

3686



Министерство образования
Республики Беларусь

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра «Гидротехническое и энергетическое
строительство»

**В.И. Селезнёв
Г.А. Коревцкий**

**СТРОИТЕЛЬСТВО
ЕМКОСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ
СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Методическое пособие

Минск 2010

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Гидротехническое и энергетическое строительство»

В.И. Селезнёв
Г.А. Коревицкий

**СТРОИТЕЛЬСТВО ЕМКОСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ
СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Методическое пособие
по выполнению курсового проекта
и раздела дипломного проекта по дисциплине
«Техника и технология строительно-монтажных работ»
для студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение,
водоотведение и охрана водных ресурсов»

Минск 2010

УДК 628.1/2:09.05 (075.8)

ББК 38.761.1я7

G-86

C 29

Рецензенты:

А.И. Смирнов, С.П. Гатилло

Селезнёв, В.И.

С-86 Строительство емкостных сооружений систем водоснабжения и водоотведения: методическое пособие по выполнению курсового проекта и раздела дипломного проекта по дисциплине «Техника и технологии строительно-монтажных работ» для студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов / В.И. Селезнёв, Г.А. Коревицкий. – Минск: БНТУ, 2010. – 135 с.

ISBN 978-985-525-343-4.

В пособии рассматриваются технология и организация земляных, бетонных и монтажных работ, выбор средств механизации, разработки технологических схем производства работ и технологическая последовательность их выполнения при строительстве емкостных сооружений для систем водоснабжения и водоотведения.

Пособие также может быть использовано при выполнении раздела дипломного проекта.

УДК 628.1/2:09.05 (075.8)
ББК 38.761.1я7

ISBN 978-985-525-343-4

© Селезнёв В.И.,
Коревицкий Г.А., 2010
© БНТУ, 2010

ВВЕДЕНИЕ

При строительстве систем водопровода и водоотведения возводятся большое количество сооружений емкостного типа: резервуары, отстойники, фильтры систем водоснабжения, первичные и вторичные отстойники, биофильтры, метантенки, аэротенки систем канализации и т.д.

Технология и организация строительно-монтажных работ по устройству водопроводных, канализационных сетей или возведению емкостного сооружения разрабатывается в курсовом проекте, а также в разделе дипломного проекта по производству и организации строительных работ.

В пособии рассматриваются технология и организация земляных, бетонных и монтажных работ, выбор средств механизации, разработка технологических схем производства работ и технологической последовательности их выполнения при строительстве емкостных сооружений систем водоснабжения и водоотведения.

При разработке проекта ставится задача дать представление об особенностях и специфике строительства емкостных сооружений систем водопровода и водоотведения, выборе эффективных методов строительства и машин для их выполнения. Это позволит углубить знания студентов в области технологии и организации работ по возведению емкостных сооружений с учетом современных требований строительных норм и правил (СНиП, СНБ, ТКП).

1. ЕМКОСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Из емкостных сооружений наибольшее распространение в практике проектирования получили: в системах водоснабжения – резервуары для хранения воды, фильтры, отстойники, осветлители и др., в системах очистки сточных вод – резервуары для очистки сточных вод, биофильтры, нефтеотделители, нефтеловушки, песколовки, отстойники, смесители, фильтры-осветлители и др.

Емкостные сооружения могут быть надземные, полуподземные и подземные. В плане они могут быть прямоугольными и круглыми (цилиндрическими). Во избежание промерзания надземные и полуподземные выгоняют с обвалованием. По конструктивным решениям емкостные сооружения делят на монолитные цилиндрические, сборно-монолитные цилиндрические и прямоугольные (днище монолитное, стены и покрытие – сборные). Стальные резервуары для хранения воды допускается применять в отдаленных и северных районах.

Для сокращения сроков возведения водопроводных и канализационных сооружений, уменьшения общей трудоемкости процессов, повышения качества строительно-монтажных работ широко применяется принцип индустриализации строительства, сущность которого заключается в переносе наиболее трудоемких процессов по изготовлению строительных конструкций со строительных площадок в заводские условия. При такой схеме строительная площадка превращается, по сути, в площадку по монтажу сооружений из сборных конструкций и деталей (стеновых панелей, лотков, плит покрытия, ригелей, колонн и фундаментов), имеющих высокую заводскую готовность.

В основе индустриализации строительных процессов лежит унификация и типизация объемно-планировочных и конструктивных решений емкостных сооружений. При назначении размеров емкостных сооружений руководствуются Единой модульной системой (ЕМС), при которой размеры и взаимное расположение объемно-планировочных и конструктивных элементов сооружения принимают с учетом установленных величин основного и производного модулей. Производные модули получают умножением основного модуля на целые или дробные коэффициенты. Производные модули бывают укрупненными – 60М, 30М, 15М, 12М, 6М, 3М, равные соответ-

венно 6000, 3000, 1500, 1200, 600, 300 мм, и дробные – $1/2M$, $1/5M$, $1/10M$, равные 50, 20 и 10 мм.

Размеры прямоугольных или диаметры круглых емкостных сооружений кратны 3,0 м, по высоте – 0,6 м. При длине стороны или диаметре менее 9 м их размеры допускается принимать кратными для прямоугольных сооружений 1,5 м; для круглых – 1,0 м. Для цилиндрических сооружений в габаритных схемах указывают диаметр сооружения D и его высоту H ; для прямоугольных – общие размеры в плане A и B , высоту H и расстояние между перегородками b , в тех сооружениях, где требуются перегородки.

Для прямоугольных резервуаров в габаритных схемах приведены два варианта сетки колонн: 6×6 м (с ригелями) и 3×6 м (без ригелей, плиты покрытия шириной 3 м опираются непосредственно на колонны).

Вертикально установленные панели, из которых собирают стены, могут работать в вертикальном направлении по двум схемам: для открытых сооружений – как консольные, защемленные в днище; для сооружений с перекрытием – как балочные, защемленные внизу и с горизонтальной шарнирной опорой в месте сопряжения с перекрытием. Защемление в днище решают с помощью шелевого паза.

Колонны устанавливают в стаканы конструкции монолитного днища либо сборных фундаментов, монтируемых на плоское днище.

Покрытие в цилиндрических сооружениях монолитное, либо из специальных трапециевидных панелей, опирающихся на центральную колонну и на стены сооружения. В прямоугольных сооружениях для покрытия используются сборные конструкции.

Номенклатура основных типовых элементов емкостных сооружений приведена в приложении А.

2. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОСТАВ ПРОЕКТА

Задаaniem 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 произ-

водства работ и для них подобрать строительную технику и машины, определить их количество, сроки выполнения работ, потребность в рабочей силе, разработать схемы производства работ (земляные, бетонные, строительного-монтажные), составить сводную таблицу работ, комплекта машин и механизмов и технологической последовательности выполнения работ; календарный план строительства и график движения рабочей силы.

Исходными данными для проектирования являются план местности с горизонталями с указанием местоположения емкостного сооружения, тип и вид сооружения, его размеры и конструктивные особенности, данные о геологических и гидрогеологических условиях, дальность транспортирования грунта, бетонной смеси, сборных железобетонных конструкций.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

При выполнении курсового проекта, прежде всего, необходимо определить номенклатуру строительных операций для строительства сооружения, а также четкую технологическую последовательность их выполнения.

Технология и организация работ при возведении емкостных сооружений систем водоснабжения и водоотведения определяется их формами и габаритами, компоновкой в плане и вертикальной плоскости, геологическими и гидрогеологическими условиями, степенью освоения площадки строительства и другими условиями.

Любое строительство, в том числе и строительство сооружений систем водоснабжения и водоотведения, делится на подготовительный и основной периоды. В подготовительный период проводятся работы связанные с подготовкой территории, разбивкой осей зданий и сооружений на местности, устройством внешних и внутриплощадочных подъездных путей, подводом на стройплощадку воды и электроэнергии и др. [1, 2].

В основной период выполняется комплекс строительного-монтажных работ (СМР) по возведению основных сооружений систем водоснабжения и водоотведения. СМР условно можно разделить на три вида: земляные, бетонные и монтажные. Каждый вид работ выполняется специализированной бригадой в строгой технологиче-

ской последовательности. Принципиальная схема СМР при возведении емкостного сооружения показана на рис. 1.

По окончании СМР ведутся работы по благоустройству бывшей строительной площадки, в перечень которых могут входить планировка откосов и гребня, обвалование сооружений, крепление откосов и рекультивация (возращение) растительного грунта, посев трав по слою растительного грунта, асфальтирование дорог и площадок, озеленение территории и др.

