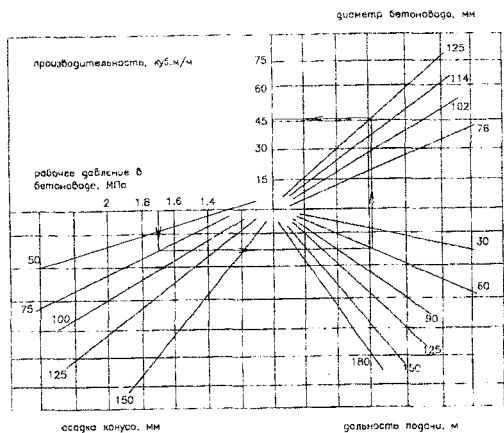


Рисунок 1.5 – Номограмма для выбора бетононасосов при равномерном движении бетононсмеси и оптимальном рабочем давлении в бетоноводе (0,28-1,41 МПа), максимальном кратковременном давлении 1,76 2,1 МПа

### Последовательность выполнения работы

1. Изучите устройство и рабочий процесс бетононасосных установок по плакатам.
2. Выберите свой вариант из таблицы 1.3:
3. Изобразите схему трассы бетоновода, включающую насос, переходной конус, колена, горизонтальный и вертикальный участки.
4. Выполните расчет (см. п. 3.1), выберите тип (марку) бетононасоса из табл.1.2.
5. Научитесь пользоваться номограммой (см.рис. 1.5).
6. Оформите отчет. Отчет должен содержать схему трассы бетоновода, расчеты, марку выбранного бетононасоса, ответы на контрольные вопросы (письменно).

Таблица 1.3 – Варианты заданий

№ параметра \ Вариант	1	2	3	4	5	6
1. Общая длина стального бетоновода, м	80	60	50	100	125	150
- в том числе длина вертикального участка, м	20	25	30	28	30	25
2. Диаметр бетоновода внутренний, мм	100	100	100	125	125	150
3. Длина переходного конуса, м	2	2	3	3	4	4
4. Число колен 90 ° шт	4	5	5	6	6	6
5. Номер бетонной смеси (табл. 1.1)	1	2	2	2	1	2
6. Подвижность бетонной смеси (осадка конуса, см)	8	10	8	10	8	10
7. Требуемая техническая производительность, П <sub>т</sub> , м³/ч	25	28	30	40	25	60

### Контрольные вопросы

1. Объясните устройство и принцип работы двухпоршневого бетононасоса с гидравлическим приводом (устно).
2. В чем заключаются преимущества и недостатки автобетононасосов, стационарных и прицепных бетононасосов?
3. В каких случаях перекачивание бетонной смеси невозможно?
4. Какими соображениями следует руководствоваться при выборе трассы бетоновода?
5. В чем заключаются преимущества и недостатки выбора типа бетононасоса с помощью расчета и по номограммам?



## Лабораторная работа № 2

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ОДНОКОВШОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Цель работы – изучить устройство рабочего оборудования и сменных рабочих органов гидравлических одноковшовых строительных экскаваторов, а также научиться определять их производительность и выявлять резервы её повышения.

Работа выполняется за 2 часа. Специальных мер безопасности не требуется.

#### Общие сведения

Экскаваторами называют землеройные машины, предназначенные для копания и перемещения грунта. Одноковшовые экскаваторы являются универсальными землеройными машинами (оснащены несколькими видами рабочего оборудования); их применяют как на земельных, так и на погрузочно-разгрузочных работах в самых тяжелых, в том числе скальных (с предварительным взрыванием) грунтах.

У гидравлических экскаваторов роль трансмиссии выполняют гидронасосы, гидродвигатели (гидроцилиндры или гидромоторы), трубопроводы и гидрораспределители (управляющее звено). В трубопроводах циркулирует рабочая жидкость, передающая энергию от насосов к гидродвигателям, которые приводят рабочие механизмы в движение.

Одноковшовый экскаватор состоит из ходового устройства, поворотной платформы и рабочего оборудования (обратная лопата, прямая лопата, погрузчик, грейфер и др.).

Системой индексации (маркировки) машин называется принцип, который заложен в структуру индекса (марки), обозначающего тот или иной экскаватор и отражающего его основную характеристику.

Система индексации одноковшовых универсальных экскаваторов, принятая по ГОСТ 17343-83\*, приведена на рис. 2.1.

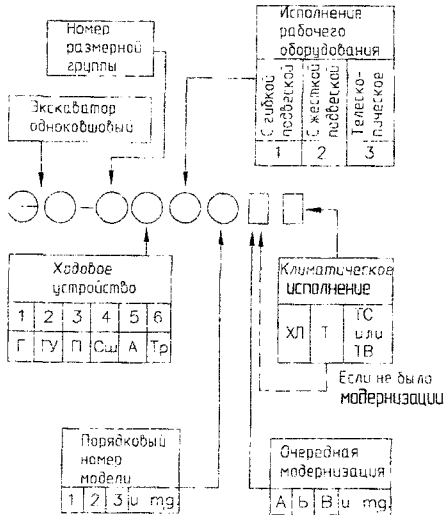


Рисунок 2.1 – Структура индексов одноковшовых универсальных экскаваторов

Например, индексом ЭО-3322 АС обозначают экскаватор одноковшовый универсальный 3-й размерной группы на пневмоколёсном ходовом устройстве с жёсткой (шарнирно-рычажной, с гидроприводом) подвеской рабочего оборудования 2-й модели, прошедшей первую модернизацию, в северном исполнении.

Наибольший интерес для строителей представляет рабочее оборудование экскаваторов.

**Обратная лопата** – рабочее оборудование, предназначенное для разработки грунта ниже уровня стоянки экскаватора при рытье котлованов и траншей.

В комплект оборудования обратной лопаты входят: стрела (моноблочная Г-образной формы или составная 1,6 изменяемой длины), рукоять 5, поворотный ковш 4 и гидроцилиндры 2,3,8 подъёма стрелы, поворота рукояти и ковша. Копание грунта производится поворотом ковша относительно рукояти и поворотом рукояти относительно стрелы. Копание можно производить только поворотом ковша относительно неподвижной рукояти, что позволяет вести работы в стесненных условиях, а также непосредственной близости от коммуникаций.

При работе вблизи фундаментов зданий и других сооружений, а также при копании траншей, ось которых не совпадает с продольной осью экскаватора, в оборудовании обратной лопаты могут применять специальную промежуточную вставку (рис.2.2, б), позволяющую устанавливать рукоять с гидроцилиндром под углом к продольной оси.

**Прямая лопата** – предназначена для разработки грунта выше уровня стоянки экскаватора.

Ёмкость ковша погрузчика в 1,5-2 раза больше ёмкости ковша прямой лопаты: кинематика обеспечивает движение его режущей кромки по прямолинейной горизонтальной траектории на уровне стоянки.

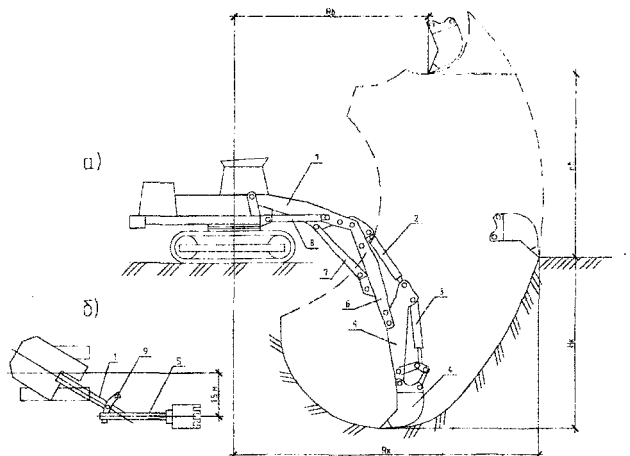


Рисунок 2.2 – Экскаватор с оборудованием обратной лопаты

Выполните следующее упражнение:

а) рассмотрите обозначения позиций элементов (узлов) рабочего оборудования обратной лопаты на плакате;

б) используя модель экскаватора, промоделируйте процесс "копания траншей" (полный рабочий цикл). Выделите при этом операции копания, выведения ковша с грунтом из забоя, поворот его к месту разгрузки, разгрузку, обратный поворот ковша и опускание ковша в забой. Какие операции можно совместить для сокращения продолжительности рабочего цикла, а какие нельзя?

Грейфер предназначен для рытья небольших, но глубоких траншей, котлованов, очистки прудов и каналов, для погрузки и разгрузки сыпучих материалов.

Характерно дальнейшее повышение универсальности гидравлических одноковшовых экскаваторов путём применения новых видов сменных рабочих органов, их активации.

#### Описание рабочей установки

Лабораторная установка представляет собой стенд, включающий модель гидравлического одноковшового экскаватора с рабочим оборудованием обратная лопата. На стенде помещены плакаты и фотографии с изображением различных сменных рабочих органов.

### **Последовательность выполнения работы**

1. Изучите устройство гидравлического экскаватора с различными видами сменных органов, изображённых на плакатах. Не глядя на надписи, назовите позиции отдельных элементов (узлов). Изучите, как работают обратной и прямой лопатой, погрузчиком, грейфером, гидромолотом, рыхлителем, ковшом со смещённой осью копания и др.

2. Рассчитайте конструктивную (теоретическую) производительность модели одноковшового экскаватора:

$$P_0 = qn = \frac{3600 \cdot q}{t_{\text{ц}}}$$

где  $q$  – геометрическая ёмкость ковша (определить посредством мерного стакана);

$n$  –  $3600/t_{\text{ц}}$  – количество циклов за 1 час;

$t_{\text{ц}}$  –  $t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i$  – продолжительность одного цикла, с;

$t_1$  – продолжительность первой операции (копания);

$t_2$  – продолжительность второй операции (выделения ковша с грунтом из забоя),

$t_i$  – продолжительность  $i$ -й операции (опускание ковша в забой).

Продолжительность каждой операции  $t_i$  определяют посредством секундомера.

3. Из таблицы 2.1. выберите свой вариант согласно номеру, под которым записана Ваша фамилия в журнале.

