

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет  
имени Евфросинии Полоцкой»



**Ю. В. Вишнякова, Е. В. Лесович**

## **ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ**

Методические указания  
к выполнению курсового проекта и разделу дипломного проекта  
для студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение,  
водоотведение и охрана водных ресурсов»

*Текстовое электронное издание*

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
имени Евфросинии Полоцкой  
2023

Об издании – [1](#), [2](#)

1 – дополнительный титульный экран – сведения об издании

УДК 628.16(075.8)

Одобрено и рекомендовано к выпуску  
методической комиссией инженерно-строительного факультета  
в качестве методических указаний (протокол № 8 от 29.11.2022 г.)

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

канд. техн. наук, доц., зав. каф. строительного производства Л. М. ПАРФЁНОВА;  
канд. техн. наук, доц., старший преподаватель каф. теплогазоснабжения  
и вентиляции С. И. ПИВОВАРОВА

Для создания текстового электронного издания «Техника и технология строительно-монтажных работ» Ю. В. Вишняковой, Е. В. Лесович использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

ВИШНЯКОВА Юлия Валентиновна  
ЛЕСОВИЧ Екатерина Викторовна

## **ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ**

Методические указания  
к выполнению курсового проекта и разделу дипломного проекта  
для студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение,  
водоотведение и охрана водных ресурсов»

Редактор *И. Н. Чапкевич*

---

Подписано к использованию 27.03.2023.  
Объем издания: 3,06 Мб. Заказ 149.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет  
имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 27.05.2004.

211440, ул. Блохина, 29,  
г. Новополоцк,  
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44  
<http://www.psu.by>

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 СОСТАВ ПРОЕКТА И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ .....	7
2 ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ .....	10
2.1 Определение размеров котлована .....	11
2.1.1 Размеры котлована по низу .....	13
2.1.2 Размеры котлованов поверху .....	15
2.2 Размеры траншей .....	15
2.3 Определение объемов земляных работ .....	17
2.3.1 Определение объемов растительного грунта .....	18
2.3.2 Определение объемов минерального грунта .....	19
2.3.3 Объемы въездных и выездных траншей .....	20
2.3.4 Объем работ по срезке недобора .....	20
2.3.5 Определение объемов траншеи для трубопровода .....	21
2.3.6 Объем обратной засыпки .....	22
2.4 Проектирование кавальеров грунта .....	23
2.5 Подбор механизмов для производства земляных работ .....	24
2.6 Определение схемы работы экскаватора при разработке котлована .....	26
2.6.1 Схема проходок по ярусам .....	26
2.6.2 Определение типа проходок экскаватора .....	27
2.7 Определение типа и количества транспорта для отвоза грунта .....	31
3 ПРОИЗВОДСТВО БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАБОТ .....	34
3.1 Устройство щебеночной и бетонной подготовки .....	34
3.2 Устройство выравнивающей цементной стяжки .....	35
3.3 Устройство гидроизоляции днища и защитной стяжки .....	35
3.4 Определение объемов бетонных и сопутствующих работ .....	36
3.5 Транспортирование и укладка бетонной смеси .....	37
3.6 Опалубочные и арматурные работы .....	37
3.7 Устройство монолитного днища .....	38
3.8 Устройство монолитных стен .....	43
4 ПРОИЗВОДСТВО МОНТАЖНЫХ РАБОТ .....	45
4.1 Устройство сборных стен .....	45
4.2 Монтаж прямоугольных емкостных сооружений .....	49
4.3 Монтаж круглых (цилиндрических) емкостных сооружений .....	54
4.4 Монтаж перекрытий .....	58
4.5 Определение объемов монтажных работ емкостных сооружений .....	59
4.6 Монтаж трубопровода и колодца .....	59
4.6.1 Канализационные трубопроводы .....	59
4.6.2 Канализационные колодцы .....	60
4.6.3 Водопроводные трубопроводы .....	61
4.6.4 Водопроводные колодцы .....	64
5 ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ЗАГЛУБЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ СПОСОБОМ «СТЕНА В ГРУНТЕ» .....	66
6 УСТРОЙСТВО ЗАГЛУБЛЕННЫХ ВОДОЗАБОРНЫХ И НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ОПУСКНЫМ СПОСОБОМ .....	68
7 ПОДБОР ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ .....	72
7.1 Назначение и классификация кранов .....	72
7.2 Основные параметры кранов .....	74

7.3 Выбор типа кранов и их количества для монолитных сооружений.....	74
7.3.1 Определение грузоподъемности крана.....	75
7.3.2 Определение требуемой высоты подъема крюка .....	75
7.3.3 Определение вылета стрелы.....	76
7.4 Выбор транспортных средств и способов доставки конструкций .....	79
8 СВАРКА И ЗАМОНОЛИЧИВАНИЕ СТЫКОВ МЕЖДУ СБОРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ СООРУЖЕНИЙ, ИХ ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ .....	82
8.1 Сварка арматурных выпусков и закладных деталей .....	82
8.2 Технология замоноличивания стыков.....	83
8.3 Герметизация стыков .....	86
8.4 Гидравлические испытания.....	87
8.5 Гидроизоляция .....	88
ЛИТЕРАТУРА .....	89
Приложение А .....	90

## ВВЕДЕНИЕ

Курс «Техника и технология строительно-монтажных работ» предусматривается комплексный курсовой проект по производству земляных, трубоукладочных, монтажных и монолитных ж/б работ, выполняемых при возведении водопроводно-канализационных сооружений.

Целью проектирования является формирование умений и навыков по технологии возведения сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения с углублением и расширением знаний путем проработки специальной и нормативно-справочной литературы, а также подготовка студентов к самостоятельной производственной деятельности.

Данные указания рекомендуют общую схему и методику выполнения курсового проекта по этапам.

Объектами проектирования являются линейные и объемные сооружения водоснабжения и канализации (трубопроводы, отстойники, резервуары чистой воды, насосные станции, аэротенки и др.).

## 1 СОСТАВ ПРОЕКТА И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ

Заданием на проектирование предусматривается определить состав работ, схемы и сроки их выполнения, подобрать строительные машины, разработать технологическую последовательность выполнения работ. Для этого требуется определить размеры котлована под сооружение и кавальеров разрабатываемого грунта, места их расположения, объемы работ по видам, выбрать и обосновать методы производства работ, подобрать для них строительную технику и машины, определить их количество, составить сводную таблицу работ, комплекта машин и механизмов, а также технологической последовательности выполнения работ [10].

Исходными данными для проектирования являются тип и вид сооружения, его размеры и конструктивные особенности, дальность транспортирования грунта.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

- содержание;
- введение;
- исходные данные для проектирования и их анализ;
- характеристики объекта строительства, грунтов, грунтовых вод и др.;
- определение состава и объемов работ;
- выбор методов производства работ, типов машин, механизмов, приспособлений, методов борьбы с грунтовыми водами и др.;
- расчет технико-экономических показателей для выбора типа машин;
- описание последовательности технологических операций.
- потребность в материально-технических ресурсах и материалах;
- калькуляцию трудовых затрат;
- заключение;
- список использованных источников.
- приложения (при необходимости).

В графической части проекта должны быть представлены:

- планы и разрезы земляных, монтажных, бетонных работ строящегося сооружения или трассы трубопровода с необходимыми размерами, отметками;
- схемы рабочих мест основных машин и механизмов при выполнении ими строительных операций, схемы и детали временных конструкций, вспомогательных устройств, приспособлений, необходимых для проведения работ;
- на схемах работы машин должны быть даны их основные размеры и характеристики (радиус резания, высота выгрузки, вылет стрелы, грузоподъемность крана и др.).

Курсовой проект (работу) оформляют соблюдая следующие требования и параметры:

- печать документа на белой бумаге формата А4 (210 × 297 мм) на одной стороне листа на русском языке с применением компьютерной технологии подготовки документов (MS Office Word), печать должна быть одинаковой насыщенности по всему объему работы, чёткой;

– размеры полей документа: левое – 30 мм; правое – 10 мм; нижнее – 20 мм; верхнее – 20 мм.

– междустрочный интервал – одинарный либо с множителем 1,2;

– шрифт – Times New Roman, размером 14 пунктов (14 пт), цвет Авто;

– отступ абзацев текста от границ полей документа слева и справа – нет, отступ первой строки абзаца – 1,25 см;

– выравнивание текста – по ширине документа.

Общие параметры заголовков:

– шрифт – Times New Roman, заголовки разделов следует печатать заглавными (большими буквами), не выделяя их жирным или полужирным шрифтом, например: «ВВЕДЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ» и т.п.

– точка в конце заголовков не ставится.

Каждый раздел начинается с новой страницы. Название подраздела пишется прописными буквами. Между подразделами и разделами делается отступ в 2 строки, а между подразделом и текстом подраздела – одну строку.

Нумерация страниц, разделов, подразделов, пунктов, подпунктов, рисунков, таблиц, формул и приложений осуществляется арабскими цифрами.

Страницы нумеруются в правом верхнем углу. Страницы записки следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Титульный лист не нумеруют, но включают в общую нумерацию проекта.

Иллюстрации и таблицы следует располагать в записке непосредственно на странице с текстом после абзаца, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Иллюстрации и таблицы должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах документа, включаются в общую нумерацию страниц. Если их размеры больше формата А4, их размещают на листе формата А3 и учитывают как одну страницу. Нумерацию таблиц и рисунков производят последовательно в пределах каждого раздела и обозначают соответственно словами «рисунок» и «таблица». На все иллюстрации и таблицы должны быть ссылки в тексте. Слова «рисунок», «таблица» в подписях к иллюстрации, таблице и в ссылках на них не сокращают.

Номер иллюстрации, таблицы должен состоять из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, таблицы, разделенных точкой, символ “№” не проставляется. Например: «рисунок 1.2» (второй рисунок первого раздела), «таблица 2.5» (пятая таблица второго раздела). Если в записке приведено лишь по одной иллюстрации, таблице, то их нумеруют последовательно в пределах работы в целом, например: «рисунок 1», «таблица 1».

Иллюстрации, как правило, имеют наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст), располагаемые по центру страницы. Пояснительные данные помещают под иллюстрацией со следующей строки – слово «Рисунок», номер и наименование иллюстрации, отделяя знаком тире номер от наименования.

При оформлении таблиц допускается применять шрифт на 1-2 пункта меньший, чем в тексте документа.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист. Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы, повторяя в каждой части таблицы боковик. Заголовок таблицы помещают только над первой частью таблицы, над остальными пишут «Продолжение таблицы» либо «Окончание таблицы».

Формулы (если их больше одной) нумеруют в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенных точкой. Номера формул пишут в круглых скобках у правого поля листа на уровне формулы, например: «(3.1)» – первая формула третьего раздела.

Если формула не умещается в одну строку, она должна быть перенесена после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (x) и деления (:).

Ссылки на формулы по тексту указывают в круглых скобках.

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле.

Ссылки на литературу по тексту указывают в квадратных скобках.

## 2 ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Строительство сооружений систем водоснабжения и водоотведения связано с выполнением больших объемов земляных работ.

Котлованами называются выемки, ширина которых мало отличается от длины, а траншеями – выемки, имеющие малые размеры поперечного сечения и большую длину. Наклонные боковые поверхности котлована называют откосами, горизонтальные поверхности вокруг них – бермами. Остальными элементами котлована являются: дно выемки – нижняя горизонтальная земляная площадка котлована; бровка – верхняя кромка откоса, подошва – нижняя кромка откоса.

К земляным сооружениям относятся также резервы и кавальеры. Резервы – это выемки, из которых берут грунт для устройства насыпи, а кавальеры – это насыпи, образуемые при отсыпке ненужного грунта, например, для временного его хранения, используемого затем вновь для засыпки траншей или пазух котлованов.

Для безопасного ведения работ в котловане требуется установить крутизну откосов выемки. Крутизна откосов показывает соотношение сторон при прямом угле условного треугольника, где высота принимается за 1, а прилегающая (горизонтальная) сторона –  $mh$ , т. е. крутизна откоса –  $1:m$ . Значение  $m$  часто называют заложением откоса. Горизонтальное проложение наклонной линии откоса –  $mh$ , где  $h$  – высота откоса.

В данном курсовом проекте разрешается использовать возможность крепления стенок.

Наибольшая крутизна откосов котлованов глубиной до 5 м, устраиваемых без крепления в грунтах, находящихся выше УГВ (с учетом капиллярного поднятия), принимается в зависимости от грунта и глубины выемки (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Наибольшая допустимая крутизна котлованов и траншей в грунтах естественной влажности [1]

Грунт	При глубине выемки, м	
	до 2	более 2
Песок: мелкозернистый	1:1,5	1:2
средне- и крупнозернистый	1:1,25	1:1,5
Суглинок	1:0,67	1:1,25
Гравелистый и галечниковый (гравия и гальки свыше 40%)	1:0,75	1:1
Глина	1:0,5	1:0,75
Разрыхленный скальный	1:0,25	1:0,25

При выборе коэффициента откоса следует учитывать:

– при напластовании различных видов грунта крутизну откоса для всех пластов назначают по более слабому виду грунта.

– к насыпным относятся грунты, пролежавшие в отвалах менее 6 месяцев и не подвергавшиеся искусственному уплотнению (проездом, укаткой и т.д.).

## 2.1 Определение размеров котлована

Размеры котлованов устанавливают исходя из общих размеров сооружения в плане, глубины его заложения, крутизны откосов, а также принятых методов выполнения основных производственных процессов: монтажа сборных (устройства монолитных) железобетонных конструкций; доставки и раскладки конструкций в монтажной зоне; установки опалубки, лесов и подмостей; движения транспорта и т.п.

Поскольку при строительстве систем водоснабжения и водоотведения применяют заглубленные емкостные сооружения чаще всего прямоугольной или круглой в плане формы, которые отличаются друг от друга только своими размерами и внутренними конструктивными элементами, то можно выделить следующие четыре основные схемы их возведения:

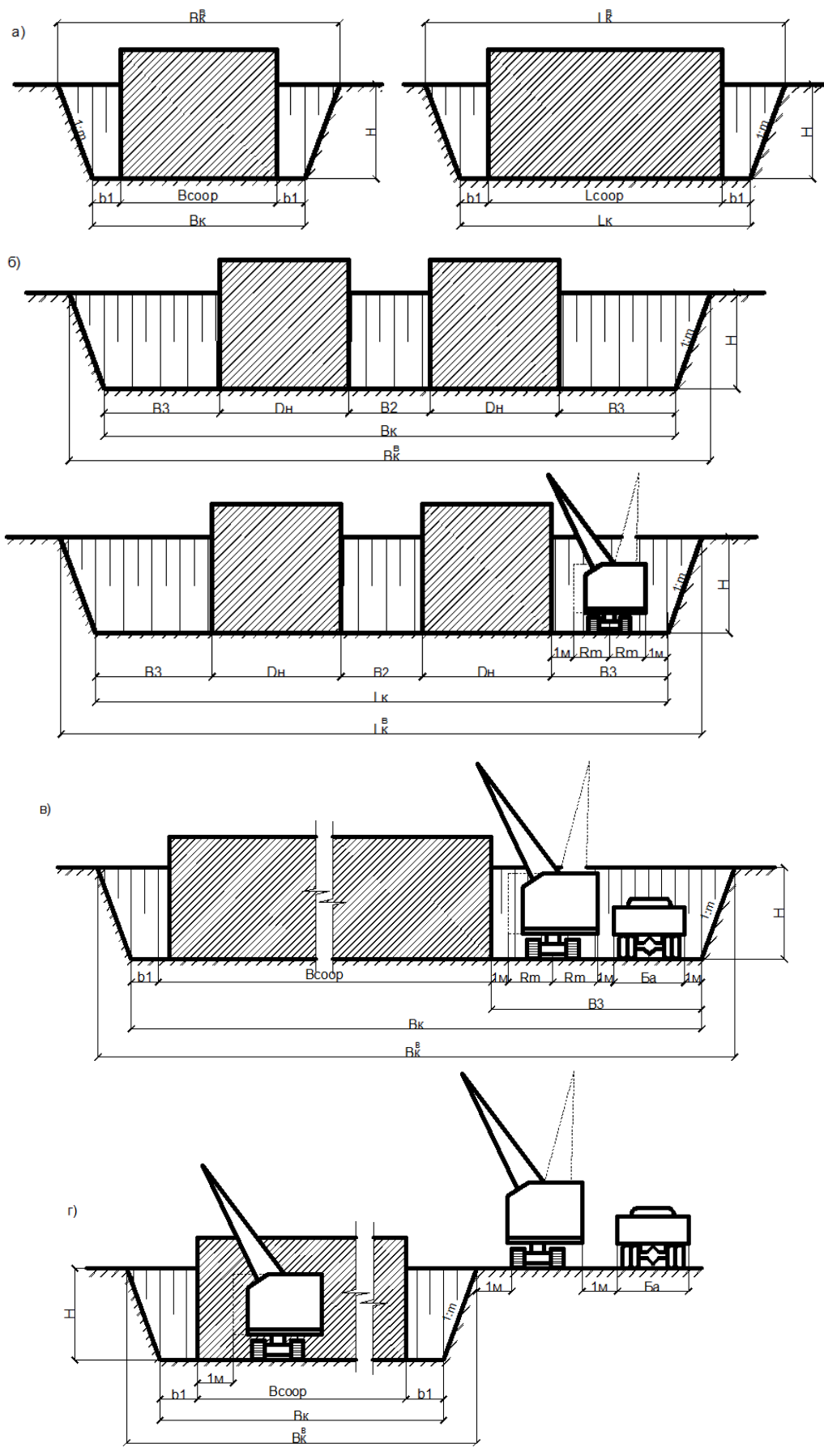
– **схема I** (кольцевая) – ведущая и другие машины, работающие с ней в комплекте (например, кран и транспортные средства), движутся по берме котлована, не заезжая на его дно. По этой схеме возводят небольшие сооружения, ширина или диаметр которых в плане не превышают 15 м ( $B_{\text{соор}} \leq 15$  м) (рисунок 2.1, а);

– **схема II** – механизмы движутся по дну котлована за пределами сооружения, по его периметру. По этой схеме строят сооружения средних габаритов (от 15 до 30 м) и невозможности движения внутри сооружения (радиальные отстойники, контактные резервуары и др.) (рисунок 2.1, б);

– **схема III** – механизмы при строительстве сооружения перемещаются по днищу сооружения. По этой схеме обычно строят крупные сооружения, размеры которых в плане в 3 и более раз превышают 15 м., и внутренние ограждающие и поддерживающие конструкции (аэротенки, горизонтальные отстойники, резервуары чистой воды и др.), для установки которых монтажные машины должны заезжать на днище сооружения (рисунок 2.1, в);

– **схема IV** – предусматривает монтаж сооружения двумя параллельно работающими кранами, при этом конструкции крайних стен и примыкающего пролета сооружения монтируют первым краном с передвижением его и транспортных средств по берме котлована, а конструкции внутри сооружения – вторым, который движется по днищу сооружения. Применяется при возможности движения по днищу сооружения (но не вокруг сооружения по дну котлована) и по берме котлована (например, для опускного способа, при размещении экскаватора внутри сооружения) (рисунок 2.1, г).

Размеры котлованов для возведения водопроводно-канализационных сооружений определяются не только габаритами сооружений, но и методами выполнения ведущих процессов. Поэтому сначала выбирают схему выполнения ведущего процесса и соответствующий комплект машин, а затем определяют размеры котлована и переходят к проектированию процесса земляных работ (выбора кранов и соответствующих схем выполнения монтажного процесса).



а) – схема I; б) – схема II; в) – схема III; г) - схема IV  
 Рисунок 2.1 – Схема для определения размеров котлована [1]

### 2.1.1 Размеры котлована по низу

По схеме I возводят небольшие сооружения, ширина которых или диаметр в плане не превышают 15 м ( $B_{\text{соор}} \leq 15$  м). Размеры котлована в плане (ширина  $B_k$  и длина  $L_k$ ) определяется по формулам (2.1), (2.2) и обуславливаются внешними размерами сооружения с небольшим уширением его дна с каждой стороны для удобства выполнения работ (см. рисунок 2.1, а):

$$B_k = B_{\text{соор}}n + (n - 1)B_2 + 2b_1; \quad (2.1)$$

$$L_k = L_{\text{соор}}n_1 + (n_1 - 1)B_2 + 2b_1, \quad (2.2)$$

где  $B_k, L_k$  – соответственно ширина и длина котлована по дну;

$B_{\text{соор}}, L_{\text{соор}}$  – ширина и длина возводимого сооружения по наружному обмеру;

$n$  и  $n_1$  – число сооружений (секций) в одном ряду соответственно в поперечном и продольном направлениях;

$B_2$  – расстояние между сооружениями (секциями) в свету;

$b_1$  – ширина свободного пространства между подошвой откоса котлована и выступающим днищем сооружения (принимается по условиям техники безопасности и для удобства работы не менее 0,6 м).

По схеме II строят сооружения средних габаритов (от 15 м до 30 м), при значительном их заглублении, большой массе монтажных элементов и невозможности движения внутри сооружения (радиальные отстойники, контактные резервуары и др.). Эта схема принимается также для сооружений с относительно небольшими размерами в плане, но имеющими внутренние конструкции, монтируемые из тяжелых заготовок, когда для выполнения процессов по схеме I потребовались бы краны большой грузоподъемности. В этом случае проводятся технико-экономические расчеты, рассматриваются различные варианты схем с соответствующими комплектами машин.

Размеры котлована при возведении сооружения по схеме II должны быть достаточны для размещения сооружений, проезда кранов и транспорта вокруг них по дну выемки (см. рисунок 2.1, б), раскладки и монтажа конструкций по фронту работ. Определяются по формулам (2.3) и (2.4):

$$B_k = D_n n + (n - 1)B_2 + 2B_3, \quad (2.3)$$

$$L_k = D_n n_1 + (n_1 - 1)B_2 + 2B_3. \quad (2.4)$$

При возведении монолитных железобетонных сооружений – по формулам (2.5) и (2.6):

$$B_{k,m} = D_n \cdot n + (n - 1)B_2 + 2B_3 + 2b_{\text{оп}}, \quad (2.5)$$

$$L_k = D_n \cdot n_1 + (n_1 - 1)B_2 + 2B_3 + 2b_{\text{оп}}, \quad (2.6)$$

где  $D_n$  – диаметр или размер сооружения по наружному периметру;

$B_3$  – минимальное уширение котлована по дну для безопасного выполнения монтажных работ и движения транспорта, определяется по формуле 2.7:

$$B_3 = 1 \cdot 2 + 2R_m = 2(1 + R_m), \quad (2.7)$$

где  $1$  – просвет между движущимися краном и сооружением (или откосом выемки), м;

$R_m$  – радиус поворота машинной платформы крана (принимается = 4,5 м).

$b_{оп}$  – ширина опалубочного агрегата или крепления стационарной опалубки и лесов на уровне дна котлована (принять = 3 м).

По схеме III обычно строят крупные сооружения (см. рисунок 2.1, в), размеры которых в плане в 3 и более раз превышают 15 м (аэротенки, горизонтальные отстойники, резервуары чистой воды и др.), для установки внутренних ограждающих и поддерживающих конструкции монтажные машины должны заезжать на днище сооружения [1]. В этом случае размеры котлована рассчитываются по формулам (2.8) и (2.9):

$$B_k = B_{соор}n + (n - 1)B_2 + b_1 + B_4; \quad (2.8)$$

$$L_l = L_{соор}n_1 + (n_1 - 1)B_2 + 2l_1, \quad (2.9)$$

где  $B_4$  – уширение котлована для монтажа конструкций последней секции сооружения;

$l_1$  – уширение котлована в торцах сооружения для заезда и выезда крана и транспорта (принимается = 6...7 м и зависит от радиуса поворота).

Уширения котлованов следует делать минимальными, но достаточными для безопасного выполнения процессов. При возведении цилиндрических сооружений с заездом транспорта в котлован, а также в случае монтажа конструкций последней секции прямоугольного сооружения, но при подаче их на берму котлована минимальное уширение котлована определяется по формуле (2.7). Для тех же прямоугольных сооружений при монтаже последней секции с подачей конструкций в котлован уширение котлована для монтажа конструкций последней секции сооружения определяется по формуле (2.10):

$$B_4 = 1 \cdot 3 + 2R_m + B_A, \quad (2.10)$$

где  $B_A$  – ширина базы грузовых автомашин на уровне кузова (габарит, принимается 2...2,85 м).

По схеме IV строят крупные сооружения при  $V_{соор} > 15$  м (рисунок 2.1, г). Размеры котлованов, поскольку уширение их дна на величины  $B_3$  или  $B_4$  не требуется, могут быть определены по формулам, применяемым при схеме I.

## 2.1.2 Размеры котлованов поверху

Размеры котлованов поверху  $B_{кв}$  и  $L_{кв}$  определяют по формулам (2.11) и (2.12):

$$B_{кв} = B_{к} + 2m_{к}H; \quad (2.11)$$

$$L_{кв} = L_{к} + 2m_{к}H, \quad (2.12)$$

где  $B_{кв}$  и  $L_{кв}$  – соответственно ширина и длина котлована поверху;  
 $B_{к}$  и  $L_{к}$  – соответственно ширина и длина котлована по дну;  
 $m$  – коэффициент заложения откоса;  
 $H$  – глубина выемки.

## 2.2 Размеры траншей

Траншея в курсовом проекте предусматривается для прокладки выданного в задании трубопровода, который служит для *подвода или отвода* жидкости от сооружения.

*Наименьшую глубину заложения трубопровода* необходимо принимать на основании опыта эксплуатации сетей в данном районе. При отсутствии данных по эксплуатации, минимальная глубина заложения (до низа трубы) вычисляется по формулам (2.13) – (2.15):

1) исходя из глубины промерзания:

– для канализационного трубопровода  $h_{\min \text{ кан.1}}$ , м:

$$h_{\min \text{ кан.1}} = h_{\text{пр}} - a, \quad (2.13)$$

где  $h_{\text{пр}}$  – глубина промерзания грунта, м;

$a$  – величина, зависящая от диаметра трубопровода, значение, которое следует принимать:

0,3 м – при диаметре до 500 мм включительно;

0,5 м – при диаметре > 500 мм;

– для водопроводного трубопровода  $h_{\min \text{ вод.1}}$ , м:

$$h_{\min \text{ вод.1}} = h_{\text{пр}} + 0,5. \quad (2.14)$$

Глубина промерзания грунта в курсовом проекте принимается по заданию.

2) исходя из защиты трубопроводов от механического разрушения в результате воздействия внешних нагрузок  $h_{\min 2}$ , м:

$$h_{\min 2} = d + 0,7, \quad (2.15)$$

где  $d$  – наружный диаметр трубы, м.

В качестве *минимальной глубины заложения* канализационного трубопровода  $H_{\text{тр1}}$  следует принимать большее из двух полученных значения  $h_{\min 1}$  и  $h_{\min 2}$ .

### Определение уклона трубопровода.

1) минимальный уклон для водопроводных трубопроводов составляет не менее 0,001;

2) минимальный уклон для канализационных трубопроводов рассчитывается по формуле:

$$i = 1 / d,$$

где  $i$  – уклон трубопровода;

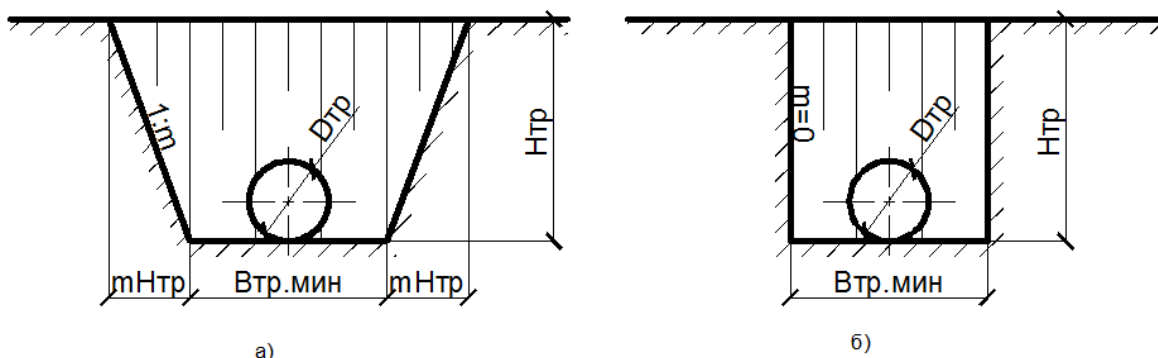
$d$  – диаметр трубопровода, мм.

Глубина заложения трубопровода с учетом уклона определяется по формуле (2.16):

$$H_{\text{тр}2} = H_{\text{тр}1} + iL, \quad (2.16)$$

где  $L$  – длина трубопровода (по заданию).

Определив наибольшую глубину заложения трубопровода, необходимо определить заложение откоса для траншеи (рисунок 2.2).



а) – траншея с трапециевидным сечением; б) – траншея с вертикальными стенками

Рисунок 2.2 – Схема для определения размеров котлована

Наименьшую ширину траншеи по дну  $V_{\text{тр. мин}}$  следует принимать в зависимости от типа и диаметра прокладываемых труб, способа их укладки.

Ширина траншеи с откосами (см. рисунок 2.2, а) по дну принимается равной  $D + 0,5$  м (при укладке трубопроводов из отдельных труб) и  $D + 0,3$  м (при укладке плетями). Ширину траншеи с вертикальными стенками (рисунок 2.2, б)  $V_{\text{тр. мин}}$  следует определять по таблице 2.2.

Принятую по нормативным значениям ширину траншеи по дну  $V_{\text{тр. мин}}$ , если её предполагается разрабатывать одноковшовым экскаватором, необходимо проверить на ширину ковша, которая, в зависимости от его вместимости,  $\text{м}^3$ , может быть определена по формуле (2.17):

$$b_{\text{к}} = 1,2 \cdot \sqrt[3]{q}, \quad (2.17)$$

где  $q$  – вместимость ковша выбранного экскаватора,  $\text{м}^3$ .

Таблица 2.2– Наименьшая ширина траншеи по дну [1]

Способ укладки	Наименьшая ширина траншеи с вертикальными стенками по дну, м (без учета креплений), для труб.		
	Стальных и пластмассовых	Раструбных чугунных, бетонных, железобетонных и асбестоцементных	Бетонных, железобетонных на муфтах и фальцах, керамических
Петлями или отдельными секциями при наружном диаметре D труб, м: до 0,7 более 0,7	D+0,3 но не менее 0,7	–	–
	1,5 D	–	–
Отдельными трубами при наружном диаметре D, м: до 0,5 от 0,5 до 1,6 от 1,6 до 3,5	D+0,5	D+0,6	D+0,8
	D+0,8	D+1	D+1,2
	D+1,4	D+1,4	D+1,4

При этом необходимо учитывать, что при разработке траншей одноковшовыми экскаваторами их ширина должна быть не меньше ширины режущей кромки ковша экскаватора с добавлением в песчаных грунтах и супесях 0,15 м, в глинах и суглинках 0,10 м. Если получится, что ширина траншеи меньше величины  $b_k$  с добавлением этих запасов, то необходимо либо принимать экскаватор с меньшей шириной ковша, либо увеличивать проектную ширину траншеи.

*Ширина траншеи поверху* определяется по формулам (2.18) и (2.19):

$$B_{\text{тр.в1}} = B_{\text{тр.мин}} + 2m_{\text{тр}}H_{\text{тр1}}, \quad (2.18)$$

$$B_{\text{тр.в2}} = B_{\text{тр.мин}} + 2m_{\text{тр}}H_{\text{тр2}}, \quad (2.19)$$

где  $m_{\text{тр}}$  – заложение откоса траншеи;

$H_{\text{тр1, 2}}$  – глубина заложения траншеи в начальной и конечной точке, м.

### 2.3 Определение объемов земляных работ

Подсчет объемов земляных работ производится с разбивкой по грунтам (растительный, глина, суглинок, супесь, песок) и их состоянию (сухие, мокрые, мерзлые), по группам грунта в зависимости от трудности их разработки разными машинами или вручную, по виду работ (выемка, насыпи), типам сооружений в насыпи (обвалование сооружений, обратная засыпка) или в выемке (котлован, траншея), по видам землеройных (одно- и многоковшовые экскаваторы) и землеройно-транспортных машин (бульдозеры, скреперы), машин для уплотнения грунта (кулачковые, гладкие, на пневмошинах, виброкатки) и др.



$S_{\text{тер}}$  – площадь территории, с которой срезается растительный грунт,  $\text{м}^2$ , определяется по формуле (2.21):

$$S_{\text{тер}} = (B_{\text{кв}} + 2c) \cdot (L_{\text{кв}} + 2c), \quad (2.21)$$

где  $c$  – уширение рабочей зоны вокруг котлована, необходимое для складирования материалов и конструкций, движения строительных машин и размещения резерва минерального грунта,  $\text{м}$  (принимается = 15 – 20  $\text{м}$ ).

### 2.3.2 Определение объемов минерального грунта

В данном курсовом проекте разработка минерального грунта будет рассматриваться в сухом состоянии. При сложной форме котлована его разбивают на ряд более простых геометрических тел, которые затем суммируют.

Уточнив по приведенным в разделе 2.1 данным размеры котлована по низу  $B_{\text{к}}, L_{\text{к}}$ , назначив заложение откосов  $m$  (по более слабому грунту) и зная глубину котлована  $H$ , определяют размеры котлована по верху  $B_{\text{кв}}, L_{\text{кв}}$  и только потом вычисляют объем грунта, подлежащего разработке при устройстве котлована.