Для каждой технологической операции необходимо подсчитать объемы работ, выбрать технологическую схему выполнения работ, подобрать строительную технику, определить качественный и количественный состав строительных кадров, определить продолжительность выполнения работ.

4. СТРОИТЕЛЬНОЕ ВОДОПОНИЖЕНИЕ

Искусственное понижение уровня грунтовых вод (УГВ) при производстве строительных работ в котловане путем откачки их и отвода к пониженным местам носит название «строительное водопонижение». Положение УГВ (кривая депрессии) должно быть такое, чтобы не было затопления и разрушения откосов котлована, а также должно обеспечивать нормальные условия для производства СМР.

Для поддержания котлована в осушенном состоянии обычно применяется линейная, расположенная по периметру котлована, водопонижительная система, которая может быть в виде открытых каналов (открытый водоотлив) или вертикального дренажа (грунтовое водопонижение).

4.1. Открытый водоотлив

При открытом водоотливе вода, притекающая в закладываемую земляную выемку (котлован), подводится к устраиваемым на ее дне приямкам (зумпфам), из которых откачивается насосами (рис. 2).

Для предотвращения разрыхления грунта под действием восходящего фильтрационного потока и потери устойчивости откосов котлована при суффозии (вынос частиц грунта сосредоточенными струями воды) приямки (зумпфы) закладывают глубже отметки дна

котлована, постепенно углубляя их (или закладывая новые зумпфы) по мере съема грунта. В глубоких котлованах (при глубине, превышающей 4–5 м) откосы необходимо пригружать слоем гравия или щебня толщиной до 20 см.

Водосборные каналы прокладывают, как правило, за пределами основания сооружения, глубиной 1–2 м, шириной по дну 0,5–0,6 м с коэффициентом заложения откосов, принимаемым в зависимости от грунта, и продольным уклоном не менее 2 ‰. Минимальные размеры зумпфа назначают из условия обеспечения непрерывной работы насоса в течение 5–10 мин [1–5].

Приток воды к котловану (дебит) рассчитывают по формулам установившегося движения грунтовых вод. При наличии источников питания водоносного горизонта, которые могут быть приведены к контуру с радиусом R (относительно центра осушенного котлована) минимальный приток воды, на откачку которого должна быть рассчитана водопонижительная система, может определяться по методике, разработанной Г.М. Мариупальским [3]:

$$Q = \pi k S_0 \left(\frac{S_0}{\ln \frac{R}{A}} + 2A\delta \operatorname{arctg} \frac{m}{A \ln \frac{R}{A}} \right),$$

где Q – приток воды к котловану, м³/сут;

$A = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$ – площадь котлована поверху, м²;

S_0 – глубина котлована от непониженного уровня воды, м;

δ – интерполяционный коэффициент, равный $\delta = 1 - 0,5 \sqrt{\psi}$,

где $\psi = \operatorname{arctg} \frac{m}{A \ln \frac{R}{A}}$;

$m = H - S_0$, м;

H – мощность водоносного слоя, м.

Если обозначить $N = \frac{1}{\ln \frac{R}{A}}$ и $M = 2\delta\psi$, то формула для определения притока воды к котловану будет иметь вид:

$$Q = \pi k S_0 (NS_0 + AM), \text{ м}^3/\text{сут.}$$

На рис. 3 и 4 приведены вспомогательные графики для определения притока воды.

Вычисляемая величина представляет собой расход воды, который притекал бы в котлован при отсутствии водопонижения. Поэтому при назначении количества насосов принимается коэффициент запаса больше единицы, зависящей от значимости сооружения, надежности исходных данных и глубины проектируемого водопонижения.

Определив приток воды к котловану, уточняют тип, марку и количество насосов. Для открытого водоотлива используют насосы типа С, ГНОМ, НД, НЦС, К, Д, КМ. Также необходимо устанавливать резервные насосы [1, 3, 5]. Характеристики некоторых типов насосов приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Технические характеристики насосов

Тип насоса	Подача, м ³ /ч	Напор, м
С-247	24	9
С-245	120	20
ГНОМ 10-10	10	10
15-15	15	15
25-20	25	20
53-10	53	10
100-25	100	25
НЦС-1	120	11,3
"	130	8,3
К 160/30	160	30
КМ 160-20	160	20
Д 200-36	200	360
Д 320-50	320	50

Количество насосов или насосных установок для водоотлива можно определить по зависимости [3, 5]

$$N_{н,у} = Q\varphi/P,$$

где Q – расчетный приток воды к котловану, $\text{м}^3/\text{ч}$;

φ – коэффициент резерва мощности насосных установок, равный 1,5;

P – производительность насоса, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Системой насосных установок качают воду в водосборный коллектор и по нему отводят за пределы котлована.

4.2. Грунтовое водопонижение

Грунтовое понижение предназначено для предшествующего земляным работам осушения грунта и разгрузки фильтрационного давления в водоносных слоях, которые залегают ниже уровня дна котлована или в его откосах. Понижение УГВ достигается их откачкой из обеспечивающей снижение УГВ ниже дна будущего котлована системы трубчатых колодцев, скважин, расположенных вокруг котлована (рис. 5).

Среди существующих средств водопонижительного оборудования для осушения котлованов в неслоистых грунтах применяют легкие иглофильтровые установки (ЛИУ) при коэффициентах фильтрации грунта 1–50 м/сут и понижении УГВ на глубину до 4–5 м от оси насоса до гребня кривой депрессии. При необходимости понижение УГВ на глубину более 5 м применяют двух- и трехъярусные иглофильтровые установки (рис. 6). В этом случае сначала вводят в действие первый ярус иглофильтров и под его защитой разрабатывают верхнюю часть котлована, после чего монтируют второй ярус иглофильтров и отрывают нижнюю часть котлована.

После ввода в действие второго яруса иглофильтров верхний можно отключить и демонтировать.

Погружают легкие иглофильтры на глубину 7–8 м обычно гидравлическим способом (подмывом).

Для осушения грунтов с коэффициентами фильтрации менее 1 м/сут применяют другие установки аналогичной конструкции и действия [3].

Для поддержания котлована в осушенном состоянии длиной по периметру L определяется количество иглофильтровых установок из условий:

1) периметра котлована, м

$$N_1 = \frac{L}{105}, \text{ ед.}$$

где 105 – длина всасывающего коллектора установки, м;

2) притока воды к иглофильтровой установке Q , м³/ч

$$N_2 = \frac{Q}{205}, \text{ ед.}$$

где 205 = 140 + 65 – производительность двух насосов иглофильтровой установки ЛИУ 6Б – (140 + 65), м³/ч.

Приток воды Q определяется по методике Г.М. Мариупальского.

Пропускная способность (допустимый расход воды на одну скважину) q можно определить по эмпирической формуле [3, 5]

$$q = 0,7 \pi dk, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где k – коэффициент фильтрации грунта, м/сут;

d – диаметр фильтрового звена (0,3 м).

Коэффициент фильтрации грунта определяется, как правило, в процессе инженерно-геологических изысканий, но для ориентированных расчетов можно использовать значения k , м/сут, гравий – 100–200; песок гравелистый – 50–100; крупно-зернистый – 15–50; среднезернистый – 5–15; мелкозернистый – 2–5; супесь – 0,1–1,0; суглинков – 0,001–0,1 и менее; торф – 0,01–4,5.

Тогда необходимое число игл определяется по формуле:

$$n = \frac{Q}{q}, \text{ ед.}$$

Расстояние между иглами будет $l = \frac{L}{n}$, м, принятое кратное 0,75 м.

5. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

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

Котлованы – это временные земляные сооружения, которые устраивают как необходимый элемент для последующих СМР при строительстве сооружений.

Котлованами называют выемки, ширина которых мало отличается от длины [1]. 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.

Для безопасного ведения работ в котловане требуется установить крутизну откосов выемки. Крутизна откосов показывает соотношение сторон при прямом угле условного треугольника, где высота принимается 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.

Наибольшая крутизна откосов котлованов глубиной до 5 м, устраиваемых без крепления в грунтах, находящихся выше УГВ (с учетом капиллярного поднятия), принимается в соответствии с требованием СНиП [6–9] в зависимости от грунта и глубины выемки (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Крутизна откосов котлованов

Грунты	Наибольшая крутизна откоса (1:m) при глубине выемки до, м		
	1,5	3	5
Насыпные неуплотненные	1:0,67	1:1	1:1,25
Песчаные и гравелистые	1:0,50	1:1	1:1
Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинки	1:0	1:0,50	1:0,75
Глина	1:0	1:0,25	1:0,50

При напластовании различных видов грунтов крутизна откосов для всех пластов назначается по наиболее слабому виду грунта.