4. Расшифруйте марку (индекс) заданного в табл. 2.1. экскаватора.

5. Рассчитайте эксплуатационную производительность заданного экскаватора с рабочим оборудованием обратная лопата:

$$P_1 = \frac{3600 \cdot q \cdot \kappa_n \cdot \kappa_p}{t_{\text{ц}} \cdot \kappa_p}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $q$  – геометрическая ёмкость ковша;

$t_{\text{ц}}$  – продолжительность одного цикла. При повороте платформы на  $90^\circ$  следует принимать  $t_{\text{ц}} = 18...24$  с; при других углах – пропорционально заданным.

$\kappa_n = \frac{q_{\text{ф}}}{q}$  – коэффициент наполнения ковша;  $q_{\text{ф}}$  – фактический объём грунта в ковше;

$\kappa_p = \frac{v}{v_p}$  – коэффициент разрыхления грунта;

$v_p$  – объем грунта в разрыхленном состоянии;  
 $v$  – объем грунта в плотном теле (тот, который грунт занимал до разработки).

Таблица 2.1

Показатели	Варианты											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Категория грунта	I	III	п	II	I	I	II	III	IV	III	II	I
Ёмкость ковша, $q, m^3$	См. п.5 данной таблицы и рис.2.1 (схема индексации)											
Загрузка	В отвал						В транспорт					
Угол поворота экскаватора при разгрузке	45	60	80	70	100	110	120	135	45	60	80	90
Марка экскаватора	Э0261А	Э03322А	Э02131	Э04121	Э02126	Э04321	Э05122	Э03221	Э02131	Э02621	Э05122	Э03111

Таблица 2.2 – Значения коэффициентов  $K_H$  и  $K_P$

Коэффициент	Категория грунта			
	1	2	3	4
$K_H$	1.02-1.15	1.12-1.32	1.18-1.35	1.25-1.40
$K_P$	1.1-1.28	1.1-1.3	1.14-1.32	1.2-1.45

Меньшие значения коэффициентов, указанных в табл.2.2, соответствуют сухим грунтам, большие – влажным:

$$K_s = \frac{T_{\phi}}{T} - \text{коэффициент использования рабочего времени;}$$

$T_{\phi}$  – фактическое, или "чистое" рабочее время.

$T$  – продолжительность смены (принять 8 часов).

При разгрузке в отвал принять  $K_H = 0.55...0.65$ , при работе в транспорт –  $K_H = 0.4...0.5$ .

6. Выявите резервы повышения производительности экскаватора, при этом проанализируйте все плюсы и минусы своих решений (письменно).

7. Оформите отчет. Отчёт должен содержать расчёты производительности модели экскаватора по формуле 1, заданной марки экскаватора по формуле 2, анализ резервов повышения производительности, ответы на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Из каких основных элементов состоит одноковшовый экскаватор с гидроприводом?
2. За счет чего можно сократить продолжительность цикла?
3. Как влияет на производительность угол поворота платформ экскаватора в плане? Как его уменьшить?
4. В чем Вы видите главные резервы повышения производительности?
5. Какими сменными рабочими органами необходимо, на Ваш взгляд, дополнить существующие (например, для работ по реконструкции зданий, сооружений)?
6. Укажите характерные особенности мини-экскаваторов (конструктивные, технологические, эксплуатационные).
7. Какие операции экскаваторов следует автоматизировать?

## Лабораторная работа №3

### ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Цель работы – изучить оборудование гидромеханизации земляных работ, по заданной производительности и технологическим условиям подобрать основное оборудование гидромеханизации (землесосы и мониторы) и разработать схему их работы.

#### Общие сведения

Гидромеханизация основана на свойстве потока воды под напором разрушать грунт и перемещать частицы во взвешенном состоянии. В комплексный процесс гидромеханизации входят:

- а) разработка грунта и превращение его в водогрунтовую смесь (пульпы) ударом водяной струи, истекающей из гидромонитора;
- б) транспортирование пульпы под напором по трубам или самотеком по каналам и лоткам к месту укладки грунта в земляное сооружение;
- в) укладка грунта, распределение оседающего грунта на участках укладки (картах намыва), отвод воды за пределы возводимого сооружения.

Применяют три вида гидромеханизированных работ: гидромониторные работы в надводном забое (на суше), землесосные работы в подводном забое на водоемах, комбинированный способ с разработкой грунта механическим способом, например, землеройными машинами, и транспортировкой с помощью землесосных установок по трубам водогрунтовой смеси.

На эффективность производства работ влияют физико-механические свойства грунтов: гранулометрический состав, пластичность, связность, плотность, удельный вес грунта, засоренность его корневой системой растений.

Область применения гидромеханизации:

- а) в гидротехническом строительстве – для намыва плотин, перемычек, дамб, намыва площадок и планировки территорий;
- б) в дорожном строительстве – для устройства насыпей у мостовых переходов и сооружения земляного полотна в заболоченной местности;
- в) в промышленном и городском строительстве – для намыва площадок и планировки территорий.

В оборудование гидромеханизации земляных работ входят гидромониторы, насосные и землесосные установки.

Гидромонитор предназначен для формирования водяной струи с большой кинематической энергией и направления ее в нужную точку забоя в грунтовом карьере. Наибольшее распространение получили гидромониторы с диаметром входного отверстия 250...500 мм, максимальным расходом воды 1.55...4.5 тыс. м<sup>3</sup>/ч, диаметром насадок 50-175 мм. Давление воды у насадки достигается 2 МПа. Для подачи воды в гидромониторы под необходимым давлением применяют насосные установки, оборудованные центробежными насосами. Применяют насосы со следующими характеристиками: подача воды 45...3000 м<sup>3</sup>/ч; напор 55...197 м, мощность 17...2500 кВт.

После размыва грунта образуется пульпа, которая перекачивается землесосными установками, от карьера до места укладки грунта – насыпи, дамбы.

При производстве работ гидромониторами различают размыв снизу вверх (встречный забой, рис. 3.1) и размыв сверху вниз (попутный забой, рис. 3.2).

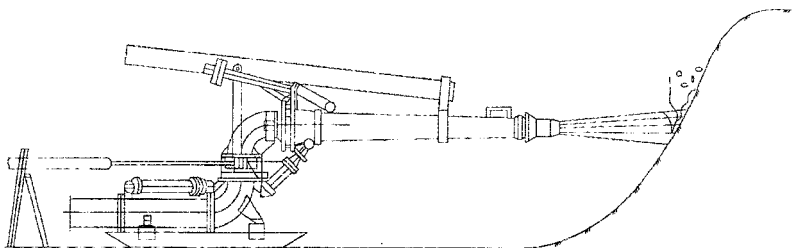


Рисунок 3.1 – Встречный забой

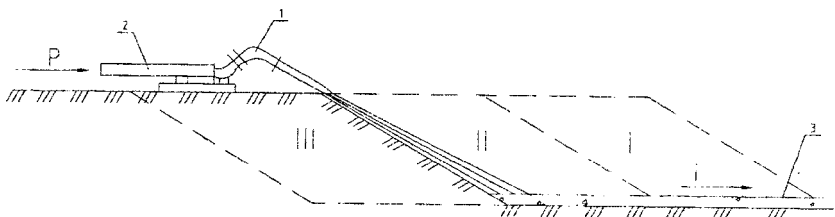


Рисунок 3.2 – Попутный забой

При встречном забое струю направляют перпендикулярно грунтовой стенке. Встречный забой позволяет наиболее интенсивно разрабатывать массивы, его применяют в плотных грунтах.

При попутном забое грунта гидромонитор устанавливается на поверхности забоя. Направление движения струи гидромонитора совпадает с направлением движения пульпы, содержащей размытый грунт, благодаря чему не требуется больших уклонов подошвы забоя. При таком способе размыва гидромониторы находятся на сухом месте.

К недостаткам размыва по способу попутного забоя необходимо отнести значительное по сравнению с первым способом снижение интенсивности размыва и плохое использование явления обрушения забоя.

Гидромониторный способ применяют только в сухих забоях или в таких местах, которые могут быть осушены без больших затрат. Также необходимо отметить значительную трудоемкость этого способа, относительно большой удельный расход электроэнергии, труб.

Только в особо благоприятных природно-географических условиях, чаще всего в горных работах (вскрытие месторождений), гидромониторный способ может дать высокие технико-экономические результаты.

Задание. По заданной производительности и технологическим условиям подобрать основное оборудование гидромеханизации (землесосы и мониторы) и разработать схему их работы.

Данные для расчета приведены в табл. 3.1. и 3.2.

Таблица 3.1 – Варианты заданий к упражнению 1

Вариант	Суточная производительность по породе П, м³	Геодезическая разность мест забоя и слива пульпы h <sub>г</sub> , м	Полная длина пульповода l <sub>п</sub> , м	Вариант	Суточная производительность по породе П, м³	Геодезическая разность мест забоя и слива пульпы h <sub>г</sub> , м	Полная длина пульповода l <sub>п</sub> , м
1	2100	20	500	16	1050	23	425
2	2000	22	450	17	1150	18	375
3	2200	24	460	18	1300	17	359
4	1900	25	350	19	1375	19	325
5	2050	21	475	20	950	16	300
6	2150	23	425	21	1500	20	500
7	2250	18	375	22	1400	22	450
8	2300	17	350	23	1300	24	400
9	1350	19	325	24	1200	25	300
10	2400	16	300	25	1450	21	475
11	1200	20	500	26	1350	23	425
12	1000	22	450	27	1225	18	375
13	1100	24	400	28	1250	17	350
14	900	25	350	29	1350	19	325
15	1250	21	475	30	1475	16	300

### Последовательность выполнения работы

1. Установить требуемый удельный расход воды и напор у насадки монитора.
2. Подсчитать объем заходки, разрабатываемой с одной стоянки землесоса.
3. Определить продолжительность работы землесоса на стоянке.
4. Подсчитать коэффициент использования рабочего времени землесоса.
5. Определить требуемую производительность землесоса по пульпе.
6. Установить минимальную (критическую) скорость пульпы и соответствующий диаметр пульповода.
7. Определить потери напора по воде и поправочный коэффициент для пульпы.
8. Подсчитать удельный вес пульпы.
9. Определить потребный напор землесоса.
10. Определить требуемую мощность землесоса.
11. Подсчитать требуемую водопроизводительность монитора.
12. Подобрать монитор и выбрать диаметр насадки.
13. Определить объем недомыва, снимаемого бульдозером на каждой заходке.
14. Определить минимальное и максимальное расстояния монитора от забоя.
15. Вычертить схему разработки забоя.