Объем прямоугольного котлована с откосами (рисунок 2.4, а) определяют по формуле (2.22) усеченной пирамиды (опрокинутого призматоида):

$$V_{\text{к}} = \frac{H}{6} [B_{\text{к}}L_{\text{к}} + B_{\text{кв}}L_{\text{кв}} + (B_{\text{к}} + B_{\text{кв}}) \cdot (L_{\text{к}} + L_{\text{кв}})], \quad (2.22)$$

Объем котлована, имеющего форму многоугольника с откосами (рисунок 2.4, б) определяют по формуле (2.23):

$$V_{\text{к}} = (H/6) \cdot (F_1 + F_2 + 4F_{\text{ср}}), \quad (2.23)$$

где  $F_1$  и  $F_2$  – площади дна и верха котлована,  $\text{м}^2$ ;

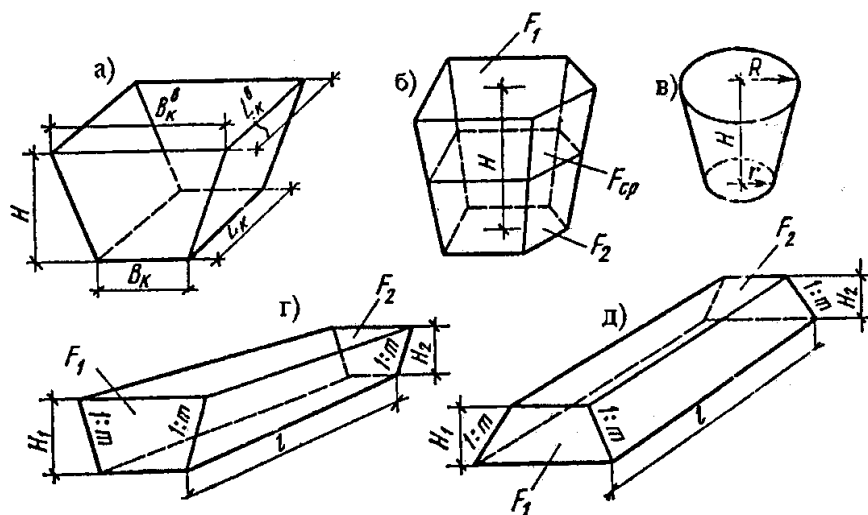
$F_{\text{ср}}$  – площадь сечения по середине его высоты,  $\text{м}^2$ .

Объем круглого в плане котлована с откосами (рисунок 2.4, в) определяют по формуле усеченного конуса (2.24):

$$V_{\text{к}} = \frac{\pi H}{3} (R^2 + r^2 + R \cdot r), \quad (2.24)$$

где  $R$  и  $r$  – радиусы верхнего и нижнего оснований котлована,  $\text{м}$ .

Котлованы для сооружений, состоящих из цилиндрической и конической части (метантенки, радиальные отстойники и др.), которые обычно возводят по несколько в одном котловане, отрывают в два этапа: вначале отрывают общий прямоугольный котлован с размерами  $B_{\text{к}}, L_{\text{к}}$  по низу и верху  $B_{\text{кв}}, L_{\text{кв}}$  от отметки заложения их цилиндрических частей, а затем устраивают углубления для конических частей сооружения. Соответственно, и объемы земляных работ рассчитывают в два этапа: вначале определяют объем общего прямоугольного котлована по приведенным выше формулам, а затем – объем конических углублений с использованием приведенной формулы усеченного конуса.



а), б), в) – котлованы прямоугольные, многоугольные и круглые;  
г) – траншея с откосами; д) – насыпь

Рисунок 2.4 – Схема для определения объемов земляных работ при устройстве котлованов различной формы, траншей и насыпей

### 2.3.3 Объемы въездных и выездных траншей

Объемы въездных и выездных траншей определяют по формуле (2.25):

$$V_{\text{в.тр}} = \frac{H^2}{6} \left( 3b + 2m_{\text{к}} H \frac{m^I - m_{\text{к}}}{m^I} \right) (m^I - m_{\text{к}}), \quad (2.25)$$

где  $H$  – глубина котлована в месте устройства траншеи, м;

$b$  – ширина траншеи по низу, принимаемая при одностороннем движении 4,5 м, при двустороннем – 6 м;

$m_{\text{к}}$  – коэффициент заложения откоса котлована;

$m^I$  – коэффициент откоса (уклон) выездной или въездной траншеи (от 1:10 до 1:15).

При длине котлована более 50 м рекомендуется обустройство двух и более въездных траншей.

### 2.3.4 Объем работ по срезке недобора

Из общего объема котлована следует выделить *объем работ по срезке недобора*, который оставляют у дна котлована, разрабатываемого экскаватором, чтобы не нарушить целостность и прочность грунта у основания, на которое опирается сооружение.

Толщину недобора при устройстве котлована одноковшовыми экскаваторами определяют в зависимости от объема ковша и типа лопаты экскаватора (формула (2.26))

$$V_{\text{н}} = B_{\text{к}} \cdot L_{\text{к}} \cdot h_{\text{н}}, \quad (2.26)$$

где  $h_n$  – толщина недобора грунта (при отрывке котлована одноковшовым экскаватором определяют в зависимости от вида рабочего оборудования и вместимости ковша экскаватора по таблице 2.3 [1]).

Таблица 2.3 – Допустимые недоборы грунта по дну котлованов и траншей

Рабочее оборудование экскаваторов	Допустимые недоборы грунта ( $h_n$ ), см при отрывке одноковшовым экскаватором с емкостью ковша, м <sup>3</sup>				
	0,25–0,4	0,5–0,65	0,8–1,25	1,5–2,5	3–5
Обратная лопата	10	15	20	-	-
Драглайн	15	20	25	30	30

### 2.3.5 Определение объемов траншеи для трубопровода

Для определения объемов траншей продольный профиль траншеи делят на участки с одинаковыми уклонами, подсчитывают объемы грунта для каждого из них и суммируют.

Объем траншеи с вертикальными стенками определяют по формулам (2.27) и (2.28):

$$V_{\text{тр}} = B_{\text{тр}} \cdot \frac{(H_{\text{тр}1} + H_{\text{тр}2})}{2} \cdot L, \quad (2.27)$$

$$V_{\text{тр}} = (F_1 + F_2) \cdot \frac{L}{2}, \quad (2.28)$$

где  $B_{\text{тр}}$  – ширина траншеи;

$H_{\text{тр}1}$  и  $H_{\text{тр}2}$  – глубина траншеи в двух крайних поперечных сечениях;

$F_1$  и  $F_2$  – площади крайних поперечных сечений;

$L$  – расстояние между сечениями.

Объем траншеи с откосами (рисунок 2.4, г) можно определить по вышеприведенной формуле, при этом площади поперечного сечения определяют по формуле (2.29):

$$F_{1,2} = (B_{\text{тр}} + m \cdot H_{\text{тр}1,2}) \cdot H_{\text{тр}1,2} \quad (2.29)$$

Более точно объем траншеи с откосами можно определить по формуле Винклера (2.30):

$$V_{\text{тр}} = \left[ \frac{F_1 + F_2}{2} - \frac{m \cdot (H_1 - H_2)^2}{6} \right] \cdot L, \quad (2.30)$$

При отрыве траншей экскаваторами у дна их также оставляют необходимый недобор грунта и устраивают приямки, которые в основном разрабатывают вручную.

### 2.3.6 Объем обратной засыпки

Когда сооружение возведено, пазухи котлована, включая въездные и выездные траншеи, засыпают непучинистым грунтом с его послойным трамбованием (через 0,25 – 0,5 м).

Общее количество грунта, укладываемого в резерв на берме котлована, состоит из объема грунта для обратной засыпки и устройства обсыпки и насыпи после возведения сооружений (формула (2.31)).

$$V_{\text{обр.зас.}} = V_{\text{к}} + V_{\text{в.тр.}} \cdot n + V_{\text{обс.}} + V_{\text{нас.}} - V_{\text{соор.}} \quad (2.31)$$

где  $V_{\text{обр.зас.}}$  – объем обратной засыпки, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{к}}$  – объем котлована, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{в.тр.}}$  – объем въездных и выездных траншей, м<sup>3</sup>;

$n$  – количество въездных и выездных траншей, шт.;

$V_{\text{обс.}}$  – объем обсыпки, м<sup>3</sup>. Если отстойники и другие сооружения без покрытий возвышаются над поверхностью земли более чем на 0,8 – 1 м, вокруг их стен устраивают обсыпку.

$V_{\text{нас.}}$  – объем насыпи, м<sup>3</sup>. Поверх сооружений с покрытиями (резервуары чистой воды, горизонтальные отстойники и др.) делают насыпи высотой 0,5–1 м над покрытием. Откосы засевают травой или крепят одерновкой.

$V_{\text{соор.}}$  – общий объем возводимых сооружений, м<sup>3</sup>.

Место для укладки грунта в кавальер надо выбирать так, чтобы перемещать грунт обратно можно было по наиболее простой схеме и кавальер не мешал производству последующих работ (монтажных, по устройству монолитных железобетонных конструкций и др.).

Результаты расчетов сводят в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Баланс грунтовых масс

Выемка	Объем, м <sup>3</sup>	Обратная засыпка	Объем, м <sup>3</sup>
Объем растительного грунта $V_{\text{рг.}}$		Засыпка пазух котлована	
Объем тела котлована разрабатываемый экскаватором $V_{\text{к}}$		$V_{\text{зас}}$	
Объем недобора грунта $V_{\text{н}}$		Засыпка въездных траншей $V_{\text{в.тр.}} \cdot n$	
Объем одной въездной траншеи $V_{\text{в.тр.}}$		Обсыпка сооружений $V_{\text{обс.}}$	
Количество въездных траншей $n$		Устройство насыпи $V_{\text{нас.}}$	
Общий объем въездных $V_{\text{в.тр.}} \cdot n$		Засыпка приямков в траншеи $V_{\text{пр.тр}}$	
Объем траншеи под трубопровод $V_{\text{тр}}$		Засыпка траншеи $V_{\text{зас.тр}}$	
-объем недобора в траншеи $V_{\text{нед.тр}}$			
Объем приямков в траншеи $V_{\text{пр.тр}}$			
	$\Sigma V_{\text{выемки}}$		$\Sigma V_{\text{обр.зас.}}$

Излишек грунта чаще всего используют на месте либо для засыпки ранее возведенных объектов, оврагов, либо для других целей.

## 2.4 Проектирование кавальеров грунта

После вычисления определяемых на основе строительно-технологической характеристики емкостного сооружения объемов грунта, необходимого для засыпки котлована, въездных и выездных траншей и, если нужно, для присыпки сооружения, приступают к проектированию кавальеров минерального грунта.

Площадь кавальера минерального грунта принимается равной объему обратной засыпки котлована с учетом коэффициента первоначального разрыхления минерального грунта (формула (2.32):

$$V_{\text{кав}} = K_p \cdot V_{\text{обр.зас}}, \text{ м}^3 \quad (2.32)$$

Значение первоначального разрыхления грунта  $K_p$  зависит от вида грунта:

- скала сплошная..... 1,4–1,5
- скала несплошная..... 1,3–1,45
- суглинки, глины..... 1,26–1,32
- пески без примесей..... 1,08–1,17
- песок с примесью щебня и гравия..... 1,14–1,28
- растительный грунт..... 1,2–1,3

Длина кавальера в данном курсовом проекте принимается равной длине котлована по верху  $L_{\text{КВ}}$ . Ширина кавальера определяется с учетом заложения откосов 1:1 (рисунок 2.5) и вычисляется по формуле (2.33):

$$b_{\text{к}} = \sqrt{\frac{4V_{\text{кав}}}{L_{\text{КВ}}}}, \text{ м} \quad (2.33)$$

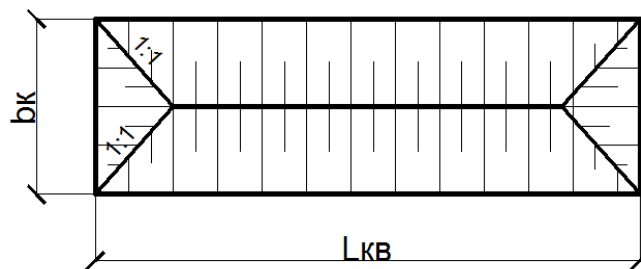


Рисунок 2.5 – План кавальера растительного и минерального грунтов

Объем кавальера растительного грунта определяется аналогично, кавальеру минерального грунта. Объем кавальера растительного грунта равен объему срезки растительного слоя с учетом коэффициента разрыхления (формула (2.34):

$$V_{\text{кав.раст.гр}} = K_p V_{\text{рг}}, \text{ м}^3 \quad (2.34)$$

## 2.5 Подбор механизмов для производства земляных работ

Для выполнения работ в предусмотренные сроки и обеспечения необходимых темпов требуется соответствие применяемых машин заданным объемам и темпам работ.

Для разработки грунта в котлованах применяются одноковшовые экскаваторы, скреперы, бульдозеры, гидромеханизация и др. В настоящее время широко распространены одноковшовые экскаваторы в связи с их универсальностью, способностью разрабатывать грунты с самыми различными свойствами. Исполнитель курсового проекта может применять любую технику для выполнения земляных работ при изложении соответствующего обоснования выбора данной техники. В данном курсовом проекте рекомендуется применение одноковшовых экскаваторов для разработки грунта.

Большое количество типоразмеров одноковшовых экскаваторов позволяет использовать их для разработки грунта в выемках любых размеров с погрузкой в транспортные средства или отвал. В водохозяйственном строительстве в основном используются одноковшовые экскаваторы с емкостью ковша 0,15 – 2,5 м<sup>3</sup>, более крупные экскаваторы используются реже.

Потребность в землеройных машинах определяется исходя из объемов земляных работ и среднегодовых норм выработки машин, а в транспортных средствах – исходя из расстояния, на которое надо перевозить грунт.

Выбор экскаватора начинается с определения емкости его ковша ( $V_k$ , м<sup>3</sup>). Для этого по таблице 2.5, в зависимости от объема земляных работ  $V_{з.р.}$ , в котловане принимается оптимальная емкость ковша экскаватора.

Таблица 2.5 – Зависимость емкости ковша экскаватора от объема разрабатываемого грунта

Объемы разрабатываемого грунта, м <sup>3</sup>	Емкость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>
До 500	0,15
500...1500	0,25 и 0,30
1500...5000	0,50
2000...8000	0,65
6000...11 000	0,80
11 000...15 000	1,00
13 000...18 000	1,25
Свыше 17 000	1,50 и более

Методы разработки грунта, а также типы землеройных машин и транспортных средств выбираются на основании условий производства работ, объемов работ и сроков их выполнения, групп грунтов, параметров применяемых машин и механизмов и др.

В зависимости от характера выполняемых работ рекомендуется принимать следующие типы рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов:

– для разработки осушенного грунта в больших по объему котлованах и карьерах выше уровня стоянки экскаватора и при погрузке в транспорт – прямая лопата (рисунок 2.6, а);

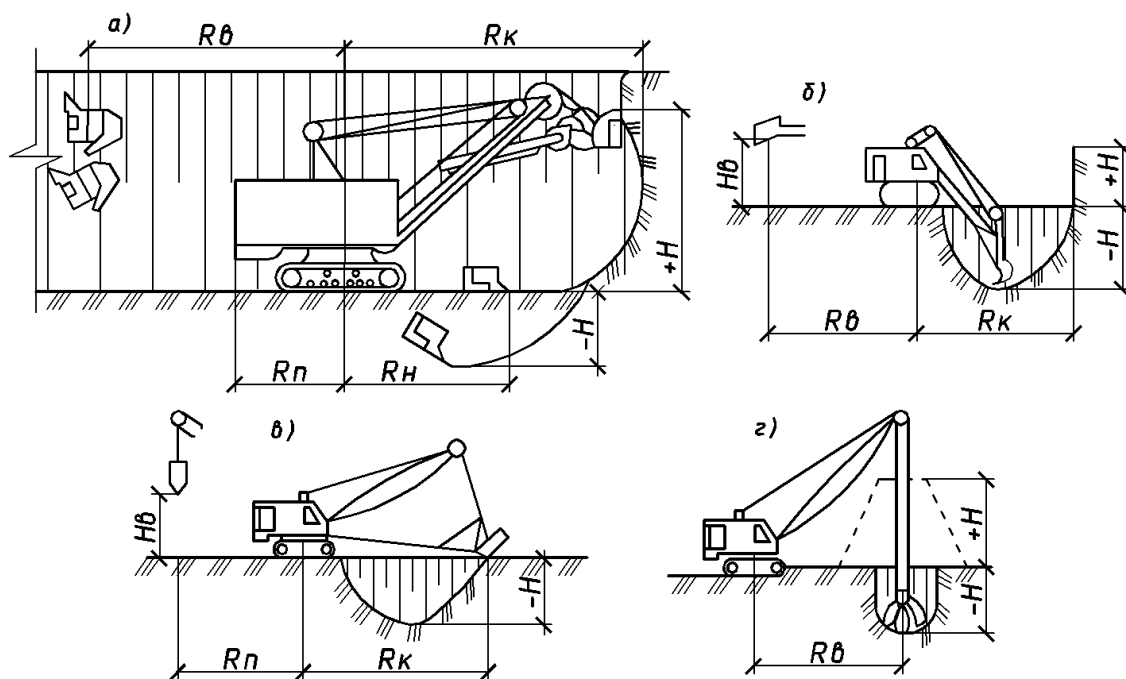
– для разработки узких котлованов ниже уровня стоянки, с погрузкой в транспорт или укладке в отвал – обратная лопата (рисунок 2.6, б);

– для планировки откосов котлована – экскаваторы драглайн (рисунок 2.6, в) с обратной лопатой и планировочными гребенками на ковше, а при склонах не более  $30^\circ$  – бульдозеры;

– для разработки узких глубоких котлованов, особенно при разработке грунта ниже уровня грунтовых вод, с погрузкой в транспорт или укладке в отвал – грейфер (рисунок 2.6, г);

– для разработки осушенного грунта котлованов, при планировке площадей, послойном разравнивании и срезке растительного слоя – бульдозеры, грейдеры и скреперы.

Пространство, в котором размещается экскаватор и производится выемка грунта, называется забоем. Его форма и размеры зависят от рабочих параметров экскаватора и принятой схемы разработки грунта (рисунок 2.6).



**а) – прямая лопата; б) – обратная лопата; в) – драглайн; г) – грейфер;**  
 **$R_k$  – радиус капания или резания;  $R_B$  – радиус выгрузки;  $+H$  – высота копания;**  
 **$-H$  – глубина копания;  $H_B$  – высота выгрузки;  $R_п$  – радиус платформы (базы) экскаватора;**  
 **$R_н$  – радиус начала копания на уровне стоянки экскаватора**

**Рисунок 2.6 – Схемы забоев при работе экскаваторов с различным рабочим оборудованием**

Ввиду того, что стоимость транспортировки грунта обычно превышает стоимость его разработки, необходимо стремиться к возможному сокращению расстояния от места разработки грунта до его укладки.

Наиболее экономически выгодной является разработка грунта с непосредственной укладкой его в кавальеры – полезные насыпи или отвалы по бестранспортной схеме или при расстояниях перемещения до 50 – 100 м, когда разработка и укладка грунта ведутся бульдозерами или скреперами (более 100 м).

Тип и марку механизмов для производства земляных работ можно подобрать по справочникам [2].

Определяющими размерами разрабатываемых выемок являются рабочие параметры экскаваторов: радиусы резания и выгрузки, глубина (высота) резания и высота выгрузки. При разбивке выемки на проходки исходят из схемы разработки грунта, глубины выемки и взаимного расположения экскаваторов и средств транспорта.

## 2.6 Определение схемы работы экскаватора при разработке котлована

При разработке выемки одноковшовыми экскаваторами требуется составить схему работы экскаватора (при глубине выемки, превышающей оптимальную высоту забоя, грунт разрабатывают по ярусам (уступам), для чего определяются число ярусов разработки и число проходок по ярусу при минимальных недоборах грунта у откоса.

### 2.6.1 Схема проходок по ярусам

Выемку сначала разбивают по вертикали на ярусы разработки, число которых равно

$$n'_{\text{я}} = \frac{h_{\text{к}}}{H_{\text{я}}}, \quad (2.35)$$

где  $h_{\text{к}}$  – максимальная глубина выемки, м;

$H_{\text{я}}$  – принятая высота резания экскаватором, м;

$h_{\text{я}}$  – расчетное число ярусов разработки, округляемое до большего целого числа  $n'_{\text{я}}$ .

Окончательная высота резания (яруса)  $H_{\text{я}}$  будет определяться как

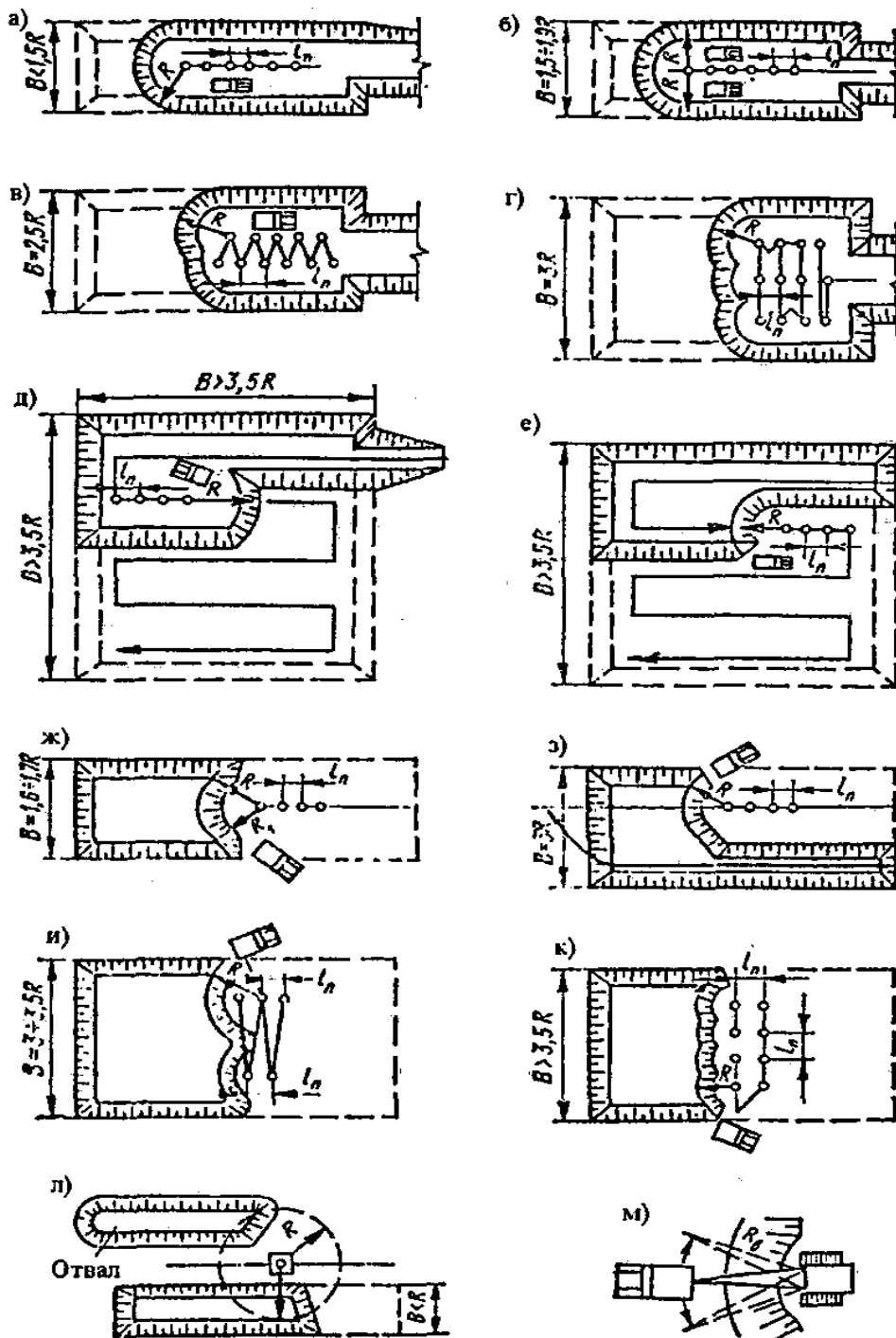
$$H_{\text{я}} = h_{\text{к}} / n_{\text{я}}. \quad (2.36)$$

Число ярусов разработки согласовывается с профилем местности, уровнем грунтовых вод, толщиной пласта грунта (высота яруса не должна превышать толщины каждого слоя, если грунт будет использоваться в качественных насыпях).

Число полных лент разработки (проходок) определяется на каждом ярусе и зависит от схемы движения экскаватора.

## 2.6.2 Определение типа проходок экскаватора

Схемы проходок экскаватора показаны на рисунке 2.7.



а)...д) – с прямой лопатой; е)...к) – с обратной лопатой;  
л) – при разработке траншеи; м) – работа экскаватора-драглайн

Рисунок 2.7 – Схемы проходок одноковшового экскаватора

*Экскаватор с обратной лопатой.* При выборе типа экскаватора и оборудования для разработки выемок ниже уровня стоянки экскаватора следует учитывать, что экскаваторы-драглайны в ряде случаев обеспечивают в 1,5–3 раза

большую глубину копания и в 1,5–2 раза большую суммарную величину радиусов копания и разгрузки, а также позволяют на 12–30% снизить затраты времени и себестоимость работ по сравнению с экскаваторами с обратной лопатой.

Разработку грунта экскаваторами с обратной лопатой осуществляют торцовыми или боковыми проходами с перемещением экскаватора по верху забоя «на себя» с копанием грунта ниже уровня его стоянки (рисунок 2.7, е) – к). Последняя особенность важна в тех случаях, когда грунты увлажненные или мокрые. Возможно также вести разработку грунта из-под воды. При этом в зависимости от ширины котлованов разработку грунта осуществляют с прямолинейной, зигзагообразной лобовой, поперечно-торцевой и боковой проходкой.

Ширина лобовой проходки по верху при односторонней выгрузке грунта составляет

$$B = \sqrt{R_{\max}^2 - l_n^2} + \left( R_T - \frac{b_k}{2} - 1 \right) \quad (2.37)$$

где  $R_{\max}$  - наибольший радиус резания, м;

$l_n$  - длина рабочей передвигки экскаватора (таблица 2.6), м; для экскаватора-драглайна принимается равным 1/5 вылета стрелы;

Таблица 2.6 – Величина шага передвигки

Емкость ковша	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,6	2,5	Примечание
Шаг передвигки	1,0	1,1	1,3	1,5	1,75	2,0	2,3	Экскаватор с прямой лопатой
	1,1	1,3	1,4	1,55	1,75	2,0	2,3	Экскаватор с обратной лопатой

$R_T$  – наибольший радиус выгрузки грунта в транспорт;

$b_k$  – ширина транспортных средств или отвала грунта (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Эксплуатационные показатели автосамосвалов

Показатели	ГАЗ-93-А	ЗИЛ-205, ЗИЛ-585	МАЗ-205, МАЗ-503	ЯАЗ-222, КрАЗ-222	МАЗ-525	МАЗ-530, БелАЗ-530
Высота транспортного средства, м	1,80	1,89	1,99	2,33	2,50	2,57
Ширина транспортного средства, м	2,10	2,29	2,64	2,70	2,80	2,85

При двухсторонней выгрузке грунта, м:

$$B = 2 \cdot \left( R_{см.} - \frac{b_k}{2} - 1 \right). \quad (2.38)$$

Ширина проходки понизу, м:

$$B_1 = B - 2 \cdot m \cdot H \quad (2.39)$$

где  $m$  – коэффициент откоса;

$H$  – высота забоя, м.

Ширина лобовой уширенной зигзагообразной проходки, при  $1,7R \leq B \leq 3R$  определяется по формуле:

$$B = \sqrt{R_{\max}^2 - l_n^2} + \left( R_T \cdot \frac{b_k}{2} - 1 \right) + 0,9R_{cm}. \quad (2.40)$$

Ширина лобовой уширенной поперечной проходки, при  $3R \leq B \leq 3,5R$  определяется по формуле:

$$B = \sqrt{R_{\max}^2 - l_n^2} + \left( R_T \cdot \frac{b_k}{2} - 1 \right) + 0,9R_{cm} \cdot n. \quad (2.41)$$

При  $B \geq 3,5$  – после первой лобовой проходки продолжают дальше разрабатывать одной или несколькими боковыми проходками. Ширина каждой боковой проходки, м:

$$B_{\sigma} = \left( \sqrt{R_n + L_n} - m \cdot H \right) + \left( R_T - \frac{b_T}{2} - 1 \right), \quad (2.42)$$

где  $R_n$ —радиус резания по дну котлована. При отсутствии данных принять  $0,8R_{\max}$ .

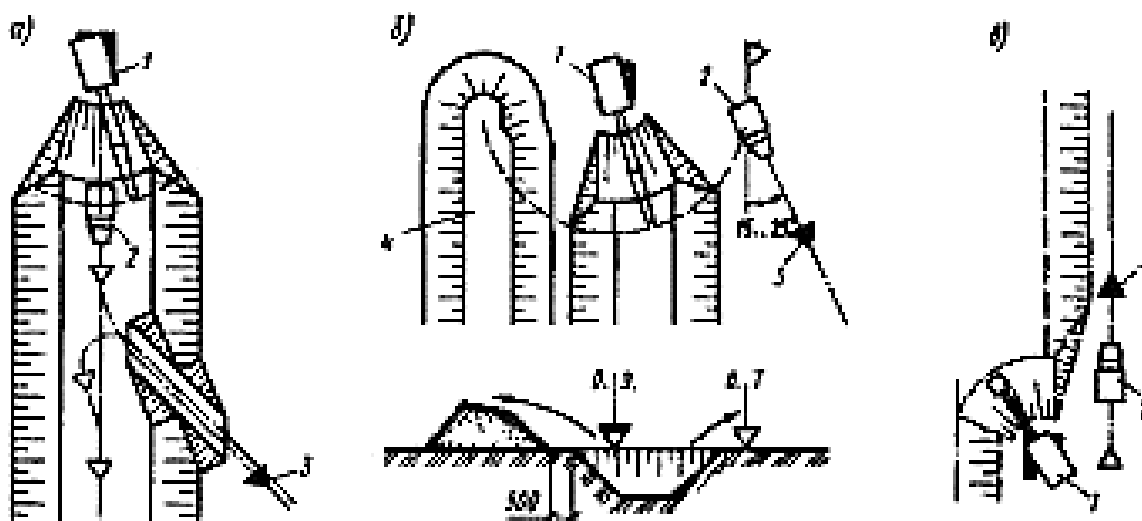
Разработанный грунт обычно отсыпают в отвал на бровку и частично (излишки, ненужные для обратной засыпки) на транспорт. Ширину проходки при погрузке грунта в транспортные средства принимают  $(1,2...1,3)R$ , а при отсыпке в отвал –  $(0,7...0,8)R$ , так как её ограничивает вместимость отвала. При отрывке траншей разработку грунта рекомендуется начинать со стороны откоса к середине траншеи, что снижает сопротивление грунта резанию. Траншеи с шириной по дну до 1 м разрабатывают за одну проходку (торцовую) с перемещением экскаватора по оси траншеи.

*Экскаватор-драглайн.* Экскаваторами-драглайнами, имеющими удлиненную стрелу и ковш, свободно подвешенный на тросе, разрабатывают грунт с отсыпкой его в отвал или на транспортные средства при устройстве глубоких котлованов, каналов, траншей. Разработку грунта производят ниже уровня стоянки экскаватора с работой его «на себя»; ковш заполняют в процессе протаскивания по грунту (рисунок 2.7, л), м); рисунок 2.8). Широкие выемки разрабатывают за несколько лобовых проходов или применяют такие технологические приемы, как перемещение по зигзагу или поперечно-торцовую проходку, а также челночный способ работы экскаватора. При устройстве широких котлованов, а также насыпей из грунта резерва в ряде случаев применяют боковую проходку, ширина которой составляет около  $(0,7...0,8)R$ , а поворот стрелы экскаватора для разгрузки –  $180^\circ$ .

Радиус копания экскаватором-драглайном может быть увеличен на 15–20% за счет заброса ковша и выгрузки грунта в отвал, что достигается при достаточно высокой квалификации машиниста, однако при этом уменьшается производительность экскаватора до 15%.

*Экскаватор с грейферным ковшом.* Экскаватором с грейферным ковшом вместимостью  $0,3...4 \text{ м}^3$ , свободно подвешенном на тросе, разрабатывают выемки в радиусе  $8...24 \text{ м}$  на глубине  $7...15 \text{ м}$  при подъеме грейфера на высоту

6...14 м. Обычно разрабатываются легкие грунты I и II групп, а более тяжелые – при их предварительном разрыхлении. Такие экскаваторы применяют для разработки глубоких выемок с вертикальными стенками, например, при устройстве опускных колодцев водозабора, заглубленных насосных станций, противодиффузионных завес и т.п.



**а) – лобовая проходка экскаватора при погрузке грунта в транспорт, подаваемый по дну забоя; б) – то же, подаваемый на уровне стоянки экскаватора и во временный отвал; в) – боковой проходкой; 1 – экскаватор; 2 – автосамосвал; 3 – направление движения транспорта; 4 – отвал**

**Рисунок 2.8 – Схемы работы экскаватора с «обратной лопатой»**

Радиус выгрузки принимается равным нормальному радиусу выгрузки, однако при разгрузке в отвал он может быть увеличен за счет заброса ковша.

Коэффициент заложения откосов кавальера при выгрузке грунта экскаватором принимается  $m_{кв} = 1$ .