При высоте откосов выемки более 5 м в однородных грунтах крутизна их определяется расчетом [7], но применяется не круче, чем для глубины выемки 5 м во всех грунтах.

5.1. 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* (рис. 7) – ведущая и другие машины, работающие с ней в комплекте (например, кран и транспортные средства), движутся по берме котлована, не заезжая на его дно;

– *схема II* (рис. 8) – механизмы движутся по дну котлована за пределами сооружения, по его периметру;

– *схема III* (рис. 9) – механизмы при строительстве сооружения перемещаются по днищу сооружения;

– *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.

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 см. гл. 7 настоящего методического пособия).

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

$$B_k = B_{\text{соор}} + 2b_1; \quad L_k = L_{\text{соор}} + 2b_1,$$

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;

b_1 – ширина свободного пространства между подошвой откоса котлована и выступающим днищем сооружения (принимается по условиям техники безопасности и для удобства работы не менее 0,5 м).

По схеме II строят сооружения средних габаритов, размеры которых в плане превышают 15 м ($B > 15$ м), при значительном их заглублении и большой массе монтажных элементов (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 его размещения и строительства (для временных съездов и проездов по дну выемки, раскладки и монтажа конструкций по фронту работ):

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

При возведении монолитных железобетонных сооружений

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

где D_m – диаметр или размер сооружения по наружному периметру;
 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_3 – минимальное уширение котлована по дну для безопасного
выполнения монтажных работ и движения транспорта;

$b_{оп}$ – ширина опалубочного агрегата или крепления стационар-
ной опалубки и лесов на уровне дна котлована.

По схеме III обычно строят крупные сооружения, размеры кото-
рых в плане в несколько раз превышают 15 м ($B_{соор} > 15n$, м) и внут-
ренние ограждающие и поддерживающие конструкции (аэротенки,
горизонтальные отстойники, резервуары чистой воды и др.), для ус-
тановки которых монтажные машины должны заезжать на днище
сооружения [1, 2]. В этом случае размеры котлована равны

$$B_k = B_{соор} + b_1 + B_4; \quad L_n = L_{соор} + 2l_1,$$

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

l_1 – уширение котлована в торцах сооружения для заезда и выез-
да крана и транспорта (принимается равным 6–7 м и зависит от ра-
диуса их поворота). В этом случае ширина и длина сооружения [4]

$$B_{соор} = bn + \delta(n + 1) + 2b_2; \quad L_{соор} = l + 2(\delta + b_2).$$

где b – ширина одной секции;

δ – толщина стеновых панелей;

b_2 – часть днища, выступающая за пределы стеновых панелей
(определяется расчетом; для учебных целей можно принять 0,8 м);

l – внутренняя длина секции сооружения.

Уширения котлованов следует делать минимальными, но доста-
точными для безопасного выполнения процессов. При возведении
цилиндрических сооружений с заездом транспорта в котлован, а так-
же в случае монтажа конструкций последней секции прямоугольно-
го сооружения, но при подаче их на берму котлована

$$B_3 = B_4 = 1 \times 2 + 2R_m = 2(1 + R_m),$$

где l – просвет между движущимся краном и возводимым сооружением (или откосов выемки), м;

R_m – радиус поворота машинной платформы крана.

Для тех же прямоугольных сооружений при монтаже последней секции с подачей конструкций в котлован

$$B_4 = l \times 3 + 2R_m + B_A,$$

где B_A – ширина базы грузовых автомашин на уровне кузова (габарит).

По схеме IV строят крупные сооружения при $B_{\text{соор}} > 15n$, м.

Размеры котлована поверху при спланированной строительной площадке

$$B_k^a = B_k + 2mh_p \text{ (ширина)}, \quad L_k^a = L_k + 2mh_p \text{ (длина)}.$$

При неспланированной строительной площадке

$$\left. \begin{aligned} B_k^a &= B_k + mh_{p1} + mh_{p2} \\ B_k^a &= B_k + mh_{p3} + mh_{p4} \end{aligned} \right\} \text{ ширина котлована по верху;}$$

$$\left. \begin{aligned} L_k^a &= L_k + mh_{p1} + mh_{p4} \\ L_k^a &= L_k + mh_{p2} + mh_{p3} \end{aligned} \right\} \text{ длина котлована по верху,}$$

где m – коэффициент откоса выемки для данного грунта;

$h_{p1}, h_{p2}, h_{p3}, h_{p4}$ – рабочие глубины котлована в соответствующих углах.

5.2. Определение объемов земляных работ

Подсчет объемов земляных работ производится с разбивкой по грунтам (растительный, глина, суглинок, супесь, песок) [10] и их состоянию (сухие, мокрые, мерзлые), по группам грунта в зависимости от трудности их разработки разными машинами или вручную [10, 11], по виду работ (выемка, насыпи), по 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.

Этот подсчет объемов земляных работ необходим, чтобы:

- 1) обосновано выбрать способы и методы их выполнения;
- 2) установить необходимость отвозки или возможность распределения вынутого из котлована грунта на прилегающей территории;
- 3) использовать этот грунт для устройства обратных засыпок;
- 4) определить стоимость производства работ.

5.2.1. Определение объемов растительного грунта

При устройстве котлована в первую очередь разрабатывается растительный грунт, который обычно укладывается в кавальер, а затем подстилающий, т. е. производится раздельная укладка растительного и подстилающего грунтов.

При устройстве котлована растительный грунт снимается на минимальной площади и укладывается бульдозером или скрепером за пределами кавальера подстилающего грунта.

Объем срезки растительного грунта можно определить по формуле

$$V_{\text{гр}} = V_{\text{гр}}^{\text{к}} + V_{\text{гр}}^{\text{р}},$$

где $V_{\text{гр}}^{\text{к}}$ – объем срезки грунта в пределах котлована, м^3 ;

$V_{\text{гр}}^{\text{р}}$ – то же, в пределах рабочей зоны, м^3 .

$$V_{\text{гр}}^{\text{к}} = B_{\text{к}}^{\text{в}} L_{\text{к}}^{\text{в}} h_{\text{гр}},$$

где $B_{\text{к}}^{\text{в}}, L_{\text{к}}^{\text{в}}$ – ширина и длина котлована по верху, м;

$h_{\text{гр}}$ – толщина срезаемого растительного грунта, м.

где B – ширина рабочей зоны на берме котлована, необходимая для складирования материалов и конструкций, движения строительных машин и для размещения резерва подстилающего грунта, м;

L – протяженность рабочей зоны, м.

5.2.2. Определение объемов подстилающего грунта

При устройстве котлована разработка подстилающего грунта в основном ведется в сухом состоянии. При сложной форме котлована его разбивают на ряд более простых геометрических тел, которые затем суммируют.

Уточнив по приведенным данным в разделе 5.1 размеры котлована по низу B_k, L_k , назначив заложение откосов m (по более слабому грунту) и зная глубину котлована H , определяют размеры котлована по верху B_k^s, L_k^s и только потом вычисляют объем грунта, подлежащего разработке при устройстве котлована.

Объем прямоугольного котлована с откосами определяют по формуле усеченной пирамиды (опрокинутого призматоида):

$$V_k = H_k/3(F_1 + F_2 + \sqrt{F_1 F_2}), \text{ м}^3,$$

где F_1 и F_2 – площади дна и верха котлована.

Объем котлована, имеющего форму многоугольника с откосами:

$$V_k = H_k/6(F_1 + F_2 + 4F_{cp}),$$

где F_{cp} – площадь сечения по середине его высоты, м.

Объем круглого в плане котлована с откосами определяют по формуле усеченного конуса

$$V_k = \pi H_k/3(R^2 + r^2 + R \cdot r),$$

где R и r – радиусы верхнего и нижнего оснований котлована.

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_k, L_k по низу и B_k^s, L_k^s по верху 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.

При подсчетах объемов земляных работ следует также учитывать объемы въездных и выездных траншей:

$$V_{в.тр} = H_k^2 / 6 \left(3b + 2m_k H \frac{m' - m_k}{m'} \right) (m' - m_k),$$

где H_k – глубина котлована в месте устройства траншеи, м;

b – ширина траншеи по низу, принимаемая при одностороннем движении 4,5 м и при двустороннем – 7 м;

m_k – коэффициент заложения откоса котлована;

m' – коэффициент откоса (уклон) выездной или въездной траншеи (от 1:8 до 1:15).

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 вида рабочего экскаватора и вместимости его ковша по табл. 5.2.