### Методика расчета

1. Требуемый удельный расход воды q и напор Н у насадки монитора по табл.3.3.
2. Объем заходки, разрабатываемой с одной стоянки землесоса, подсчитываем по формуле:

$$V_{\text{зах}} = b h l_{\text{пер}}, \text{ м}^3, \quad (3.1)$$

3. Определяем продолжительность работы землесоса на одной стоянке:

$$t_3 = V_{\text{зах}} / П, \text{ суток}, \quad (3.2)$$

4. Подсчитываем коэффициент рабочего времени землесоса:

$$\kappa_c = \frac{t_3}{t_3 + t_{\text{пер}}}, \quad (3.3)$$

5. Определяем требуемую производительность землесосов по пульпе:

$$Q_{\Pi} = H(1 - m + q) / nk_{\rho} \cdot M^3 / \text{ч}, \quad (3.4)$$

где  $n$  – количество рабочих часов в сутки, принимаемое для данных расчетов равным 15.

Подсчитанное по этой формуле  $Q_{\Pi}$  пересчитываем в л/сек.

6. Устанавливаем минимальную (критическую) скорость пульпы  $v$  и соответствующий диаметр пульповода  $D$  пользуясь табл. 3.4.

7. Потери напора по воде  $i$  определяем по табл. 3.6, а поправочный коэффициент для пульпы  $K$  – по табл. 3.5.

8. Подсчитываем удельный вес пульпы:

$$\gamma_{\Pi} = \frac{q + \rho_{\text{п}}}{q + 1 - m}, \quad (3.5)$$

9. Определяем требуемый напор землесоса:

$$H = h_{\Pi} \gamma_{\Pi} + 1,1 K i L_{\Pi} + 2 M_{\text{вод}} \text{ см}, \quad (3.6)$$

10. Определяем следующую мощность землесоса:

$$N = \frac{H_{\Pi} \cdot Q_{\Pi}}{367 \eta}, \text{ кВт}, \quad (3.7)$$

где  $\eta$  – к. п. д. землесоса, который равен 0.7

11. Подсчитываем требуемую водопроизводительность монитора  $Q_M$  исходя из организации работы с подземным монитором. В этом случае продолжительность работы монитора в сутки  $n$  и коэффициент использования его по времени  $k_e$  будут такими же, как и землесоса.

$$Q_M = \frac{\Pi q}{n \cdot k_e}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3.8)$$

Затем  $Q_M$  пересчитываем в л/сек.

12. Подбираем монитор (табл. 3.6) с соответствующим диаметром насадки  $d_0$  по табл. 3.10.

13. Определяем процент и объем  $V_H$  недомыва, снимаемого бульдозером на каждой заходке:

$$\eta_M = \frac{100 \cdot i_{\Pi} \cdot l_{\Pi}}{2 \cdot h}, \%, \quad (3.9)$$

где  $i_{\Pi}$  – уклон подошвы забоя, определяемый по табл. 3.7.

14. Определяем минимальное и максимальное расстояние монитора от забоя:

$$l_{\text{min}} = \varphi h, \text{ м}, \quad (3.10)$$

где  $\varphi$  – коэффициент, зависящий от характера породы (табл 3.8)

$$l_{\text{min}} = 0,1 H_0, \text{ м}, \quad (3.11)$$

15. Вычерчиваем схему разработки забоя в плане и разрезе с указанием положений землесоса и мониторов до и после их передвижки, также размеров забоя и недомыва.

Таблица 3.2 – Нормативные данные к вариантам заданий к упражнению 1

Варианты	Грунты	Пористость грунта, $m$	Плотность грунта, $\rho$	Размеры забоя, $h/b$	Продолжительность передвижки, $t_{\text{пер}}$	Шаг передвижки, $t_{\text{пер}}$
1-10	Легкий суглинок	0.3	1.7	14/40	3	60
11-20	Глина, содержащая до 15% трения	0.2	1.8	12/50	4	50
21-30	Глина песчаная	0.15	1.6	9/45	5	40



Таблица 3.3 – Нормативные данные для расчета гидромониторных работ

Характеристики грунтов	Высота забоя							
	до 5		5-10		10-15		более 15	
	Удельный расход воды, q	Напор Н	Удельный расход воды, q	Напор Н	Удельный расход воды, q	Напор Н	Удельный расход воды, q	Напор Н
Песок мелкозернистый	6	30	5.5	32	5	40	4	50
Супесь легкая (рыхлая)		30		35		40		50
Лесс рыхлый		40		45		50		60
Песок среднезернистый	7	30	6.5	35	6	40	5	50
Суглинок легкий (рыхлый)		20		60		70		80
Лесс плотный		60		65		70		80
Песок крупнозернистый	9	30	8.5	35	8	40	7	60
Супесь тяжелая		60		62		70		80
Глина песчаная		70		75		80		90
Суглинок плотный		80		90		100		120
Пески, содержащие до 40% гравия	12	40	11.5	45	11	50	10	60
Глина, содержащая до 15% гравия		70		80		90		100
Глина полужирная		90		90		100		ПО
Песчаные грунты, содержащие свыше 40% гравия	20	50	19	55	18	60	16	70
Глина жирная		150		160		170		180

Таблица 3.4 – Минимальные (критические) скорости V и расход пульпы Q<sub>п</sub> в незаиленном пульповоде

Грунт	Глины, суглинки	
	Диаметр пульповода D	Q <sub>п</sub> , л/сек
250	1.7	80
300	1.8	130
350	2.1	200
400	2.2	275
450	3.3	375
500	2.5	490
600	2.7	760

Таблица 3.5 – Поправочный коэффициент K для расчета потерь в пульповодах

A	K	a	K
3	1.6	10	1.3
5	1.5	12	1.2
8	1.4	-	-

Таблица 3.6 – Технические характеристики гидромониторов

Показатели	Гидромониторы		
	ГМН-250с	ГУЦ-6	ГМСД-300
Диаметр входного отверстия, мм	250	250	300
Управление	Ручное	Электрогидравлическое	
Диаметр применяемых насадок, мм	50-100	50-100	100-140

Таблица 3.7 – Уклон подошвы забоя

Характеристика грунта	Уклон подошвы забоя i <sub>п</sub> при водопроизводительности монитора		
	100	200	300
Суглинок лёгкий / Глина песчаная	0.035	0.03	0.025
Глина, содержащая до 15% гравия	0.045	0.04	0.035

Таблица 3.8 – Значение коэффициента  $\varphi$

Грунт	Суглинок	Глина
$\varphi$	0.4-0.6	1

Таблица 3.9 – Определение потерь напора в трубопроводе, м на 100 м трубопровода (100 L)

$Q_p$ , л/сек	D=250 мм	$Q_p$ , л/сек	D=300 мм	$Q_p$ , л/сек	D=350 мм	$Q_p$ , л/сек	D=400 мм	$Q_p$ , л/сек	D=450 мм	$Q_p$ , л/сек	D=500 мм	$Q_p$ , л/сек	D=600 мм
75	1.35	140	1.77	200	1.62	275	1.48	360	1.36	450	1.21	700	1.27
86	1.54	150	2.03	210	1.77	290	1.64	380	1.51	475	1.35	750	1.45
90	1.95	160	2.31	220	1.96	305	1.83	400	1.68	500	1.49	800	1.63
100	2.41	170	2.61	230	2.14	320	2.01	425	1.89	550	1.81	-	-
110	2.91	180	2.91	245	2.42	340	2.26	450	2.12	600	2.15	-	-
120	3.46	190	3.28	250	2.73	360	2.55	475	2.36	650	2.53	-	-
125	3.76	200	3.6	275	3.05	380	2.84	500	2.62	700	2.93	-	-
130	4	-	-	290	3.4	400	3.14	550	3.17	750	3.06	-	-
-	-	-	-	-	-	425	1.48	600	3.77	800	3.82	-	-

Таблица 3.10 – Водопроизводительность насадок

Напор перед насадкой, Н, м	Диаметры насадок d, мм						
	50	65	75	90	100	125	150
10	26	44	59	35	105	167	248
20	37	62	81	120	149	233	335
30	46	77	102	147	182	285	410
40	55	88	115	169	210	330	473
50	59	98	132	188	235	365	525
60	64	108	145	207	257	400	575
70	69	116	155	224	280	430	625
80	74	125	166	239	296	460	670
90	79	132	175	253	315	490	710
100	83	140	185	268	332	515	746
110	87	146	195	280	349	539	780
120	91	153	203	293	364	563	814
130	94	159	211	305	379	586	848
140	97	165	219	316	394	608	890
150	100	171	227	327	408	630	910

Примечание. Для определения водопроизводительности насадки монитора применена формула:

$$Q = \mu \cdot \omega \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \text{ м}^3/\text{сек}$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода, равный 0.945;  $\omega$  – площадь выходного отверстия насадки, м<sup>2</sup>; H – рабочий напор у насадки, м.

### Контрольные вопросы

1. Назовите область применения средств гидромеханизации при производстве земляных работ.
2. Назовите виды работ, входящие в комплексный процесс гидромеханизации.
3. В каких случаях используется гидромониторный способ производства земляных работ?
4. Назовите виды забоев при гидромониторном способе разработки грунта.
5. В чем Вы видите достоинства, недостатки гидромониторного способа производства земляных работ?

## Лабораторная работа № 4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА КОПАНИЯ КОВШОМ ЭКСКАВАТОРА ДРАГЛАЙН

Цель работы – изучить процесс копания грунта ковшем драглайна, определить основные параметры этого процесса экспериментальным путем.