При погрузке грунта транспорт может располагаться на уровне стоянки экскаватора-драглайна или на дне уступов сухих выемок, что выгоднее, т.к. уменьшаются высота подъема ковша с грунтом и дальность его перемещения в ковше.

Запас над кузовом транспортного средства при выгрузке любым из описанных экскаваторов принимается равным 0,5 – 0,8 м. Транспортные средства должны размещаться на удалении от подошвы откоса на 0,5 – 1,0 м или вне зоны обрушения грунта, если они стоят на уступе выемки.

Разработка широких выемок осуществляется за несколько проходов, при этом часть их может выполняться по продольной схеме, а часть – по поперечной. Грунт, выгружаемый в отвал при разработке предыдущей выемки, может вторично перебрасываться экскаватором, но лучше отодвигать его бульдозером.

На плане и разрезах разрабатываемой выемки показываются ярусы, проходки экскаватора по ярусам, их количество и размеры, пути движения транспорта и места установки их для погрузки, расположение отвалов грунта и их размеры.

## 2.7 Определение типа и количества транспорта для отвоза грунта

При подборе транспортных средств, работающих совместно с одноковшовыми экскаваторами, учитывается, что производительность экскаваторов значительно снижается при сочетании с транспортными средствами, имеющими малую вместимость кузова. Практика показывает, что число ковшей грунта, погружаемых в одну транспортную единицу в зависимости от коэффициентов использования и наполнения ковша, разрыхления грунта, грузоподъемности транспортной единицы (с учетом погрузки с «шапкой») и объемной массы разрабатываемого грунта, должно быть  $K_k = 4...7$ . Перегруз транспортного средства допускается не более, чем на 5%.

Рекомендуемые типы автомобилей в зависимости от емкости ковша выбранного экскаватора приведены в таблицах 2.8 и 2.9.

Таблица 2.8 – Рекомендуемая грузоподъемность автосамосвалов в зависимости от емкости ковша экскаватора и расстояния транспортирования грунта

Расстояние транспортирования, км	Грузоподъемность самосвалов, т, при емкости ковша экскаватора, м <sup>3</sup>						
	0,4	0,65	1,0	1,25	1,6	2,5	4,6
0,5	4,5	4,5	7	7	10	–	–
1,0	7	7	10	10	10	–	–
1,5	7	7	10	10	12	18	27
2,0	7	10	10	12	18	18	27
3,0	7	10	12	12	18	27	40
4,0	10	10	12	18	18	27	40
5,0	10	10	12	18	18	27	40

Таблица 2.9 – Основные технические характеристики автомобилей-самосвалов

Марка автомобиля-самосвала	Масса перевозимого груза, кг	Максимальная колея колес, мм
КАЗ-4540	5500	2000
Урал-5557	7000	2010
МоАЗ-75051	23000	2500
ГАЗ-САЗ-3507	4000	1690
ЗИЛ-ММЗ 554М	5500	–
ЗИЛ-ММЗ 45022	5800	–
ЗИЛ-ММЗ 4502	5800	1800
МАЗ-205 ЗИЛ-ММЗ 4505	6000	–
МАЗ-5551	8000	2082
КамАЗ 5511	10000	2026
МАЗ-503Б КамАЗ 55102	7000	2026
КрАЗ 256Б1	12500	1970
КрАЗ 6510	13500	2030
БелАЗ 7522; 7526; 75401	30000	2820

Расчет количества машин выполняют в следующей последовательности.

Объем грунта в плотном теле в ковше экскаватора:

$$V_{гр} = V_k K_{нап} / K_{пр}, \quad (2.43)$$

где  $V_k$  – объем ковша экскаватора;

$K_{нап}$  – коэффициент наполнения ковша, принимаемый:

0,8...0,9 – для «обратной лопаты»;

0,9...1,15 – для «драглайна»;

1,0...1,25 – для «прямой лопаты»;

$K_{пр}$  – коэффициент первоначального разрыхления.

Масса грунта в ковше экскаватора:

$$Q = V_{гр} \gamma \quad (2.44)$$

где  $\gamma$  – объемная масса грунта, т/м<sup>3</sup>.

Принимается для песчанистых и глинистых грунтов 1,5...2 т/м<sup>3</sup>, для скальных грунтов 3 т/м<sup>3</sup>.

Количество ковшей грунта, загружаемых в самосвал:

$$n = P_a / Q, \quad (2.45)$$

где  $P_a$  – грузоподъемность самосвала (см. таблицу 2.8).

Объем грунта в плотном теле, загружаемого в самосвал:

$$V_a = V_{гр} n. \quad (2.46)$$

Потребное количество самосвалов, шт.:

$$N = T_{цикла} / t_{погр}, \quad (2.47)$$

где  $T_{цикла}$  – продолжительность одного цикла работы самосвала, начиная с погрузки и кончая следующей установкой под погрузку, мин;

$t_{погр}$  – время погрузки грунта в самосвал, мин,

$$t_{погр} = V_a H_{вр} / 100, \quad (2.48)$$

где  $H_{вр}$  – норма машинного времени для погрузки экскаватором 100 м<sup>3</sup> грунта в транспорт, мин (таблица 2.10);

Таблица 2.10 – Нормы времени и расценки на 100 м<sup>3</sup> сыпучих материалов по обмеру в разрыхленном состоянии

Емкость ковша, м <sup>3</sup>	0,25	0,4	0,5	0,65	1	1,25
$H_{вр}$ , мин	3,6	2,7	2,5	1,8	2	1,4

$$T_{цикла} = t_{погр} + 60L / v_r + t_p + 60L / v_n + t_m, \quad (2.49)$$

где  $L$  – расстояние транспортировки грунта, км;

$v_r, v_n$  – средняя скорость автосамосвала в загруженном и порожнем состоянии, км/ч (таблица 2.11);

$t_p$  – время разгрузки (1...2 мин);

$t_m$  – время маневрирования (2...3 мин).

Таблица 2.11 – Технические характеристики автосамосвалов

Модель	Вместимость кузова, м <sup>3</sup> /т	Погрузочная высота, м	Скорость движения, км/ч	
			груженым	порожним
ГАЗ-САЗ-53Б	4,2/3,5	1,83	30	35
ЗИЛ-ММЗ-555	3,7/5,25	1,25	30	35
МАЗ-503А	3,9/7	2,42	25	30
КамАЗ-5511	9/10	2,18	25	30
КрАЗ-256Б1	6,1/12	2,34	23	27

### **3 ПРОИЗВОДСТВО БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАБОТ**

Бетоны – это искусственные каменные материалы, получаемые в результате твердения перемешанной и уплотненной смеси вяжущего материала (цемента), мелкого заполнителя (песка), крупного заполнителя (щебня или гальки), воды и, при необходимости, специальных добавок, улучшающих качество бетона. До затвердения эта смесь называется бетонной смесью [1].

Большинство сооружений систем водоснабжения и водоотведения полностью или частично возводятся из бетонных и железобетонных конструкций. В зависимости от способа производства работ различают конструкции монолитные, сборные и сборно-монолитные с ненапрягаемой и напрягаемой арматурой. Монолитные конструкции возводят непосредственно на строительной площадке; сборные конструкции монтируют из изделий, изготовленных на заводах или полигонах сборного железобетона; сборно-монолитные конструкции монтируют из готовых сборных элементов и одновременно выполняют монолитные части сооружения, объединяющие эти элементы в единое целое.

При возведении объемных сооружений систем водоснабжения и водоотведения, из монолитного бетона возводятся в основном днище сооружения, а также монолитные участки стен в углах. Иногда всё сооружение (днище и стены) возводятся из монолитного железобетона.

Бетонным работам сопутствуют подготовка основания, гидроизоляция, опалубочные, арматурные и бетонные работы.

К бетонированию днищ емкостных сооружений приступают после устройства:

- щебеночной подготовки – 100...200 мм;
- бетонной подготовки – 100...150 мм;
- выравнивающей цементной стяжки – 25...30 мм;
- гидроизоляции днища;
- защитной стяжки из цементно-песчаного раствора толщиной 25...30 мм или асфальта 30...50 мм.

Бетонирование днища включает в себя установку арматуры и заливку её бетоном. Толщину этого бетонного слоя в данном курсовом проекте принять равной 200 мм [4; 9; 12; 13].

#### **3.1 Устройство щебеночной и бетонной подготовки**

При плотных грунтах основания щебень и бетон в котлован доставляют автосамосвалами непосредственно в рабочую зону и разравнивают его специальными разравнивателями, смонтированными на экскаваторе или вручную. В слабых грунтах, когда заезд в котлован невозможен или размеры сооружения в плане невелики, для подачи щебня и бетонной смеси применяют виброжелоба, загружаемые непосредственно из самосвалов. Бетон также подают стреловыми кранами в бадьях, загружаемых смесью на заводе и доставляемых в автомобилях или на объекте с доставкой смеси автосамосвалами. Используют для этих целей и ленточные бетоноукладчики, передвигающиеся по берме котлована, а также автобетононасосы.

Объем щебеночной подготовки вычисляют как

$$V_{щ} = F_{щ} \cdot \delta_{щ}, \quad (3.1)$$

где  $F_{щ}$  – площадь щебеночной подготовки;

$\delta_{щ}$  – толщина щебеночной подготовки (100...200 мм).

Объем бетонной подготовки рассчитывают следующим образом:

$$V_б = F_б \cdot \delta_б, \quad (3.2)$$

где  $F_б$  – площадь бетонной подготовки;

$\delta_б$  – толщина бетонной подготовки (100–150 мм).

### 3.2 Устройство выравнивающей цементной стяжки

Выравнивающую цементно-песчаную стяжку выполняют перед устройством гидроизоляции днища. Она представляет собой слой цементно-песчаного раствора марки М25-100, толщиной 25...30 мм и укладывается на бетонную подготовку, не дожидаясь твердения бетона или одновременно с ним. Стяжку укладывают по маякам, уплотняя и заглаживая поверхность виброрейкой. Объем стяжки рассчитывают по формуле

$$V_{ц.с.} = F_{ц.с.} \cdot \delta_{ц.с.}, \quad (3.3)$$

где  $F_{ц.с.}$  – площадь выравнивающей цементной стяжки;

$\delta_{ц.с.}$  – толщина выравнивающей цементной стяжки (25...30 мм).

### 3.3 Устройство гидроизоляции днища и защитной стяжки

Гидроизоляционное покрытие может быть обмазочным (окрасочным), литым или оклеечным. Разогретую битумную мастику (160 °С) наносят на ровную и хорошо просушенную поверхность. При ручной гидроизоляции горизонтальных или наклонных (до 45°) поверхностей битумную мастику разливают на поверхности, разравнивая специальными гребнями, щетками и т.п. После остывания первого слоя наносят второй, общей толщиной 35 мм. Слои наносят полосами шириной 1,5 м, двигаясь по неизолированной поверхности с нахлесткой 15–20 см. Влажность бетона, подготовленного для устройства гидроизоляционного покрытия, не должна превышать 6%.

После нанесения гидроизоляционного покрытия выполняют защитную стяжку из песчано-цементного раствора марки М25-100 толщиной 25–30 мм, или асфальта толщиной 30–50 мм. Технологический перерыв после выполнения цементной стяжки составляет 2–3 суток, после асфальтовой – одна смена. Цементную стяжку уплотняют виброрейками или легкими катками, асфальтовую – легкими катками. Объем гидроизоляции рассчитывают по формуле

$$V_г = F_г \cdot \delta_г, \quad (3.4)$$

где  $F_{\Gamma}$  – площадь гидроизоляции;  
 $\delta_{\Gamma}$  – толщина гидроизоляции (35 мм).

$$V_{з.с.} = F_{з.с.} \cdot \delta_{з.с.} \quad (3.5)$$

где  $F_{з.с.}$  – площадь защитной стяжки;  
 $\delta_{з.с.}$  – толщина защитной стяжки (для песчано-цементного раствора 25–30 мм, для асфальта 30–50 мм).

### 3.4 Определение объемов бетонных и сопутствующих работ

На основании рабочих чертежей сооружений определяется объем железобетона в той или иной части сооружения. Кроме объемов бетона, укладываемого в сооружение, необходимо определить объемы сопутствующих работ – арматурных, опалубочных, подготовка поверхностей к бетонированию и, при необходимости, некоторых других. Для приближенных расчетов допускается принимать эти показатели по данным таблицы 3.1. По указанию руководителя проекта объемы каких-либо сопутствующих работ могут быть подсчитаны в соответствующем разделе по результатам реальных расчетов конструкций (например, по результатам расчета опалубки) или могут быть заданы свои удельные показатели (например, процент армирования).

Таблица 3.1 – Ориентировочные удельные объемы сопутствующих работ при бетонировании сооружений

Тип сооружения	Удельные показатели затрат по видам сопутствующих работ на 1 м <sup>3</sup> бетона	
	арматурные, кг	опалубочные, м <sup>2</sup>
Массивные неармированные	10–15	0,16
Массивные слабо армированные	15–30	0,24
Сильно армированные тонкостенные	50–120	0,4

Объем бетонной смеси для устройства днища рассчитывают по формуле

$$V_{бет.дн} = F_{дн} \cdot n \cdot \delta_{дн}, \quad (3.6)$$

где  $F_{дн}$  – площадь днища, м<sup>2</sup>;  
 $n$  – количество сооружений, шт;  
 $\delta_{дн}$  – толщина днища (принять 200 мм).

Объем арматуры для днища

$$V_{арм.дн.} = V_{бет.дн} \cdot \delta_{арм}, \quad (3.7)$$

где  $V_{бет.дн}$  – объем бетона для бетонирования днища, м<sup>3</sup>;  
 $\delta_{арм}$  – удельный показатель затрат арматуры в зависимости от типа сооружения (см. таблицу 3.1).

Площадь опалубки для бетонирования днища

$$F_{\text{опал.дн.}} = V_{\text{бет.дн.}} \cdot \delta_{\text{опал}} \quad (3.8)$$

где  $V_{\text{бет.дн.}}$  – объём бетона для бетонирования днища, м<sup>3</sup>;

$\delta_{\text{опал}}$  – удельный показатель затрат опалубки в зависимости от типа сооружения (см. таблицу 3.1).

### 3.5 Транспортирование и укладка бетонной смеси

Транспортирование бетонной смеси включает в себя доставку ее от бетонного завода на объект строительства и подачу непосредственно к месту укладки со всеми погрузками и выгрузками, а также распределение ее по блоку бетонирования.

Для транспортирования бетонной смеси в зависимости от ее первоначальной подвижности, скорости схватывания, применяемого цемента, дальности транспортирования, состояния дорог, времени нахождения в пути, числа перегрузок и температурно-влажностных условий перевозок могут применяться автобетоносмесители, авто-бетоновозы, автосамосвалы, бортовые машины с перевозкой бетонной смеси в бадьях, а также бетононасосы, ленточные транспортеры и вспомогательный транспорт. Автомобильный транспорт часто применяется в комплекте со стреловыми гусеничными, пневмоколесными, автомобильными, башенными кранами.

Укладка бетонной смеси включает в себя подачу бетона в блок бетонирования, прием, разравнивание и уплотнение бетонной смеси, уход за свежеложенным бетоном. Уплотнение бетонной смеси необходимо для хорошего заполнения опалубочных форм. Как правило, уплотнение выполняется различного вида вибраторами (поверхностными, речными, глубинными и др.). При этом из смеси удаляется воздух, что повышает однородность, водонепроницаемость, морозостойкость и прочность бетона ([таблица А.2](#)).

После укладки бетона необходимо предохранять его как от излишнего разогрева, так и от замерзания, испарения влаги, влияния солнечной радиации и т.д. Необходимо также наметить комплекс мероприятий, которые бы обеспечили на время набора бетоном прочности требуемые нормальные условия твердения во все сезоны.

### 3.6 Опалубочные и арматурные работы

Опалубка предназначена для придания возводимым конструкциям проектной формы, заданных размеров и положения в пространстве. В опалубку укладывается бетонная смесь и выдерживается в ней до достижения распалубочной прочности (около 5 суток). Проектирование опалубки включает в себя выбор и обоснование типов и размеров (типоразмеров) опалубки в соответствии с размерами бетонированной конструкции и блоков, установление расчетных нагрузок и статический расчет элементов опалубки.

Тип опалубки выбирается в зависимости от конструкции сооружения. Для наружных поверхностей может использоваться деревянная, металлическая

инвентарная (многократно используема) опалубка или бетонная и железобетонная стационарная опалубка (остающаяся в сооружении в виде плит-оболочек). Для перекрытий целесообразно применять армоплиты. Для конструкций значительных размеров и постоянных сечений (отстойники, аэротенки) целесообразно применять подвижную способную катиться или скользящую опалубку [1].

Опалубка днища может состоять из наружной опалубки по периметру, опалубки паза-гнезда для стеновых панелей, опорного стакана для колонн и опалубки прямков. Опалубку элементов днища обычно собирают из заранее заготовленных щитов или отдельных блоков.

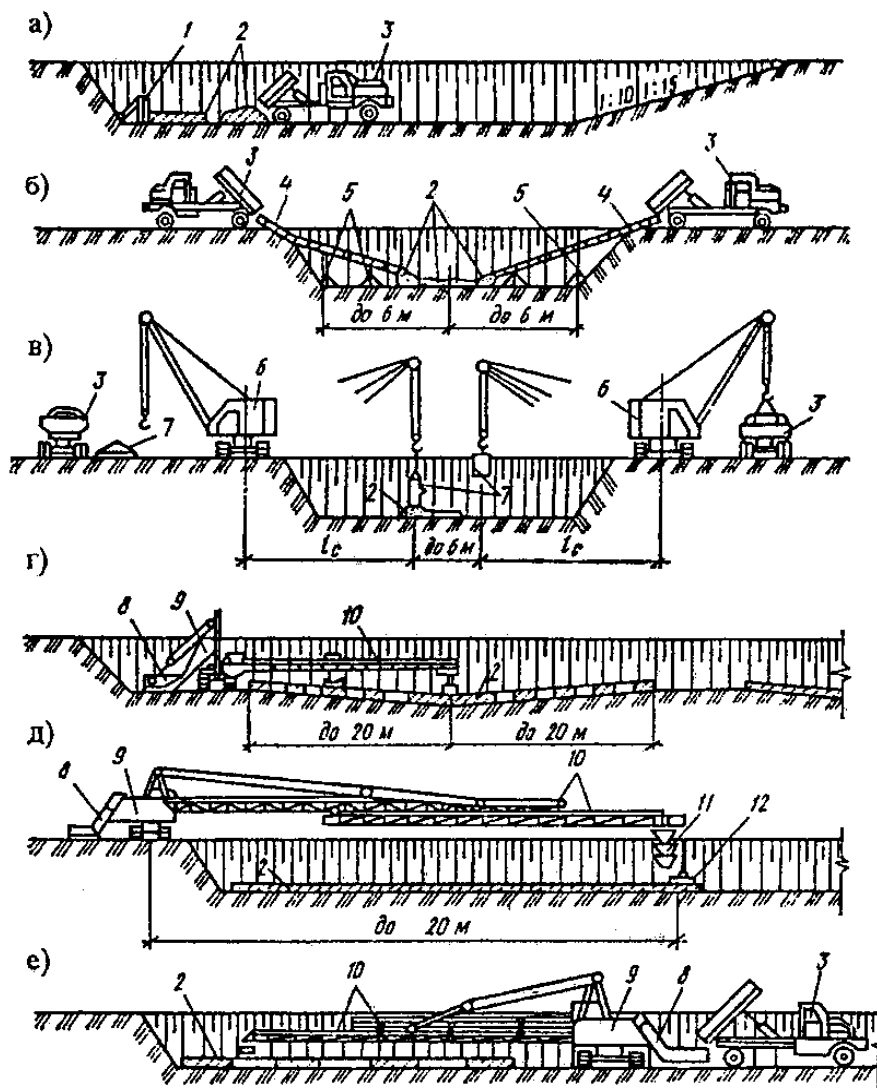
Работы по установке опалубки выполняются перед установкой арматуры, или одновременно с этим. В последнем случае опалубку укрепляют на арматурном каркасе. Для армирования железобетонных конструкций следует применять арматуру классов S240, S400 и S500. Конструкции армируют как отдельными стержнями, так и укрупненными арматурными изделиями – сетками и армокаркасами, размеры которых соответствуют габаритам транспортных средств. По назначению арматура подразделяется на рабочую, конструктивную и монтажную [8; 9].

Арматуру днища, как правило, изготавливают на заводах в виде сеток из арматурной стали Ш 6–8 мм. Сетки свертывают в рулоны для удобства транспортирования и механизации погрузочно-разгрузочных работ.

### **3.7 Устройство монолитного днища**

Первым этапом устройства любых емкостных сооружений систем водоснабжения и водоотведения является устройство монолитного днища. К бетонированию днищ резервуаров ([таблица А.3](#)) и других емкостных сооружений (независимо от формы в плане) приступают после устройства щебеночной и бетонной подготовки.

*Устройство щебеночной и бетонной подготовки.* Способы и схемы выполнения этих процессов выбирают в зависимости от общих габаритов сооружения в плане, плотности грунта в основании и наличия грунтовых вод. При плотных грунтах основания щебень и бетон в котлован доставляют автосамосвалами непосредственно в рабочую зону (рисунок 3.1, а) и разравнивают его специальными разравнивателями, смонтированными на экскаваторе. В слабых грунтах, когда заезд в котлован невозможен или размеры сооружения в плане невелики, для подачи щебня и бетонной смеси применяют виброжелоба, загружаемые непосредственно из самосвалов (рисунок 3.1, б). Бетон также подают стреловыми кранами в бадьях, загружаемых смесью на заводе и доставляемых в автомобилях (рисунок 3.1, в) или на объекте с доставкой смеси автосамосвалами. Используют для этих целей и ленточные бетоноукладчики (рисунок 3.1, г) – е). Бетоноукладчиком, передвигающимся по берме котлована, подают смесь на полосу шириной до 20 м с каждой стороны, разравнивают и уплотняют её. Бетонную подготовку сооружений больших площадей (под горизонтальные отстойники, аэротенки и др.) устраивают с помощью автобетоноукладчиков или автобетононасосов (см. рисунок 3.1, в), работающих с бермы котлована и укладывающих бетонную смесь в подготовку полосами шириной по 5...6 м.



1 – опалубка; 2 – щебень или бетонная смесь; 3 – автосамосвал; 4 – виброжелоб;  
 5 – опоры; 6 – кран; 7 – бадьи; 8 – скиповой подъемник; 9 – бетоноукладчик;  
 10 – конвейер; 11 – хобот; 12 – вибратор

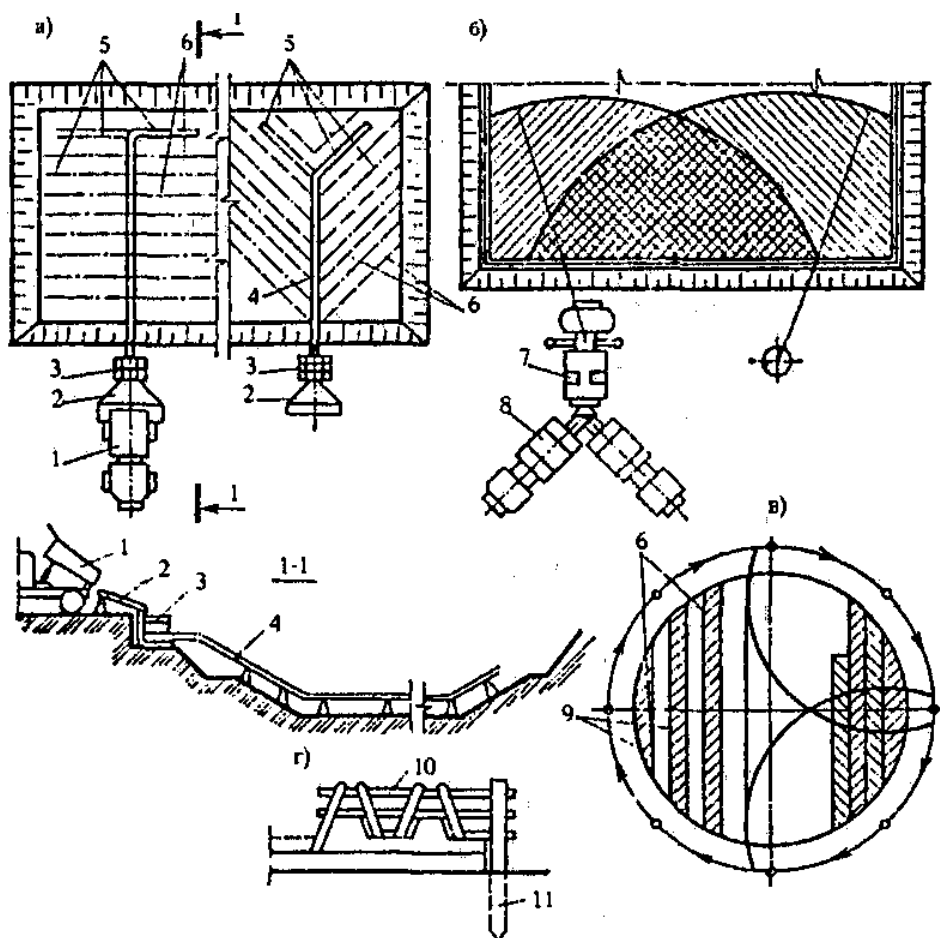
Рисунок 3.1 – Схема устройства щебеночной и бетонной подготовки под днище емкостных сооружений

При устройстве бетонных подготовок (как затем и бетонного днища) применяют бетононасосные установки производительностью 5...40 м<sup>3</sup>/ч с радиусом действия до 300 м. Смесь такой установкой укладывают отдельными полосами шириной 6 м, параллельно одной из сторон сооружения или «в елочку» (рисунок 3.2, а). Однако более эффективным для устройства подготовки (как и днища) является применение автобетононасосов с трубчатой сочлененной стрелой (рисунок 3.2, б); с одной стоянки можно укладывать смесь на площади радиусом до 18 м. В цилиндрических сооружениях полосы бетонирования разграничивают по хордам основания последовательно или через одну (рисунок 3.2, в).

**Бетонирование днища.** Перед бетонированием днища устраивают выравнивающую цементную стяжку и гидроизоляцию, после чего укладывают защитную стяжку, устанавливают опалубку, раскладывают арматуру и укладывают бетон в днище. Защитную стяжку поверх гидроизоляционного покрытия устраивают

из цементно-песчаного раствора толщиной 2,5...3 см или асфальта толщиной до 5 см. Уплотняют цементную стяжку виброрейками по маячным рейкам, укладываемым на расстоянии 2...3 м одна от другой, а асфальтовую – поверхностными вибраторами или легкими катками.

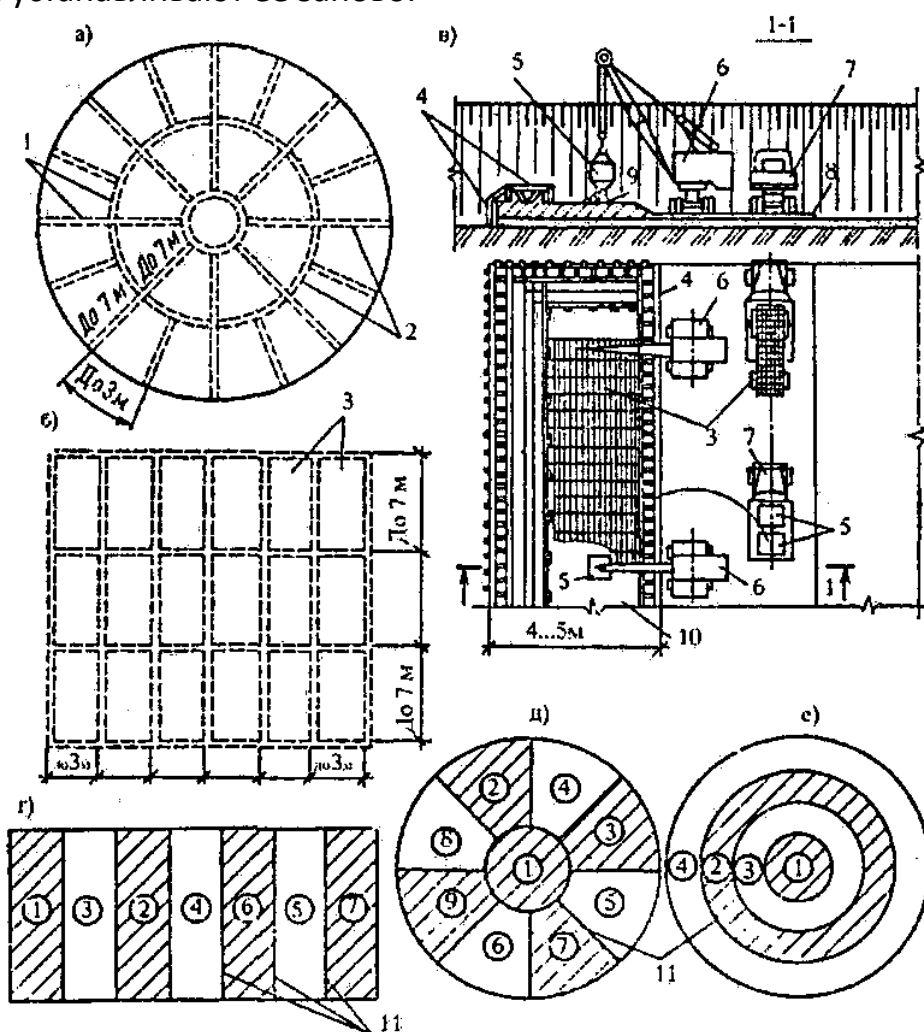
Опалубка дна обычно включает в себя опалубку по наружному периметру дна, при сборных стенах сооружений – опалубку пазов-гнезд (рисунок 3.2, г) и опалубку прямиков. Опалубку устраивают из заранее изготовленных щитов или отдельных опалубочных блоков, что особенно целесообразно при сложной форме дна сооружений.



1 – автосамосвал; 2 – вибробункер; 3 – бетононасос; 4 – бетоновод; 5 – места укладки бетоноводов в процессе бетонирования; 6 – рабочие швы в бетоне; 7 – автобетононасос; 8 – автобетоносмеситель; 9 – забетонированные полосы; 10 – ригель; 11 – свая  
 Рисунок 3.2 – Схема укладки бетонной смеси бетононасосами и устройства опалубки дна

Арматуру дна монтируют из арматурных сеток, каркасов или отдельных стержней. В цилиндрических сооружениях дна делят концентрическими окружностями, которые затем дополнительно делят на секторы трапецеидальной формы (рисунок 3.3, а). По размерам этих секторов изготавливают арматурные каркасы, размеры которых соответствуют габаритам транспортных средств. Для армирования дна используют также арматурные сетки из стержней диаметром 5...8 мм (в зависимости от размера дна сооружения), которые свертывают в рулоны. На объекте рулоны разворачивают, вытягивают и укладывают в проектное положение.

Для прямоугольных сооружений применяют арматурные сетки и каркасы размерами, кратными размерам секций или захваток (рисунок 3.3, б). В прямоугольных сооружениях небольших размеров отдельная установка опалубки, арматуры и укладка бетонной смеси последовательными потоками часто бывает затруднительна. Поэтому в таких случаях эти процессы выполняют одним потоком с применением одного или двух кранов, передвигающихся по уложенным деревянным щитам или железобетонным плитам (рисунок 3.3, в). Работы при этом ведут последовательными полосами или чаще через полосу (рисунок 3.3, г). За первый проход краном укладывают арматурные сетки или каркасы для полосы шириной 2...4 м, а за второй – бетонную смесь. При движении крана в обратном направлении перекалывают дорожные плиты в новое положение (для бетонирования следующей полосы) и одновременно переставляют опалубку с первой полосы на вторую или устанавливают ее заново.



1 – контуры каркасов; 2 – нахлестка арматурных каркасов; 3 – сетки в виде рулонов; 4 – опалубка; 5 – бадьи; 6 – кран, 7 – автомобили, доставляющие арматурные каркасы и бадьи с бетоном; 8 – временный настил для проезда кранов и транспорта; 9 – укладка бетона; 10 – забетонированное днище; 11 – рабочие швы, места установки опалубочных досок (цифры в кружках указывают последовательность бетонирования)

Рисунок 3.3 – Схема организации бетонных работ при устройстве днища емкостных сооружений

Укладка бетона в днище возможна различными способами и, в частности, теми же, что и бетонирование подготовки (см. рисунки 3.1, 3.2). Однако производство бетонных работ при этом усложняется наличием арматуры, когда укладывать смесь в днище непосредственно из транспортных средств невозможно и поэтому применяют дистанционные способы с использованием виброжелобов, бадей, а также бетононасосных установок. Пример устройства днища с подачей бетона бадьями приведен на рисунке 3.3. Как и при устройстве подготовки, при бетонировании днища бетононасосными установками требуются частые перекладки бетонопроводов, что в целом снижает эффективность этого способа. Поэтому более эффективным для бетонирования днищ является применение конвейерных бетоноукладчиков (см. рисунок 3.1, г) – е). Двигаясь по берме котлована, они укладывают смесь в днище полосой до 20 м с каждой стороны. При бетонировании днищ больших размеров (горизонтальных отстойников, аэротенков и др.) применяют схемы работ с передвижением бетоноукладчика по дну котлована и укладкой смеси полосами шириной 5...6 м при общей ширине захватки до 20 м (см. рисунок 3.1, е). Для бетонирования днища эффективно также применение автобетоноукладчиков. Стрелы таких полноповоротных бетоноукладчиков, состоящие из двух или трех секций (звеньев), соединенных шарнирно между собой, позволяют подавать смесь в любую точку в пределах радиуса действия стрелы. Применение их является весьма эффективным, так как не требуется заезд на днище машин и механизмов и прокладка бетонопроводов.