Таблица 5.2

Допустимые недоборы грунта при разработке котлованов

Рабочее оборудование экскаватора	Допустимые недоборы грунта (h_n), см, при отрывке одноковшовыми экскаваторами с емкостью ковша, м ³				
	0,25–0,4	0,5–0,65	0,8–1,25	1,5–2,5	3–5
Прямая лопата	5	10	10	15	20
Обратная лопата	10	15	20	-	-
Драглайн	15	20	25	30	30

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

Если отстойники и другие сооружения без покрытий возвышаются над поверхностью земли более чем на 0,8–1,0 м, вокруг их стен устраивают обсыпку, а поверх сооружений с покрытиями (резервуары чистой воды, горизонтальные отстойники и др.) делают насыпи высотой 0,5–1,0 м над покрытием. Откосы засевают травой или крепят одерновкой.

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

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 подсчета сводят в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Баланс грунтовых масс

Выемка	Объем, м ³	Насыпь	Объем, м ³
Котлован V_k		Засыпка пазух $V_{зас}$	
Въездная траншея $V_{в.т.р.}$		Обсыпка сооружений $V_{обс}$	
		Устройство насыпи $V_{нас}$	
	$\Sigma V_{выемки}$		$\Sigma V_{насы}$

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

5.3. 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 основного грунта.

Площадь кавальера основного грунта принимается равной объему засыпки на 1 метр длины котлована с учетом коэффициента первоначального разрыхления основного грунта, который принимается по ЕНиР [12].

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

Поскольку заложение откосов основного грунта принимаем 1:1, а высоту кавальера – равной половине длины основания кавальера (b_k) треугольного профиля, то

$$b_k = \sqrt{4F_k}, \text{ м}$$

где F_k – площадь кавальера, м^2 ;

$$F_k = V_{k/1\text{м}}$$

$$V_{k/1\text{м}} = V_{\text{заб/1м}} \cdot K_p$$

Объем кавальера растительного грунта определяем на 1 м длины котлована, зная ширину площади снятия растительного грунта. Объем кавальера растительного грунта на 1 п.м длины при его треугольной форме определяется:

$$V_k = \frac{h_p(m_1 + m_2)}{2} h_p = 6 \text{ м на 1 п.м.}$$

принимая $h_p = 2 \text{ м}$ и $m_1 = 1,0$ и $m_2 = 2,0$.

Если объем снимаемого грунта больше, чем 6 м^3 на 1 п.м, то определяется дополнительный объем кавальера растительного грунта:

$$V_k^{\text{д}} = V_{\text{р.г}}^{\text{н.м}} - 6 = b_p^{\text{н}} \cdot h_p = 2b_p^{\text{н}} \text{ на 1 п.м, при } h_p = 2,0 \text{ м.}$$

При определении объема кавальера необходимо учитывать коэффициент разрыхления растительного грунта [12].

При размещении грунта в кавальер длиной L удельный объем составит

$$V_{p.g}^{l.p.m} = \frac{V_p}{L},$$

где V_p – общий объем растительного грунта.

Тогда дополнительный объем грунта будет равен

$$V_{p.g}^{доп} = V_{p.g}^{l.p.m} - b, \text{ на } 1 \text{ п.м.}$$

Ширина кавальера по верху определяется:

$$b_p^в = \frac{V_{p.g}^{доп}}{2}.$$

5.4. Подбор механизмов для производства земляных работ

Для выполнения работ в предусмотренные сроки и обеспечения необходимых темпов работ 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, разной влажности и наличии включений. В 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 в отвал. В водохозяйственном строительстве используются одноковшовые экскаваторы с емкостью ковша 0,15–2,5 м³, 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.

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;

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

- для планировки откосов котлована – экскаваторы драглайн с обратной лопатой и планировочными гребенками на ковше, и бульдозеры;

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

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 полезные насыпи или отвалы по бестранспортной схеме или при расстояниях перемещения до 50–100 м, когда разработка и укладка грунта ведется бульдозерами или скреперами (более 100 м).

Тип и марку механизмов для производства земляных работ можно подобрать по ЕНиР [12] или справочникам [5, 11–13].

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 мас-

сы разрабатываемого грунта, должно быть $K_x = 4 \dots 7$. Перегрузка транспортного средства допускается не более 5 %.

При разработке выемки одноковшовыми экскаваторами требуется составить схему работы экскаватора, для чего определяются число ярусов разработки и число проходок по ярусу при минимальных недоборах фунга у откоса.

Определяющими размерами разрабатываемых выемок являются рабочие параметры экскаваторов: радиусы резания и выгрузки, глубина (высота) резания и высота выгрузки [3, 9, 10]. При разбивке выемки на проходки исходят из схемы разработки грунта, глубины выемки и взаимного расположения экскаваторов и средств транспорта.

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

$$n'_x = \frac{h_x}{H'_x},$$

где h_x – максимальная глубина выемки, м;

H'_x – принятая высота резания экскаватором, м;

n'_x – расчетное число ярусов разработки, округляемое до большего целого числа n_x .

Окончательная высота резания (яруса) H_x будет

$$H_x = \frac{h_x}{n_x},$$

Число ярусов разработки согласовывается с профилем местности, УГВ, 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.

Разработку котлована экскаватором, оборудованным прямой лопатой, начинают с пониженных мест, при заглублении – с въездной (пионерной) траншеи, которая устраивается этим же экскаватором при копании ниже уровня стояния с уклоном 1:8–1:15 до тех пор, пока не будет достигнута требуемая отметка забоя, после чего разра-

ботка грунта ведется только выше уровня стояния с высотой резания, равной высоте яруса H_n .

После разработки пионерной траншеи на полную глубину яруса экскаватор начинает разрабатывать лобовой забой, ширина которого определяется расчетом и может быть равна ширине выемки. При лобовом забое грунт разрабатывается экскаватором спереди и с боков, а транспортные средства, в которые грузится грунт, располагаются сзади экскаватора на уровне его стоянки, желательно по обе стороны от экскаватора.

Ширина выемки по верху при лобовом проходе B_n зависит от расчетного радиуса резания (копания) R_p . Расчетные радиусы (глубина копания) принимаются 0,7–0,8 от максимальных. Наименьшей шириной выемки по верху, при которой еще возможно размещение экскаватора в забое, является $B_n = 0,8R_p$, а по низу ширина проходки должна быть не менее двух минимальных радиусов резания на уровне стоянки экскаватора R_p^{yc} .

При ширине забоя по верху, равной $B_n = (0,8-1,5) R_p$, подача автосамосвалов под погрузку грунта возможна только с одной стороны и сзади экскаватора.

Нормальной шириной считается забой с $B_n = (1,5-1,9) R_p$, когда погрузка грунта возможна с обеих сторон от экскаватора, что исключает простои экскаватора при смене транспортных единиц и сокращает среднюю длину пути ковша при подаче его на выгрузку.

При ширине выемки $B_n = (1,9-2,5) R_p$ получается уширенный забой и экскаватор передвигается по зигзагу. Поэтому лобовым забоем выемку ведут шириной до $2,5R_p$, а затем разработка ведется лобовым и боковым забоями [3, 4, 8, 9].

При боковом забое экскаватор разрабатывает грунт с одной стороны от оси движения и впереди себя, а транспортные средства размещаются сбоку экскаватора на уровне его стоянки или на уступе на расстоянии 0,5–1,0 м от подошвы откоса в зоне радиуса выгрузки. Ширина выемки по верху при боковом забое B_b может приниматься равной

$$B_b \approx 1,5R_p.$$

Расстояние от оси движения экскаватора при разработке бокового забоя до нижней бровки откоса ранее разработанного забоя

равно $B_{\text{в}}^0 = 0,7 R_{\text{р}}^{\text{yc}}$ ($R_{\text{р}}^{\text{yc}}$ – наибольший радиус резания на уровне стояния экскаватора [10]).

С целью уменьшения недоборов грунта по откосу ширину крайних забоев не следует брать максимальной и зачистку откосов производить в каждом ярусе экскаватором-драглайном, бульдозером и др.

Разработку крупных и глубоких котлованов следует вести с учетом способа водопонижения. Так, при открытом водоотливе разработка яруса ведется с передовыми траншеями, имеющими глубину несколько большую, чем высота яруса, с уклоном, противоположным направлению движения экскаватора. Насосы для откачки воды устанавливаются на дне траншеи вблизи зумпфа или вблизи верхней бровки траншеи на поверхности земли. По мере разработки траншей на уровне ее дна в места расположения зумпфа организуется постоянная станция открытого водоотлива, а по контуру дна выемки устраиваются водосборные канавы. В аналогичном порядке осуществляется открытый водоотлив и на последующих ярусах разработки.