Работа выполняется за 2 часа. Специальных мер безопасности не требуется.

#### Общие сведения

Для проектирования и рациональной эксплуатации землеройных машин необходимо знать, какие силы сопротивления возникают при резании и копании грунтов.

Резание – это процесс только отделения грунта от массива (разрушение грунта). Сопротивление грунта резанию возникает только на режущей части рабочего органа (ковша), имеющего форму клина.

Копание – это весь процесс, включающий резание грунта, заполнение им ковша и перемещение грунта ковшем (рабочим органом).

Схема сил, действующих на ковш драглайна в процесс копания, показана на рис. 1.

При копании возникает сила сопротивления со стороны грунта  $P$ , определить которую аналитически сложно, т. к. неизвестны ее точка приложения, направление и величина. Принято считать, что эта сила приложена к режущей кромке ковша, а вместо самой силы  $P$  принимают ее составляющие: касательную силу копания  $P_1$ , направленную по касательной к траектории движения, и нормальную силу копания  $P_2$ , направленную по нормали к траектории движения. Величину силы  $P_1$  определяют с помощью коэффициентов удельного сопротивления резанию  $K_p$  и копанию  $K$ , которые получают экспериментальным путем:

$$P_1 = kF = kbc, \quad (4.1)$$

где  $F = bc$  – сечение снимаемой стружки,  $\text{см}^2$  ( $b$  – ширина стружки,  $c$  – толщина стружки).

С другой стороны, исходя из определения процесса копания (см. выше):

$$P_1 = P_p + P_n + P_f H, \quad (4.2)$$

где  $P_p = K_p bc$  – сопротивление грунта резанию; (4.3)

$P_n = (qK_n + q_r)$  – сопротивление перемещению призмы волочения и грунта в ковше;

$q$  – геометрическая емкость ковша,  $\text{см}^3$ ;

$k_n$  – коэффициент наполнения ковша грунтом;

$q_n$  – объем призмы волочения (объем грунта перед рабочим органом),  $\text{см}^3$ ;

$\varepsilon$  – коэффициент сопротивления перемещению призмы волочения и грунта в ковше;

$P_f = G_{к+г} \mu$  – сопротивление трению ковша о грунт;

$G_{к+г}$  – вес ковша с грунтом;

$\mu$  – коэффициент трения ковша о грунт (стали по грунту).

Величина  $P_2$  зависит от затупления рабочего органа и принимается  $P_2 = (0.2 \dots 0.4) \cdot P_1$

#### Описание лабораторной установки

Лабораторная установка включает грунтовой канал, модель ковша драглайна, ручную лебедку (рис. 4.2).

Принадлежности и приспособления: периметр, динамометры, мерный стакан для определения объема грунта в ковше, мерная линейка 400 мм.

Экскаватор с рабочим оборудованием драглайна

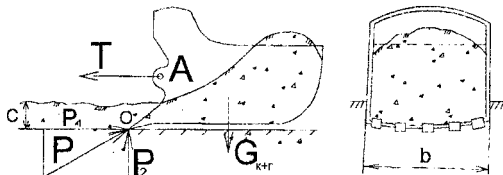
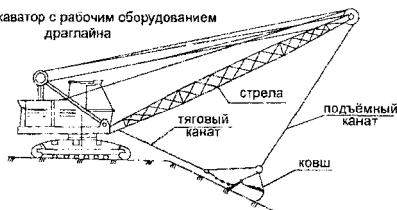
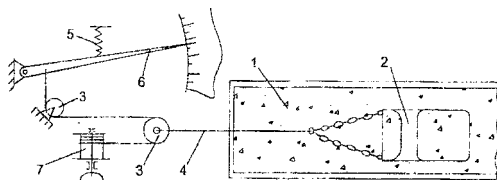


Рисунок 4.1 – Схема сил, действующих на ковш драглайна в процессе копания



1 – грунтовый канал; 2 – ковш; 3 – блоки; 4 – тяговый канат; 5 – пружина; 6 – стрелка динамометра; 7 – барабан тяговой лебёдки  
Рисунок 4.2 – Схема лабораторной установки

### Последовательность выполнения работы

1. Изучить схему сил, действующих на ковш драглайна (см. рис. 4.1).

2. Выполнить пробный опыт по перемещению модели ковша драглайна в грунтовом канале. Убедиться в возрастании силы сопротивления по мере перемещения ковша с грунтом.

3. Определить удельное сопротивление копанью (см. формулу 4.1).

Для этого необходимо измерить в конце копания тяговое усилие  $T = P_1$ ; ширину стружки  $b$  (она равна ширине ковша) и толщину стружки  $c$ . При копании песчаных грунтов задача определения толщины стружки достаточно сложная, поэтому примем ее усредненное значение

$$c = \frac{q}{b \cdot L}, \text{ см}, \quad (4.4)$$

где  $q$  – объем грунта в ковше,  $\text{см}^3$  (определить посредством мерного стакана);

$b$  – ширина ковша, см;

$L$  – длина хода ковша, необходимая для его наполнения, см.

Из формулы (4.1) получим:

$$k = \frac{P_1}{b \cdot c} = \frac{T}{b \cdot c}, \text{ Н/см}^2 \quad (4.5)$$

Все опыты необходимо повторить не менее 3-х раз.

4. Определить удельное сопротивление резанию  $k_p$  по формуле (4.3).

Поскольку сопротивление резанию  $P_p$  возникает только на режущей кромке рабочего органа, то силу  $P_p$  проще измерить с помощью специального приспособления, так называемого периметра. У периметра имеется только режущая часть (нож). Наличие двух последовательно расположенных ножей ( $Z = 2$ ) не позволяет приспособлению опрокидываться в процессе резания грунта.

$$\text{Тогда } k_p = \frac{P_p}{z \cdot b \cdot c} = \frac{T''}{z \cdot b \cdot c}, \text{ Н/см}^2$$

Толщину стружки  $s$  можно измерить непосредственно по делениям на стойках периметра.

5. Определить коэффициент трения ковша по грунту.

Коэффициент трения ковша по грунту можно определить экспериментальным путем при протаскивании порожнего ковша по грунту задней стенкой вперед:

$$\mu = \frac{T''}{G_k}, \quad (4.6)$$

где  $T''$  – тяговое усилие, измеренное при эксперименте, Н;

$G_k$  – вес собственно ковша (взвесить посредством динамометра).

6. Определить сопротивление трению ковша о грунт по ф-ле (4.7):

$$P_T = G_{k+g} \mu, \text{ Н}, \quad (4.7)$$

где  $G_{k+g} = G_{k+g} + G_g$ ;  $G_g = \rho q$  – вес грунта в ковше;

$\rho = 1,85 \text{ т/м}^3 = 0,0185 \text{ Н/см}^3$  – объемный вес песка;

$q$  – объем грунта в ковше,  $\text{см}^3$  (определен ранее посредством мерного стакана).

7. Определить сопротивление перемещению призмы волочения и грунт в ковше (см. формулу 4.2):

$$P_n = P_1 - P_p - P_T, \text{ Н}.$$

8. Предложить методику экспериментального определения коэффициента  $\epsilon$  (см. формулу 4.4).

9. Заполнить таблицу. Подсчитать средние арифметические значения полученных опытных данных

№ опыта	Уд. сопротивление копанью $k$ , Н/см <sup>2</sup>	Уд. сопротивление резанию $k_p$ , Н/см <sup>2</sup>	Козф. трения ковша о грунт, $\mu$	Сопротивление трению ковша о грунт $P_T$ , Н	Сопротивление перемещению призмы волочения и грунта в ковше $P_n$ , Н	Козф. $\epsilon$
1.						
2.						
3.						

10. Оформить отчет. Отчет должен содержать схему сил, действующих на ковш драглайна, таблицу, выводы, ответы на контрольные вопросы (письменно).

### Контрольные вопросы

1. В чем состоит различие процессов резания и копания грунтов?
2. Поясните физический смысл удельных сопротивлений  $k$  и  $k_p$ .
3. Оцените значения, полученных коэффициентов  $k$  и  $k_p$  для решения инженерных задач; приведите примеры.
4. За счет чего можно уменьшить потребную силу тяги при копании грунтов?
5. На что влияет расстояние ОА (см. рис. 1.1)?

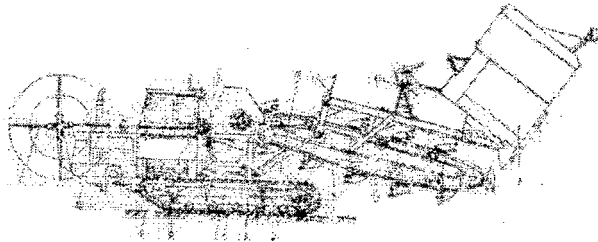
## Лабораторная работа №5

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАСЧЁТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МНОГОКОВШОВЫХ ТРАНШЕЙНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Цель работы – изучение устройства многоковшовых траншейных экскаваторов, определение их сменной эксплуатационной производительности.

#### Общие сведения

Траншейные экскаваторы (рис. 5.1, 5.2) применяют на строительстве линейных подземных коммуникаций открытым способом для рытья траншей прямоугольного и трапецеидального профиля под газо-, нефте-, водо- и продуктоводы, ленточные фундаменты зданий и сооружений.



- 1 – трубоукладчик; 2 – рама рабочего органа; 3 – рабочая цепь; 4 – гидросистема; 5 – пилон; 6 – рама гусеничного хода; 7 – конвейер; 8 – гусеничный ход; 9 – бортовой фрикцион; 10 – рама экскаватора; 11 – барабан для пластмассовых труб; 12 – привод рабочего хода; 13 – присыпатель; 14 – направляющее кольцо для пластмассовых труб; 15 – датчик высотного положения

Рисунок 5.1 – Экскаватор-дренукладчик ЭТЦ-202Б

Они представляют собой самоходные землеройные машины непрерывного действия с многоковшовым или бесковшовым (скребковым) рабочим органом, который при своем поступательном перемещении разрабатывает глубины ширины и профиля с одновременной транспортировкой грунта в сторону от траншей.