Для эффективной организации процесса укладки смеси в днище его разбивают на полосы бетонирования с соответствующей установкой опалубки и укладки арматуры, с соблюдением последовательности поточного выполнения процессов на захватках. При относительно малых размерах сооружений (до 28...30 м, прямоугольных или цилиндрических в плане) смесь укладывают полосами или концентрическими кольцами шириной 2...4 м последовательно и непрерывно до полного завершения. При больших размерах сооружений в плане укладку ведут через полосу (см. рисунок 3.3, г), е) с последующим заполнением оставленных промежутков. Бетонирование днищ больших размеров в плане ведут совмещенным способом при перемещении машины, выполняющей процессы, на днище по специально выстилаемым деревянным щитам или железобетонным плитам – ходам-проездам. При этом работы выполняют последовательными полосами, укладывая одновременно арматуру и бетонную смесь (см. рисунок 3.3, в), причем в первый проход крана укладывают арматурные сетки и каркасы для полосы шириной 3...4 м, а во второй – смесь. При устройстве бетонных подготовок и днищ емкостных сооружений перспективными являются установки для пневмо-набрызга бетонной смеси. При этом по шлангам с помощью сжатого воздуха подают сухую бетонную смесь, которую на выходе из концевой сопла смешивают с водой. Бетонная смесь выбрасывается с большой скоростью (до 120 м/ч), благодаря чему образуется при укладке очень плотный слой бетона, не требующий дополнительного уплотнения. Для выполнения набрызг-бетонных работ применяют специальный комплект машин, главной из которых является бетон-шприц-машина.

При бетонировании днищ цилиндрических сооружений вначале устраивают бетонные выступы, необходимые для установки стеновых панелей, а затем бетонируют днище. При этом, выгрузив смесь в скип бетоноукладчика и перегрузив её в бункер, транспортером подают смесь в опалубку выступов. Заполнив участок опалубки до необходимого уровня, подачу смеси прекращают и приступают к её уплотнению. В заключение заглаживают открытые поверхности выступов стальными гладилками. Днище радиального отстойника бетонируют с помощью бетоноукладчика, транспортером которого смесь подают к месту укладки, где разравнивают до получения ровного слоя на 3...5 мм выше бетонных маяков. Уплотняют бетон днища поверхностным вибратором.

Наиболее трудоемким при возведении монолитных емкостных сооружений (резервуаров, отстойников, фильтров, аэротенков и др.) является бетонирование их стен, имеющих часто переменную толщину (200...500 мм) и высоту (до 5...7 м).

### 3.8 Устройство монолитных стен

При бетонировании монолитных стен ёмкостных сооружений необходимо обеспечить водонепроницаемость ёмкости. Это достигается непрерывным бетонированием стен сооружений, т.е. укладки слоев бетонной смеси с интервалами, не превышающими срока её схватывания. Для этого стены делят на ярусы бетонирования высотой 1–1,2 м. Смесь укладывают слоями 200–250 мм с временными интервалами, не превышающими 1,5–2 ч (в соответствии со временем схватывания). Процесс укладки смеси при этом чередуется с процессом наращивания опалубки. (При использовании деревянной опалубки в курсовом проекте принять её одноразовой).

Объём бетона для бетонирования стен сооружения:

$$V_{\text{бет.ст}} = (F_{\text{ст}} + F_{\text{перег}})nH_{\text{ст}}, \quad (3.9)$$

где  $F_{\text{ст}}$  – площадь всех стен сооружения, м<sup>2</sup>. Рассчитывается как произведение суммарной длины стен сооружения на их толщину (принять = 200 мм);

$F_{\text{перег}}$  – площадь всех перегородок в сооружении, м<sup>2</sup>. Рассчитывается как произведение суммарной длины перегородок сооружения на их толщину (принять = 150 мм);

$n$  – количество сооружений, шт;

$H_{\text{ст}}$  – высота стен сооружения, м.

Объём арматуры для бетонирования стен:

$$V_{\text{арм.ст.}} = V_{\text{бет.ст}} \cdot \delta_{\text{арм}}, \quad (3.10)$$

где  $V_{\text{бет.ст}}$  – объём бетона для бетонирования стен, м<sup>3</sup>;

$\delta_{\text{арм}}$  – удельный показатель затрат арматуры, в зависимости от типа сооружения (см. таблицу 3.1).

$$F_{\text{опал.ст.}} = (I_{\text{ст}} + 2I_{\text{перег}})nH_{\text{ст}}, \quad (3.11)$$

где  $I_{\text{ст}}$  – длина опалубки наружных и внутренних стен сооружения, м;

$I_{\text{перег}}$  – длина опалубки перегородок в сооружении, м;

$n$  – количество сооружений, шт;

$H_{\text{ст}}$  – высота опалубки стен сооружения, м.

## 4 ПРОИЗВОДСТВО МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Монтаж строительных конструкций – основной комплексно-механизированный производственный процесс возведения зданий и сооружений из элементов и конструктивных узлов заводского изготовления [7; 13].

### 4.1 Устройство сборных стен

В унифицированных сборных емкостных сооружениях наиболее ответственным конструктивным элементом является стеновая панель, так как она обеспечивает прочность, водонепроницаемость, морозостойкость и долговечность сооружений. В зависимости от характера работы стен сооружения, различают три основных вида панелей: консольные, балочные, перегородочные. К консольным относят панели с одной жестко заземленной опорой внизу, к балочным – с двумя неподвижными опорами (нижней, заземленной в днище, и верхней, шарнирно связанной с покрытием), к перегородочным — панели консольного типа, не предназначенные для восприятия нагрузок от одностороннего давления воды или грунта. Перегородочные панели применяют для установки лотков с водой, переходных мостиков и технологических трубопроводов в сооружениях типа аэротенков.

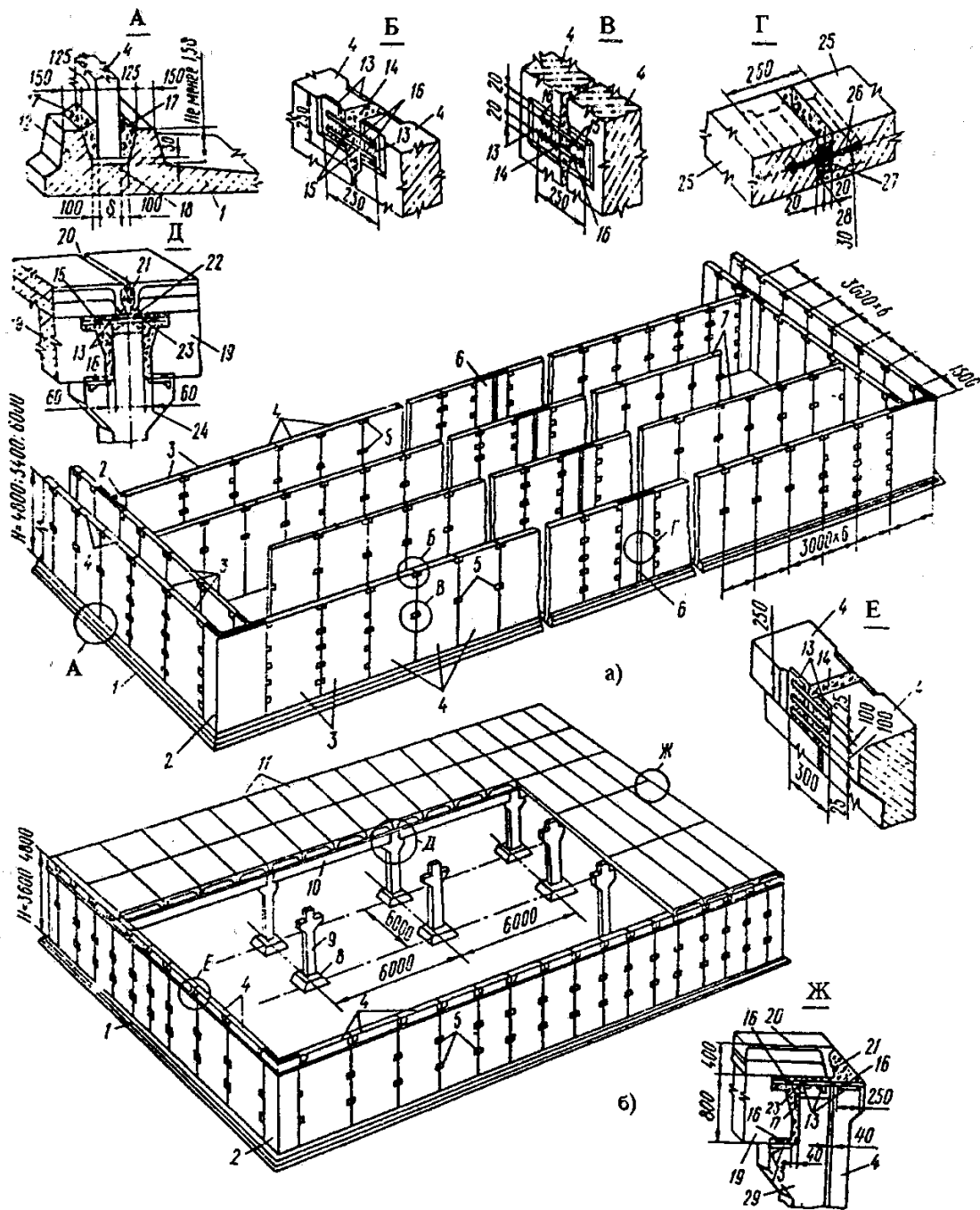
В цилиндрических сооружениях диаметром от 4,5 до 9 м из-за значительной кривизны контуров днища применяют стеновые панели с криволинейными внутренней и внешней поверхностями при радиусе их кривизны 3 м и ширине 1,5 м. Для сооружений диаметром от 9 до 18 м применяют панели, имеющие плоскую внутреннюю поверхность, а внешнюю – криволинейную с радиусом кривизны 7,5 м при ширине 1,5 м. Аналогичные панели применяют для монтажа цилиндрических сооружений диаметром от 24 до 50 м, но при радиусе их кривизны 15 м и ширине 2,1 м.

*Прямоугольные емкостные сооружения* из типовых элементов проектируют с применением для стен, перегородок, колонн, балок и плит покрытия сборного железобетона ([таблица А.5](#)), а для днищ – монолитного (рисунок 4.1).

Стеновые панели соединяют с днищем замоноличиванием их в пазах бетоном класса С20/25 на мелком заполнителе. Глубину паза принимают конструктивно и проверяют расчетом. Между собой панели соединяют путем сварки закладных деталей арматурными накладками с последующим замоноличиванием стыка цементно-песчаным раствором марки М300.

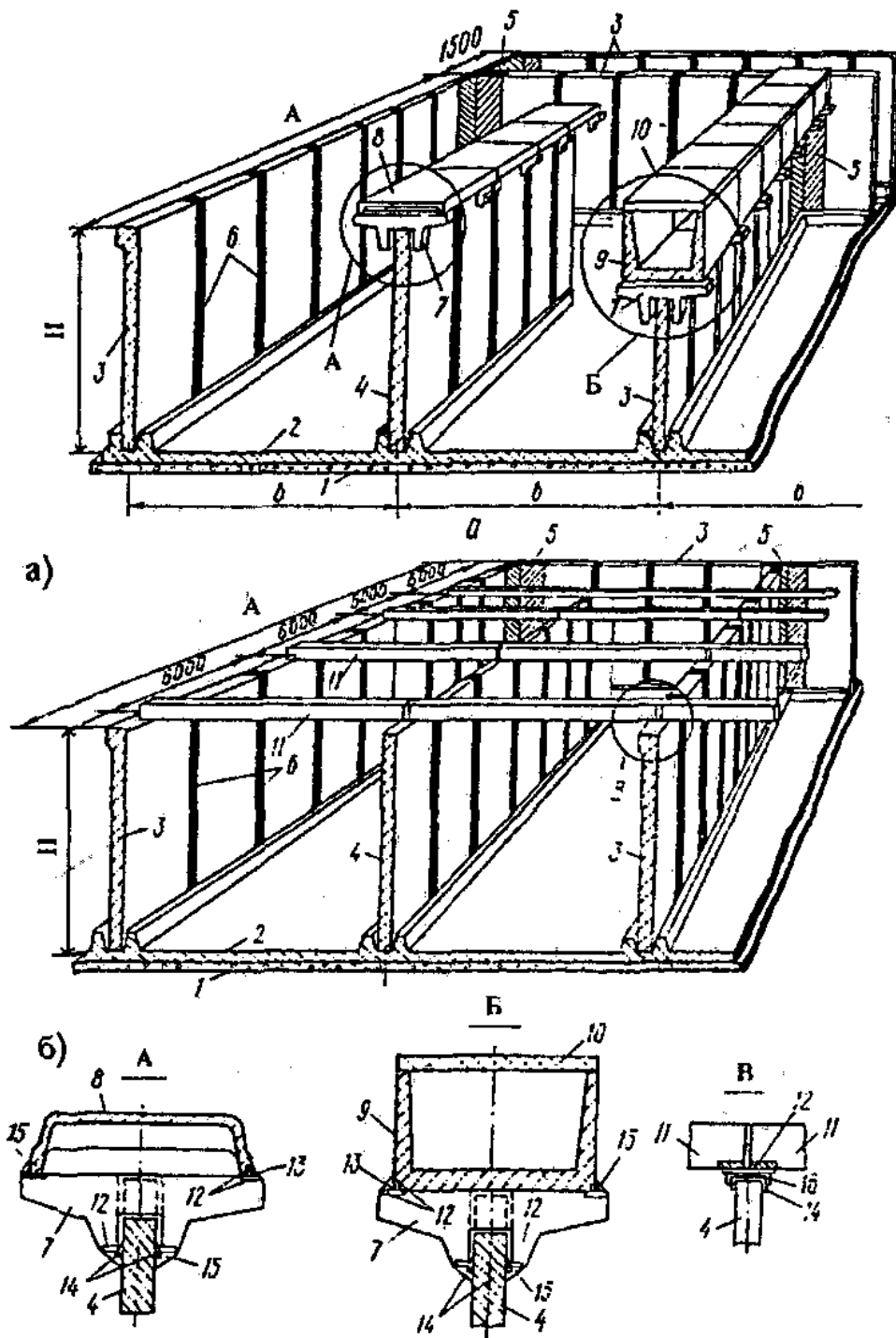
Покрытие закрытых емкостных сооружений проектируется из ребристых типовых плит, опирающихся через ригели ([таблица А.6](#)) на двухконсольные колонны сечением 400 х 400 мм, которые, в свою очередь, опираются на сборные фундаменты (подколонники). Плиты между собой, а также в местах опирания на ригели и стеновые панели крепят взаимной сваркой закладных деталей с последующей заделкой зазоров бетоном класса С20/25 на мелком заполнителе. По верху стеновых панелей в местах опирания плит покрытия по всей длине стенки устраивают набетонку.

Конструктивные схемы открытых и закрытых сборных прямоугольных емкостных сооружений, а также узлы и детали крепления их элементов приведены на рисунках 4.1 – 4.3.



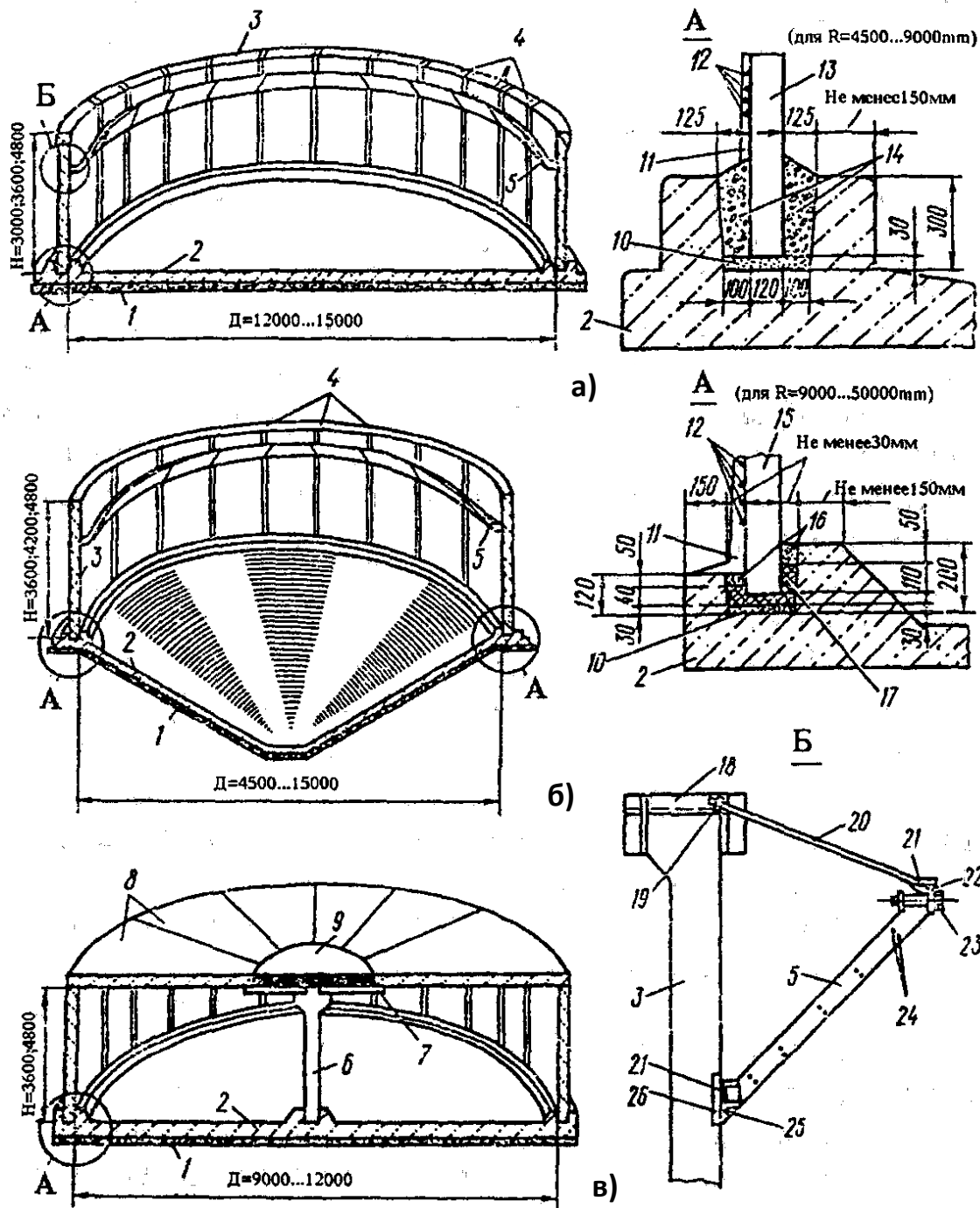
а) – емкостное прямоугольное сооружение коридорного типа (аэротенки, горизонтальные отстойники и др.); б) – резервуар; 1 – монолитное днище, 2 – монолитные угловые участки стен, 3 – панели для угловых участков, 4 – рядовые панели, 5 – закладные детали стыков, 6 – температурно-усадочный или деформационный шов, 7 – перегородочные панели, 8 – фундаменты (подколонники), 9 – колонны, 10 – балки или ригели, 11 – плиты покрытия, 12 – паз для установки стеновых панелей, 13 – закладные детали, 14 – цементно-песчаный раствор, 15 – накладные стержни, 16 – монтажные сварные швы, 17 – бетон на мелком заполнителе, 18 – выравнивающий слой цементного раствора, 19 – балки или ригели, 20 – плиты покрытия, 21 – бетон на мелком заполнителе, 22 – пластина металлическая, 23 – стержни, 24 – колонны рядовые, 25 – монолитные участки стен или днища, 26 – резиновая трехкулачковая шпонка, 27 – асбестовая пряжа, пропитанная битумом, 28 – асбестоцементный раствор, 29 – колонны пристенные

Рисунок 4.1 – Конструктивно-монтажные схемы прямоугольных емкостных сооружений из типовых унифицированных сборных элементов и деталей



а) – емкостные сооружения из консольных стеновых панелей, б) – тоже, из балочных стеновых панелей; 1 – бетонная подготовка, 2 – монолитное днище с пазами для установки стеновых панелей, 3 – стеновые панели рядовые, 4 – перегородочные панели, 5 – монолитные участки стен, 6 – стыки между панелями, 7 – поддерживающий элемент, 8 – плиты ИП1-9, 9 – лоток ЛТ-1, 10 – плита ПТ, 11 – распорка, 12 – закладные детали, 13 – сварной монтажный шов, 14 – стальные клинья, привариваемые после установки элемента к его закладным деталям, 15 – цементный раствор, 16 – швеллер

Рисунок 4.2 – Детали раскладки и крепления сборных элементов мостиков, лотков и распорок в открытых прямоугольных емкостных сооружениях



а) – радиальные отстойники, б) – двухъярусный отстойник или осветлитель, в) – резервуар;  
 1 – бетонная подготовка, 2 – монолитное днище с пазами, 3 – стеновые панели, 4 – стыки между панелями, 5 – элементы лотков ЛТЗ, 6 – колонна, 7 – поддерживающий элемент, 8 – плиты покрытия, 9 – монолитная круглая плита, 10 – выравнивающий слой цементного раствора, 11 – защитный слой торкрета, 12 – предварительно-напрягаемая кольцевая арматура, 13 – стеновые панели типа СПЦ1, 14 – бетон класса С20/25 на мелком заполнителе, 15 – стеновые панели ПСЦ-2 (при  $R = 9 \dots 18$  м) или ПСЦ3 (при  $R = 24 \dots 50$  м), 16 – асбестоцементный раствор, 17 – битум марки БНШ, 18 – хомут из уголка 80х6, 19 – гайка, 20 – монтажная тяга Ж16, 21 – сварной шов, 22 – уголок 80х6, 23 – болт  $d=10$ , 24 – выпуски арматуры, 25 – монтажные столики из уголка 100х10, 26 – закладные детали

Рисунок 4.3 – Конструктивно-монтажные схемы цилиндрических емкостных сооружений из типовых унифицированных сборных элементов и деталей

*Цилиндрические емкостные сооружения* из типовых сборных элементов устраивают с последующим натяжением на стенку кольцевой арматуры. Количество кольцевой арматуры и ее натяжение определяют исходя из условий создания в бетоне панелей необходимых сжимающих напряжений при расчетной нагрузке от давления жидкости в нижней и верхней зонах. Конструктивные схемы цилиндрических сборных емкостных сооружений, а также узлы и детали крепления сборных элементов приведены на рисунке 4.3.

В последние годы в типовую серию сборных емкостных сооружений были включены, наряду с плоскими стеновыми панелями, панели с опорной «пятой» внизу, являющиеся более устойчивыми при монтаже сооружений, не требующие временного закрепления.

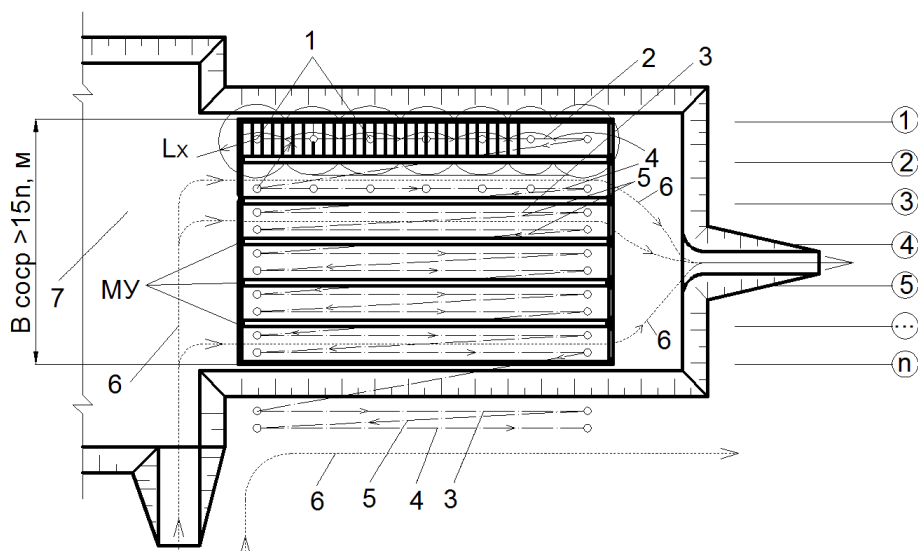
## **4.2 Монтаж прямоугольных емкостных сооружений**

*Общие требования к монтажу сборных конструкций сооружений.* Монтаж начинают после инструментальной проверки соответствия проекту планового и высотного положения монолитного днища с пазами для установки стеновых панелей, а также фундаментов и других элементов. Вне зависимости от принятого способа и метода монтажа конструкций необходимо обеспечить надежную их устойчивость. При монтаже различных элементов выполняют следующие операции: подготовку элемента к монтажу, строповку, очистку места установки и устройство постели, подачу элемента, а также перемещение его при установке, закрепление в проектном положении. Стropовку элементов следует производить в местах, указанных в проекте, и обеспечивать подачу их к месту установки в положении, близком к проектному. Приемку элемента монтажники производят в тот момент, когда его останавливают над местом установки на высоте не более 30 см, после чего его разворачивают и устанавливают в проектное положение по принятым ориентирам (рискам, штырям, упорам, граням и т.д.). Приемку монтажных работ производят после полного закрепления всех конструктивных узлов и приобретения бетоном замоноличивания стыков проектной прочности.

*Технология монтажа сооружений.* При возведении комплексов водопроводных и канализационных сооружений монтируют камеры реакции (хлопьеобразования), горизонтальные отстойники, фильтры, блоки очистных сооружений, резервуары чистой воды, аэротенки, биофильтры и другие прямоугольные емкостные сооружения.

Монтаж горизонтальных отстойников с учетом их значительных размеров в плане осуществляют кранами с передвижением их по бетонной подготовке или днищу вдоль монтируемых стен (рисунок 4.4). Отстойники монтируют как отдельным, так и комплексным методом, при котором стеновые панели и плиты покрытия коридоров устанавливают за один проход крана. Монтаж ведут с транспортных средств, причем монтаж панелей начинают со среднего коридора, а затем ведут кольцевыми симметричными захватками с передвижением крана вокруг

смонтированных коридоров. При такой организации работ после монтажа средних коридоров в них ведут работы по замоноличиванию стыков, торкретированию монолитных участков и др. Монтаж стеновых панелей на последних захватках осуществляют после выполнения необходимых работ на предыдущих захватках, в том числе по замоноличиванию стыков, устройству монолитного пояса, монтажу стеновых панелей перегородок, технологических трубопроводов и плит покрытия.



1 – стоянки крана, 2 – ось движения крана при монтаже стеновых панелей первой секции (коридора), 3 – то же, второй и последующих секций, 4 – ось движения крана при монтаже плит покрытия, 5 – обратный ход крана, 6 – ось движения транспорта, 7 – котлован для здания фильтров; МУ – монолитные участки, Lx – вылет крюка крана

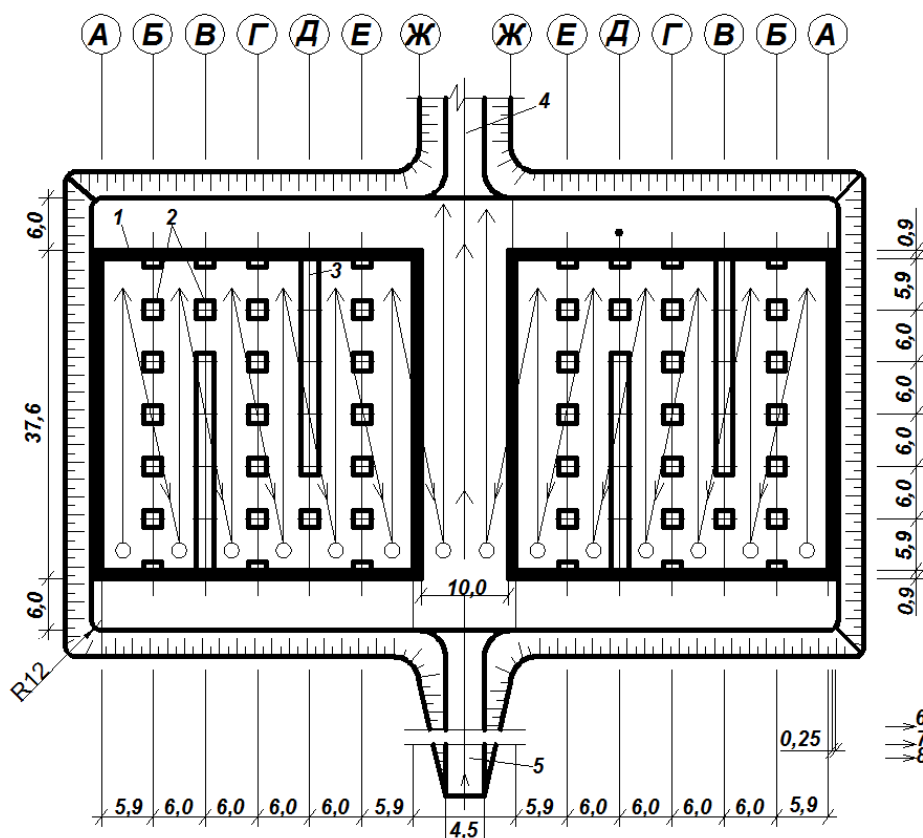
Рисунок 4.4 – Принципиальная схема монтажа горизонтального отстойника

**Монтаж резервуаров.** Методы и последовательность монтажа прямоугольных резервуаров во многом определяются типом и габаритами сборных конструкций, и в частности типом стеновой панели (таблица А.4). Для монтажа резервуаров различной вместимости применяют практически однотипные сборные элементы при общем небольшом количестве их типоразмеров (стеновые панели, перегородки, подколонники, колонны, балки или ригели и плиты покрытия). Все это позволяет применять однотипную технологию и схемы монтажа резервуаров практически независимо от их вместимости.

Монтаж небольших в плане резервуаров ведут с передвижением крана вокруг них по берме котлована, при средних и больших размеров – с передвижением по их днищу и разбивкой на монтажные участки по продольным осям А, Б, В и т.д. (рисунок 4.5). Монтаж конструкций в пределах резервуара целесообразно выполнять по пролетам, принимаемым в качестве монтажных участков. Работы на каждом участке можно выполнять тремя специализированными потоками: 1) установка стен панелей и фундаментов под колонны (подколонников); 2) монтаж колонн и циркуляционных перегородок с одновременным замоноличиванием стыков; 3) укладка балок (ригелей) и плит покрытия.

Последовательность монтажа сборных конструкций должна обеспечивать устойчивость и прочность их в пределах монтажного участка. Учитывая значительные

размеры в плане крупных резервуаров, их монтаж производят в основном с передвижением крана внутри резервуара по его днищу. Устанавливать сборные элементы резервуаров можно комплексным, раздельным или комбинированным методами.



- 1 - стеновые панели, 2 - колонны в котловане, 3 - циркуляционные перегородки,  
 4, 5 - выезды из котлована и въезд в него, 6 - рабочий ход крана, 7 - обратный ход,  
 8 - направление движения транспортных средств

Рисунок 4.5 – Схемы движения монтажных кранов при возведении двух крупных резервуаров

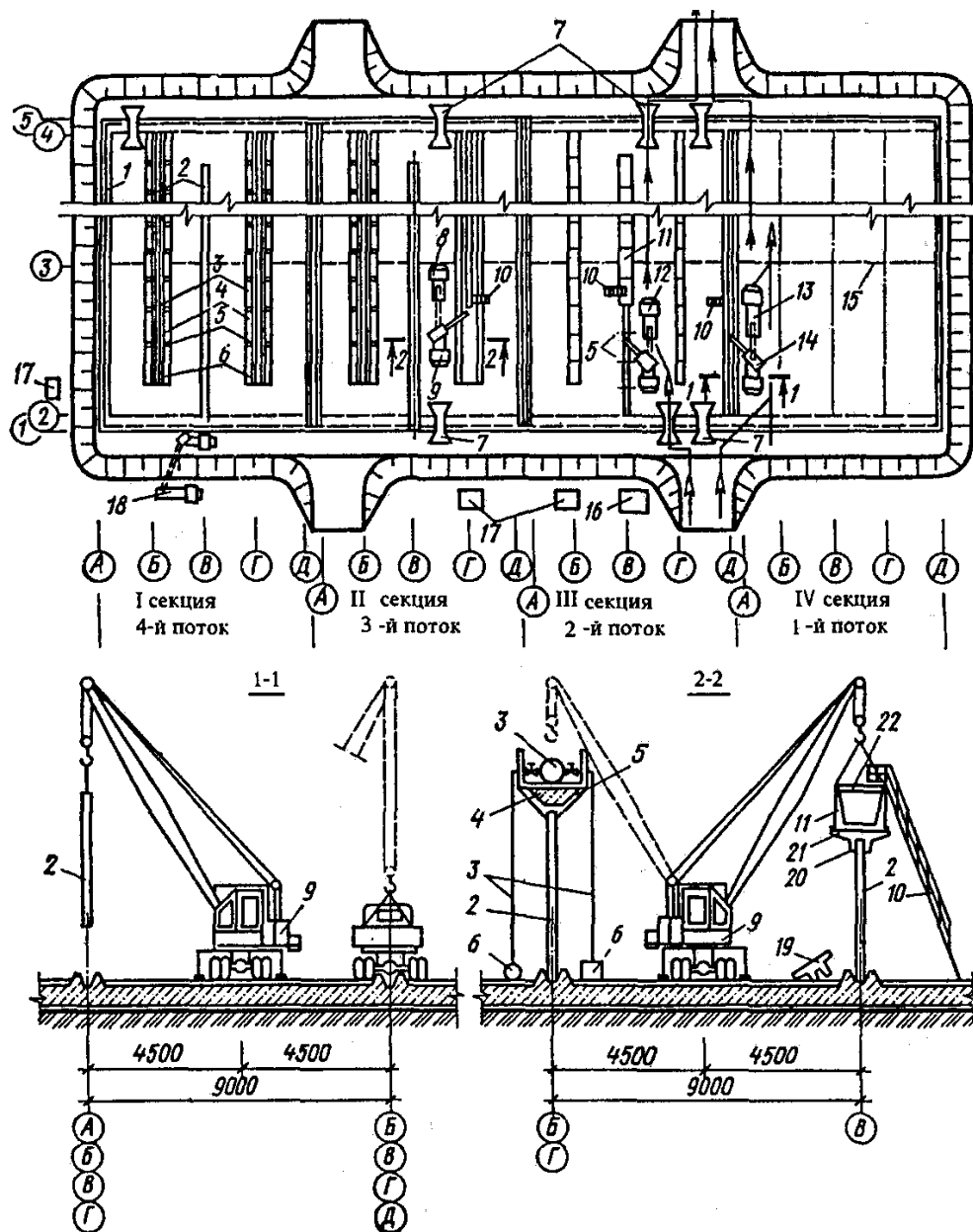
При комплексном методе после установки части стеновых панелей одновременно монтируют колонны, циркуляционные перегородки и плиты покрытия. Однако этот метод, наряду с преимуществами, имеет недостатки, поскольку грузоподъемность крана при этом подбирают по массе наиболее тяжелых элементов (стеновых панелей), а кран по ходу движения монтирует и более легкие элементы (колонны, балки, ригели, плиты). Кроме того, работа крана в стесненных условиях котлована, при необходимости завоза туда и складирования всех элементов, значительно затрудняет организацию работ и замедляет темпы возведения резервуаров. Поэтому иногда более эффективен раздельный или комбинированный метод их монтажа, при котором основные сборные элементы устанавливают в три этапа: на первом - гусеничным краном, передвигающимся по готовому днищу или бетонной подготовке, монтируют раздельно панели стен, за исключением монтажного проема, оставляемого для въезда крана и панелевозов; на втором – пневмоколесным краном, передвигающимся по днищу, устанавливают комплексно колонны, циркуляционные перегородки и плиты покрытия; на третьем – гусеничным

краном устанавливают сборные элементы в месте монтажного проема. Последний этап работ выполняют после завершения всех работ внутри резервуаров, в том числе отделочных, гидроизоляционных, монтажа трубопроводов и оборудования.