Если используются экскаватор-драглайн и экскаватор с обратной лопатой, то разработка грунта ведется по оси выемки (продольный способ), и грунт выгружается на транспорт или по одну или обе стороны выемки. При движении экскаватора по бровке выемки параллельно ее оси и разработке грунта в перпендикулярном направлении оси движения экскаватора (поперечный способ) грунт выгружается в транспорт или отвал по одну сторону выемки. Разработка широких выемок, превышающих максимальную ширину проходки, ведется несколькими продольными (торцевыми) или зигзагообразными перемещениями экскаватора, а также продольными и поперечными проходками.

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.

Выбор типа экскаватора-драглайна или экскаватора с обратной лопатой ведется с учетом глубины, радиусов копания и разгрузки и их производительности.

Ширина продольной проходки по верху при работе экскаватора-драглайна и при двусторонней подаче транспорта $B_{\text{пр}}^{\text{в}} \approx (1,6 \dots 1,7)R_p$, а при второй параллельной проходке и односторонней подаче транспорта $B_{\text{пр}}^{\text{в}} \approx (1,3)R_p$, т.к. ось движения смещается в сторону расположения транспортных средств, при выгрузке в отвал – увязывается с размерами кавальера.

При поперечной (боковой) разработке выемки ось экскаватора проходит на расстоянии $B_2 = B/2 + 1 \dots 1,5$ м (B – ширина экскаватора, м) от бровки выемки, а ширина выемки по верху

$$B_v = R_p - B_2.$$

При такой схеме разработки коэффициенты заложения внешнего и внутреннего откосов выемки не равны и изменяются в зависимости от грунта.

Коэффициенты заложения откосов выемки при поперечной разработке экскаватором-драглайном принимаются: внешнего – песок, супесь – 1,0...0,8, суглинок – 0,8...0,5, глина – 0,5...0,3; внутреннего – песок, супесь – 1,5...1,0, суглинок – 1,7...1,6, глина – 1,7...1,9.

Ширина выемки по низу

$$B_n = B^{\text{в}} - (m_{\text{вн}} + t_{\text{внут}}) H_n,$$

где $m_{\text{вн}}$ и $t_{\text{внут}}$ – соответственно коэффициенты заложения внешнего и внутреннего откосов выемки.

Ширина выемки по низу B_n должна быть не менее ширины ковша экскаватора при продольном и не менее полутора длин ковша – при поперечном способах разработки.

Ширину ковша одноковшового экскаватора B_k^2 можно ориентировочно определять из зависимости

$$B_k^2 = 1,2 \sqrt[3]{q_3},$$

где q_3 – емкость ковша экскаватора, м³.

Радиус копания экскаватором-драглайном может быть увеличен на 15–20 % за счет заброса ковша и выгрузки грунта в отвал, что дос-

тигается при достаточно высокой квалификации машиниста, однако при этом уменьшается производительность экскаватора до 15 %.

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 $m_{кв} \approx 1$.

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 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.

5.5. Определение типа и количества транспорта для отвоза грунта

Зная целое число ковшей с грунтом, выгружаемых в кузов транспортного средства K_n , выбирается его марка, исходя из требования, что грузоподъемность транспортного средства G должна соответствовать массе грунта в целом числе ковшей данного экскаватора. Производительность всех транспортных средств должна соответствовать производительности экскаватора

$$G = M_n K_n,$$

где M_n – масса грунта в одном ковше экскаватора, т;

$$M_k = \rho \cdot E \cdot K_c ,$$

где ρ – плотность грунта, т/м³ [11, 12];

E – емкость ковша экскаватора, м³;

K_c – коэффициент использования емкости ковша [11];

K_k – число ковшей грунта в кузове транспортного средства, $K_k = 4 \dots 7$.

В зависимости от грузоподъемности транспортного средства, от емкости ковша экскаватора и дальности транспортирования грунта [11] определяется грузоподъемность транспортного средства и с учетом возможного перегруза или недогруза 5 % принимается марка автосамосвала [11, 13], землевоза [11, 13] или др. По принятой грузоподъемности может корректироваться целое число ковшей грунта, погружаемых в кузов транспортного средства.

Отдельные характеристики автомобилей-самосвалов приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

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

Количество транспортных средств H_T к одному экскаватору определяется по формуле

$$H_T = \frac{T_{\text{уст.п}} + T_n + T_{\text{пр}} + T_{\text{уст.р}} + T_p + T_m}{T_{\text{уст.п}} + T_n}, \text{ шт.},$$

где $T_{\text{уст.п}}$ – продолжительность установки транспортного средства под погрузку (18 с), мин [11];

T_n – продолжительность погрузки транспортного средства (мин), определяемая из пропорции

$$\frac{100 \text{ м}^3 - \text{Н.вр}^3}{K_n \cdot E} = T_n,$$

где Н.вр^3 – норма времени на разработку экскаватором 100 м^3 грунта, принимаемая по ЕниР;

$T_{\text{пр}}$ – продолжительность пробега транспортного средства (мин); определяется из зависимости

$$T_{\text{пр}} = \frac{2L_T}{V},$$

где V – средняя скорость пробега в оба конца ($\approx 30 \text{ км/ч}$);

L_T – дальность транспортирования груза, км;

$T_{\text{уст.р}}$ – продолжительность установки под разгрузку транспортного средства (36 с), мин [11];

T_p – продолжительность разгрузки транспортного средства (60 с), мин [11];

T_m – продолжительность технологических перерывов, возникающих в течение рейса (60 с), мин [11].

Зная количество работающих на объекте экскаваторов N_u^3 , определяется общая потребность в транспортных средствах N_T^0 , необходимых для выполнения работы в срок

$$N_T^0 = N_u^3 \cdot H_T.$$

5.6. Производство земляных работ в зимний период

Стоимость земляных работ зимой значительно выше, чем летом, поэтому в организационно-технических мероприятиях нужно стремиться предусматривать производство земляных работ именно летом.

Существует три способа организации ведения земляных работ в зимнее время: предохранение грунта от промерзания, рыление и оттаивание.

Для предохранения верхних слоев грунта от промерзания до наступления морозов производят глубокую вспашку площадей, где будут вестись разработки.

На участке обеспечивается вертикальная планировка для отвода дождевых вод. Взрыхленные участки дополнительно утепляют местными материалами – листьями, хвоей, соломой.

Для рыления мерзлых грунтов применяются копры и экскаваторы с клин-бабой, пневматические отбойные молотки, экскаваторы и грунтонарезающие машины, а также взрывчатые вещества.

Механическое рыление и дробление малопроизводительны и дорого.

При больших объемах работ и возможностях применяют взрывчатые вещества, которые в экономическом отношении более эффективны.

Для оттаивания грунта применяется паропрогрев-оттаивание грунта горячей водой через циркулярные иглы.

При наличии достаточного количества дешевой электроэнергии грунт можно отогреть, пропуская через него электрический ток.

Способ разработки мерзлых грунтов выбирают в зависимости от технических возможностей и экономической целесообразности.

5.7. Техника безопасности при производстве земляных работ

1. Все рабочие, связанные с производством земляных работ, должны пройти специальный инструктаж по технике безопасности и знать ее требования при эксплуатации механизмов.

2. До начала работ все узлы машин должны быть осмотрены и все замеченные неисправности устранены.

3. Экскаваторы во время работы должны устанавливаться на спланированной площадке и во избежание самопроизвольного перемещения закрепляться переносными опорами.

Запрещается подкладывать под гусеничные ленты или катки гусениц доски, бревна, камни и другие предметы для предупреждения смещения экскаватора во время работы.

4. При работе экскаватора не разрешается: находиться под его ковшом или стрелой; производить какие-либо другие работы со стороны забоя; пребывать посторонним лицам в радиусе действия экскаватора плюс 5 м.

Запрещается также производить работы в охранной зоне высоковольтной линии без согласования с организацией, эксплуатирующей линию.

5. Во время перерывов в работе, независимо от их причин и продолжительности, стрелу одноковшового экскаватора следует отвести в сторону от забоя, а ковш – на грунт. Очистку ковша необходимо производить только опустив его на землю.