Производительность траншейных экскаваторов, постоянно передвигающихся во время работы и отделяющих грунт от массива с помощью ножа непрерывно движущихся по замкнутому контуру ковшей или скрепков, в 2...2,5 раза выше, чем у одноковшовых машин при более высоком качестве работ и меньших энергозатрат на 1 м<sup>3</sup> разработанного грунта.

Каждый траншейный экскаватор состоит из трех основных частей: базового пневмоколесного или гусеничного тягача, обеспечивающего поступательное движение (подачу) машины; рабочего оборудования, включающего рабочий орган для копания траншей и поперечное к продольной оси движения машины отвальное устройство для удаления разработанного грунта в отвал или транспортные средства; вспомогательное оборудование для подъема – опускания рабочего органа и отвального устройства.

Траншейные экскаваторы классифицируют по следующим основным признакам: по типу рабочего органа на 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, комбинированным приводом.

В индексе траншейных экскаваторов первые две буквы Э и Т означают экскаватор траншейный, а последняя – тип рабочего органа (Ц – цепной, Р – роторный).

Первые две цифры индекса обозначают наибольшую глубину отрываемой траншеи (в дм.), третья – порядковый номер модели.

Основным эксплуатационным недостатком цепных экскаваторов является неравномерный износ цепей, работающих в абразивной среде.

В экскаваторе предусмотрено управление рабочим оборудованием.

Ковшовую цепь или ротор с помощью гидродвигателя опускают в грунт или в транспортное положение. Конвейер можно сдвигать на правую или левую сторону экскаватора для подачи грунта в нужную сторону траншеи. Длина конвейера 2...4 м. Экскаваторы оборудованы также автоматическими устройствами для контроля и регулирования глубины траншеи. Цепные траншейные экскаваторы (рис. 5.2) позволяют механизировать не только земляные работы, но и укладку дренажных труб и фильтрующего материала при устройстве дренажей.

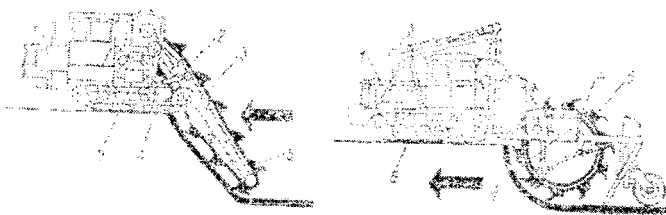


Рисунок 5.2 – Схемы работы многоковшовых экскаваторов

Для этой цели базовому тягачу крепят дополнительно оборудование – барабан с бухтой пластмассовой дренажной трубки. По мере движения экскаватора дренажная трубка скатывается и укладывается на дно траншеи.

**Задание.** Произвести эксплуатационные расчеты многоковшовых траншейных экскаваторов.

Данные для расчета см. в табл.5.1.

### Последовательность выполнения упражнения

1. По заданным глубине и ширине траншеи выбрать экскаватор.
2. Вычислить техническую производительность экскаватора.
3. Определить оптимальную скорость передвижения экскаватора.
4. Выбрать рабочую скорость его передвижения.
5. Подсчитать сменную эксплуатационную производительность.
6. Вычислить количество смен работы экскаватора.

### Методика расчета

1. Выбирая экскаватор, надо исходить из условия, что он должен копать траншеи заданных ширины и глубины.

Технические характеристики основных моделей многоковшовых траншейных экскаваторов приведены в табл. 5.2.

2. Вычисляем техническую производительность экскаватора  $P_t$ . Она зависит от емкости ковшей и числа разгрузок их за единицу времени:

$$P_t = 3.6q/k_p i, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5.1)$$

где  $q$  – емкость ковша, л;  $k_p$  – коэф-т разрыхления грунтов;  $i$  – кол-во разгрузок ковшей.

Для цепных траншекопателей  $i = V_{ц}/a$ , для роторных  $i = n\pi_k/60$ , здесь  $V_{ц}$  – скорость ковшовой цепи, м/сек;  $a$  – шаг ковшей, м;  $n$  – число оборотов ротора, об/мин;  $\pi_k$  – количество ковшей на роторе,

*Примечание.* В расчете принимаем, что во время работы экскаватора весь ковш заполняется грунтом.

3. Вычисляем оптимальную рабочую скорость, которая обеспечивает наибольшую производительность экскаватора при наилучшем использовании его двигателя.

Принимаем, что оптимальная скорость экскаватора соответствует его технической производительности при отрывке траншей заданных размеров:

$$V_{opt} = \frac{P_t}{B \cdot H} \quad (5.2)$$

где  $P_t$  – техническая производительность, м<sup>3</sup>/ч;

$B$  – ширина траншеи, м (табл.2);  $H$  – глубина траншеи, м (там же).

4. Рабочую скорость передвижения экскаватора выбираем по табл.5.1 (обычно она равна вычисленной оптимальной или ближайшей к ней меньшей).

$$V_p < V_{э.опт}$$

Таблица 5.1 – Варианты заданий

Вариант	Грунты	глубина	ширина	длина	
1	Суглинок лессовидный	2	0,5	1000	
2		3,5	0,8	1500	
3		4	0,8	1200	
4		1,6	0,8	1000	
5		1,8	1,4	2000	
6		1,8	0,5	2000	
7	Суглинок с примесью щебня и гравия	3,2	0,8	1800	
8		3,8	0,8	1500	
9		1,4	0,8	1000	
10	Лесс естественной влажности	1,8	1,4	2500	
11		1,7	0,5	500	
12		3	1,1	800	
13		3,7	1,2	900	
14		1,5	0,8	700	
15		1,6	1,4	600	
16	Глина ломовая	1,9	0,5	2000	
17		3,4	1,1	1800	
18		3,6	0,8	1900	
19		1,6	0,8	1700	
20		1,7	1,4	1600	
21		Глина мягкая жирная	2	0,5	1500
22	3,5		1,1	1100	
23	4		1,2	1300	
24	1,6		0,8	1400	
25	1,8		1,4	1600	
26	Суглинок с примесью щебня и гравия		1,8	0,5	1200
27			3	0,8	1000
28			3,9	1,2	1000
29			1,5	0,8	1600
30			1,6	1,4	1800



Таблица 5.2 – Технические характеристики траншейных экскаваторов

Показатели	Марки				
	ЭТЦ-202	ЭТУ-354	ЭТЦ-402	ЭТР-141	ЭР-ТП
Глубина траншеи, м	2	35	4	1.6	1.8
Ширина траншеи, м	0.5	0.8-1.1	0.8-1.2	0.8	1.4
Емкость ковша, л	23	35	40	70	130
Шаг ковшей, м	0.95	0.76	0.8	-	-
Количество ковшей, шт	-	-	-	10	14
Скорость ковшовой цепи, м/сек	1.18	1.17	1.12	-	-
Число оборотов ротора, обр/мин	-	-	-	11.7	9.6
Рабочая скорость передвижения, м/ч	1 диапазон				
I	14-250	14.7	от 0 до	54	31
II	11	18.2	280	67	49
III	диапазон	25.4		81	59
IV	34-590	34		101	84
V		75		125	89
VI		113		151	112
VII		135		179	140
VIII		-		221	-
IX		-		266	-
Двигатель:					
марка	Д-50	Д-54	АМ-01	СМД-14А	Д-108
мощность, л. с.	50	54	101	75	108

Таблица 5.3 – Коэффициент разрыхления грунтов

Грунт	Категория грунта	$K_p$
Суглинок лессовидный	I	1.28
Суглинок с примесью щебня и гравия	II	1.32
Лесс естественной влажности	II	1.28
Глина ломовая	II	1.32
Глина мягкая, жирная	II	13.1
Супесок с примесью щебня и гравия	II	1.28

5. Сменную эксплуатационную производительность экскаватора подсчитываем по формуле:

$$П_{см} = BHV_p T k_a, \text{ м}^3/\text{смену}, \quad (5.3)$$

где  $V_p$  – рабочая скорость, м/ч;

$T$  – продолжительность смены, ч;

$k_a$  – коэффициент использования рабочего времени экскаватора (0.7-0.9).

6. Количество смен работы, которое зависит от объема работ, вычисляем по формуле:

$$n_{см} = \frac{B \cdot H \cdot L}{П_{см}},$$

где  $L$  – длина траншеи, м (табл.5.1).

### Контрольные вопросы

1. Назовите область применения многоковшовых траншейных экскаваторов.
2. Как классифицируют экскаваторы непрерывного действия?
3. Объясните устройство и принцип работы многоковшового и траншейного экскаватора.
4. В чем заключаются достоинства и недостатки цепных, роторных и траншейных экскаваторов?

## Лабораторная работа № 6

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИЦЕПНОГО СКРЕПЕРА

Цель работы – изучение устройства, определение тяговых усилий и производительности скрепера.

Работа выполняется за 2 часа, из них до 15 минут отведено на изучение устройства и рабочего процесса скреперов, а остальное время – на выполнение индивидуального задания.

#### Общие сведения

Скрепер – землеройно-транспортная машина для послойного срезания (набора), перемещения и отсыпки грунта слоем заданной толщины.

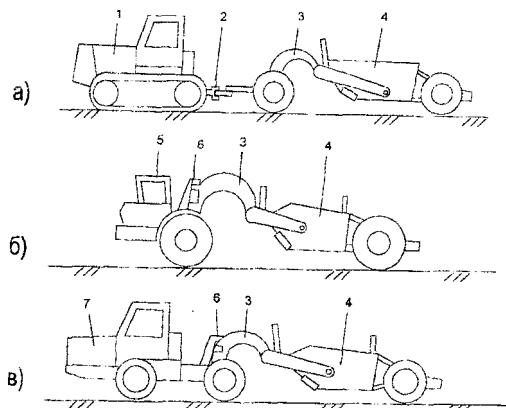
Скреперами разрабатывают различные грунты – от песчаного до глинистого. Очень тяжелые и плотные грунты предварительно разрыхляют.