Наряду с указанным отдельно-комбинированным методом эффективным является так называемый кольцевой метод монтажа резервуара с использованием двух параллельно работающих кранов (IV схема монтажа). При этом одним краном (большей грузоподъемности), передвигающимся вокруг резервуара по берме котлована, устанавливают стеновые панели, а также колонны, балки и плиты примыкающего к стенам одного пролета покрытия, а вторым (более легким) краном, передвигающимся по днищу параллельно первому, монтируют колонны, балки и плиты покрытия второго пролета. Завершив монтаж панелей, колонн, балок и плит покрытия по двум рядам пролета наружного периметра резервуара, переходят к монтажу конструкций центральной части резервуара (2-я очередь строительства). Монтаж четырех пролетов центральной части производят комплексным методом. Последний этап монтажа – заполнение монтажного проема стеновыми панелями после выхода крана из резервуара.

Монтаж покрытий прямоугольных резервуаров можно вести одновременно по нескольким пролетам, например, перекрытия девятипролетного резервуара по трем – пяти пролетам. При одновременном монтаже трех пролетов один из них оставляют для передвижения крана, а в других раскладывают сборные элементы; при монтаже пяти пролетов под раскладку элементов может быть занято четыре пролета. Завершив выверку колонн и сварку их соединений с балками и плитами, производят омоноличивание швов. Схему движения крана при этом выбирают такой, чтобы к концу монтажа кран мог выйти из резервуара через оставленный проем. После установки панелей в месте проема оставшиеся плиты покрытия устанавливают краном, находящимся вне резервуара.

*Монтаж аэротенков* (характерная схема приведена на рисунке 4.6). Монтаж конструкций и технологических трубопроводов четырехкоридорных аэротенков ведут отдельным методом четырьмя специализированными потоками, что соответствует количеству секций аэротенков. В первый поток включают монтаж панелей продольных стен аэротенков по осям А, Б, В, Г и Д (рисунок 4.6, 1-1) с одновременным их закреплением и замоноличиванием стыков. Во второй включают монтаж балок, плит и ходовых мостиков по осям Б и Г, балок и лотков для подачи активного ила, затем плит, перекрывающих эти лотки по оси В. В третий поток входят работы по монтажу воздухопроводов, каналов и других элементов конструкций, монтаж которых должен быть закончен до установки панелей торцевых поперечных стен. В четвертый, который разбивают на два параллельных потока, включают монтаж поперечных ходовых мостиков, торцевых стен и лотков, начиная с поперечной оси 3 (один поток направляют к оси 1, а второй – к оси 5). Такое распределение работ по специализированным потокам позволяет подобрать для монтажа конструкций и трубопроводов наиболее экономичные краны, передвигающиеся по днищу и работающие на минимальных вылетах крюка.



1 – стеновые панели наружные, 2 – то же, внутренние, 3 – воздуховоды с отводами к фильтросным каналам, 4 – плиты ходовых мостиков, 5 – балки, 6 – фильтросные каналы, 7 – инвентарные переездные мостики, 8 – бортовой автомобиль, 9 – автокран, 10 – стремянки, 11 – лотки, 12 – автомобиль по доставке лотков, 13 – панелевоз, 14 – пневмоколесный кран, устанавливающий стеновые панели, 15 – температурно-усадочный шов, 16 – растворосос для замоноличивания стыков, 17 – электросварочные агрегаты, 18 – панелевоз по доставке панелей для торцевых стен, 19 – балка, подготовленная к установке, 20 – клинья для временного крепления балок, 21 – сварной шов, 22 – предохранительная распорка в лотке

Рисунок 4.6 – Схема монтажа четырехкоридорных аэротенков из типовых плоских панелей

Сварку и замоноличивание стыков конструкций, а также другие сопутствующие работы выполняют отдельные звенья. Приведенная на рисунке 4.6 схема показывает, что каждая секция может быть разбита на четыре типовых монтажных участка с постоянной технологией, повторяющейся во всех последующих секциях. Движение крана в коридорах шириной 9 м выдерживается прямолинейным, а в более широких коридорах может быть зигзагообразным. При прямолинейной схеме

кран, двигаясь по оси коридора, монтирует одновременно панели двух противоположных стен на вылете стрелы 4...5 м. При зигзагообразной схеме процесс выполняется аналогично, что позволяет крану работать при минимальном вылете стрелы.

Поскольку при монтаже аэротенков применяются элементы различной массы, в процессе работ приходится использовать разные способы их доставки в котлован, а также установки в проектное положение. Например, конструкции, доставляемые в котлован по 1-2 на одном транспорте, монтируют обычно с транспортных средств, т.е. «с колес», а более мелкие – с предварительной доставкой и раскладыванием на днище. Из-за стесненности условий монтажа возможен монтаж «с колес» конструкций массой 2...2,5 т, пользуясь транспортными средствами грузоподъемностью не более 5 т. При монтаже элементов с предварительной раскладкой их размещают в непосредственной близости к фронту работ или у противоположных стен. Закончив в аэротенках монтажные работы, переходят к торкретированию и железнению бетонных поверхностей монолитных участков, а также гидравлическому испытанию емкостей и гидроизоляции наружных поверхностей стен.

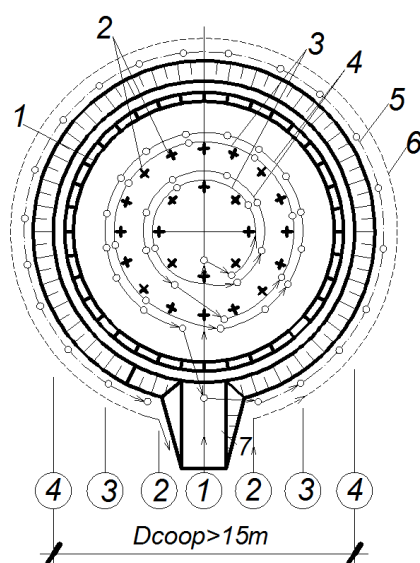
Монтаж двух- и трехкоридорных аэротенков (небольшой производительности) с шириной коридоров не менее 4...5 м выполняют по той же схеме, что и четырехкоридорных. Аэротенки с узкими коридорами (шириной < 4...5 м) монтируют обычно комплексным методом по коридорам. При этом после монтажа панелей продольных стен сразу устанавливают в коридоре все конструкции, а также воздуховоды, переходные мостики и т.п. К монтажу следующего коридора переходят после полного завершения работ в предыдущем. Чтобы исключить простой крана в ожидании фронта работ, монтажные работы целесообразно организовать параллельно в двух секциях аэротенков. Установив конструкции в пределах первого коридора первой секции, кран переводят во вторую для выполнения аналогичных работ, а в смонтированном коридоре первой секции в это время сваривают закладные детали, замоноличивают стыки и пр. Завершив работы в первом коридоре второй секции, кран возвращают в первую, где продолжают монтировать следующий коридор. В это время во второй секции готовят фронт для продолжения работ в следующем коридоре и т.п.

### **4.3 Монтаж круглых (цилиндрических) емкостных сооружений**

*Монтаж цилиндрических резервуаров.* В цилиндрических резервуарах монтажные участки назначают в зависимости от общих габаритов резервуаров и их вместимости. Так, в резервуарах вместимостью до 1000 м<sup>3</sup> монтажные участки назначают между осями колонн и стеновых панелей, а в резервуарах емкостью более 1000 м<sup>3</sup> – по секторам, ограниченными углами в 90 и 120°. При кольцевых участках объемы и трудоемкости работ не одинаковы, а при секторных равны между собой. Кольцевые участки рекомендуется назначать тогда, когда днище достаточно прочное и может выдержать нагрузку крана и транспортных средств, если нет, то назначают участки в виде секторов. При этом часть днища по оси сектора, достаточную для размещения крана, оставляют не забетонированной и выстилают железобетонными плитами, на которые въезжает кран. С этой стоянки

краном комплексным методом монтируют конструкции в центральной части резервуара, а затем перемещают его в сторону на расстояние, достаточное для монтажа следующего ряда конструкций сектора. Со второй стоянки краном вначале перекадывают дорожные плиты, а затем бадьями подают бетон для бетонирования освободившегося участка днища и монтируют конструкции резервуара в пределах сектора. В такой же последовательности процессы повторяют. Материалы и конструкции в рабочую зону подают автотранспортом непосредственно к крану. В последующем, по мере удаления крана от центра резервуара, автомашины останавливаются за его пределами (если позволяет вылет стрелы крана). Достоинством описанной «секторной» схемы монтажа является то, что работы можно вести одновременно несколькими кранами в разных секторах резервуара.

Технологическая схема монтажа цилиндрического резервуара диаметром более 15 м приведена на рисунке 4.7.



1 – стеновые панели; 2 – места установки колонн; 3 – ось движения крана при монтаже колонн; 4 – то же, при укладке ригелей и плит покрытия; 5 – то же, стеновых панелей и плит покрытия последнего ряда; 6 – ось движения транспортных средств; 7 – въезд и выезд из котлована, кружками обозначены стоянки крана

**Рисунок 4.7 – Принципиальная схема монтажа цилиндрического резервуара**

Монтаж резервуара начинают от центра, с заезда крана на днище. При этом кран и транспортные средства в процессе монтажа колонн, ригелей и плит движутся по кольцевым направлениям. В заключение кран выезжает на берму котлована и, двигаясь по ней, монтирует стеновые панели и плиты покрытия последнего ряда. При этом транспорт, занятый доставкой конструкций, движется по берме котлована. Используют также схему монтажа стеновых панелей с заездом крана непосредственно на днище резервуара. В этом случае панели раскладывают плашмя на подкладки по обе стороны от монтируемой стенки: снаружи – на грунт дна котлована, внутри – на днище резервуара. Для того чтобы уложить панели с наружной стороны резервуара, котлован уширяют на 3 – 4 м. Панели раскладывают большей стороной параллельно стене и монтажными петлями в одну сторону с тем, чтобы петли двух смежных панелей, расположенных по обе стороны

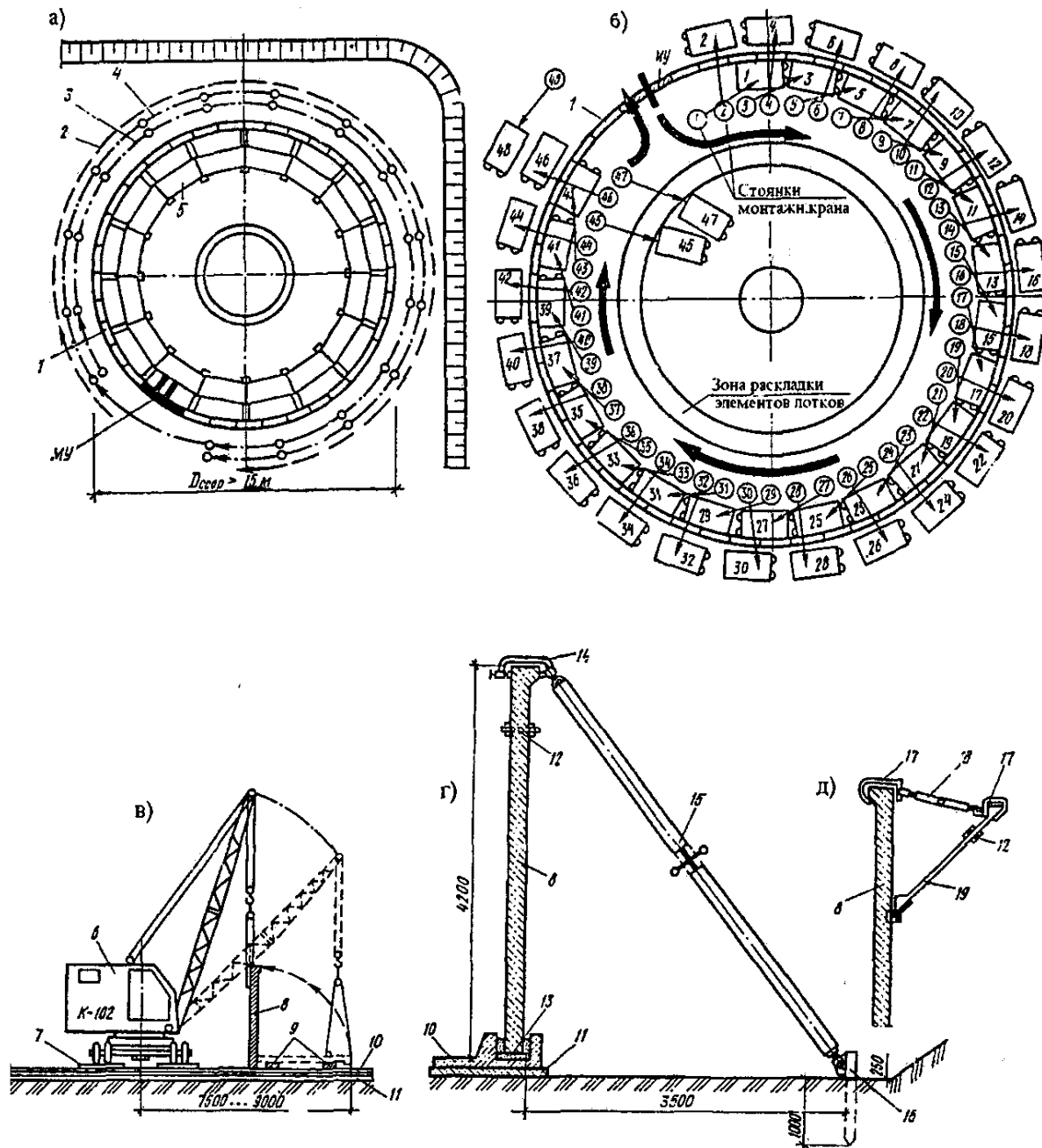
стенки, находились примерно на одинаковом расстоянии от монтажного крана. Для монтажа конструкций кран въезжает на днище и, двигаясь по подкладным щитам или дорожным плитам вдоль уложенных панелей, устанавливает их в проектное положение. После монтажа, выверки и окончательного закрепления стеновых панелей стыки между ними заделывают бетоном и заливают битумом в паз с заделкой его асбестоцементной смесью. По достижении бетоном в стыках между панелями и торкретным слоем 70% от проектной прочности, на внешнюю поверхность панели навивают высокопрочную проволоку или арматуру с помощью специальной навивочной машины.

Метод монтажа цилиндрических резервуаров с раскладкой панелей плашмя приводит к увеличению размеров котлована и, соответственно, объемов земляных работ. Поэтому целесообразнее складировать завезенные на днище панели в специальных кассетах в вертикальном положении. При этом на днище обычно располагают 2 – 3 кассеты, в которых размещают панели в количестве, необходимом для монтажа резервуара, за исключением 3 – 5 панелей, последние устанавливают в кассету, расположенную между резервуарами. Панели этой кассеты используют для установки в проемы, оставленные в резервуарах для выезда крана.

*Монтаж радиальных первичных и вторичных отстойников* чаще всего осуществляют группами, причем либо комплексным методом, при котором к монтажу каждого последующего сооружения приступают после завершения предыдущего, либо раздельным, при котором отдельные виды элементов и деталей всех отстойников монтируют последовательными потоками. Отстойники диаметром до 20 м монтируют с передвижением крана по дну котлована вокруг сооружения (рисунок 4.8, а), а диаметром более 20 м – с передвижением его непосредственно по днищу сооружения.

Схема монтажа радиального отстойника диаметром 40 м пневмоколесным краном приведена на рисунке 4.8, б), в). До начала монтажа панелей проверяют отметки дна паза и при необходимости выравнивают его, затем размечают места установки панелей. Кран въезжает на днище и, двигаясь по подкладным щитам, производит установку панелей в проектное положение. Строповку панелей осуществляют за четыре монтажные петли универсальной траверсой. Подъем их производят методом поворота (см. рисунок 4.8, в), а затем в вертикальном положении перемещают к месту установки. Панель устанавливают в паз на слой вязкой битумной массы толщиной 6 – 8 мм и закрепляют внизу клиньями или сверху временными монтажными приспособлениями – трубчатыми подкосами с якорями и струбцинами (рисунок 4.8, г).

Монтаж элементов сборных лотков ведут одновременно со стенами и закрепляют их инвентарными стяжками и муфтами со струбцинами (рисунок 4.8, д). После установки панелей и лотков, их выверки и окончательного закрепления заделывают стыки между панелями. После твердения бетона стыков и их распушки на внутреннюю поверхность стен отстойника наносят слой торкрета, а после достижения бетоном в стыках и торкретным слоем 70%-й проектной прочности производят предварительное напряжение стенки отстойника навивкой на внешнюю поверхность высокопрочной проволоки или арматуры.



1 – места установки панелей; 2 – ось движения транспорта; 3 – то же, крана при монтаже панелей; 4 – то же, кронштейнов и лотков; 5 – прямоугольный лоток; 6 - монтажный кран; 7 – подкладные щиты; 8 – стеновые панели; 9 – подкладки; 10 – монолитное днище; 11 – бетонная подготовка; 12 – фиксатор; 13 – пазы в днище; 14 – трубушина; 15 – подкос трубчатый со стяжным винтом; 16 – якорь из трубы; 17 – скобы; 18 – стяжная муфта (форкопф); 19 – угловой лоток (цифры на панелях и в кружках указывают места их раскладки и последовательность монтажа; МУ – монолитный участок)

Рисунок 4.8 – Схема монтажа радиальных отстойников

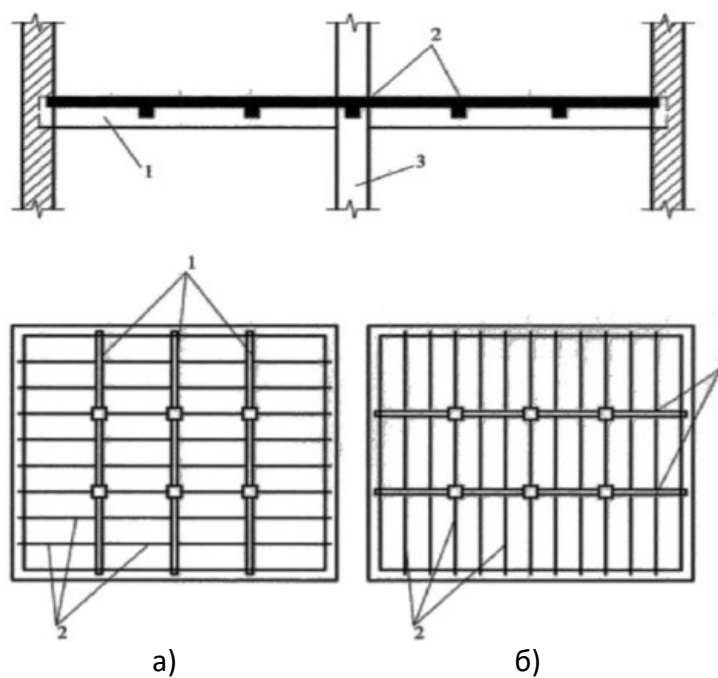
Независимо от применяемых схем монтажа радиальных отстойников установку панелей и лотков начинают и завершают у монолитного участка, в котором сосредоточены три основных элемента – стены, лотки и сливная камера с отводной трубой. При этом замоноличивание стыков панелей заканчивают бетонированием монолитного участка и сливной камеры. Поскольку радиальные отстойники строят, чаще всего, группами (по два, три и четыре), их целесообразно возводить

единым потоком, принимая каждый из них за монтажный участок и предусмотрев максимальное совмещение процессов при равномерном и непрерывном выполнении работ одними и теми же исполнителями.

#### 4.4 Монтаж перекрытий

Сборное плоское перекрытие является одним из важнейших элементов сооружения. В данном курсовом проекте перекрытия приняты сборным железобетонным. Конструкция сборного перекрытия состоит из ригелей (балок), на которые укладываются ребристые плиты перекрытия. В свою очередь, ригели опираются на стены и колонны.

Ребристое монолитное перекрытие с ребристыми плитами (рисунок 4.9) состоит из плит, опирающихся на ригели, которые, в свою очередь, передают нагрузку на колонны. Пролет ригелей подбирается из ряда 3, 6 и 9 м, ширину плиты принять 1,5 или 3 м. Для заделки стыков обычно применяется бетон класса В15.



а) – поперечном; б)- продольном;

1 – главные балки (ригели); 2 – второстепенные балки; 3 – колонна

Рисунок 4.9 – Конструктивная схема монолитного ребристого перекрытия при расположении главных балок

В случае выполнения в курсовом проекте задания по сооружению канализационной насосной станции круглого сечения, выполняющий курсовой проект освобождается от подбора и расчета перекрытия сооружения.

**Справка:** Ригель – железобетонная конструкция, воспринимающая горизонтальную нагрузку от плит перекрытия и лестничных маршей. Конструкции изготавливаются из тяжелого бетона с предварительно напряженной арматурой и применяются при возведении каркасных зданий. Ригели подразделяются на несколько типов: РОП, РЛП, РОР, РЛР – однополочные, РДП, РДР – двуполочные, РКП – консольные, РБП, РБР – бесполочные, Р – прямоугольного

сечения. В марке ригеля указывают: высоту поперечного сечения, длину в дм, несущую способность, класс стали напрягаемой арматуры. РДП 6.56-110AIV – расшифровывается следующим способом: тип ригеля РДП, высота 600 мм, длина 5560 мм, несущая способность 110 кН/м, сталь класса А-IV. РДП – для опирания многопустотных плит на две его полки (двуполочный); РОП – для опирания многопустотных плит на одну его полку (однopolочный); РЛП – то же, применяемый только в лестничных клетках.

#### 4.5 Определение объемов монтажных работ емкостных сооружений

Объемы монтажных работ определяются по чертежам сооружения и сводятся в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Спецификация сборных железобетонных элементов

№ п.п.	Наименование элемента	Марка элемента	Габаритные размеры элемента, м	Кол-во, шт	Масса 1-го элемента, т
1	2	3	4	5	6
1					
...					
				Всего:	

#### 4.6 Монтаж трубопровода и колодца

В этом разделе должна быть описана технология прокладки трубопровода, количество и размеры колодцев, перечислены составные части колодца [3; 5; 9; 11] ([таблица А.7](#)).

##### 4.6.1 Канализационные трубопроводы

Для канализационных сетей следует применять трубопроводы:

- а) *самотечные* — безнапорные железобетонные, бетонные, керамические, чугунные, асбестоцементные, пластмассовые трубы и железобетонные детали;
- б) *напорные* — напорные железобетонные, асбестоцементные, чугунные, стальные и пластмассовые трубы.

**Примечание:** Применение чугунных труб для самотечной и стальных для напорной сетей допускается при прокладке в труднодоступных пунктах строительства, в вечномёрзлых, просадочных грунтах, на подрабатываемых территориях, в местах переходов через водные преграды, под железными и автомобильными дорогами, в местах пересечения с сетями хозяйственно-питьевого водопровода, при прокладке трубопроводов по опорам эстакад, в местах, где возможны механические повреждения труб. При укладке трубопроводов в агрессивных средах следует применять трубы, стойкие к коррозии. Стальные трубопроводы должны быть покрыты антикоррозионной изоляцией.

Тип основания под трубы необходимо принимать в зависимости от несущей способности грунтов и нагрузок. Во всех грунтах, за исключением скальных,

плавунных и болотистых, необходимо предусматривать укладку труб непосредственно на выровненное и утрамбованное дно траншеи. В скальных грунтах необходимо предусматривать укладку труб на подушку толщиной не менее 10 см из местного песчаного или гравелистого грунта, в илистых, торфянистых и других слабых грунтах — на искусственное основание.

На напорных трубопроводах в необходимых случаях надлежит предусматривать установку задвижек, вантузов, выпусков и компенсаторов в колодцах. Уклон напорных трубопроводов по направлению к выпуску следует принимать не менее 0,001. Диаметр выпусков следует назначать из условия опорожнения участка трубопроводов в течение не более 3 ч. Отвод сточной воды, выпускаемой из опорожняемого участка, надлежит предусматривать без сброса в водный объект в специальную камеру с последующей перекачкой в канализационную сеть или с вывозом сточных вод автоцистерной. На поворотах напорных трубопроводов в вертикальной или горизонтальной плоскости, когда возникающие усилия не могут быть восприняты стыками труб, должны предусматриваться упоры.

#### 4.6.2 Канализационные колодцы

Смотровые колодцы на канализационных сетях всех систем надлежит предусматривать:

- в местах присоединений;
- в местах изменения направления, уклонов и диаметров трубопроводов;
- на прямых участках на расстояниях в зависимости от диаметра труб (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Расстояние между колодцами в зависимости от диаметра трубы

Диаметр трубы (мм)	Расстояние между колодцами (м)
150	35
200...450	50
500...600	75
700...900	100
1000...1400	150
1500...2000	200
свыше 2000	250...300

1. Размеры в плане колодцев или камер бытовой и производственной канализации надлежит принимать в зависимости от трубы наибольшего диаметра  $D$ :

- на трубопроводах диаметром до 600 мм – длину и ширину 1000 мм;
- на трубопроводах диаметром 700 мм и более – длину  $D + 400$  мм, ширину  $D + 500$  мм.

2. Диаметры круглых колодцев следует принимать на трубопроводах диаметрами, указанными в таблице 4.3.

3. На трубопроводах диаметром не более 150 мм при глубине заложения до 1,2 м допускается устройство колодцев диаметром 700 мм.

Таблица 4.3 – Диаметры круглых колодцев в зависимости от диаметра трубы

Диаметр трубы (мм)	Диаметры круглых колодцев (мм)
до 600мм	1000 мм
700 мм	1250 мм
800÷1000 мм	1500 мм
1200 мм	2000 мм

4. При глубине заложения свыше 3 м диаметр колодцев следует принимать не менее 1500 мм.

5. Высоту рабочей части колодцев, как правило, необходимо принимать 1800 мм; при высоте рабочей части колодцев менее 1200 мм ширину их допускается принимать равной  $D + 300$  мм, но не менее 1000 мм.

В рабочей части колодцев надлежит предусматривать:

– установку стальных скоб или навесных лестниц для спуска в смотровой колодец;

– на трубопроводах диаметром свыше 1200 мм при высоте рабочей части свыше 1500 мм – ограждение рабочей площадки высотой 1000 мм.

Полки лотка смотровых колодцев должны быть расположены на уровне верха трубы большего диаметра.

В колодцах на трубопроводах диаметром 700 мм и более допускается предусматривать рабочую площадку с одной стороны лотка и полку шириной не менее 100 мм – с другой. На трубопроводах диаметром свыше 2000 мм допускается устройство рабочей площадки на консолях, при этом размер открытой части лотка следует принимать не менее 2000 x 2000 мм.

*Горловины колодцев* на сетях канализации всех систем надлежит принимать диаметром 700 мм; размеры горловины и рабочей части колодцев на поворотах, а также на прямых участках трубопроводов диаметром 600 мм и более на расстояниях через 300 – 500 м следует предусматривать достаточными для опускания приспособлений для прочистки сети.

Установку люков необходимо предусматривать: на одном уровне с поверхностью проезжей части дорог при усовершенствованном покрытии; на 50—70 мм выше поверхности земли в зеленой зоне и на 200 мм выше поверхности земли на незастроенной территории. В случае необходимости надлежит предусматривать люки с запорными устройствами.

#### 4.6.3 Водопроводные трубопроводы

Водопроводные трубопроводы являются напорными, поэтому для них необходима высокая герметизация стыков, которая выполняется при помощи фланцевых, паяных или сварных соединений.

Водоводы и водопроводные сети чаще всего прокладывают из асбестоцементных, пластмассовых, чугунных, железобетонных и стальных труб.

**Чугунные трубы.** Чугунные трубы изготавливают из серого чугуна диаметром от 50 до 1200 мм и длиной от 2 до 6 м.

Чугунные трубы соединяют между собой раструбными стыками. Гладкий конец трубы вставляется в раструб и центрируется, при этом между ним и опорным уступом раструба должен оставаться зазор около 5 мм. Щель уплотняется просмоленной пеньковой прядью, которую набивают с помощью конопатки. Более широкая канавка раструба заделывается замком из асбестоцемента, свинца или алюминия.

Для чугунных труб диаметром от 65 до 300 мм возможно использовать раструбные соединения с резиновой самоуплотняющейся манжетой; резиновым уплотняющимся кольцом. Раструбное соединение дешевле фланцевого, обеспечивает подвижность отдельных участков трубопровода (для больших диаметров – до 1, для малых диаметров – до 3), обладает большей химической стойкостью. Поэтому трубы, прокладываемые в грунте, как правило, соединяют раструбами.

**Стальные трубы.** Стальные трубы допускается применять только при специальном обосновании. Стальные трубопроводы обладают высокой прочностью, могут выдерживать большие давления, хорошо сопротивляются воздействию динамических нагрузок. Поэтому их применяют для прокладки водоводов с высоким напором воды в сейсмических районах, просадочных грунтах, используют для устройства внутренних водопроводов в зданиях, а также на ответственных участках: под дорогами, по мостам, на акведуках, в дюкерах, насосных станциях и т.д.

Основной недостаток – повышенная подверженность коррозии. Внутренние диаметры стальных труб – от 5 до 1400 мм. Длина может быть любая, но не более 15 м. Соединения стальных труб могут быть муфтовыми, раструбными, фланцевыми и сварными. Муфтами соединяют трубы диаметром до 150 мм, которые, как правило, используют для устройства внутренних водопроводов. Раструбные соединения не предусмотрены ГОСТом и применяются крайне редко. Фланцевые соединения также не предусмотрены и применяются при необходимости установки на стальном трубопроводе фланцевых чугунных фасонных частей и арматуры. Фланцы приваривают к трубе или делают подвижными.

Наиболее широко применяют сварные соединения стальных труб. В зависимости от диаметра выбирают различные фасонные части. Для водогазопроводных труб домовых вводов применяют специальные фасонные части из мягкой стали и из ковкого чугуна. Для труб диаметром от 100 до 600 мм используют чугунные фасонные части, изготавливаемые для чугунных труб. Широко применяют также фасонные части, которые делают на месте работ при помощи сварки.

**Железобетонные трубы.** Железобетонные трубы изготавливают диаметром от 500 до 1600 мм на давление 6...15 кгс/см<sup>2</sup>. Их применяют, главным образом, при строительстве водоводов.

Соединяют трубы раструбными стыками с резиновыми уплотнителями, стыками на железобетонных или чугунных муфтах. Для железобетонных труб применяют чугунные и сварные стальные фасонные части. Переход к фасонным частям осуществляется через патрубки, соединяемые с железобетонными трубами чугунными болтовыми муфтами.

**Пластмассовые трубы.** Пластмассовые трубы для хозяйственно-питьевого водоснабжения изготавливают из полиэтилена, полипропилена и винилпласта. Эти пластмассы не влияют на качество воды. Полиэтиленовые трубы выпускают из полиэтилена низкой (ПНП) и высокой (ПВП) плотности. Трубы из ПНП имеют диаметр до 150 мм, из ПВП – до 300 мм, длиной от 6 до 12 м. Трубы ПВХ выпускают диаметром до 150 мм, длиной 6 – 8 м.