6. При работе и передвижении строительных машин вблизи линий электропередачи должны соблюдаться следующие требования:

а) запрещается работа экскаваторов и других машин и механизмов непосредственно под проводами действующих линий электропередачи любого напряжения;

б) работа указанных в п. «а» машин и механизмов вблизи линий электропередачи допускается только при условии, если расстояние по горизонтали между крайней точкой механизма, грузовыми канатами (тросами) или грузом (при наибольшем вылете рабочего органа) и ближайшим проводом линии электропередачи будет не менее указанного в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Допустимое расстояние по горизонтали от работающих машин до проводов электропередач

Напряжение линии электропередачи, кВт	до 1	1–20	35–110	154	220	330–350
Расстояние, м	1,5	2	4	5	6	9

в) при передвижении строительных машин и механизмов, а также при перевозке оборудования и конструкций под проводами действующих линий электропередачи расстояние по вертикали между самой верхней точкой перемещаемой машины и оборудования и

низшей точкой провисания провода должно быть не менее указанного в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Допустимое расстояние по вертикали от перемещаемого оборудования до проводов электропередач

Напряжение линии электропередачи, кВт	до 1	1-20	35-100	154-220	330	500
Расстояние, м	1	2	3	4	5	6

Работа и перемещение строительных машин вблизи линий электропередачи должны производиться под непосредственным руководством инженерно-технического работника. При невозможности соблюдения указанных выше условий с линиями электропередачи должно быть снято напряжение, как на время работы машин, так и на время их перемещения.

7. Производство земляных работ в зоне расположения подземных коммуникаций (электрокабели, газопроводы и др.) допускается только с письменного разрешения организации, ответственной за эксплуатацию этих коммуникаций. К разрешению должен быть приложен план (схема) с указанием расположения и глубины заложения коммуникаций.

8. При приближении к линиям подземных коммуникаций земляные работы должны производиться под наблюдением производителя работ или мастера, а в непосредственной близости от кабелей, находящихся под напряжением, кроме того, и под наблюдением работников электрохозяйства.

9. Разработка грунта в непосредственной близости от линий действующих подземных коммуникаций допускается только при помощи землекопных лопат, без резких ударов; пользоваться ударными инструментами (ломы, кирки, клинья и пневматические инструменты) запрещается. При обнаружении не предусмотренных планом подземных сооружений, взрывоопасных материалов и боеприпасов земляные работы в этих местах следует прекратить до выяснения характера обнаруженных сооружений или предметов и получения соответствующего разрешения.

В случаях обнаружения боеприпасов к работам можно приступить только после их удаления саперами.

6. 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 месью.

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 сооружений. Иногда все 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.

При бетонировании стен емкостных сооружений необходимо обеспечить водонепроницаемость емкости. Это достигается непрерывным бетонированием стен сооружений, т. е. укладки слоев бетонной смеси с интервалами, не превышающими срока ее 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.

6.1. Устройство щебеночной и бетонной подготовки

При плотных грунтах основания щебень и бетон в котлован доставляют автосамосвалами непосредственно в рабочую зону (рис. 10, а) 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 (рис. 10, б) или на объекте с доставкой смеси автосамосвалами. Используют для этих целей и ленточные бетоноукладчики, передвигающиеся по берме котлована, а также автобетононасосы (рис. 10, в).

6.2. 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.

6.3. 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.

6.4. Определение объемов бетонных и сопутствующих работ

На основании рабочих чертежей сооружений определяется объем монолитного 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. Эти объемы определяются по рекомендациям [14, 15], где они даны в виде удельных показателей. Для приближенных расчетов допускается принимать эти показатели по данным табл. 6.1. 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 6.1

Ориентировочные удельные объемы сопутствующих работ при бетонировании сооружений

Тип сооружения	Удельные показатели затрат по видам сопутствующих работ на 1 м ³ бетона	
	арматурные, кг	опалубочные, м ²
Массивные неармированные	10–15	0,16
Массивные слабоармированные	15–30	0,24
Сильноармированные тонкостенные	50–120	0,4

6.5. Проектирование классов (марок) в других показателях качества бетона

При проектировании бетонных или железобетонных конструкций емкостных сооружений в зависимости от их назначения и условий работы следует устанавливать показатели качества бетона. Согласно ГОСТ 26633–91 [16] и СТБ 1035–96 бетон должен удовлетворять техническим и технологическим требованиям по прочности на сжатие и растяжение, водонепроницаемости, морозостойкости, допустимой степени водопоглощения, водостойкости, малому тепловыделению, отсутствию взаимодействия щелочей цемента с заполнителями, сопротивляемости истиранию, малой усадки, а также по подвижности и жесткости (удобоукладываемости и удобообрабатываемости), обеспечивающим высокое качество укладки бетонной смеси. Основными техническими показателями бетона, контролируруемыми по соответствующим стандартам, являются:

- класс по прочности на сжатие C ;
- марка по морозостойкости F ;
- марка по водонепроницаемости W ;
- марка по средней плотности D ;
- марка по самонапряжению S_p (для напрягающих бетонов).

Необходимые показатели качества бетона следует устанавливать при проектировании бетонных, железобетонных, предварительно напряженных конструкций в соответствии с расчетом и классом по условиям эксплуатации согласно указаниям [17] СНБ 5.03.01–02. Для отдельных конструкций, сооружений и их частей в учебном процессе можно рекомендовать следующие классы и марки:

- для бетонной подготовки – класс $C^8/10$;
- для железобетонных конструкций, находящихся внутри помещений с нормальным режимом согласно СНБ 2.04.01, а также конструкции, постоянно находящиеся в грунте или под водой, – класс $C^{16}/_{20}$ ($W8, F100$);
- для железобетонных конструкций, поверхности которых продолжительное время контактируют с водой и подвержены попеременному замораживанию и оттаиванию, – класс $C^{20}/_{25}, C^{30}/_{37}$ ($W8; F250$ и $F300$);
- железобетонные конструкции, контактирующие с технической водой, содержащей хлор-ионы, – класс $C^{30}/_{37}$ ($W8, F300$);

– элементы мостовых конструкций; трубопроводы; акведуки и др. – $C^{35}/_{45}$ (W8, F300).

Осредненные расходы материалов на приготовление 1 м³ бетонной смеси в учебном процессе можно принимать:

щебень (гравий).....	0,8–0,9 м ³ ;
песок.....	0,4–0,5 м ³ ;
цемент.....	180–300 кг;
водоцементное отношение В/Ц.....	0,4–0,6.

6.6. Проектирование бетонного хозяйства

Бетонное хозяйство представляет собой комплекс устройств, обеспечивающих приготовление бетонной смеси в нужном объеме и нужного качества. В его состав входят: бетонный завод, склады заполнителей и цемента, установки для подогрева или охлаждения заполнителей, контрольного грохочения и промывки заполнителей, компрессорные и холодильные станции, приспособления для транспортировки материалов со складов до бункера запаса бетонного завода, бетонная лаборатория, установка для промывки бадей и кузовов. Кроме того, при необходимости предусматриваются помещения и устройства для хранения добавок к бетонной смеси. Все службы бетонного хозяйства должны быть обеспечены водой, теплом, сжатым воздухом, электроэнергией, удобными подъездными путями, а склады заполнителей и цемента – механизированными разгрузочными устройствами для приема материалов с транспортных средств.

Основным и определяющим узлом бетонного хозяйства является бетонный завод. К его производительности и режиму работы приспосабливают производственные параметры остальных предприятий бетонного хозяйства. Производительность бетонного завода и его состав определяются требуемой интенсивностью производства бетонных работ.

Приготовление бетонной смеси может быть организовано на центральном районном или на приобъектных бетонных заводах, а также в автобетоносмесителях, загружаемых на центральных установках сухой бетонной смесью, или при небольших объемах работ – на малых отдельно стоящих бетоносмесителях [14, 15].

Приготовление бетонной смеси на центральном районном заводе, расположенном на расстоянии, не превышающем технологически допустимый радиус автомобильных перевозок, предпочтительнее в

крупных населенных пунктах и в районах с развитой дорожной сетью. Они позволяют организовать надежный и элективный контроль качества бетонной смеси.

Мелкие приобъектные бетонные заводы целесообразны и необходимы при невозможности доставки бетонной смеси с центрального районного завода по дорожным и другим условиям.

Часовая производительность районного (центрального) бетонного завода должна быть не менее расчетного часового потока по проекту.

Районные заводы товарного бетона снабжают готовой бетонной смесью все строительные объекты на расстоянии, не превышающем технологически допустимый радиус доставки, т.е. в радиусе обслуживания

$$R = (t_1 - t_2) V, \text{ км,}$$

где t_1 — время от начала затворения бетонной смеси водой в бетономешалке до начала ее схватывания, ч. Это время принимается в зависимости от температуры наружного воздуха (табл. 6.2);

t_2 — затраты времени на приготовление, разгрузку (погрузку на транспортные средства), выгрузку и укладку бетонной смеси, ч. Ориентировочно t_2 можно принимать от 20 мин при бетонировании массивных конструкций до 1 ч — для тонкостенных;

V — скорость движения транспортных средств с бетонной смесью в зависимости от дорожных условий (табл. 6.3);

$t_1 - t_2$ — чистое время на транспортирование бетонной смеси (табл. 6.4).