Рабочее оборудование включает ковш, заслонку, механизмы их привода и правления.

Современные скреперы по способу загрузки ковша делятся на два типа: заполняемые тяговым усилием и с помощью элеватора.

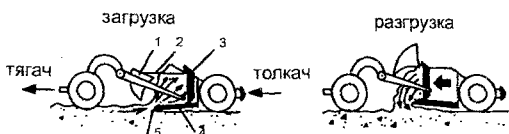
Ковш скрепера первого типа состоит из днища (подножевой плиты), где устанавливают ножи для срезания слоя грунта. В передней части ковша размещается подвижная заслонка, с помощью которой изменяется размер щели между ножами и нижней кромкой заслонки. Эта щель устанавливается машинистом в зависимости от типа и толщины срезаемого слоя грунта. Разгружается ковш скрепера первого типа выдвиганием грунта задней стенкой в щель, образованную полостью поднятой заслонки. Такой способ загрузки называется принудительным и наиболее распространён. У скреперов с элеваторной загрузкой вместо заслонки размещен скребковый элеватор, транспортирующий срезаемый ножом слой грунта в ковш. Элеваторный скрепер разгружается через щель, образуемую обкатным днищем.

По типу соединения рабочего и тягового оборудования скреперы бывают прицепные, полуприцепные и самоходные (рис. 6.1).

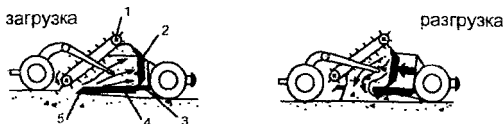


а – прицепной, б, в – самоходный двух- и трёхосный; 1, 7 – гусеничный и колёсный трактора, 2, 6 – сцепное и седельно-сцепное устройство, 3 – рама, 4 – ковш, 5 – одноосный тягач

Рисунок 6.1 – Скреперы



1 – заслонка, 2 – боковая стенка, 3 – задняя стенка, 4 – днище, 5 – нож  
Рисунок 6.2 – Схема скрепера, заполняемого тягловым усилием

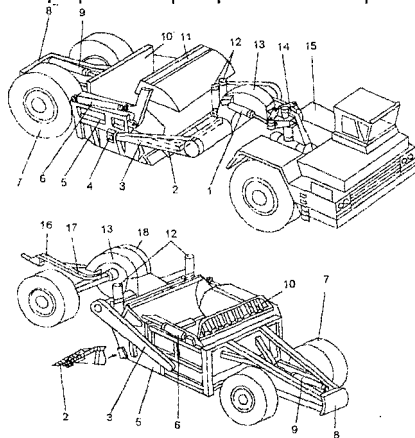


1 – элеватор, 2 – задняя стенка, 3 – днище, 4 – откатное днище, 5 – нож  
Рисунок 6.3 – Схема скрепера с элеваторной загрузкой

Выбор типа скрепера зависит в основном от степени проходимости и дальности транспортирования грунта.

Прицепные скреперы к гусеничным тракторам обладают высокой производительностью и могут успешно работать во время дождей и распутицы, однако их обычно используют на расстояние от 100 до 600 м. Самоходные скреперы менее проходимы и требуют для работы благоприятных дорожных условий, зато они имеют более высокие транспортные скорости и их выгоднее применять на дальнее транспортирование – от 600 до 3500 м. Полуприцепные скреперы на базе колёсных тракторов более эффективны, а самоходные двухмостовые и с мотор-колёсами наиболее эффективны при перемещении грунта на значительные расстояния.

Конструкция типowego прицепного скрепера показана на рис. 6.4.



1 – гидроцилиндр, 2 – сменные ножи, 3 – тяговая рама, 4 – шарнир, 5 – ковш, 6, 9, 12 – гидроцилиндры, 7 – колёса, 8 – буферные устройства, 10 – выдвигаемая задняя стенка, 11 – заслонка, 13 – хобот, 14 – седельно-сцепное устройство, 15 – одноосный тягач, 16 – тяговый шкворень, 17 – поворотная ось, 18 – колёса  
Рисунок 6.4 – а) самоходный скрепер б) прицепной скрепер

**Задание.** Исходные данные: марка скрепера, марка тракторов – тягача и толкача, характеристика грунта приведены в таблице 6.1; схема движения скрепера на рис. 6.5.

Таблица 6.1.

Вариант	Длина участка, м			Подъем дороги, i	Марка			Грунт
	Разрыхленная дорога, L <sub>1</sub>	Уплотненная дорога, L <sub>2</sub>	Разрыхленная дорога, L <sub>3</sub>		Скрепера	Трактора тягача	Трактора толкача	
1	80	30	80	0.09	ДЗ-77С	Т-74С	НЕТ	Легкий (супесок)
2	100	35	100	0.08				
3	150	40	150	0.09				
4	180	50	180	0.07				
5	200	60	200	0.06				
6	250	70	250	0.07				
7	150	60	150	0.09	ДЗ-77С	Т-130	Т-130	Средний (суглинок)
8	200	70	200	0.08				
9	250	80	250	0.07				
10	300	90	300	0.06				
11	350	100	350	0.07				
12	400	120	400	0.08				

Требуется:

1. Определить среднюю толщину стружки, коэффициент наполнения ковша грунтом, коэффициент разрыхления грунта в ковше, объёмную массу грунта и коэффициент призмы волочения.
2. Вычислить длину хода скрепера при загрузке.
3. Подсчитать время на загрузку ковша скрепера.
4. Определить требуемые тяговые усилия на крюке трактора и установить скорости движения скрепера на различных участках дороги.
5. Определить продолжительность движения гружённого и порожнего скрепера на различных участках дороги.
6. Подсчитать полную продолжительность цикла с учетом времени на разгрузку. Вычислить сменную производительность скрепера. Подсчитать количество скреперов на один толкач (для вариантов №№ 7 ... 12).

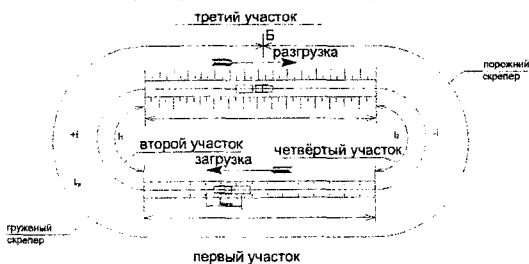


Рисунок 6.5 – Схема движения скрепера

Методика расчёта

1. Среднюю толщину стружки  $S$ , коэффициент наполнения ковша скрепера грунтом  $K_n$ , коэффициент разрыхления грунта в ковше  $K_p$ , объёмную массу грунта  $\gamma$  и коэффициент, учитывающий призму волочения  $m$ , принимаем по практическим данным из табл. 6.2.

Таблица 6.2

Грунты	Средняя толщина стружки $s$ , м (на I передаче)	Кэф-т наполнения ковша, $K_n$	Кэф-т разрыхления грунта, $K_p$	Плотность грунта, $\text{кг/м}^3$ , $\gamma$	Кэф-т призмы волочения, $m$
Лёгкие	0.15-0.2	1-1,05	1.2	1600	0.27
Средние	0.06-0.1	0.9	1.3	1700	0.1

2. Вычисляем длину хода скрепера, необходимую для его загрузки

$$t_{\text{зап}} = \frac{qk_n(1+m)}{k_p cb}, \text{ М,} \quad (6.1)$$

где  $q$  – ёмкость ковша скрепера, м<sup>3</sup> (табл. 6.3);  $b$  – ширина резания,  $p$  (табл. 6.3)

Таблица 6.4

Параметры скреперов	Марка	
	ДЗ-30	ДЗ-77
Ёмкость ковша, $q$	3	8.3
Вес скрепера, $G_{\text{скр}}$	2400	10500
Ширина резания, $b$ , м	1.9	2.65
Продолжительность разгрузки, $t_{\text{разг}}$ , сек	15	25

3. Подсчитываем время на загрузку ковша скрепера. Загрузка – самая тяжёлая операция для тягача, поэтому её осуществляют на 1 передаче:

$$t_{\text{зап}} = \frac{3,6L_{\text{зап}}}{v_1}, \text{ С,} \quad (6.2)$$

где 3,6 – коэффициент перевода км/ч в м/ч;

$v_1$  – скорость движения на первой передаче (см. табл.6.4);

3. Определяем требуемые тяговые усилия на крюке трактора на различных участках дороги при движении гружёного скрепера по формуле:

$$F_{\text{сп}} = (G_{\text{скр}} + qk_n \gamma)(\omega \pm i) \pm G_{\text{тр}} i, \quad (6.3)$$

где  $G_{\text{скр}}$  – вес скрепера, дан (кгс), см.табл.6.4;

$\gamma$  – плотность грунта, кг/м<sup>3</sup> (табл. 6.2);

$\omega$  – основное сопротивление движению: при уплотненном грунте  $\omega = 0.1$ , при разрыхленном  $\omega = 0.3$ ;

$i$  – подъем (+) или уклон (-) дороги;

$G_{\text{тр}}$  – вес трактора, дан (кгс) – см. табл.6.4.

Таблица 6.3

Марка трактора	Вес дан (кгс)	Параметры	Передачи						
			I	II	III	IV	V	VI	VII
Т-74С	8000	Скорость, км/ч	5.0	5.28	6.21	6.9	7.67	-	-
		Тяговое усилие на крюке(кгс)	2850	2100	1750	1450	-	-	-
Т-130	12500	Скорость, км/ч	3.17	3.77	4.58	5.22	6.37	7.6	8.79
		Тяговое усилие на крюке(кгс)	8100	7250	5870	5100	4750	3600	2700

Следовательно:

а) в конце 1 участка ( $\omega = 0.3, i = 0$ )

$$F_{\text{сп1}} = (G_{\text{скр}} + qk_n \gamma)\omega, \text{ дан(кгс)} \quad (6.4)$$

б) на 2 участке( $\omega = 0.3, i$  – см. в табл. 1 со знаком +)

$$F_{\text{сп2}} = (G_{\text{скр}} + qk_n \gamma)(\omega + i) + G_{\text{тр}} i, \text{ дан (кгс)} \quad (6.5)$$

в) в начале 3 участка ( $\omega = 0.3, i = 0$ )

$$F_{\text{сп3}} = (G_{\text{скр}} + qk_n \gamma)\omega, \text{ дан(кгс)} \quad (6.6)$$

Полученные значения требуемых тяговых усилий записываем в таблицу

Таблица 6.5.