Соединения пластмассовых труб могут быть сварными, клеевыми, раструбными и фланцевыми. Клеевое соединение применяют в основном для соединения труб ПВХ. Резьбовые соединения применяют на пластмассовых муфтах, соединительных гайках или стальных муфтах. Фасонные части из полиэтилена используются диаметром от 16 до 140 мм.

**Арматура водопроводной сети.** Для управления движением воды в системах водоснабжения, защиты трубопроводов от большого давления или вакуума, разбора воды из сети применяют различную водопроводную арматуру.

Водопроводная арматура делится на запорно-регулирующую (задвижки, затворы, вентили), предохранительную (предохранители, обратные клапаны, воздушные вантузы и др.) и водоразборную (пожарные гидранты, уличные колонки).

Задвижки служат для частичного или полного закрытия трубопровода. Задвижки по конструкции запоров делят на параллельные и клиновые. Они могут быть с выдвигными или невыдвигными шпинделями. Размеры фланцев обеспечивают возможность соединения задвижек с фланцами чугунных фасонных частей. Вентили применяют для перекрытия трубопроводов небольших и средних диаметров (до 200 мм) (в основном при монтаже внутренних водопроводов). В отличие от задвижек у вентилей проходное отверстие закрывается клапаном (золотником). Вентили выпускаются муфтовые и фланцевые.

Обратные клапаны предназначены для автоматического предотвращения обратного тока воды в трубопроводе (например, на нагнетательном трубопроводе у насоса). Предохранительные клапаны устанавливают на трубопроводах в случае опасности возникновения очень высоких давлений (например, на тупиковых участках трубопроводов для предохранения их от гидравлических ударов и уменьшения силы гидравлических ударов). Воздушные вантузы служат для автоматического выпуска воздуха из трубопровода. Накапливание воздуха в трубопроводе снижает его пропускную способность, вызывает гидравлические удары и аварии. Для установки вантуза на трубопроводе монтируют тройник, обращенный отрезком вверх. Вантузы устраивают в повышенных переломных точках водовода.

Водоразборные колонки служат для разбора воды населением из внешней водопроводной сети. Их размещают в проездах, исходя из радиуса обслуживания 100 м.

Пожарные гидранты служат для забора воды из наружной водопроводной сети на тушение пожара. Пожарные гидранты монтируются в колодце на специальной пожарной подставке. При пользовании гидрантом на него навинчивают стендер, к которому присоединяют пожарные рукава. Пожарные гидранты устанавливают на сети на расстоянии не более 150 м друг от друга. Колодцы, в которых устанавливают пожарные гидранты, должны находиться на расстоянии не менее 5 м от стен зданий и иметь удобный подъезд. В целях экономии средств

и удобства эксплуатации на участках водопроводной сети, где предусматриваются водоразбор из колонок и наружное пожаротушение из гидрантов, рекомендуется применять гидрант-колонки с расстоянием между ними не более 150 м.

**Фасонные части на сети.** Монтаж узлов на сети осуществляется при помощи специальных деталей – фасонных частей. Фасонные части применяются для устройства на трубопроводах поворотов, ответвлений, переходов от одного диаметра к другому, а также для установки арматуры различного назначения.

Направление линий на водопроводной сети изменяется при помощи колен (раструбного, фланцевого, раструб-гладкого конца) с углом поворота 90° и отводов (раструб, раструб с гладким концом) с углом поворота менее 90°.

Для изменения диаметра сети применяют переходы. Для соединения раструбных труб с фланцами задвижек применяют патрубки. Для соединения двух гладких концов труб применяют двойной раструб. При устройстве на водопроводных линиях ответвлений применяют тройники. Кроме того, применяют фасонные части специального назначения: выпуски, служащие для опорожнения трубопроводов; седелки, предназначенные для устройства присоединений к наружной сети ответвлений к зданиям.

#### 4.6.4 Водопроводные колодцы

В местах установки арматуры и фасонных частей на водоводах и водопроводных сетях следует устанавливать колодцы и камеры.

Размеры колодцев и камер определяются в зависимости от диаметров труб, размеров фасонных частей, задвижек, пожарных гидрантов, другого технологического оборудования и условий производства монтажно-демонтажных работ. При этом минимальное расстояние до внутренних поверхностей колодцев и камер следует принимать по таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Минимальное расстояние до внутренних поверхностей колодцев и камер

Место начала отсчета	Минимальное расстояние до внутренних поверхностей колодцев, камер, м, при диаметре труб, мм			
	£300	400	500-600	>600
От стенок труб	0,40	0,40	0,50	0,70
От плоскости фланцев	0,30	0,30	0,50	0,50
От края раструба, обращенного к стенке	0,40	0,50	0,50	0,50
От низа трубы до дна	0,30	0,30	0,30	0,35
От верха штока задвижки с выдвигаемым шпинделем	0,30	0,30	0,30	0,30
От маховика задвижки с невыдвигаемым шпинделем	0,50	0,50	0,50	0,50

*Примечание* – высота рабочей части колодцев и камер должна быть не менее 1,8 м.

*Водопроводные колодцы.* Размеры и форма колодцев определяются в зависимости от диаметров трубопроводов, а также количества и размеров фасонных частей и арматуры. Круглые колодцы применяются диаметром 1; 1,25; 1,5; 2 м. При необходимости устройства колодца большего размера сооружаются прямоугольные камеры размерами: 2,5×1,5; 3,0×1,5; 2,5×2,0; 2,5×2,5; 3,0×3,0; 3,5×3,5 м.

В случаях установки на водоводах клапанов для впуска воздуха, размещаемых в колодцах, необходимо предусматривать устройство вентиляционной трубы, которая, в случае подачи по водоводам воды питьевого качества, должна оборудоваться фильтром.

Для спуска в колодец или камеру на горловине и стенках колодца или камеры следует предусматривать установку рифленых стальных или чугунных скоб; допускается применение переносных металлических лестниц.

Для обслуживания арматуры в колодцах и камерах при необходимости следует предусматривать площадки.

## 5 ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ЗАГЛУБЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ СПОСОБОМ «СТЕНА В ГРУНТЕ»

При этом способе стены подземной части водозабора или заглубленной насосной станции возводят в траншеях, повторяющих контур стен сооружения и заполненных глинистой суспензией, которая обеспечивает устойчивость их стенок к обрушению на время разработки траншей и последующего возведения в них конструкций стены. Для разработки траншей используют в основном грейферы. Схема устройства прямолинейных стен в грунте приведена на рисунке 5.1. Для устройства круглых и прямолинейных замкнутых в плане траншей применяют траншеекопатели, процесс работы которых состоит из следующих операций: установки траншеекопателя на геометрическую ось отрываемой траншеи, забуривания рабочего органа машины на полную глубину траншеи, рытья траншеи на длину захватки. Разработку траншей в устойчивых скальных грунтах ведут без применения глинистой суспензии.

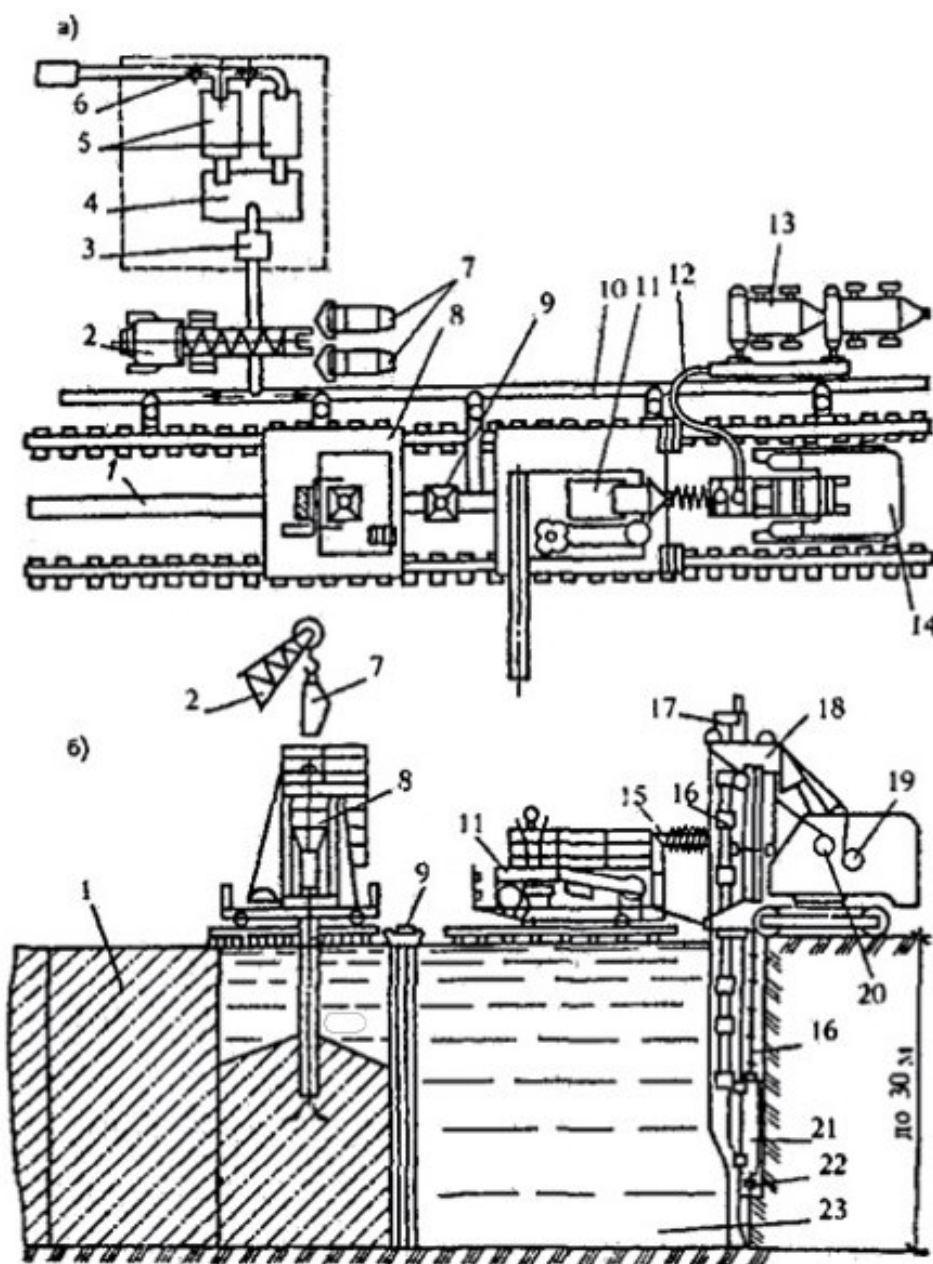
*Технология возведения монолитных стен в траншее.* Перед заполнением траншеи бетонной смесью проверяют глубину траншеи и очищают её дно. Процесс возведения монолитных стен включает в себя операции по установке арматуры, укладке бетона, его уплотнению и уходу во время твердения. Железобетонные и бетонные монолитные стены в грунте бетонируют методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ) по захваткам длиной 3...6 м из условий обеспечения устойчивости траншеи и принятой интенсивности бетонирования, аналогично укладке бетона таким же методом под водой. Толщину стен из монолитного железобетона в курсовом проекте принять равной 500 мм.

*Монтаж сборных железобетонных стен в грунте.* Для установки в траншею применяют панели высотой 10...15 м и массой до 20 т с устройством вертикальных стыков. Панель в траншею, обрамленную воротником, опускают краном, расположенным за пределами призмы обрушения. Перед началом монтажа на горизонтальных плитах воротника траншеи намечают оси панелей. Первую панель устанавливают с тщательной выверкой, а вторую и последующие – с помощью специальных монтажных приспособлений, в том числе направляющих кондукторов по типу применяемых в металлических шпунтах. Заделка стыков между элементами сборных стен, устраиваемых способом «стена в грунте», имеет свои особенности. Стыки замоноличивают сверху вниз по мере их обнажения при разработке грунта внутри сооружения. Толщину плоских стеновых панелей из сборного железобетона в курсовом проекте принять равной 400 мм.

Заделывают стыки методом пневмонабрызга, шприцбетонирования или торкретирования. После полного удаления грунта и замоноличивания стыков на всю высоту устраивают бетонную подготовку, гидроизоляцию и днище заглубленного сооружения. Минимальную толщину днища в курсовом проекте принять равной 300 мм.

*Гидроструйная технология возведения монолитных стен в грунте.* В основу положен принцип гидромеханизированной разработки грунта за счет энергии высоконапорной водяной струи, которая вызывает разрушение его структуры. При этом создаваемая полость путем инъекции заполняется цементной

суспензией, благодаря чему можно улучшать геотехнические свойства грунтов в самых разнообразных условиях. Данная технология является альтернативной для траншейных и свайных стен (несущих и противодиффузионных) и буринъекционных свай.

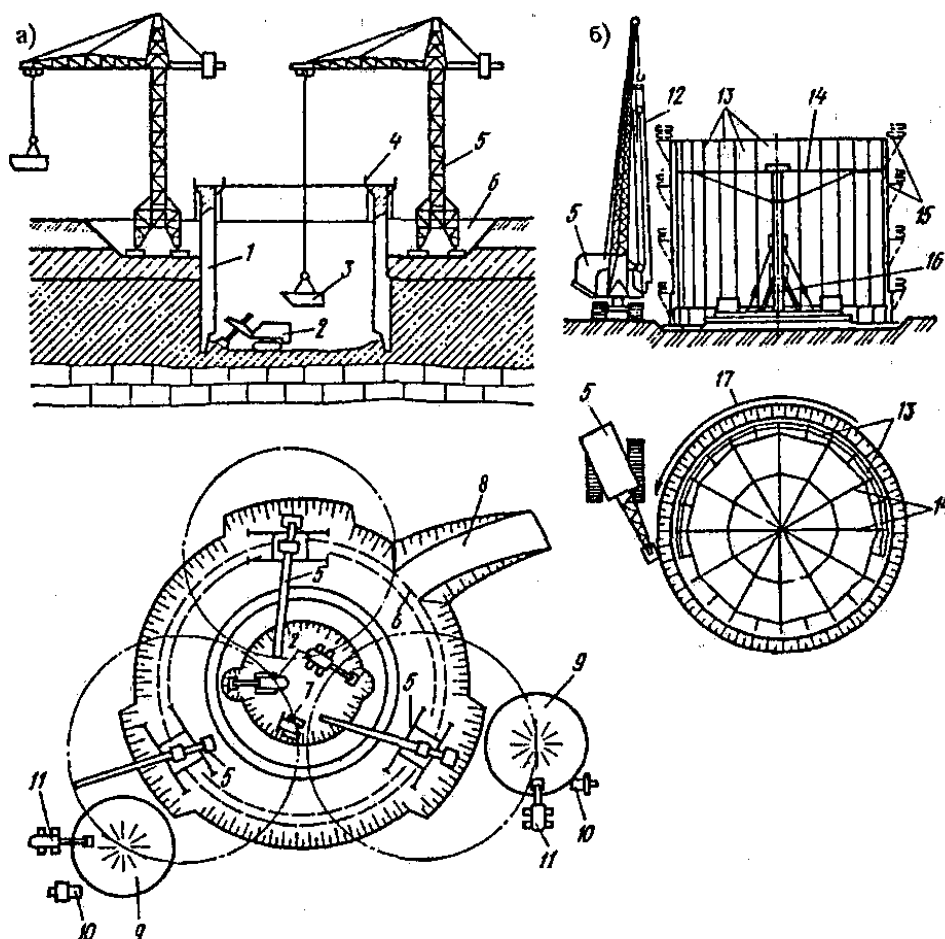


1 – забетонированный участок стены; 2 – кран грузоподъемностью 7 ... 10 т; 3 – грязевый насос; 4 – емкость для глинистого раствора (суспензии); 5 – смесители БС-2 для приготовления глинистых растворов; 6 – центробежный насос; 7 – бадьи; 8 – установка для заполнения траншеи бетоном; 9 – ограждающий шаблон; 10 – растворопровод; 11 – ситогидроциклонная установка; 12 – воздухопроводный шланг; 13 – компрессоры; 14 – гусеничный кран проходческого агрегата СВД-500; 15 – пульпоотводящий шланг; 16 – трос; 17 – направляющий шаблон; 18 – рама; 19 – лебедка подъема стрелы; 20 – грузовая лебедка; 21 – электробур; 22 – породоразрушающий инструмент; 23 – глинистая суспензия

Рисунок 5.1 – Схемы расположения оборудования (а) и производства работ при устройстве стен сооружения способом «стена в грунте» (б)

## 6 УСТРОЙСТВО ЗАГЛУБЛЕННЫХ ВОДОЗАБОРНЫХ И НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ОПУСКНЫМ СПОСОБОМ

Сущность способа состоит в том, что по мере разработки грунта внутри колодца, стены которого внизу выполнены в виде заостренной ножевой части, он под действием собственной массы погружается на заданную глубину (рисунок 6.1). При этом его масса должна превышать общую величину сил бокового трения стен о грунт не менее чем на 25%. Возникающие силы трения являются основным препятствием при погружении, что в ряде случаев приводит к зависанию колодцев или делает невозможным их погружение до проектной отметки. Для уменьшения сил трения применяют тиксотропные рубашки, т.е. в свободную полость между грунтом и наружной стеной, образованную при погружении наружным уступом стен у ножа колодца, заливают тиксотропную суспензию из бентонитовых глин.



1 – железобетонные стены колодца с ножом; 2 – экскаватор; 3 – бадья для грунта; 4 – опалубка; 5 – кран; 6 – пионерный котлован; 7 – бульдозер; 8 – выездная траншея; 9 – отвалы; 10 – самосвалы; 11 – экскаваторы на погрузке грунта; 12 – стенная панель с ножом; 13 – смонтированные панели колодца; 14 – кондуктор; 15 – подмости; 16 – центральная стойка кондуктора; 17 – направление установки панелей

Рисунок 6.1 – Схема устройства опускных колодцев из монолитного (а) и сборного (б) железобетона

Устройство опускных колодцев из монолитного железобетона связано с последовательным выполнением работ опалубочных, арматурных, бетонных, гидроизоляционных, а также по погружению колодца.

Бетонирование стен колодцев производят ярусами, при этом высоту первого яруса принимают в зависимости от нормативного давления на грунт конструкции временного основания (опоры) под ножом. Бетонирование ведут как отдельными блоками, так и по всему периметру. Бетон укладывают слоями толщиной 30...40 см, но не больше чем 1,25 длины рабочей части вибратора. Толщину слоев выбирают с учетом общей интенсивности бетонных работ и своевременного перекрытия слоев бетонирования. Перед укладкой бетона проверяют правильность расположения арматуры, расстояния между стержнями и между опалубкой и арматурой.

Бетонную смесь в стены колодцев укладывают следующим способом: при толщине стен до 0,5 м – подают на площадки лесов и затем по лоткам к месту укладки. В этом случае наращивают одну из сторон опалубки, причем на высоту не более 2 м. При толщине стен 0,5...1,2 м и высоте бетонирования 3 м смесь подают кранами в бадьях с последующей укладкой через металлические звеньевые хоботы, устанавливаемые по периметру стен через 3 м. При толщине стен более 1,2 м и малой насыщенности их арматурой смеси укладывают бадьями, разгружаемыми непосредственно у места укладки. Для уплотнения применяют вибраторы. Наилучшее качество укладки бетонной смеси обеспечивается при непрерывном бетонировании. Поэтому ответственные конструктивные элементы колодца, которые находятся под напором воды в период эксплуатации сооружения, бетонируют непрерывно.

Гидроизоляцию стен колодца выполняют снаружи по мере их бетонирования до начала опускания. Чаще применяют торкретирование стен с помощью цемент-пушки.

Погружение опускных колодцев в грунт является наиболее сложным и ответственным процессом при их строительстве. Непосредственно погружению предшествуют подготовительные работы по распалубке сооружения, снятию колодца с временного основания (подкладок) и монтажу землеройного и другого оборудования. Снятие колодца с временного основания и его погружение производят после достижения бетоном ножевой части и первого яруса стен проектной прочности, а последующих ярусов – 70%-й прочности.

Последовательность снятия, т.е. удаления подкладок, должна быть такой, чтобы не произошло перекоса колодца. При погружении грунт разрабатывают равномерно по всей его площади отдельными слоями. Порядок и способы разработки устанавливают с учетом вида и свойств грунтов. Причем в зависимости от того, происходит ли погружение колодца с осушением котлована средствами водоотлива или водопонижения или же без их применения, разработку грунта ведут в сухих условиях землеройными механизмами (экскаваторами, бульдозерами) с подъемом его в бадьях кранами либо в мокрых условиях с разработкой грунта из-под воды средствами гидромеханизации (гидромониторами с выдачей его гидроэлеваторами или землесосами).

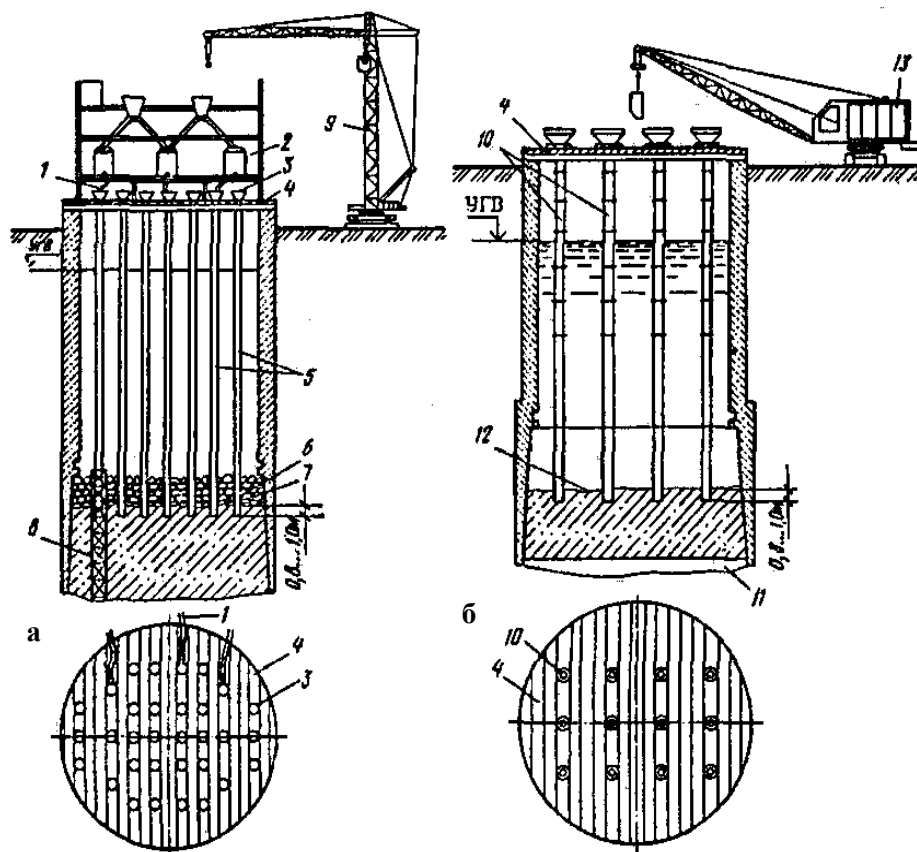
Систематический контроль за погружением колодца ведут с помощью рисков, нанесенных на стены, или нивелировочных контрольных реек, закрепленных по концам двух взаимно перпендикулярных диаметров колодца. Проверку вертикальности колодца производят непосредственно перед и после каждой его посадки. Колодцы при погружении, особенно на первых 5...8 м, могут накреняться. Смещение и перекосы (крены) должны устраняться немедленно, как только будут обнаружены. Чем позже они будут обнаружены, тем больше колодец отойдет от проектной оси и тем труднее его выпрямить. На практике применяют несколько способов исправления перекосов колодцев, в том числе способ «качаний», пригрузки и др. Но поскольку исправление кренов и перекосов колодцев в целом затруднительно, в настоящее время все большее распространение получает способ принудительно-регулируемого погружения колодцев с применением анкерных свай и домкратов. Изменяя усилия различных домкратов, регулируют глубину вдавливания ножа по контуру опускаемого колодца, т.е. управляют процессом его погружения

*Устройство днища опускного колодца является завершающей операцией.* При погружении колодца в необводненных грунтах никаких осложнений при устройстве днища не возникает, так как основание в этом случае сухое и отличается необходимой плотностью. При разработке же рыхлых водонасыщенных грунтов средствами гидромеханизации возможны наплывы грунта внутрь колодца из-под ножа, особенно после прекращения погружения, что затрудняет устройство днища. В этом случае вначале устраивают бетонную подушку, укладываемую методами подводного бетонирования. После набора её бетоном достаточной прочности, воду из колодца откачивают и под прикрытием подушки устраивают гидроизоляцию и затем насухо бетонируют днище. Для устройства бетонной подушки применяют два метода подводного бетонирования: восходящего раствора и вертикально перемещающейся трубы (рисунок 6.2).

После устройства гидроизоляции на поверхности бетонной подушки и надежного сопряжения её с изоляцией ножевой части стен, раскладывают арматуру и бетонируют днище. Первый слой бетона (30...40 см) укладывают концентрическими полосами, постепенно приближаясь к центру. Последующие слои такой же толщины укладывают параллельными полосами, ширину которых и порядок укладки определяют в зависимости от принятой интенсивности бетонирования с обязательным соблюдением требования перекрытия отдельных слоев. Минимальную толщину днища в курсовом проекте принять равной 300 мм.

*Технология монтажа сборных опускных колодцев.* Монтаж колодцев из панелей, совмещенных с ножом или имеющих съемный нож, производят с использованием временных опор, основное назначение которых – обеспечить неизменяемость положения монтируемых панелей колодца в процессе их сборки. Наиболее сложные и трудоемкие работы по монтажу и временному закреплению панелей, обеспечению их устойчивости, как правило, выполняют с помощью кондукторов. Монтаж стеновых панелей сборно-монолитных колодцев значительно облегчается в связи с наличием в монолитной ножевой части кольцевого паза,

соответствующего радиусу колодца. К монтажу панелей колодца приступают после достижения бетоном ножевой части 70%-й проектной прочности. Панели краном устанавливают в паз, закрепляют клиньями, соединяют накладками и замоноличивают стыки. Важным процессом, выполняемым при строительстве сборных и сборно-монолитных колодцев, является заделка (замоноличивание) стыков мелкозернистым бетоном марки не менее 300, приготовленным на специальных цементах, повышающих его водонепроницаемость.



а – методом восходящего раствора (ВР); б – методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ); 1 – раствороподающие шланги; 2 – растворосмесительный узел; 3 – металлические воронки; 4 – перекрытие над колодцем; 5 – раствороподающие трубы; 6 – наброска из камня; 7 – поверхность раствора; 8 – шахта из арматуры; 9 – башенный кран; 10 – бетонолитные трубы; 11 – выравнивающий щебеночный слой; 12 – поверхность бетона; 13 – гусеничный кран на подаче бетонной смеси

Рисунок 6.2 – Схема подводного бетонирования «подушки» дна опускного колодца

После монтажа колодца наиболее ответственными операциями являются снятие его с временных опор и погружение. Колодец снимают с временных опор и переводят на грунт непосредственно перед его погружением. Вначале определяют и отмечают на внутренней поверхности стен (у ножа) так называемые фиксированные зоны (обычно четыре в местах пересечения двух взаимно перпендикулярных осей колодца), после чего приступают к разборке временных опор. После удаления внутреннего опорного кольца колодец дает равномерную осадку в грунт примерно до 200 мм. Затем разработкой грунта внутри колодца его погружают на необходимую глубину.

## 7 ПОДБОР ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

Монтажные краны предназначены для строительного-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ и относятся к классу подъемно-транспортных машин.

Современное строительное производство все больше превращается в комплексно механизированный процесс возведения зданий как из сборных элементов заводского изготовления, так и из монолитного бетона. В этих условиях особое значение приобретает вопрос оснащения строительных площадок эффективными кранами и рационального их использования. От их надежности, работоспособности и технической готовности в значительной степени зависят производительность труда, общий темп строительства и стоимость строительного-монтажных работ. Для выполнения такелажных работ в строительной практике используют значительное число самоходных стреловых и башенных кранов.

### 7.1 Назначение и классификация кранов

Стреловые самоходные краны предназначены для строительного-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ и относятся к классу подъемно-транспортных машин, подклассу краны. По конструкции ходового устройства выпускают краны следующих типов: КА – автомобильные; КП – пневмоколесные; КГ – гусеничные; КШ – на специальном шасси автомобильного типа; КК – на короткобазном шасси (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Индексация кранов по типу ходового устройства

Тип ходового устройства	гусеничное	гусеничное с увеличенной поверхностью	пневмоколесное	специальное шасси автомобильного типа	шасси грузового автомобиля
Индексы	1	2	3	4	5
Условное обозначение	Г	ГУ	П	Ш	А

По приводу механизмов краны делятся на гидравлические, электрические, механические, комбинированные. По конструкции стрелового оборудования различают краны с гибкой (канатной) и жесткой (телескопической) подвеской стрелы. В зависимости от классификационных признаков кранам присваивают определенные индексы. Самоходным стреловым кранам присваивают буквенный индекс КС. Рабочему оборудованию с гибкой подвеской присваивают индекс 6, с жесткой – 7.

Краны по грузоподъемности разбиты на 10 типоразмерных групп, приведенных в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Типоразмерные группы кранов

Типоразмерная группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Грузоподъемность, т	4	6,3	10	16	25	40	63	100	160	250

В индексе буквами обозначают очередную модернизацию крана. По климатическому исполнению кранам присваивают следующие индексы: северное – ХЛ, тропическое – Т, для влажных тропиков – ТВ. Индексы записывают в порядке признаков, указанных выше. Например, марку крана КС-6471 расшифровывают следующим образом: КС – кран стреловой, 6 – размерная группа (грузоподъемность 40 т), 4 – на специальном шасси автомобильного типа, 7 – с жесткой подвеской рабочего оборудования, 1 – модель.

Кроме указанных выше, приняты другие индексы. Например, индекс крана МКГ-25БР означает следующее: монтажный (М) кран (К) гусеничный (Г), грузоподъемность 25 т (25), с башенно-стреловым оборудованием (Б), с раздвижным ходовым устройством (Р); кран СКГ-63А – стреловой (С) кран (К) гусеничный (Г), грузоподъемность 63 т (63), первая модернизация (А); кран МКП-40 – пневмоколесный грузоподъемностью 40 т.

*Краны башенные.* В соответствии со стандартом башенные строительные краны подразделяют на передвижные на рельсовом ходу и приставные, или самоподъемные, и имеют различные конструктивные решения: с поворотной башней; с неподвижной башней и поворотным оголовком, на котором установлена стрела; с подъемной стрелой; со стрелой, имеющей грузовую тележку.

*Башенные передвижные краны* представляют собой рельсовый свободностоящий поворотный кран с закрепленной в верхней части башни стрелой. У большинства башенных передвижных кранов механизмы и противовес расположены на поворотной платформе, что повышает их устойчивость. Краны перевозят в собранном виде на буксире, монтируют и демонтируют их методами, которые рекомендуются для каждого типа крана проектировавшей его организацией. Демонтируются краны обычно в порядке, обратном монтажу. В конкретных условиях строительно-монтажной площадки для каждого отдельного случая метод зависит от конструкции крана, размеров и веса его монтажных узлов, наличия подъемных средств, от опыта монтажников и т.д. Башенные краны имеют самоподъемную стрелу, которая поднимает и перемещает груз по горизонтали или горизонтальную стрелу с грузовой кареткой.

*Приставные башенные краны* могут быть в передвижном и стационарном исполнении. Они обеспечивают подъем груза на высоту до 150 – 200 м. Их применяют для возведения высотных, компактных в плане гражданских зданий. В передвижном исполнении эти краны работают как свободностоящие до определенной высоты (30 – 50 м). При большой высоте приставные краны крепят к возводимому зданию с помощью специальных связей.

*Самоподъемные башенные краны* применяют для монтажа высотных каркасных зданий. Кран с помощью обоймы и специальных выдвигаемых упорных креплений перемещается, опираясь на каркас возводимого здания по вертикали с одного монтажного горизонта на другой, опираясь на смонтированные конструкции каркаса.

Башенные краны имеют обозначение из букв и цифр. Например, кран КБ-1000 80Р расшифровывается так: базовая модель строительного передвижного

крана на рельсовом ходу с грузовым моментом 1000 т м и высотой подъема при максимальной грузоподъемности 80 м. Башенные краны могут иметь и ведомственное обозначение: БК-1000 (расшифровка аналогична); МСК-5-20А – монтажный строительный кран передвижной грузоподъемностью 5 т на вылете крюка 20 м, модернизированный. На основе базовых моделей кранов могут изготавливаться краны следующих исполнений: с измененными высотой и вылетом (за счет изменения высоты башни и длины стрелы); в стреловом исполнении и краны-погрузчики; с подъемной, балочной, шарнирно-сочлененной или телескопической стрелой; с измененной величиной грузоподъемности; на безрельсовом ходу; для работы в различных ветровых и климатических районах; приставные краны в универсальном, передвижном или самоходном исполнении.

## 7.2 Основные параметры кранов

Основные технические данные, характеризующие краны, называют параметрами. В зависимости от этих параметров определяют возможность использования крана в тех или иных производственных условиях. К параметрам монтажных кранов относятся:

*а) грузоподъемность* – наибольшая масса груза, которая может быть поднята краном при условии сохранения его устойчивости и прочности конструкции. Масса съемных грузозахватных приспособлений включается в грузоподъемность крана;

*б) длина стрелы* – расстояние между центром оси пяты стрелы и оси обоймы грузового полиспаста;

*в) вылет крюка* – расстояние по горизонтали от оси вращения поворотной части до вертикальной оси грузозахватного органа без груза при установке крана на горизонтальной площадке;

*г) высота подъема грузового крюка* – расстояние по вертикали от уровня стоянки крана до опорной поверхности грузозахватного органа в его верхнем рабочем положении;

*д) колея* – расстояние между центрами передних или задних колес пневмоколесных кранов, ширина гусеничного хода или расстояние между осями головок рельсов;

*е) радиус поворота хвостовой части поворотной платформы* – расстояние между осью вращения крана и наиболее удаленной от нее точкой платформы или противовеса.