Таблица 6.2

Сроки схватывания бетонной смеси

Температура бетонной смеси в момент укладки, °С	Подвижность бетонной смеси в момент укладки, см	t_1 , ч, при уплотнении смеси	
		пакетами тяжелых вибраторов	ручными вибраторами
5-10	1-3	4,0	3,5 4,0
	> 3	5,0	
10-20	1-3	3,0	2,0 2,5
	> 3	3,5	
20-25	1-3	2,0	1,5 2,0
	> 3	2,5	

Примечание. Приведенные ориентировочные t_1 рассчитаны на применение цементов с началом схватывания не ранее 1 ч 30 мин, содержащих добавки СДБ в количестве 0,2 % от массы цемента. При применении других цементов и добавок t_1 должны уточняться строительной лабораторией.

Скорости пробега машин V , км/ч

Тип пробега	Тип дорожного покрытия	Автосамосвал	Автобетоновоз	Автобетоносмеситель
Груженный	Жесткое	30	30	25
	Мягкое	15	15	15
Порожный	Жесткое	40	40	35
	Мягкое	20	20	18

Таблица 6.4

Предельные сроки транспортирования бетонной смеси

Температура бетонной смеси и наружного воздуха, градус	Предельно допустимая продолжительность транспортирования, ч
5–10	1,5
10–15	1,25
15–20	0,75
20–25	0,5

Примечание. Время указано для бетонной смеси без добавок. В случае применения добавок, замедляющих начало схватывания, сроки транспортирования можно увеличить в 1,5–3 раза.

Если окажется, что районный завод товарного бетона находится за пределами технологически допустимого радиуса автомобильных перевозок (вне радиуса действия), то следует привязываться к бетонному заводу сухой смеси, а для транспорта – принимать автобетоносмесители или же организовывать приобъектный (ведомственный) бетонный завод.

Для определения расчетной интенсивности бетонирования необходимо знать срок строительства данного сооружения. В проектной практике он берется с календарного или сетевого графика возведения сооружения. Для расчетов его можно принять из опыта строительства аналогичных сооружений (объектов-аналогов), или воспользоваться данными СНиП 1.04.03-85 [9]. В любом случае, на дальнейших этапах проектирования эти сроки уточняются.

Часовая производительность бетонного завода определяется по зависимости

$$П_{б.з.}^ч = \frac{Q \cdot K_{ч} \cdot K_{м}}{\varphi \cdot T \cdot t \cdot n}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где Q – объем бетонных работ, м^3 ;

T – принятый срок строительства, мес.;

t – число рабочих суток в месяце;

n – число рабочих часов в сутках;

$\varphi = 0,85 \dots 0,9$ – коэффициент использования рабочего времени бетонного хозяйства;

$K_{ч} = 1,3 \dots 1,4$ – коэффициент часовой неравномерности бетонирования;

$K_{м} = 1,2 \dots 2,0$ – коэффициент месячной неравномерности бетонирования.

Процесс приготовления бетона на заводе состоит из транспортирования материалов со складов, дозирования их, загрузки в бетоносмеситель, перемешивания и выгрузки. Ведущим процессом является перемешивание бетонной смеси, которое осуществляется в бетоносмесителях. Поэтому после определения интенсивности бетонных работ выбирается бетоносмеситель, исходя из следующих условий:

– его вместимость должна соотноситься с максимальной крупностью заполнителя;

– количество смесителей необходимо по возможности сокращать для уменьшения размеров завода, но минимальное число их не должно быть меньше числа одновременно изготавливаемых классов бетона и на случай поломки должно быть не менее двух;

– если оно будет кратно двум, то можно будет приспособлять типовые секции сборно-разборных установок;

– возможно применение параллельно нескольких бетоносмесителей разных типов (например, для жестких смесей требуются бетоносмесители с принудительным перемешиванием).

Тип, марку а также производительность бетоносмесителей можно подобрать по [13]. Необходимое количество бетоносмесителей определяется при сравнении их производительности с требуемой производительностью бетонного завода. После окончательного под-

бора смесителей их суммарная производительность даст конструктивную производительность бетонного завода $\Pi_{6.3}^н$.

Эксплуатационная сменная $\Pi_{6.3}^{см}$ и суточная $\Pi_{6.3}^{сут}$ производительности учитывают сменный и суточный фонды времени работы завода с различными перерывами:

$$\Pi_{6.3}^{см} = \Pi_{6.3}^н T_{см};$$

$$\Pi_{6.3}^{сут} = \Pi_{6.3}^н T_{сут},$$

где $T_{см}$ – сменный фонд времени работы бетонного завода ($T_{см} = 7 \dots 8$ ч);

$T_{сут}$ – суточный фонд (соответственно 16,2 ч и 14,5 ч).

Месячная $\Pi_{6.3}^{мес}$ и годовая $\Pi_{6.3}^{год}$ производительность определяются

$$\Pi_{6.3}^{мес} = \Pi_{6.3}^{сут} T_{мес};$$

$$\Pi_{6.3}^{год} = \Pi_{6.3}^{сут} T_{год},$$

где $T_{мес} = 27,7$ сут, $T_{год} = 329$ сут – месячный и годовой фонды времени работы.

Для подбора дозаторов и других механизмов определяются объем и вес составляющих на 1 замес бетоносмесителя. При этом пользуются формулой

$$C_v = \frac{V V_c K_v}{1000},$$

где C_v – количество данного составляющего на 1 замес;

V – объем бетоносмесителя, л;

V_c – количество данного составляющего на 1 м³ бетонной смеси;

K_v – коэффициент выхода бетонной смеси, численно равный 0,6–0,7.

Дозирование материалов должно производиться по массе. Объемный способ дозирования менее точный. Перегрузка и недогрузка бетоносмесителей более чем на 10 % резко ухудшает качество бетонной смеси. Обычно бетоносмесители обеспечиваются комплектом дозаторов. Если же он не указан, то подбирается комплект из

числа указанных в справочниках [13, 14]. При выборе дозаторов для комплекта в первую очередь учитывают тип бетоносмесителя, пределы взвешивания дозатора (они должны соответствовать C_v), погрешность, время цикла дозирования.

6.7. 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, автобетоновозы, автосамосвалы, бортовые машины с перевозкой бетонной смеси в бадьях, а также бетононасосы, ленточные транспортеры и вспомогательный транспорт (табл. 6.5).

Таблица 6.5

Предельная дальность транспортирования бетонной смеси

Подвижность бетонной смеси, см	Вид дорожного покрытия	Скорость транспорта, км/ч	Расстояние, км					
			Автобетоносмесители			Автобетоновозы	Автосамосвалы	Автобадье-возы
			Режим транспортирования					
			А	Б	В	Готовая смесь		
1-3	Асфальт, асфальтобетон, бетон (жесткое)	30	Не ограничено	до 120	до 100	до 45	до 30	до 25
4-6				100	80	30	20	15
7-9				80	60	20	15	10
10-14				60	45	15	10	8
1-3	Мягкие грунтовые улучшенные	15	Применение не рекомендуется			12	7,5	5
4-6						8	5,0	3
7-9						5,4	3,6	2
10-14						4,0	2,5	1,6

Примечание. Режим А – включение барабана в пути за 20-30 мин до разгрузки (загружена сухая смесь); Б – включение барабана после его наполнения (загружена смоченная смесь); В – периодическое включение барабана во время возки (загружена смоченная смесь).

Эксплуатационная производительность автотранспорта определяется по формуле:

$$П_3^a = \frac{60 q m}{T} K_n, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где 60 – количество минут в часе;

q – объем бетонной смеси в кузове автосамосвала, м^3 ;

m – число кузовов ($m = 1$) или бадей;

$K_n = 0,8 \dots 0,9$ – коэффициент использования автотранспорта во времени;

T – продолжительность одного цикла (рейса), мин:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5,$$

где t_1 – продолжительность подачи автосамосвала к раздаточному бункеру бетонного завода ($t_1 = 1 \dots 2$ мин);

t_2 – продолжительность погрузки:

$$t_2 = \frac{60 q m}{П_{63}^a} \quad \text{или} \quad t_2 = t_2 n_3,$$

где n_3 – число замесов, погружаемых на одну машину (при $n_3 = 2 \dots 3$ $t_2 = 4 \dots 5$ мин; при $n_3 = 4 \dots 5$ $t_2 = 6 \dots 8$ мин);

t_3 – время приготовления одного замеса;

t_3, t_5 – продолжительность рейса с грузом и холостой ход:

$$t_3 = t_5 = \frac{L}{V},$$

где L – дальность транспортирования;

V – средняя скорость движения автосамосвала с грузом и без груза (см. табл. 6.3);

t_4 – продолжительность разгрузки ($t_4 = 4 \dots 6$ мин или равно продолжительности 1 цикла крана).