Участок	Длина участка	$\omega$	$i$	Требуемое тяговое усилие по формуле (6.4, 6.5, 6.6)	Передача и скорость км/ч (табл. 6.4)	Продолжительн. движения по формуле (6.7)
0,5I <sub>1</sub>		0.3	0	$F_{кр1}^{сп}$		$t_{р1}$
l <sub>2</sub>		0.1	...	$F_{кр2}^{сп}$		$t_{р2}$
0,5I <sub>3</sub>		0.3	0	$F_{кр3}^{сп}$		$t_{р3}$

Итого:  $t_p =$

По величинам  $F_{кр1}^{сп}$ ,  $F_{кр2}^{сп}$ ,  $F_{кр3}^{сп}$  из таблицы 6.4. выбираем, с какой скоростью(и на какой передаче) будет передвигаться трактор со скрепером на различных участках трассы.

5. Скорость движения порожнего скрепера (на 4-ом участке) принимаем соответственно  $V$  передаче трактора.

Продолжительность движения гружёного скрепера на различных участках трассы:

$$t_{сп} = \frac{3.6 \cdot 0.5 \cdot l_1}{V_I} + \frac{3.6 \cdot l_2}{V_{II}} + \frac{3.6 \cdot 0.5 \cdot l_3}{V_{III}} \quad (6.7)$$

Каждое слагаемое записываем в соответствующую строку таблицы 5.

Продолжительность движения порожнего скрепера (на  $V$  передаче для всех типов скреперов):

$$t_{сп} = \frac{3.6 \cdot l_{нор}}{V_{IV}} = \frac{3.6 \cdot (0.5 \cdot l_3 + l_2 + 0.5 \cdot l_1)}{V_{IV}}, \text{ с} \quad (6.8)$$

6. Подсчитываем полную продолжительность цикла с учётом времени на разгрузку  $t_{разк}$  (табл. 6.3.) и времени на переключение передачи  $t_m = 5$  с.

$$t_{ц} = t_{загр} + t_{сп} + t_{разк} + t_{нор} + t_m \cdot \text{с} \quad (6.9)$$

7. Вычисляем сменную производительность скрепера:

$$\Pi_{см} = \frac{3600 \cdot q \cdot k_n \cdot k_a \cdot T}{t_{ц} \cdot k_p}, \text{ м}^3/\text{смену}, \quad (6.10)$$

где  $k_n$  – коэффициент использования сменного времени, равный 0.7...0.75

$T$  – продолжительность смены (8 час.)

8. Подсчитываем количество скреперов на один толкач:

$$n_c = \frac{t_{ц}}{\frac{3.6 \cdot l_{загр}}{V_I} + \frac{3.6 \cdot l_{нор}}{V_{III}} + t_{ход}} \quad (6.11)$$

где  $V_I$  – скорость при подталкивании скрепера во время загрузки(на I передаче), км/ч;

$V_{III}$  – скорость возвращения толкача (на III передаче), км/ч;

$t_{ход}$  – время на проход трактора-толкача (30-40 сек).

### Последовательность выполнения работы

1. Изучить назначение, устройство скреперов.
2. Выполнить индивидуальное задание.
3. Оформить отчёт. Отчёт должен содержать расчёты, с обязательным указанием размерностей определяемых величин, заполненную таблицу 6.5, а также ответы на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Назовите основные элементы скреперов.
2. Перечислите преимущества и недостатки прицепных и самоходных скреперов.

3. Что означает величина в формуле 6.3? (письменно).
4. Какие операции наиболее тяжелые для тягача, а какие наиболее продолжительные?
5. Перечислите резервы повышения производительности скреперов. Какие проблемы при этом возникают и каковы пути их решения?

### Лабораторная работа №7

## ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПОСТРОЕНИЕ ГРУЗОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАШЕННОГО КРАНА

**Цель работы** – изучение устройства башенного крана с поворотной башней и подъемной стрелой, построение грузовой характеристики крана.

### Общие сведения

Строительные башенные краны являются ведущими грузоподъемными машинами в строительстве и предназначены для механизации строительно-монтажных работ при возведении жилых, гражданских и промышленных зданий, сооружений водопроводно-канализационного назначения. Они обеспечивают вертикальное и горизонтальное транспортирование строительных конструкций, элементов зданий, материалов непосредственно к рабочему месту в любой точке строящегося объекта.

Рабочими движениями башенных кранов являются подъем и опускание груза, изменения вылета стрелы (крюка) с грузом, поворот стрелы в плане на 360 градусов, передвижения крана. Отдельные движения могут быть совмещены: например, подъем груза поворотом стрелы в плане.

Башенные краны классифицируют по назначению конструкции башен, типу стрел, способу установки и типу ходового устройства.

По назначению различают краны для строительно-монтажных работ в жилищном, гражданском, промышленном, гидротехническом строительстве.

По конструкции башен различают краны с поворотной и неповоротной башнями. Башни кранов могут быть постоянной длины и раздвижными (телескопическими).

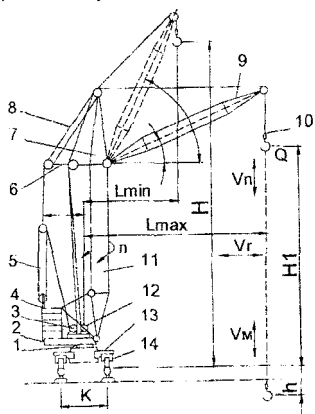


Рисунок 7.1

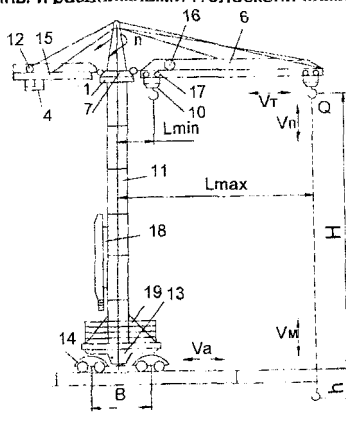


Рисунок 7.2

Башенный кран с поворотной башней (рис. 7.1) состоит из опорно-поворотного устройства 1, на которое опирается поворотная часть крана, располагается внизу на ходовой раме крана или портала. Поворотная часть кранов включает поворотную платформу 2, на которой размещены грузовая 12 и стреловая 3 лебёдки, механизм поворота плиты противовеса 4, башня 11 с оголовком 7, распоркой 6 и стрелкой 9.

Башенный кран с неповоротной башней (рис. 7.2) имеет расположение опорно-поворотного устройства в верхней части башни. Поворотная часть таких кранов состоит из поворотного оголовка 7, механизма поворота стрелы 9, противовесной консоли 15, где размещаются лебёдки, противовес 4, служащий для уменьшения изгибающего момента, действующего на башню крана. На ходовой раме 13 крана с неповоротной башней уложены плиты балласта 19, а с боковой стороны башни расположены монтажная стойка 18, с лебёдкой и полиспастом, предназначенная для поднятия и опускания верхней части крана при его монтаже и демонтаже.

Ходовые рамы опираются на ходовые тележки 14, которые обеспечивают передвижение кранов по подкрановым путям.

По типу стрел башенные краны различают с подъёмной (маневровой), балочной и шарнирно-сочленённой стрелами. У крана с подъёмной стрелой (рис. 7.1) головным блоком подвешивается крюковая подвеска 10, вылет изменяется поворотом стрелы, в вертикальной плоскости относительно опорного шарнира с помощью стреловой лебёдки 3, полиспаста 5, стрелового расчала 8.

У башенного крана с балочной стрелой (рис. 7.2) вылет изменяется при перемещении по нижним ездовым поясам стрелы грузовой тележки 17 с подвешенной крюковой подвеской.

У кранов с шарнирно-сочлененной стрелой стрела состоит из шарнирно-соединенных основной и головной частей, которые могут быть в виде подъёмной или балочной стрелы. В первом случае вылет изменяется поворотом всей шарнирно-сочлененной стрелы с крюковой подвеской, подвешенной на головных блоках, во втором – сочетанием подъема всей стрелы с последующим перемещением грузовой тележки по балкам головной секции стрелы.

По способу установки краны подразделяются на передвижные (рис. 7.3 а), стационарные (рис. 7.3 б), самоподъемные (рис. 7.3 в).

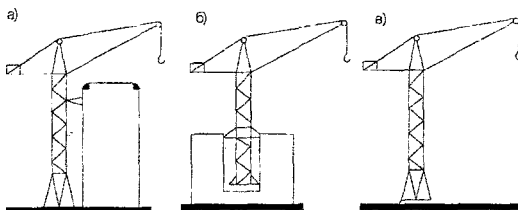


Рисунок 7.3 – Способы установки башенных кранов

Передвижные башенные краны по типу ходового устройства подразделяются на рельсовые, автомобильные на специальном шасси автомобильного типа, пневматические, гусеничные. Рельсовые краны наиболее распространены. Стационарные краны не имеют ходового устройства и устанавливаются вблизи строящегося здания или сооружения на фундаменте. При возведении зданий большой высоты передвижные и стационарные краны для повышения их прочности, устойчивости прикрепляют к возводимому



зданию. Прикрепляемые к зданию стационарные краны называют приставными. Перемещение в самоподъемных кранах вверх осуществляется с помощью собственных механизмов по мере возведения здания.