## 7.3 Выбор типа кранов и их количества для монолитных сооружений

Кран выбирается с учетом схем производства работ по возможности с наименьшими грузоподъемностью, вылетом и высотой подъема крюка. Рассматривается не менее 2-х вариантов схем производства монтажных работ с использованием различных типов кранов. Одновременно решаются вопросы о методе монтажа и порядке доставки монтажных элементов в рабочую зону, производится выбор типа транспортных средств и приспособлений, необходимых для

выполнения монтажных работ. Окончательное решение принимается по результатам сравнения технико-экономических показателей вариантов, исходя из минимальных затрат труда, времени и средств на монтаж.

Предварительный выбор кранов производится путем сравнения монтажных параметров элементов (массы элемента  $G$ , требуемых вылета крюка крана  $R_k$  и высоты его подъема –  $H_k$ ) с монтажными параметрами крана (грузоподъемностью при требуемом вылете крюка  $G_k$  и допустимой высоте его подъема  $H_k$ ).

### 7.3.1 Определение грузоподъемности крана

Грузоподъемность крана  $G_k$  подсчитывается исходя из максимального груза, который должен поднять кран при требуемом вылете крюка  $R_k$ .

Грузоподъемность крана  $G_k$  равна:

$$G_k = G + G_{\text{тп}} + G_y + G_{\text{мп}} = G + G_0, \quad (7.1)$$

где  $G$  – максимальная масса монтируемого элемента, т;

$G_{\text{тп}}$  – масса такелажного приспособления (стропы, траверсы, захваты), т;

$G_y$  – масса конструкции временного усиления (при необходимости), т;

$G_{\text{мп}}$  – масса монтажной конструкции, приспособлений, закрепленных на элементе (лестница, подмости и другое при необходимости);

$G_0 = G_{\text{тп}} + G_y + G_{\text{мп}}$  – масса оснастки, для предварительных расчетов может быть принята 50–150 кг.

При возведении *монолитных сооружений* грузоподъемность крана  $G$  должна соответствовать массе *бадьи с бетонной смесью*. Бадьи могут быть опрокидные, неопрокидные и поворотные. Их объем – от 0,3 до 8 м<sup>3</sup>. Выбирают их таким образом, чтобы весь привозимый машиной за 1 рейс бетон был принят в одну бадью, либо в две, составленные рядом.

$$G = G_б + n_з \cdot G_{\text{бет}}, \quad (7.2)$$

где  $G_б$  – масса бадьи, т;

$n_з$  – коэффициент запаса;

$G_{\text{бет}}$  – масса бетонной смеси, т.

Так, в бадье емкостью 0,8 м<sup>3</sup> масса бетонной смеси 2 т, а суммарная масса – 3 т; в бадье 1,6 м<sup>3</sup> масса бетонной смеси – 3,8 т, суммарная масса – 5,3 т; в бадье 3,2 м<sup>3</sup> масса бетонной смеси – 7,6 т, суммарная масса – 9,8 т.

### 7.3.2 Определение требуемой высоты подъема крюка

*Высота подъема крюка* – это расстояние от уровня стоянки крана до крюка крана при максимальном подъеме в процессе установки конструкции в проектное положение.

Высота подъема крюка стрелового крана  $H_{кр}$  составляет:

$$H_{кр} = H_c + h_3 + h_{эл} + h_c, \quad (7.3)$$

где  $H_c$  – расстояние от уровня стоянки крана до опоры сборного элемента на верхнем монтажном горизонте (высота сооружения);

$h_3$  – запас для проноса груза над ранее установленной конструкцией (по технике безопасности –  $h_3 \geq 0,5$  м);

$h_{эл}$  – высота (толщина) элемента в монтажном положении;

$h_c$  – высота строповки (расстояние от верха монтируемого элемента до центра крюка крана для предварительных расчетов может быть принята 1,5...3,0 м).

### 7.3.3 Определение вылета стрелы

*Вылет стрелы* – это расстояние от оси вращения поворотной платформы крана до вертикальной оси, проходящей через центр обоймы грузового крюка при установке наиболее удаленного элемента.

Для стрелового крана, используемого для возведения емкостных сооружений водоснабжения и водоотведения, вылет стрелы определяют в зависимости от выбранной схемы монтажа сооружения, которая, в свою очередь, зависит от размеров монтируемого сооружения. Поэтому первоначально необходимо вычертить технологическую схему монтажа сооружения, на которой наметить ось перемещения и места стоянок монтажного крана, а также какие конструкции и в каком количестве будут монтироваться с каждой стоянки.

В зависимости от вылета стрелы кран имеет максимальную и минимальную величину грузоподъемности. Максимальную грузоподъемность кран обеспечивает при минимальном вылете стрелы и, наоборот, минимальную – при наибольшем вылете. *Требуемый вылет стрелы* стрелового крана определяют из следующих выражений:

– при установке конструкций с бермы котлована в середину сооружения (рисунок 7.1, б)

$$L_{стр} = B_{кр}/2 + L_6 + b_1 + B_c/2; \quad (7.4)$$

– при монтаже сооружения с бермы котлована и установке наружных конструкций

$$L_{стр} = B_{кр}/2 + L_6 + b_1 + b_2; \quad (7.5)$$

– при перемещении крана по дну котлована и установке конструкций в середину сооружения

$$L_{стр} = L_{min} + B_c/2; \quad (7.6)$$

$$L_{min} = R_m + 2, \quad (7.7)$$

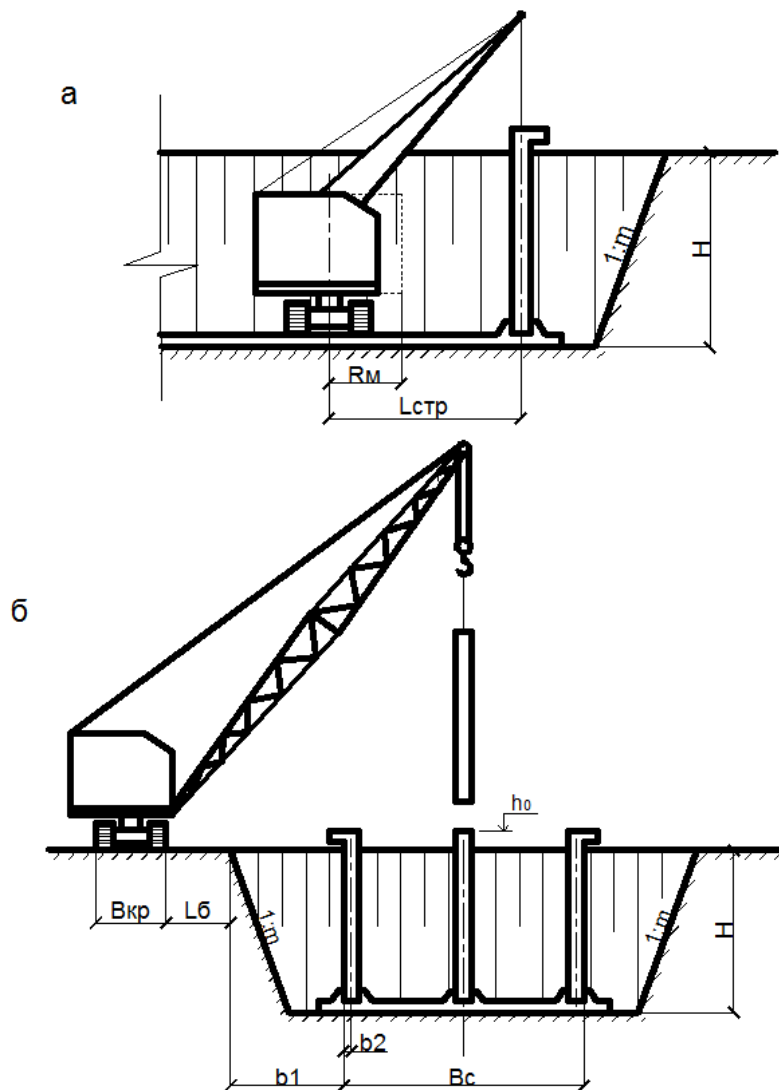


Рисунок 7.1 – Схемы для определения требуемых параметров кранов при установке стеновых панелей

где  $B_{кр}$  – ширина базы крана (колеи), (для первичного подбора техники принимается равным 4 м);

$L_б$  – расстояние от подошвы откоса котлована до опоры крана (не менее 1 м);

$b_1$  – расстояние от подошвы откоса котлована до края сооружения, м;

$B_c$  – длина или ширина сооружения (смотреть на плане котлована), м;

$b_2$  – расстояние от края сооружения до его наружной оси, м;

$L_{min}$  – минимальный вылет стрелы, м;

$R_m$  – радиус поворота хвостовой части платформы крана (для первичного подбора техники принимается равным 4,5 м);

В случае перемещения крана по днищу сооружения монтаж конструкций может производиться на минимальном вылете стрелы (рисунок 7.1, а).

При монтаже конструкций закрытых емкостных сооружений (резервуаров, горизонтальных отстойников) вычисление вылета стрелы крана при укладке плит покрытия с днища сооружения (рисунок 7.2, а) выполняют по выражениям (7.8) – (7.10).

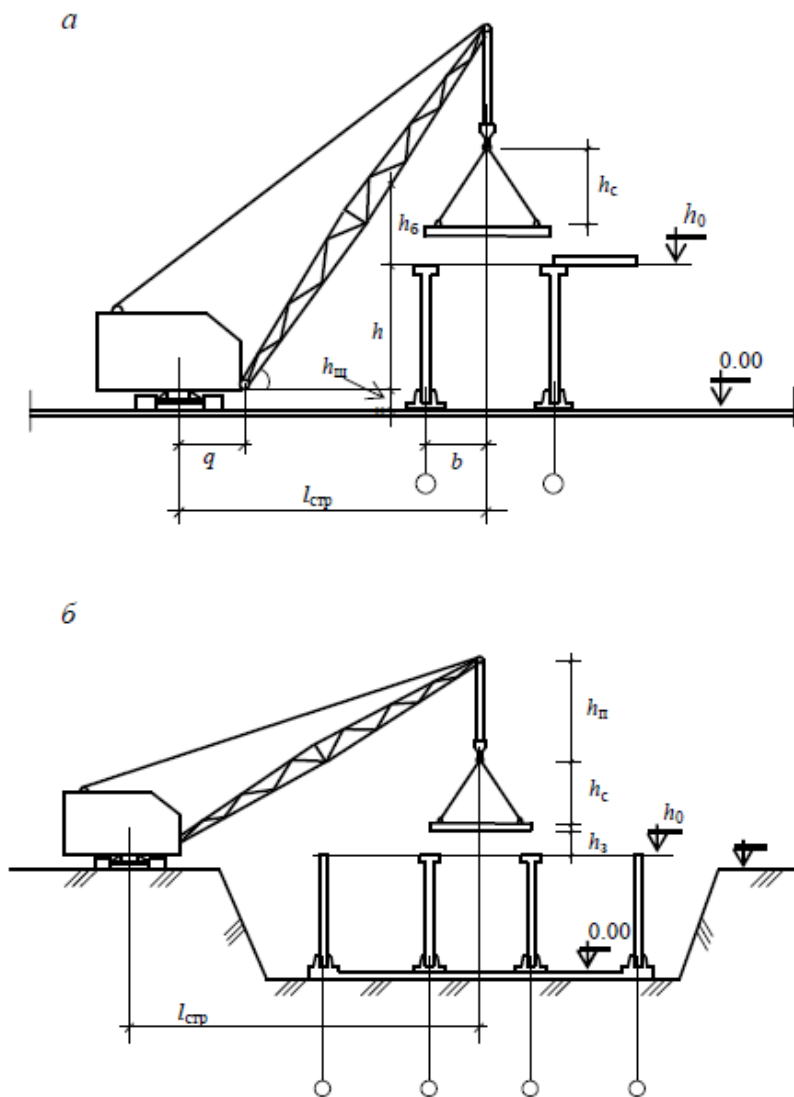


Рисунок – 7.2 Схемы для определения требуемых параметров кранов при укладке плит покрытия с дна сооружения (а) и с бермы котлована (б)

$$l_{стр} = (h + h_6) / \operatorname{tga} + b + q; \quad (7.8)$$

$$h = h_0 - h_{ш}; \quad (7.9)$$

$$\operatorname{tga} = \sqrt{(h - h_6) / b}, \quad (7.10)$$

где  $h_6$  – минимальное расстояние от опоры до стрелы крана (принимается равным 1 м);

$b$  – расстояние от центра устанавливаемой конструкции до ближайшей к крану опоры, м;

$q$  – расстояние от оси крана до основания стрелы, м;

$h_0$  – расстояние от уровня стоянки крана до опоры монтируемой конструкции, м;

$h_{ш}$  – расстояние от уровня стоянки крана до основания стрелы, м;

$\alpha$  – угол наклона стрелы при монтаже конструкции.

При перемещении монтажного крана по берме котлована (рисунок 7.2, б)

$$l_{\text{смп}} = L_{\text{смп}} \cdot$$

После расчета требуемых характеристик крана, они дублируются в таблице 7.3 и [таблицах А.8 – А.11](#) выбирается подходящая марка крана.

Таблица 7.3 – Технические характеристики монтажного крана

Требуемые параметры			Фактические параметры выбранного крана			Назначение*	
Вылет стрелы, м	Грузоподъемность, т	Высота подъема стрелы, м	Марка подбранного крана	Вылет стрелы, м	Грузоподъемность, т		Высота подъема стрелы, м

\* – Пример: монтаж ригеля, монтаж стеновой панели и т.д.

## 7.4 Выбор транспортных средств и способов доставки конструкций

Тип транспортных средств выбирают в зависимости от массы и габаритов монтажных элементов, состояния дорог, возможности заезда в рабочую зону и др.

Наиболее распространенным является автомобильный транспорт:

– бортовые автомобили применяются для перевозки элементов длиной не более 4,5 м со свесом с заднего борта до 1,5 м (таблица 7.4);

– автопоезда – бортовые автомобили с прицепами и полуприцепами (в том числе с роспусками) для перевозки элементов длиной более 4,5 м (таблица 7.5);

– автопоезда специальные – панелевозы, стеновозы, блоковозы и др. (таблица 7.6).

Монтаж тяжелых элементов наиболее эффективен с транспортных средств «с колес». Доставка сборных элементов к месту монтажа осуществляется россыпью с раскладкой вдоль фронта работ, с монтажом «с колес» и челночным способом.

Таблица 7.4 – Технические характеристики грузовых автомобилей с платформой

Модель грузового автомобиля	Грузоподъемность, кг	База, мм	Колея, мм	Размеры грузовой платформы, мм			Погрузочная высота, мм	Радиус поворота, м
				Длина	Ширина	Высота		
ГАЗ-51А	2500	3300	1650	3070	2070	610	1200	7,6
ГАЗ-52-03	2500	3700	1650	3740	2170	543	1280	8,9
ГАЗ-53А	4000	3700	1690	3740	2170	680	1350	8,0
ЗИЛ-164А	4000	4000	1740	3540	2250	585	1320	8,0
ЗИЛ-130	5000	3800	1790	3752	2326	685	1430	8,0
МАЗ-200	7000	4520	1920	4500	2480	600	1390	9,5
МАЗ-500	7500	3850	1950	4860	2352	605	1500	8,5
МАЗ-516	14 000	3850	1970	6200	2340	950	1500	11,0
Урал-377	7500	4200	2000	4500	2330	715	1600	10,5
КрАЗ-257	12 000	5750	1950	5770	2480	825	1520	12,5

Таблица 7.5 – Технические характеристики транспортных полуприцепов-платформ

Модель полу-прицепов	Грузоподъемность, кг	База, мм	Колея, мм	Габаритные размеры, мм			Длина автопоезда, мм	Модель базового автомобиля
				Длина	Ширина	Высота		
ПБ-9-12М	12 000	9000	1920	12 100	2500	2100	15 500	МАЗ-504В
ПП-12	12 000	10	1920	12 000	2500	1860	17 000	МАЗ-504В
УПП-37	12 000	9430	1950	13 360	3200	2250	15 900	МАЗ-504
ПР-12	12 000	10	1920	13 000	2640	2480	13 685	МАЗ-504
ПБ-12Т	12 000	11	1920	13 100	2500	2600	15 040	МАЗ-504Б
ПЛ-12-12	12 000	11	1920	12 535	3000	1600	16 100	МАЗ-504Б
ППК-14	14 000	13	1920	15 000	2500	1970	16 800	МАЗ-504Б
П-12М	14 000	11	1920	13 600	2500	2190	17 000	МАЗ-504Б
Б-12	15 000	15	1920	12 000	2650	1950	15 500	МАЗ-504Б
ПР-20	20 000	7340	1920	10 000	2500	1620	13 700	КрАЗ-221
ПП20-ПО	20 000	9135	1920	12 000	2600	1600	14 240	МАЗ-504
ББ-20	20 000	14	1920	17 000	2640	2830	22 285	КрАЗ-221
Б-18	24 000	15	1920	18 000	2650	1610	22 100	КрАЗ-258
П-12А	24 000	11	1920	13 725	2600	3350	18 100	КрАЗ-258
ТП-24	24 000	10	1920	12 000	2650	1560	17 100	КрАЗ-258
ПР-25	24 000	15	1920	17 500	2640	1900	22 100	КрАЗ-258
ПШ-25	25 000	-	1920	12 600	2500	3100	18 500	КрАЗ-221Б

Таблица 7.6 – Технические характеристики полуприцепов-панелевозов

Модель панелевоза	Грузоподъемность, кг	База, мм	Колея, мм	Габаритные размеры, мм			Длина автопоезда, мм	Модель базового автомобиля
				Длина	Ширина	Высота		
7ПНТ	7000	8700	1740	9400	2300	2500	12 375	ЗИЛ-130В
ПКФ-9	9000	9260	1740	10 415	2540	3225	14 390	ЗИЛ-130В
ПС-12	15 000	15 600	1740	16 670	2600	2990	19 870	МАЗ-504
НАМИ-790	16 000	8480	1920	9900	2650	3725	15 050	МАЗ-504
ПФ-11	21 000	16470	1920	18 340	2920	3785	22 060	КрАЗ-258
«Нева»	8000	8400	1790	9500	2700	2550	12 475	ЗИЛ-130В
ПП-28	8000	6190	1790	7300	2330	2700	10 200	ЗИЛ-130В
ПВС-400	9000	6600	1790	8200	2280	2500	10 900	ЗИЛ-130В
УП-12	12 000	9260	1920	10 735	2630	2700	13 900	МАЗ-504
ПК-1600	12 000	9160	1920	10 690	2700	2700	13 880	МАЗ-504
ПК-1700	12 000	9600	1920	10 130	2610	2500	15 315	МАЗ-504
ПТ-7	7000	11 000	1740	12 740	2900	2350	17 040	ЗИЛ-164
УПП-7	7000	6100	1790	7000	2280	3240	9975	ЗИЛ-130В
УПП-8	8000	5800	1790	6560	2250	3135	8535	ЗИЛ-130В
УПП-9	8000	8200	1790	9700	2800	3140	13 580	ЗИЛ-130В
УПП-1-12	12 500	14 300	1920	17 700	2630	1500	20 900	МАЗ-504Б
УПП-14	14 000	9310	1920	10 730	2600	1600	13 930	МАЗ-504Б

При доставке комплекта сборных элементов челночным способом, доставка осуществляется на сменяемых прицепах тягачами для монтажа с прицепа «с колес». При этом необходимо, чтобы все элементы, доставляемые на одном прицепе, монтировались с одной стоянки крана и в монтажной зоне должно быть достаточно свободной площади для смены прицепов и маневров тягачей. Подбор транспорта для доставки элементов при монтаже «с колес» производится с учетом радиуса поворота (для панелевозов радиус поворота составляет 12...14 м, для бортовых машин – 8...8,5 м).

Интенсивность доставки должна соответствовать принятому темпу монтажных работ.

Конструкции устанавливаются на подкладки и прокладки прямоугольного сечения толщиной не менее 25 мм и не менее высоты петель и других выступающих частей. При многоярусной погрузке однотипных конструкций подкладки и прокладки должны располагаться по одной вертикали. Во избежание повреждения сборных железобетонных элементов при транспортировании их укладка производится на две опоры. Применять промежуточные прокладки не допускается.

Сборные железобетонные конструкции транспортируются:

- колонны и сваи – в горизонтальном положении, двухветвевые колонны должны опираться на обе ветви;
- фермы и балки – в положении «на ребро»;
- однопролетные балки и ригели – в рабочем положении (т.е. плоскостью, наиболее насыщенной арматурой, вниз);
- стеновые панели, перегородки и другие крупногабаритные элементы, не рассчитанные на работу при изгибе, а также все элементы толщиной менее 20 см – в вертикальном положении.

Прочность бетона перевозимых конструкций должна составлять не менее 70% проектной.

При перевозке стальных конструкций необходимо применять приспособления, исключающие образование остаточных деформаций и смятие стали.

## **8 СВАРКА И ЗАМОНОЛИЧИВАНИЕ СТЫКОВ МЕЖДУ СБОРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ СООРУЖЕНИЙ, ИХ ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ**

### **8.1 Сварка арматурных выпусков и закладных деталей**

Наиболее распространенными видами сварочных соединений арматуры при монтаже железобетонных конструкций являются стыковые (соединение стержней), крестовые (стержня со стержнем или пластиной) и нахлесточные (пластина с пластиной). В условиях монтажа их чаще выполняют дуговой или термитной сваркой с принудительным или свободным формованием шва и применением электродной проволоки или штучных электродов. Выполняемые при монтаже емкостных сооружений сварные швы всех видов должны обеспечивать равнопрочное соединение стыкуемых элементов. Арматуру с закладными деталями панелей чаще всего соединяют ручной дуговой сваркой внахлестку двусторонним швом. Соединение стержней между собой выполняют также ручной дуговой сваркой, внахлестку, но односторонним швом. При сварке стержней разного диаметра длину, ширину и высоту швов принимают по меньшему из диаметров.

Для повышения прочности некоторые конструкции сооружений предусматривают навивку кольцевой высокопрочной арматуры, напрягаемой до 60 – 90% предела текучести с разрывным усилием 100...250 кгс/мм<sup>2</sup>. Арматуру напрягают двумя способами (ручным и механизированным) и осуществляют после замоноличивания стыков между панелями, но до установки внутри резервуара сборных лотков и до замоноличивания панелей в пазу днища. К началу навивки кольцевой арматуры прочность монолитных конструкций и бетона в монтажных стыках должна быть не менее 70% проектной.

При ручном способе напряжения растягивающие усилия в стержнях создают с помощью динамометрических ключей. Упорами при этом служат швеллеры, приваренные к арматуре и замоноличенные в стенках резервуаров (чаще прямоугольной формы).

На цилиндрические резервуары арматуру навивают специальными навивочными машинами. Натяжение проволоки обычно достигается вследствие разности скоростей движения тележки машины и сматывания проволоки. Средняя скорость навивки 4...5 км/ч. Тележка, подвешенная к стреле машины, перемещается по вертикальной раме на шаг витка, а по поверхности резервуара – с помощью звездочки приводного устройства, входящей в зацепление с звеньевой цепью, плотно охватывающей резервуар по его периметру.

Проволока навивается сверху вниз. Степень её натяжения регулируется специальным коническим барабаном и контролируется динамометром. Расчетные усилия натяжения убывают к верхней кромке резервуара и достигают наибольшего значения у его дна. Поэтому в ряде случаев в нижней части резервуара навивку производят в несколько слоев с торкретированием каждого слоя. Во избежание сползания проволоки при разрыве каждые 4–5 витков закрепляют специальными зажимами.

Защиту закладных деталей и арматурных выпусков от коррозии в процессе монтажа конструкций чаще всего выполняют методом газопламенного напыления не позднее, чем через три дня после окончания сварочных работ. При более длительном перерыве на сварных соединениях появляются оксидные пленки, налеты ржавчины, удалять которые очень трудно. При газопламенном нанесении защитных покрытий используют порошки цинка или его пылевые отходы, а для нанесения комбинированных покрытий (лакокрасочных по металлическому подслою) – порошки полиэтилена и др. Перед нанесением покрытий поверхности зачищают до металлического блеска стальными щетками и удаляют сварочный шлак.

## 8.2 Технология замоноличивания стыков

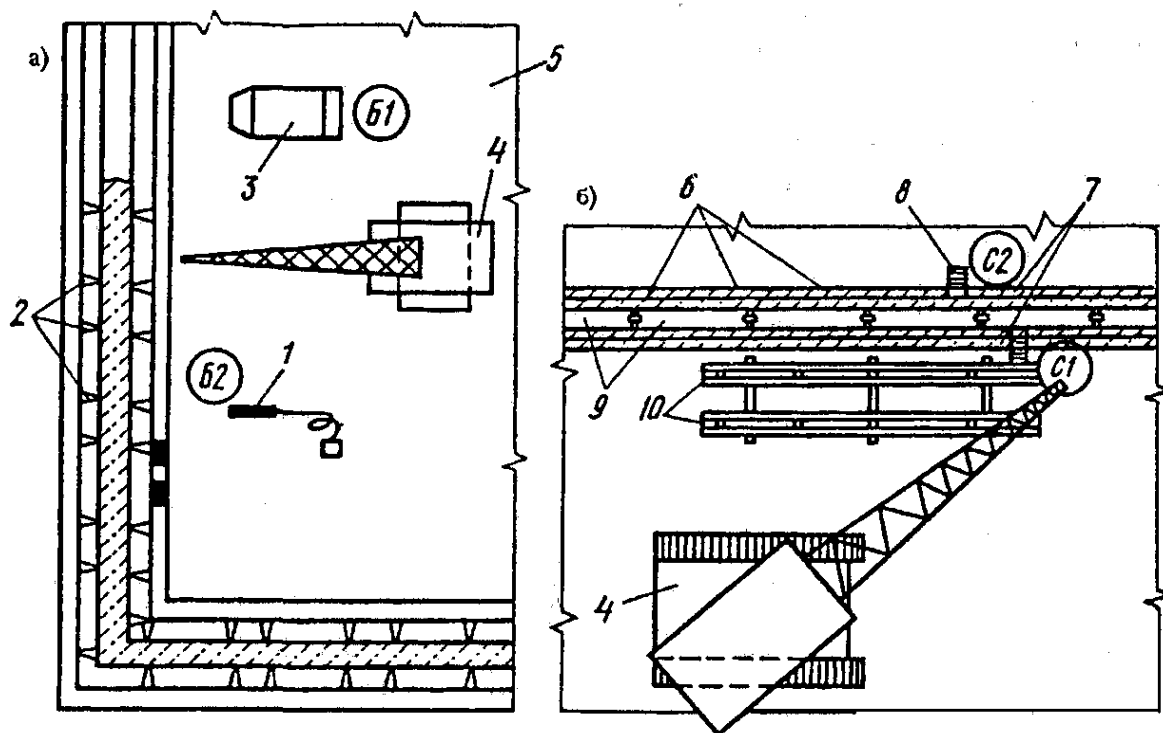
В емкостных сооружениях ввиду повышенных требований в отношении прочности и водонепроницаемости надежное скрепление сборных элементов и качественная заделка (замоноличивание) их стыков имеют первостепенное значение. Для заделки стыков применяют бетонные смеси и растворы, приготовленные на быстротвердеющих цементах или портландцементе марки не ниже 400. Растворные и бетонные смеси, подаваемые в стыки растворонасосами или пневмонагнетателями на расстояние более 40 м, должны удовлетворять специальным требованиям, обеспечивающим их транспортирование по трубам без образования пробок, должны иметь устойчивую структуру и не расслаиваться.

Замоноличивание стыков бетоном или раствором производят монтажники, ведущие установку конструкций, после выверки элементов, приемки сварных соединений и антикоррозийной защиты металлических деталей. Непосредственно перед замоноличиванием проверяют правильность и надежность установки опалубки, подмостей и других устройств и очищают стыкуемые поверхности. Подачу бетона или раствора производят механизированным способом путем их нагнетания бетоно- или растворонасосами. Иногда эти работы можно выполнять с использованием хоботов для подачи смеси и вибраторов для её уплотнения. При механизированном способе стыки замоноличивают цементно-песчаным раствором марки 300 с подачей раствора под давлением в нижнюю зону стыка (рисунок 8.1). Герметичность стыка при этом обеспечивают применением специальной инвентарной щитовой опалубки с уплотнением её резиной толщиной 30 мм (рисунок 8.1, а), б). Перед установкой опалубки торцы панелей у стыков очищают от наплывов бетона. Опалубку в стыках крепят к панелям инвентарными болтами на расстоянии 0,9...1,2 м, причем один из болтов должен быть установлен ниже инъекционного отверстия. Каждый стык раствором заполняют в один прием, т.е. без перерыва в работе нагнетательной установки (рисунок 8.1, в), до появления над верхней кромкой панелей раствора нормальной консистенции. После извлечения сопла в инъекционное отверстие вставляют пробку.

Стяжные болты через 1...1,5 ч после заполнения стыка поворачивают, чтобы нарушить их сцепление с раствором, а через 3 ч извлекают и снимают



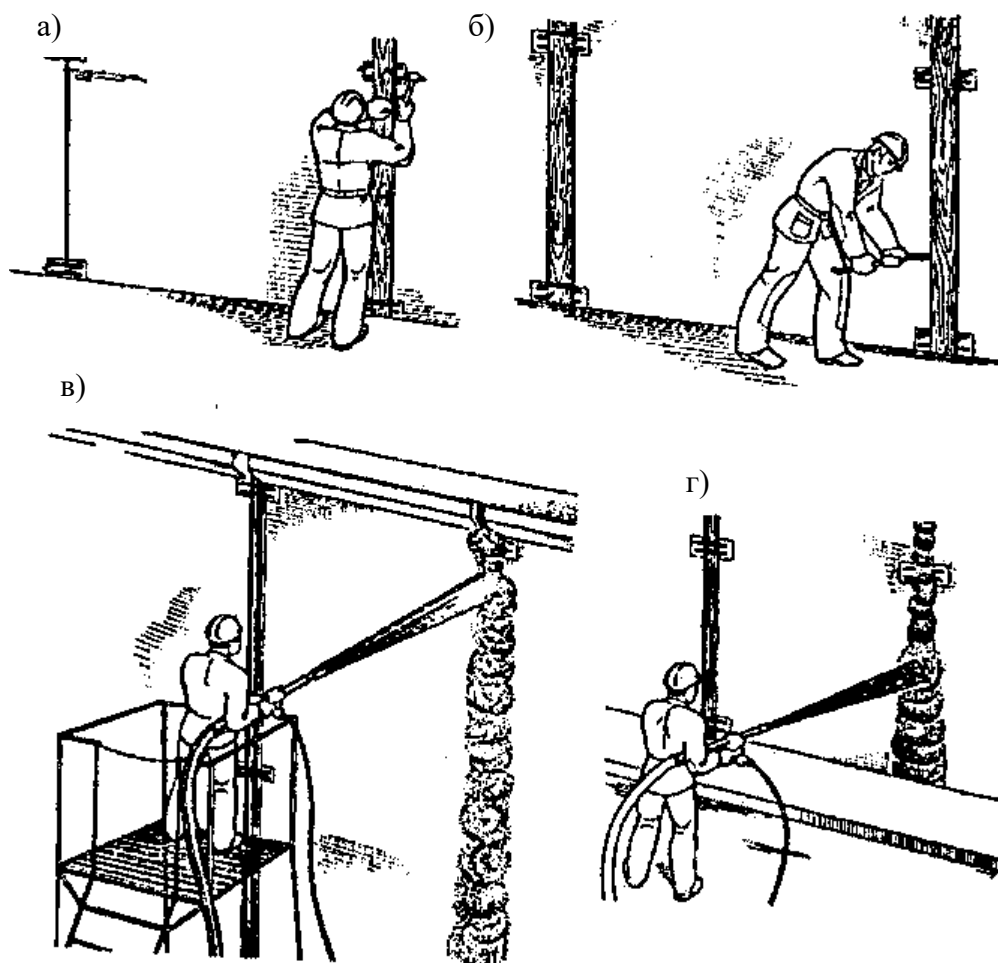
с подачей к стыку в полностью готовом виде. Комплект опалубки заводят щитами по обе стороны стыка и крепят её к стыку панелей болтами. По достижении бетоном проектной прочности опалубку разбирают, для чего с помощью торцовых ключей ослабляют гайки на крепежных болтах вначале в нижней, а затем в верхней части опалубки, предварительно зацепив крюками стропа её за петли. Затем отрывают опалубку от замоноличенного стыка, одновременно медленно поднимая её краном.