В индекс крана входят буквенные и цифровые обозначения. Буквы перед цифрами обозначают: КБ – кран башенный, КБМ – кран башенный модульной системы, КБР – кран башенный для ремонта зданий, КБГ – кран башенный для гидротехнического строительства. Цифры цифровой части индекса обозначают: первая цифра – номер размерной группы, в том числе соответствующий номинальный грузовой момент (1-я – до 30 т.м, 2-я – 75, 3-я – 125, 4-я – 175, 5-я – 300, 6-я – 550, 7-я – 800, 8-я – 1200, 9-я – более 1200 т.м). Последующие две цифры – порядковый номер базовой модели (01-69 для кранов с поворотной и 71-99 с неповоротными башнями). После точки указывается порядковый номер исполнения крана (О-9). Буквы (А, Б, В, ...), стоящие в индексе после цифр, обозначают очередную модернизацию, то есть изменение конструкции без изменения основных параметров, а затем следует обозначение климатического исполнения крана (ХЛ – для холодного, Т – тропического, ТВ – тропического влажного климата).

Например, индекс крана КБ-405.1А означает – кран башенный, четвертой размерной группы, с поворотной башней, первое исполнение, первая модернизация для умеренного климата.

Устройство башенного крана следует изучать используя плакаты, модели, кинематические схемы механизмов.

Под грузовой характеристикой понимают зависимость грузоподъемности крана и высоты подъема крюка от вылета стрелы.

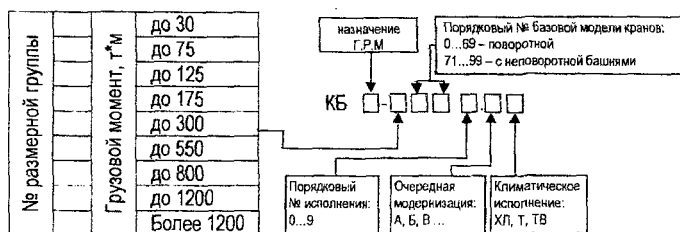


Рисунок 7.4 – Схема индексации башенных кранов

Вылет стрелы – это расстояние от оси вращения поворотной платформы до оси крюковой подвески. Как правило, эти зависимости даются в виде графиков. Грузовые характеристики используют при выборе крана, при его техническом освидетельствовании, при настройке ограничителей грузоподъемности, при расчёте производительности крана и др.

Грузовая характеристика свободностоящего крана обусловлена его устойчивостью: последнее обеспечивается только его собственным весом. Центр тяжести крана находится внутри его опорного контура, и вес крана создаёт восстанавливающий момент. Нагрузки, приложенные за пределами контура, создают опрокидывающий момент. Степень устойчивости крана характеризуется коэффициентом устойчивости и представляет собой отношение восстанавливающего момента к сумме моментов сил, опрокидывающих кран.

Упрощённая расчётная схема крана при работе с грузом показана на рис. 1.5. Кран будет в состоянии равновесия относительно ребра опрокидывания 0-0, если восстано-

ливающий момент  $G_d$  и опрокидывающий момент  $Q_c$  равны между собой, то есть  $G_d/Q_c = 1$ , где  $G$  – вес крана,  $Q$  – вес груза.

Для надёжной и безопасной работы крана необходимо иметь некоторый гарантированный запас устойчивости /коэффициент устойчивости/. Коэффициент устойчивости должен быть не менее 1,4 /при учёте статических нагрузок/:  $K = G_d/Q_c \geq 1.4$

Максимально допустимая /предельная/ грузоподъёмность стрелового крана для соответствующего вылета будет равна:

$$Q_i^{max} = \frac{G d_i}{1.4 c_i} - \frac{Q}{1.4} \quad (7.1)$$

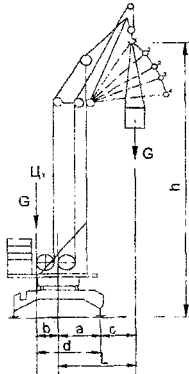
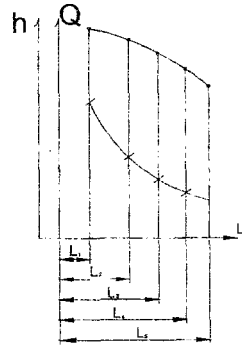


Рис. 7.5 – Упрощённая расчётная схема при работе с грузом рисунок



7.6 – Грузовая характеристика

Грузоподъёмность, определённую по зависимости, называют номинальной; её представляют чаще всего в виде графика и вносят в паспорт крана, поэтому номинальную грузоподъёмность называют также паспортной.

Произведение грузоподъёмности крана на соответствующий вылет стрелы называют грузовым моментом  $M_i = Q_i L_i$ ; этот параметр является главным обобщённым параметром крана.

#### Описание лабораторной установки

Лабораторная установка представляет собой модель башенного крана. Вес поднимаемого груза изменяют посредством сменных грузов; вылет стрелы  $L$  – посредством стреловой лебёдки, высоту подъёма крана  $h$  – посредством грузовой лебёдки. Вес крана принят  $G = \text{const}$ , приложен в центре тяжести крана  $C_r$ . Для данной модели  $G = 24\text{Н}$ ,  $Q = 12\text{см}$ .

Принадлежности: линейка 3000 мм, гири /разновесы/.

#### **Последовательность выполнения работы**

1. Изучить устройство башенного крана по плакатам и моделям.
2. Для построения грузовой характеристики необходимо заготовить таблицу:

№	$d_i$ , см	$G_i$ , см	$H_i$ , см	$L_i$ , см	$Q_i$ , Н	$Q_{ном}$ , Н	$M_i$ , Нм	Прим.
1								
2								
3								
4								
5								

3. Установить стрелу в крайнем поднятом положении /точка1/, вылет минимальный, грузоподъёмность максимальна. Подвесить на крюк столько грузов  $Q_i$ , чтобы кран начал опрокидываться относительно ребра 0-0. Измерить расстояние  $d_1$ ,  $G_1$ ,  $h_1$ . Вычислить номинальную грузоподъёмность и грузовой момент  $M_1 = Q_1 L_1$ . Заполнить первую строку таблицы.

4. Провести опыты для других положений стрелы /точки 2,3,4,5-см рис. 7.5/, повторять все операции, указанные в п.3, заполнить все строки таблицы.

5. Построить график номинальной грузоподъёмности. На этом же графике построить кривую высоты подъёма крюка; выделить рабочую и нерабочую зоны.

6. Проанализировать полученную грузовую характеристику, сравнить её с грузовыми характеристиками серийных кранов.

7. Оформить отчёт. Отчёт должен содержать расчётную схему крана, таблицу, график /в масштабе/ и ответы на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Что выражает собой коэффициент грузовой устойчивости?
2. Почему зависимость имеет характер гиперболы?
3. В каких случаях нужна грузовая характеристика?
4. Пользуясь грузовыми характеристиками серийных кранов, решите следующие задачи. Для заданного вылета определите максимальную грузоподъёмность и максимальную высоту подъёма крана, либо для заданной грузоподъёмности определите допустимый вылет и максимальную высоту подъёма крюка.

По каким параметрам производится классификация башенных кранов?

Назначение башенных кранов.

Как различаются башенные краны по конструкции башен, способы установки?

### ЛИТЕРАТУРА

1. Добронравов, С.С. Строительные машины и оборудование: справочник для строит. спец. вузов и инж.-техн. работников. – М.: Высш. шк., 1991. – 456 с.: ил.
2. Строительные машины: справочник: в 2 т. Гл. Машины для строительства промышленных, гражданских сооружений и дорог / А.В. Раннев [и др.]; под общ. ред. Э.Н. Кузина. – 5-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1991. – 496 с.: ил.
3. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов. – Минск: ЗАО «Критерий», 1997. – 304 с.
4. Альперович, А.И. Башенный кран / А.И. Альперович, С.П. Елифанов. – М.: Стройиздат, 1984. – 102 с.
5. Вайнсон, А.А. Подъёмно-транспортные машины. – М.: Машиностроение, 1975. – 263 с.
6. Беркман, И.Л. Универсальные одноковшовые строительные экскаваторы / И.Л. Беркман [и др.]. – М.: Высшая школа, 1977. – 236 с.
7. Технология, механизация и автоматизация строительства / С.С. Атаев, В.А. Бондарик, И.Н. Громов [и др.]; под ред. С.С. Атаева, С.Я. Луцкого. – М.: Высшая школа, 1990. – 592 с.: ил.
8. Фицелев, А.С. Строительные машины / А.С. Фицелев, Ю.Ф. Чубу. – М.: Машиностр., 1979. – 280 с.
9. Гомоз, И.М. Определение основных параметров процесса копания грунта ковшем драглайна: методические указания к лабораторной работе. – М.: ВШ, 1978. – 20 с.
10. Строительные машины: справочник / Под ред. В.А. Баумана. – М.: Машиностроение, 1978. – Т.1. – 460 с.
11. Ветров, Ю.А. Строительные машины. Практические упражнения / Ю.А. Ветров [и др.]. – Киев: Вища школа, 1974. – 120 с.
12. Королев, К.М. Конструкция и опыт эксплуатации современных бетононасосов / К.М. Королев, С.Ф. Коган. – М.: ЦНИИТ "Строймаш", 1975. – 60 с.
13. Руководство по укладке бетонных смесей бетононасосными установками. – М.: Стройиздат, 1978. – 144 с.

Учебное издание

**Составители:**

Владимир Александрович Ранский

Петр Петрович Ивасюк

Вячеслав Иванович Есавкин

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторным работам по курсам:

«Основы строительного производства» для студентов специальности 1-70 04 03,  
«Механизация и автоматизация в строительстве» для студентов специальности 1-70 02 01,  
«Строительные, дорожные и транспортные машины» для студентов специальности  
1-70 03 01, «Мелиоративные и строительные машины» для студентов специальности  
1-70 05 01, «Производство строительных изделий и конструкций» для студентов  
специальности 1-70 01 01, «Техника, технология строительно-монтажных работ»  
для студентов специальности 1-70 04 03.

### Часть 1

Ответственный за выпуск: Ивасюк П.П.

Редактор: Строкач Т.В.

Компьютерная вёрстка: Кармаш Е.Л.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано к печати 14.10.2010. Формат 60x84<sup>1/16</sup>. Гарнитура Arial Narrow. Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 2,1 Уч. изд. л. 2,25 Тираж 75 экз. Заказ № 994. Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет». 224017, Брест, ул. Московская, 267.