1 – вибратор; 2 – стальные клинья; 3 – бадья; 4 – гусеничный кран; 5 – днище сооружения; 6 – установленные щиты; 7 – устанавливаемые щиты; 8 – приставная лестница; 9 – панели стен; 10 – складирование щитов; Б1, Б2 – бетонщик; С1, С2 – слесари

Рисунок 8.2 – Замоноличивание стыков между стеновыми панелями

Заделка стыков панелей методом торкретирования (рисунок 8.3) с помощью агрегатной установки, включающей торкрет-машину производительностью 4 м<sup>3</sup>/ч, бетоносмеситель, скиповой подъемник, пневматический бак для воды и др. При этом операции выполняют в такой последовательности: устраивают опалубку со стороны закрытой части стыка, наполняют пневматический бак водой, запускают компрессорную установку и торкрет-машину, загружают её песком и обеспечивают подачу в неё воздуха, прочищают сухим песком с последующей промывкой водяной струей бетонных поверхностей стыка, с которым будет сцепляться наносимый торкрет, заполняют ковш скипового подъемника составляющими торкретной смеси, запускают бетоносмеситель и высыплют в него составляющие, перемешивают сухую смесь и высыплют в работающую торкрет-машину, обеспечивают подачу сухой смеси и воды к соплу и послойно наносят торкрет в полость стыка (рисунок 8.3, в), г).



а), б) – устройство опалубки; в), г) – нанесение торкрета в полость стыка

**Рисунок 8.3 – Схемы заделки стыков между панелями сборных сооружений методом торкретирования**

Средняя толщина слоя торкрета, наносимого за один раз не должна превышать 80 мм. Каждый последующий слой наносят до затвердения предыдущего, примерно через 2...5 ч в зависимости от температуры наружного воздуха. Этот перерыв уточняется строительной лабораторией из условия, что под действием струи свежей смеси не должен разрушаться предыдущий слой торкрета. Одновременно при этом в процессе втапливания наносимого слоя в предыдущий должно обеспечиваться хорошее их сцепление и монолитность всего покрытия.

### **8.3 Герметизация стыков**

Герметизация стыков емкостных сооружений тиоколовыми герметиками необходима при устройстве стен с гибкими соединениями в углах, монтируемых из стеновых панелей без монолитных участков в углах и пересечениях. Тиоколовые герметики отличаются высокой деформативностью, хорошей адгезией к бетону, влаговоздухонепроницаемостью. Эти герметики могут применяться во

всех канализационных сооружениях, в том числе предназначенных для жидкостей, содержащих щелочи и слабые кислоты (концентрацией до 10%), а также в сооружениях технологического водоснабжения. Гибкие угловые соединения стен сооружений могут быть двух типов: шпоночного и компенсаторного. Стык шпоночного типа выполняют путем залива его вертикального канала жидким тиоколовым герметиком, а компенсаторного типа – путем наклейки на бетонные поверхности лент из тиоколового герметика, армированного стеклотканью.

Водонепроницаемость и долговечность герметизируемых стыков зависят от качества подготовки бетонных поверхностей, так как тиоколовые герметики имеют надежную адгезию только к сухим и чистым поверхностям. Поэтому поверхности стыкуемых элементов тщательно очищают. Для нанесения герметиков на поверхность панелей применяют ручной или пневматический шприц. При их отсутствии герметик наносят и разравнивают шпателем. Профильные тиоколовые ленты изготавливают за 8 – 10 дней до начала работ по герметизации стыков.

#### **8.4 Гидравлические испытания**

Гидравлические испытания емкостных сооружений производятся после завершения всех строительно-монтажных работ, за исключением наружных работ по гидроизоляции стен и покрытий, устройству глиняных замков вокруг резервуаров и обратной засыпки и обвалования сооружений. К гидравлическим испытаниям можно приступать после набора проектной прочности бетонных конструкций сооружения (не ранее чем через 28 суток после окончания бетонных работ).

Гидравлические испытания проводят в два этапа. На *первом* испытывается днище сооружения, для этого сооружение заполняют водой на высоту 1,0 м и выдерживают этот напор в течение суток. Днище герметично, если в основании не наблюдается обводнение грунта. На *втором* этапе испытываются стены и днище, для чего сооружение заполняется водой до проектной отметки. Емкостное сооружение, наполненное водой, следует выдержать не менее трех суток, а затем (при необходимости) долить водой до проектной отметки.

Емкостное сооружение признается выдержавшим гидравлическое испытание если убыль воды в нем за сутки не превышает 3 л на 1 м<sup>2</sup> смоченной поверхности стен и днища; в швах и стенках не обнаружено признаков течи; не установлено увлажнение грунта в основании. Допускается потемнение и слабое отпотевание отдельных мест стенок местности.

При испытании открытых емкостей убыль воды на испарение должна учитываться дополнительно, так же, как и приток от атмосферных осадков (в последнем случае лучше провести повторные испытания).

При наличии струйных утечек и подтеков воды на стенах или увлажнении грунта основания емкость считается не выдержавшей испытания, даже если потери воды в ней не превышают нормативных.

Замеченные дефекты фиксируются и устраняются. Испытание сооружения после этого повторяют до тех пор, пока не будет обеспечена требуемая нормами степень водонепроницаемости.

Таким образом, минимальная продолжительность испытания составляет шесть суток, а при наличии дефектов – значительно больше.

После гидравлического испытания заканчивают все отделочные работы снаружи: наносят торкрет-покрытие поверх кольцевой арматуры, устраивают гидроизоляцию стен и покрытия, глиняные замки вокруг резервуаров. После сдачи скрытых работ засыпают пазухи котлована, планируют откосы, засевают их травой, делают отмостку у люков и лесенок к смотровым люкам и др.

Торкрет-покрытие на поверхность стен наносят, перемещаясь по периметру сооружения снизу-вверх. Стену делят на захваты шириной до 3 м и высотой до 1,5 м. Толщина слоя торкрет-покрытия 7...10 мм. При проектной толщине 25 мм покрытие наносят в три-четыре слоя, каждый раз смещаясь так, чтобы соблюдалась нахлестка отдельных слоев. Работы выполняют с передвижных подмостей, перемещающихся по дну котлована. Цемент-пушки (обычно два комплекта) размещают за пределами резервуара и так, чтобы радиус действия каждой из них не превышал 30–40 м. Включают их в работу одновременно или поочередно, в зависимости от объема работ и принятой схемы выполнения процесса.

## 8.5 Гидроизоляция

Гидроизоляция на основе битумных материалов, выполняемая снаружи, может быть обмазочная (окрасочная) и оклеечная.

Обмазочная гидроизоляция, состоящая из двух слоев битумной мастики, расплавленной и обезвоженной при  $t < 180$  °С, дает наилучший эффект при механизированном нанесении на хорошо просушенную поверхность [1].

Оклеечная гидроизоляция, особенно для вертикальных поверхностей, весьма трудоемка, но широко применяется при наличии грунтовых вод. Полотнища рулонных гидроизоляционных материалов наклеивают вручную [1].

Для предотвращения повреждения гидроизоляции устраивают защитные стенки. Стенки поверх гидроизоляционного покрытия устраивают на стенах резервуаров из кирпича (в полкирпича) или из монолитного железобетона, наносимого методом торкретирования.

Другие типы битумных гидроизоляций, например, литые и асфальтовые штукатурки толщиной 3–5 см, применяют для устройства шпонок, температурно-усадочных швов между элементами конструкций, а также в качестве защитного покрытия оклеечной гидроизоляции при устройстве днища.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белецкий Б.Ф. Технология и механизация строительного производства: учеб. – Изд. 3-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 752 с. (Строительство).
2. Белецкий Б.Ф., Булгакова И.Г. Строительные машины и оборудование: Справочное пособие для производителей-механизаторов, инженерно-технических работников строительных организаций, а также студентов строительных вузов, факультетов и техникумов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 608 с.
3. Белецкий Б.Ф., Гордеев-Гавриков В.К., Персидский Б.П. Справочник по прокладке трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения / Под общ. ред. Б.Ф. Белецкого. – Ростов н/Д, 2001. – 416 с.
4. П16-03 к СНБ 5.01.01-99. Земляные сооружения. Основания фундаментов. Производство работ. – Введ. 01.01.2004. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2003. – 55 с.
5. СН 4.01.01-2019. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы Республики Беларусь. – Введ. 31.10.2019. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2020. – 73 с.
6. СН 4.01.02-2019. Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы Республики Беларусь. – Введ. 31.10.2019. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2020. – 85 с.
7. СН 1.03.01-2019. Возведение строительных конструкций зданий и сооружений. Строительные нормы РБ. – Введ. 16.08.2020. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2020. – 129 с.
8. СП 5.03.01-2020. Бетонные и железобетонные конструкции. – Введ. 16.11.2020. – Минск: Гос. ком-т по стандартизации РБ, 2020. – 28 с.
9. СТБ 2221-2020. Бетоны конструкционные тяжелые для транспортного и гидротехнического строительства. Технические условия. – Введ. 01.04.2021. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2005. – 24 с.
10. ТКП 45-1.01-159-2009 (02250). Строительство. Технологическая документация при производстве строительного-монтажных работ. Состав, порядок разработки, согласования и утверждения технологических карт. – Введ. 01.01.2010. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2009. – 16 с.
11. ТКП 45-4.01-272-2012 (02250). Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации. Правила монтажа. – Введ. 01.06.2013. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2012. – 27 с.
12. ТКП 45-5.01-254-2012 (02250). Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования. – Введ. 01.07.2012. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2012. – 107 с.
13. ТР 2009/13/ВУ-2010. Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность. – Введ. 01.08.2010. – Минск: Госстандарт, 2010. – 31 с.

Таблица А.1 – Технические характеристики установок и растворонасосов для подачи раствора

Название показателей	Ед. изм.	Установки		Растворонасосы		
		СО-48Б	СО-49Б	С-1042	С-683	С-684
Производительность	м <sup>3</sup> /ч	2	4	1	1,5	3
Максимальное давление	МПа	1,5	1,5	1	1,5	1,5
Дальность подачи раствора:						
	- по горизонтали	м	50	100	50	50
- по вертикали	м	15	30	15	15	30
Масса	т	0,45	0,59	0,1	0,3	0,3

Таблица А.2 – Технические характеристики глубинных электрических вибраторов

Показатель	ИБ-113	ИБ-112	ИБ-108	ИБ-102	ИБ-103	ВИ-116А
Корпус, мм: диаметр	38	51	76	76	114	76
Длина рабочей части	400	400	480	485	480	480
Частота вибрации, кол./мин	2000	16000	12000	12000	6000	12000
Мощность электродвигателя, кВт	0,55	0,55	0,55	0,75	0,8	1,0
Напряжение, В	40	40	40	40	40	42

Таблица А.3 – Рекомендуемый типоразмерный ряд плит под основания резервуаров

Название	Длина, (мм)	Ширина, (мм)	Масса изделия, (т)	Толщина, (мм)	Объем изделия, (м <sup>3</sup> )
Панель резервуара ПР 60-20-1.4	6000	2000	4,200	140	1,68
Панель резервуара ПР 30-20-1.4	3000	2000	2,125	140	0,84

Таблица А.4 – Рекомендуемый типоразмерный ряд стеновых панелей резервуаров емкостных сооружений

НАЗВАНИЕ	Высота, (мм)	Длина, (мм)	Ширина, (мм)	Масса изделия, (т)	Объем изделия, (м <sup>3</sup> )
1	2	3	4	5	6
Панель резервуара ПС2-48-Б4	4800	2980	285	7,53	3,01
Панель резервуара ПС2-48-Б3	4800	2980	285	7,53	3,01
Панель резервуара ПС 1-54 Б2	5400	2980	305	9,13	3,65
Панель резервуара ПС 1-54 Б1	5400	2980	305	9,13	3,65
Панель резервуара ПС 1-48 Б4	4800	2980	285	7,83	3,13
Панель резервуара ПС 1-48 Б3	4800	2980	285	7,83	3,13
Панель резервуара ПС 1-48 Б2	4800	2980	285	7,83	3,13
Панель резервуара ПС 1-48 Б1	4800	2980	285	7,83	3,13
Панель резервуара ПС1-42 Б2	4200	2980	265	6,63	2,65
Панель резервуара ПС 1-42 Б1	4200	2980	265	6,63	2,65
Панель резервуара ПС1 36-Б4	3600	2980	250	5,55	2,22

Окончание таблицы А.4.

1	2	3	4	5	6
Панель резервуара ПС1 36-Б3	3600	2980	250	5,55	2,22
Панель резервуара ПС1 36-Б2	3600	2980	250	5,55	2,22
Панель резервуара ПС1 36-Б1	3600	2980	250	5,55	2,22
Панель резервуара ПС 1-30 Б2	3000	2980	230	4,5	1,8
Панель резервуара ПС 1-30 Б1	3000	2980	230	4,5	1,8
Панель резервуара ПС 1-24 Б2	2400	2980	210	3,55	1,42
Панель резервуара ПС 1-24 Б1	2400	2980	210	3,55	1,42

Условные обозначения стеновых панелей: ПС1-36-Б1Б

ПС – панель стеновая (для емкостных резервуаров);

1 – типоразмер;

36 – высота (дм);

Б – схема работы панели «Б» - балочная;

1 – номер несущей способности

Таблица А.5 – Рекомендуемый типоразмерный ряд плит покрытия

Наименование изделия	Масса, кг	Размеры (L, B, H), мм
2ПГ-5-Ат5т	1230	5970 x 1490 x 250
2ПГ-6-2 Ат 5т	1500	5970 x 1490 x 300
2ПГ-6-3 Ат 5 /П-2/	1537	5970 x 1490 x 300
2ПГ-6-3 Ат 5 /П-3/	1537	5970 x 1490 x 300
2ПГ-6-3 Ат 5 /П-4/	1537	5970 x 1490 x 300
2ПГ-6-3 Ат 5т	1500	5970 x 1490 x 300
2ПГ-6-3 Ат 5т-1	1537	5970 x 1490 x 300
2ПГ-6-4 АIIIвт	1500	5970 x 1490 x 300
2ПГ-6-4 Ат 5т	1537	5970 x 1490 x 300
2ПГ-6-5 АIIIвт	1500	5970 x 1490 x 300
2ПГ-6-6 АIIIвт	1500	5970 x 1490 x 300
3ПГ-6-2-АIIIвт	2650	5970 x 2980 x 300
3ПГ-6-3-АIIIвт	2650	5970 x 2980 x 300
3ПГ-6-4-АIIIвт	2650	5970 x 2980 x 300
3ПГ-6-5-АIIIвт	2650	5970 x 2980 x 300
3ПГ-6-7-АIIIвт	2650	5970 x 2980 x 300
4 ПГ 6	1460	5970 x 1490 x 300
4 ПГ 6-1	1460	5970 x 1490 x 300
4 ПГ 6-2	1460	5970 x 1490 x 300
4 ПГ 6-3	1460	5970 x 1490 x 300
ПКР60.15.25-3,4Т-Н	1260	5970 x 1490 x 250

Таблица А.6 – Рекомендуемый типоразмерный ряд ригелей

Название	Основные размеры (длина, ширина, высота)	Вес, т
Р 3.26	2540x180x300	0,343
Р 3.56	5540x180x300	0,735
РДП 4.26-110	2560x520x450	1,12
РДП 4.26-60	2560x520x450	1,12
РДП 4.56-110	5560x520x450	2,55
РДП 4.56-60	5560x520x450	2,07
РДП 4.56-90	5560x520x450	2,55
РДП 4.68-60	6760x520x450	3,12
РЛП 4.26-60	2560x360x450	0,85
РЛП 4.56-45	5560x360x450	1,9
РОП 4.26-60	2560x460x450	1,05
РОП 4.56-40	5560x460x450	2,35
РОП 4.56-60	5560x460x450	2,35
РОП 4.68-40	6760x460x450	2,88

Таблица А.7 – Элементы колодцев

Название	D внешний, мм	d внутрен- ний, мм	Высота, мм	Масса, т	Объём, м <sup>3</sup>
1ПП 10-1 (крышка)	1160	700	150	0,25	0,1
1ПП 15-1 (крышка)	1680	700	150	0,68	0,27
1ПП 20-1 (крышка)	2200	700	150	1,28	0,51
3ПП 20-1 (крышка)	2700	700	180	1,375	0,62
КС 7-3	860	700	290	-	-
КС 7-6	860	700	590	-	-
КС 7-9	860	700	790	-	-
КС 10-3	1160	1000	290	0,2	0,08
КС 10-6	1160	1000	590	0,4	0,16
КС 10-9	1160	1000	890	0,6	0,24
КС 15-6	1680	1500	590	0,66	0,265
КС 15-9	1680	1500	890	1,03	0,41
КС 20-6	2200	2000	590	0,98	0,4
КС 20-9	2200	2000	890	1,8	0,75
КС 7-6	840	700	590	0,25	0,1
КС 7-9	840	700	890	0,36	0,15
ПН 10 (дно)	1500		120	0,5	0,23
ПН 15 (дно)	2000		120	0,95	0,38
ПН 20 (дно)	2500		120	1,47	0,59

КС - стеновое кольцо рабочей камеры;

ПП – плита перекрытия;

ПН – плита днища.

Примеры условного обозначения:

КС 15-9, КС - кольцо стеновое, 15 - внутренний диаметр 1500 мм, 9 - высота 890мм.

1ПП10-1, плита перекрытия, перекрывающая колодец, 10 - внутренний диаметр 1000мм, 1-первой группы несущей способности.

Таблица А.8 – Справочные данные для стреловых кранов

Марка крана	Длина стрелы, м	Вылет стрелы, м	Грузоподъемность основного крюка, т	Высота подъема крюка, м	Задний габарит, м
1	2	3	4	5	6
Автомобильные краны					
КС-2561К	8	3,4-8,1	6,3-2,0	8,0-5,6	1,9
КС-2571Б	12	3,3-12,0	7,0-0,8	12,0-7,0	2,69
КС-2574	15	4,0-14,0	3,5-0,45	15,5-2,1	3,43
КС-3562Б	10	4,0-10,0	10,0-1,2	10,0-5,0	2,5
	14	5,4-13,2	4,0-1,3	13,4-5,8	
	18	6,75-17,5	3,0-0,5	17,0-7,5	
КС-3575А	9,5	2,85-8,8	10,0-2,0	10,3-1,9	2,6
	11,5	4,1-10,5	7,2-1,4	12,3-1,9	
	13,5	5,0-12,6	5,0-1,0	14,6-1,8	
КС-3577	8	2,8-13,0	12,5-1,9	9,0-1,5	2,65
	10	3,1-13,0	7,9-1,9	10,5-1,5	
	12	4,0-13,0	5,5-1,9	12,5-1,5	
«Клинцы» КС 35719-3-02	8	3,2-7,0	16,0-4,8	9,0-5,9	2,65
	14	4,4-13,0	6,15-1,3	14,5-4,5	
	18	6,0-17,0	4,0-0,6	18,4-5,5	
«Ивановец» КС-35714	8	1,9-6,7	16,0-4,8	9,0-3,6	3,4
	14	4,4-13,0	6,15-1,3	14,6-4,8	
	18	5,6-16,0	4,0-0,7	18,4-10,0	
«Ивановец» КС-35714К-3	8	1,9-7,0	16,0-4,8	9,4-3,0	3,4
	14	4,0-13,1	6,15-1,3	14,6-4,8	
	18	5,7-17,1	4,0-0,6	18,3-5,4	
«Углич» КС-3577-3К	8	2,4-7,0	16,0-4,0	8,5-2,9	3,4
	10	3,4-8,9	12,0-2,6	10,5-3,0	
	12	4,0-11,0	7,8-1,8	12,4-3,2	
	14	4,9-13,0	5,2-1,3	14,2-3,2	
КС-4561А	10	3,8-10,0	16,0-2,1	10,0-4,3	2,83
	14	4,2-13,0	12,0-1,5	14,0-7,4	
	18	5,0-14,0	8,15-1,2	18,0-12,7	
КС-4571	9,75	3,8-8,45	16,0-3,8	10,01,98	2,94
	15,75	4,3-14,45	8,5-1,1	16,25-2,8	
КС-4573	9,7	4,0-8,0	16,0-4,2	11,0-2,0	2,9
	15,7	4,0-14,0	11,5-1,2	16,0-2,0	
КС-4574	9,7	3,9-8,0	20,0-4,2	10,5-4,0	3,4
	11,7	2,9-10,0	16,0-2,9	12,5-4,0	
	15,7	4,2-14,0	10,0-1,2	16,0-5,0	
«Клинцы» КС 45719-3А	9	2,0-7,5	20,0-1,1	9,8-4,0	2,9
	12	2,0-10,0	15,0-4,25	13,0-5,5	
	15	2,8-13,0	12,0-2,6	15,9-6,0	
	18	3,5-16,0	8,5-1,65	18,9-7,0	
«Ивановец» КС-45717-1	9	2,0-8,0	25,0-6,35	10,0-3,0	3,6
	15	3,8-13,7	13,7-2,15	15,8-3,0	
	21	5,5-18,7	6,35-0,9	21,3-8,0	

Продолжение таблицы А.8.

1	2	3	4	5	6
«Галичанин» КС-55713-3	9,1	3,2-8,0	25,0-6,0	10,0-4,0	3,6
	15,7	4,0-14,0	10,0-1,6	16,0-4,9	
	21,7	6,1-17,9	6,0-0,8	22,0-11,2	
«Челябинец» КС-45721-08	9,7	3,0-8,0	25,0-5,8	10,0-4,0	3,6
	15,7	4,0-14,0	10,3-1,6	16,0-4,5	
	21,7	6,2-18,0	6,0-0,8	22,0-11,2	
«Ульяновец» МКТ-25.7	9,7	3,1-8,0	25,0-4,25	10,2-4,0	3,0
	15,7	5,2-14,0	10,0-1,2	16,0-5,0	
	21,7	6,8-18,4	5,0-0,45	21,5-9,5	
«Ивановец» КС-5576К	9,9	3,0-8,1	32,0-8,6	11,3-3,0	3,6
	16,7	4,0-14,0	13,9-2,6	17,8-7,2	
	22	6,1-20,0	8,7-1,2	22,9-4,3	
«Галичанин» КС-55729-1В	9,7	3,4-7,5	32,0-11,6	10,3-5,1	3,6
	16,2	3,0-14,0	13,9-3,7	17,0-6,5	
	24	5,0-22,0	8,7-1,5	24,4-7,6	
«Ивановец» КС-55717А	9,4	3,0-7,0	32,0-10,0	9,5-4,5	3,6
	15,4	4,0-12,0	16,0-3,05	15,6-8,2	
	21,4	6,0-18,0	9,7-1,4	21,4-9,4	
«Челябинец» КС-55733	10,3	3,0-8,5	32,0-7,6	10,8-3,5	3,6
	13	3,0-11,0	24,0-5,2	13,8-4,3	
	15,6	3,5-13,0	16,0-3,7	16,2-6,6	
	18,3	5,0-16,0	10,5-2,6	18,5-6,2	
	21	6,0-19,0	8,0-1,84	21,0-5,3	
«Челябинец» КС65711	15	3,3-13,6	35,3-3,75	17,0-3,7	3,6
	21	4,2-19,0	9,0-1,73	23,0-4,0	
	27	6,0-25,0	7,0-0,93	29,2-5,0	
«Челябинец» КС-65720-1	9,5	3,3-8,3	40,0-10,4	10,4-2,0	3,0
	15,8	4,0-14,6	25,0-2,8	17,1-2,0	
	28,5	7,5-27,4	7,3-0,7	29,5-2,0	
«Клинцы» КС-65719-1К	11,2	3,0-9,0	40,0-12,0	12,0-4,7	4,6
	20	2,9-18,0	20,0-3,8	21,3-4,4	
	24	4,0-22,0	15,0-2,55	25,0-5,0	
	30	5,0-28,0	10,0-1,4	31,0-5,0	
«Ульяновец» МКТ-50	11	3,2-9,0	50,0-17,5	9,0-3,2	3,72
	15	2,9-18,0	40,0-10,5	12,0-3,5	
	19	4,0-16,0	30,0-6,5	16,0-4,0	
	27	5,0-22,0	20,0-2,8	22,0-5,0	
На спец. шасси автомобильного типа					
«Ивановец» КС-54711Б	9	2,0-8,0	25,0-7,4	10,0-3,5	3,0
	12	3,0-11,0	15,0-4,2	13,0-3,9	
	15	3,9-14,0	15,0-2,5	15,7-3,6	
	18	4,4-17,0	11,4-1,63	18,7-4,3	
	21	5,5-19,8	7,7-1,07	21,6-4,6	
«Ивановец» КС-59712	8,7	3,0-6,0	30,0-15,0	8,7-4,0	3,0
	14,8	3,0-12,0	17,0-5,1	15,8-5,0	
	20,9	4,0-18,0	14,0-2,7	21,9-6,0	
	27	4,5-24,0	8,0-1,1	28,0-7,1	

Окончание таблицы А.8.

1	2	3	4	5	6
«Ивановец» КС-55717Б	9,9	2,7-8,0	36,0-9,9	10,8-4,2	3,0
	13,3	2,8-10,0	27,0-5,9	15,0-8,0	
	16,7	4,0-14,0	27,0-2,8	17,8-7,0	
	20,2	4,7-17,9	22,0-1,77	21,0-5,7	
	3,7	5,9-19,8	12,7-1,49	24,5-11,0	
КС-6471 (Польша)	11	3,6-9,0	40,0-10,0	10,6-5,3	2,89
	15	3,5-12,0	28,0-5,8	14,8-8,0	
	20	4,5-18,0	18,5-2,0	20,0-7,0	
	27	6,0-22,0	10,0-0,8	26,5-15,0	
«Ивановец» КС-6476	11	3,0-9,0	50,5-17,8	11,8-5,0	4,2
	18	5,0-16,0	22,5-6,0	19,0-6,5	
	26	6,0-24,0	14,3-2,9	26,2-4,0	
	34	9,0-26,0	8,9-2,7	34,6-21,0	
«Ивановец» КС-6973А(Б)	10,6	1,5-8,0	50,0-12,5	10,6-5,0	4,0
	17,4	3,0-14,2	32,0-4,4	17,6-9,0	
	24,2	5,2-21,0	18,8-1,8	24,0-11,0	
	31	7,0-28,0	11,2-0,85	30,8-11,5	

Таблица А.9 – Справочные данные для стреловых кранов

Марка крана	Длина стрелы, м	Вылет стрелы, м	Грузоподъемность, т	Высота подъема крюка, м	Задний габарит, м	Характеристики вспомогательного крюка					
						Вылет, м	Грузоподъемность	Высота подъема крюка, м			
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
КС-5363В	15	3,9-13,8	40,0-3,8	14,0-3,8	3,8	-	-	-			
	17,5	3,9-15,9	25,0-3,0	16,3-9,4							
	20	5,5-18,0	18,0-2,0	18,8-10,2							
	22,5	5,4-20,1	18,0-1,5	20,3-11,0							
	25	6,5-22,1	12,0-0,6	22,2-12,0							
	27,5	6,2-18,8	12,0-1,5	25,2-16,8							
	30	7,5-20,3	8,4-1,0	27,5-21,7							
МКТТ-63	12,2	3,5-10,0	63,0-14,0	12,0-4,0	4,14	-	-	-			
	15,2	4,0-12,0	35,0-11,0	15,0-7,5							
	21,3	5,0-18,0	20,0-4,5	21,0-8,5							
	23,3	7,0-24	13,5-3,0	26,2-10,0							
КС-8362 гусек 20 м гусек 20м гусек 20м	15	5,2-15,0	100,0-20,0	13,0-5,8	-						
	20	4,3-12,0	100,0-19,0	18,1-15,5					24,7	8,0	39,0-31,0
	25	5,8-14,5	70,0-11,0	23,0-20,0					28,7	5,2	42,0-34,0
	30	6,3-16,7	60,0-8,0	28,0-24,5					31,0	4,0	46,0-39,0
Гусеничные краны											
МКГ-16М	10	4,0-6,0	16,0-8,5	10,0-9,5	3,65	-	-	-			
	18	5,5-16,0	9,0-1,6	18,0-12,0							
	26	8,0-20,0	4,6-0,8	24,3-18,9							
МКГ-25БР гусек 5 м гусек 5 м	13,5	2,5-13,0	25,0-6,0	13,2-6,0	4,38	-	-	-			
	18,5	2,7-13,0	22,0-4,0	18,0-13,3					6,8-13,6	5,0-2,8	21,0-12,5
	23,5	2,9-14,0	17,0-3,2	23,0-19,0					6,9-19,5	5,0-2,5	26,0-19,0

Окончание таблицы А.9.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
РДК-250-3 башня 15,3м башня 27,5м	15,3	4,0-14,5	25,0-2,8	15,2-8,7	4,72	-	-	-
	10	4,5-11,0	20,0-6,2	23,0-15,8		-	-	-
	20	7,0-20,0	8,0-1,4	33,0-15,4		-	-	-
ДЭК-251 гусек 5 м гусек 5 м гусек 5 м башня 19 м башня 24 м	14	4,75-13,6	25,0-4,0	13,5-7,0	4,44	-	-	-
	19	5,2-17,8	14,7-2,7	18,8-9,9		8,4- 22,7	5,0-1,5	22,4-10,5
	22,75	5,8-20,8	13,4-1,9	22,5-12,2		9,0- 25,7	5,0-1,2	26,0-12,8
	24	6,0-21,8	12,5-1,8	23,7-12,9		9,3- 26,8	5,0-1,0	27,3-13,1
	10	4,8-11,6	15,0-5,0	28,0-19,6		-	-	-
	10	5,0-11,8	15,0-5,0	32,6-24,6		-	-	-
МКГ-40 гусек 6 м	15,8	5,0-14,0	40,0-8,2	13,5-7,5	4,7	-	-	-
	20,8	3,2-18,0	25,0-5,5	18,0-13,3		8,7- 24,0	7,0-2,8	21,0-12,5
СКГ-401 гусек 5 м гусек 5 м гусек 5 м	17	5,5-15,0	40,0-8,3	15,8-10,1	4,0	-	-	-
	17	5,0-15,0	39,9-7,3	15,8-8,9		7,5- 19,0	5,0	19,8-12,0
	22	5,8-19,0	34,0-4,2	20,7-12,3		8,5- 20,0	5,0	25,1-17,3
	27	5,9-19,0	26,0-4,0	25,5-19,2		9,5- 20,0	5,0	30,0-24,0
РДК-400 гусек 6 м гусек 6 м гусек 6 м	16	4,3-15,2	40,0-7,5	15,65-9,2	4,0	-	-	-
	16	5,0-15,15	38,0-5,6	15,65-9,2		10,0- 21,4	8,0-4,0	19,8-12,0
	21	4,8-19,0	29,4-3,8	20,9-12,4		10,4- 25,2	8,0-4,0	25,1-17,3
	26	5,25-21,3	21,3-2,8	25,9-17,45		10,85- 27,65	8,0-2,2	30,0-24,0
ДЭК-631	18	5,1-16,0	63,0-12,9	16,0-9,2	5,93	-	-	-
	24	5,8-20,7	50,0-8,5	19,0-13,1		-	-	-
	30	6,7-25,2	40,0-5,9	27,9-16,9		-	-	-
	36	7,5-29,9	30,0-3,6	27,9-16,9		-	-	-
	42	8,4-34,5	3,6-1,9	33,9-20,8		-	-	-
КС-8165	20	6,0-12,5	100,0-30,0	18,7-15,7	5,3	-	-	-
МКГС-100 гусек 12 м гусек 12 м башня 29 м башня 29 м	22	6,0-18,0	100,0-13,5	20,7-15,9	6,8	-	-	-
	36	9,0-24,0	47,2-5,5	36,7-29,5		30,0	24,2- 6,1	39,0-30,0
	43	9,0-26,0	46,9-4,0	43,8-38,0		30,0	24,0- 5,4	47,0-37,0
	19	12,0-21,0	36,0-16,8	46,5-35,0		-	-	-
	26	12,0-28,0	35,0-10,5	54,0-38,0		-	-	-
КС-8161А	20	6,0-18,0	100,0-15,0	18,0-11,0	5,6	-	-	-
	30	8,0-26,0	63,0-8,0	29,5-18,0		-	-	-
	40	8,0-34,0	30,0-3,0	37,5-23,0		-	-	-

Таблица А.10 – Габариты стреловых кранов

Типы кранов	Марка крана	Минимальные размеры, м				Радиус описываемый противовесом
		Ширина проезжей части	Высота крана	Радиус поворота	Площадь установки	
Автомобильные	КС-2561	2,6	3,75	8	12,6x4,5	-
	КС-3562	2,6	3,9	8,5	15,2 x4,5	-
	КС-3571	2,6	3,8	8,5	11,8 x4,8	-
	КС-4561	2,6	3,8	14,0	13,6 x4,7	-
Пневмоколесные	КС-4362	3,2	4,0	7,4	16 x5,2	3,2
	МКП-25	3,4	4,1	7,7	8,5 x5,6	3,9
	КС-5363	3,4	4,0	14,0	16,1 x5,4	3,8
	МКТ-40	4,2	4,1	8	14 x6,7	3,1
	КС-7362	3,8	4,4	15,0	18 x5,6	4,2
	КС-8362	3,6	4,4	15,5	12 x5,5	4,52
Гусеничные	МКГ-16	3,4	3,6	-	8,6 x8,6	3,5
	МКГ-25	3,4	3,9	-	9,6 x9,6	3,8
	МКГ-40	4,2	4,4	-	10 x10	4,0
	КС-7163	5,2	4,7	-	11,4 x11,4	4,6
	СКГ-631	6,4	5,8	-	11,4 x11,4	5,7
	КС-8165	7,2	5,1	-	15 x15	6,5

Таблица А.11 – Минимально допустимое расстояние от опоры крана до основания откоса котлована

Глубина котлована, м	Расстояние $l_6$ , м, в зависимости от вида грунта			
	Песок	Супесь	Суглинок	Глина
1	1,5	1,25	1,00	1,00
2	3,0	2,40	2,00	1,50
3	4,0	3,60	3,25	1,75
4	5,0	4,40	4,00	3,00
5	6,0	5,30	4,75	3,50