Полезная емкость бетонозавода, самосвала, бадьевоза должна быть кратна объему замеса бетоносмесителя завода циклического действия или бункера-накопителя завода непрерывного действия, т. е. чтобы

за один рейс он мог принять $n_3 = \frac{G_{\text{авт}}}{G_{\text{вылх}}}$ замесов, где $G_{\text{авт}}$ – грузоподъемность транспортного средства, $G_{\text{вылх}}$ – масса одного замеса и n_3 составляло целое число. Марка автомобиля подбирается по справочникам, например, [5, 13]. За один рейс можно перевозить до 8 м^3 бетона.

Количество автомобилей определяется по формуле

$$n = \frac{П_{\text{бз}}^{\text{ч}}}{П_3^{\text{а}}},$$

где $П_{\text{бз}}^{\text{ч}}$ – часовая производительность бетонного завода.

Автомобильный транспорт часто применяется в комплексе со стреловыми гусеничными, пневмоколесными, автомобильными, башенными кранами.

Подъемные краны выбирают исходя из требуемых грузоподъемности, вылета стрелы и высоты подъема. Для этого используются крановые характеристики. Грузоподъемность крана G должна соответствовать массе бабды с бетонной смесью. Бабды могут быть опрокидные, неопрокидные и поворотные. Их объем – от $0,3$ до 8 м^3 . Выбирают их таким образом, чтобы весь привозимый машиной за 1 рейс бетон был принят в одну бабду, либо в две составленные рядом. Так, в бабде емкостью $0,8 \text{ м}^3$ масса бетонной смеси 2 т , а суммарная масса – 3 т ; в бабде $1,6 \text{ м}^3$ масса бетонной смеси – $3,8 \text{ т}$, суммарная масса – $5,3 \text{ т}$; в бабде $3,2 \text{ м}^3$ масса бетонной смеси – $7,6 \text{ т}$, суммарная масса – $9,8 \text{ т}$. Таким образом, грузоподъемность крана

$$G = G_6 + n_3 G_{\text{вылх}},$$

где G_6 – масса бабды.

Допускается разгрузка бетона из кузова самосвала сразу в две бабды, поставленные вплотную друг к другу.

Требуемая высота подъема

$$H = H_c + h_1 + h_2,$$

где H_c – высота бетонируемого сооружения выше уровня стояния крана;

h_1 – высота бадьи с подъемными приспособлениями;
 $h_2 = 1 \dots 2$ м – запас над верхней частью бетонируемого сооружения по условиям производства работ и техники безопасности.

Требуемый вылет стрелы

$$R = B_c + \frac{b_1}{2} + b_2,$$

где B_c – ширина зоны бетонируемого сооружения или всего сооружения;

b_1 – ширина ходовой части крана (база крана 5,0 м);

b_2 – запас между краном и бетонируемым сооружением, определяется в зависимости от конфигурации котлована, габаритных размеров хвостовой части крана, положения стрелы, условий безопасности проведения работ.

По приведенным параметрам из справочников [13] определяются тип и марка крана. Его производительность можно найти:

$$P_k = \frac{60 q}{T} K_n,$$

где q – полезный объем или масса перемещаемого груза, m^3 или t ;

T – продолжительность цикла, мин (табл. 6.6);

$K_n = 0,7 \dots 0,9$ – коэффициент использования крана во времени.

Таблица 6.6

Продолжительность циклов работы кранов

Показатели	Грузоподъемность, т		
	< 1,5	1,5–5	> 5
Продолжительность цикла, мин	2,5–4	4–6	6–10
Количество циклов в час	24–15	14–10	10–6

Необходимое для обеспечения выполнения работ по бетонированию сооружения количество кранов и другого вспомогательного оборудования можно определять как частное от деления расчетной

интенсивности P ведения работ (часовой) на эксплуатационную производительность Π механизма:

$$N = \frac{P}{\Pi}$$

Укладка бетонной смеси включает в себя подачу бетона в блок бетонирования, прием, разравнивание и уплотнение бетонной смеси, уход за свежесделанным бетоном.

Уплотнение бетонной смеси необходимо для хорошего заполнения опалубочных форм. Как правило, уплотнение выполняется различного вида вибраторами (поверхностными, реечными, глубинными и др.). При этом из смеси удаляется воздух, что повышает однородность, водонепроницаемость, морозостойкость и прочность бетона.

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.

6.8. 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 [18].

Тип опалубки выбирается в зависимости от конструкции сооружения. Для наружных поверхностей может использоваться деревянная, металлическая инвентарная (многократно используемая) 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, азротенки) целесообразно применять подвижную способную катиться или скользящую опалубку [1, 2].

Опалубка днища может состоять из наружной опалубки по периметру, опалубки паза-гнезда для стеновых панелей, опорного стакана для колонн и опалубки примысков. 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 [14, 15].

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

6.9. Производство бетонных работ зимой

Для нормального твердения бетона необходимы нормальные тепло-влажностные условия: летом – сохранять влажностную среду, зимой – не допускать его замерзания (остывание ниже -5°C) до получения бетоном требуемой прочности [14, 15].

Таким образом, проектирование температурно-влажностного режима твердения бетона при строительстве бетонных сооружений в различных климатических условиях, особенно зимой, является одним из основных вопросов в производстве бетонных работ (табл. 6.7).

Начинать развертывание бетонных работ предпочтительнее в месяцы с положительными температурами воздуха, т. к. в зимнее время затруднена подготовка основания, требуется обогрев бетонной смеси, усложняется уход за свежеложенным бетоном и т.д., что в начальный период работ не всегда удается обеспечить должным образом. Но если этого избежать не удастся, должны быть решены вопросы о проведении дополнительных мероприятий при выполнении следующих работ: приготовление бетона, включая подбор его состава; транспортирование и укладка бетона; уход за бетоном.

Требуемая прочность бетона перед замораживанием

Конструкции	Процент прочности бетона от проектной, не менее
Конструкции из бетона без противоморозных добавок при классах бетона: B12,5 B15 B22,5 – B30	50 40 30
Конструкции, подвергающиеся по окончании выдерживания попеременному замораживанию и оттаиванию	70
Преднапряженные конструкции	80
Конструкции, подвергающиеся сразу после окончания выдерживания действию расчетного давления воды	100
Конструкции из бетонов с противоморозными добавками к моменту остывания ниже расчетной температуры, на которую определено количество добавок при классах бетона: B15 B22,5 B30	30 25 20

В проекте необходимо определить дополнительные трудозатраты и материальные ресурсы. С этой целью выполняется теплотехнический расчет, на основе которого производится выбор способа тепловой защиты бетона при его твердении [15]. Выбор того или иного способа производства работ производится также с учетом местных условий, т.е. температуры окружающей среды и наличия оборудования [15].

6.10. Охрана труда при производстве бетонных работ

Правила охраны труда должны быть разработаны и выполняться для всех этапов производства бетонных работ – от стадии приготовления бетонной смеси до ухода за бетоном [8, 19].

На этапе приготовления бетонной смеси особое внимание уделяется организации территории бетонного завода, отсутствию в ней

ям, рытвин, оборудованию и ограждению проходов и проездов. Все площадки, расположенные на высоте 1 м и выше от уровня земли, должны ограждаться перилами. Помещения бетонного завода, цементного склада, цехов должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией. Рабочие, занятые на приготовлении бетонной смеси, должны носить защитные очки. Очистка приемков для грузочных ковшей смесительных машин допускается только после надежного закрепления ковшей в поднятом состоянии. Пребывание рабочих под незакрепленным ковшом не допускается.

Очистка барабанов и корыт смесительных машин во время работы запрещается. Помогать выгрузке бетонной смеси из барабана какими-либо ручными приспособлениями не разрешается. Касаться руками смесительного барабана во время вращения нельзя. Спуск рабочих в бункера и закрома для выполнения ремонтных работ допускается после их полного охлаждения и при отсутствии в них материалов.

Запрещается допуск к работе на бетонном заводе лиц, не знакомых с условными обозначениями сигналов.

Пуск бетоносмесителей или их остановка без подачи предварительного сигнала не допускается.

Для производства опалубочных работ на высоте более 5,5 м необходимо устраивать леса с рабочими настилами. Распалубка производится только при отсутствии людей на подмостках и в предусмотренной проектом производств работ последовательности.

Установка арматурных конструкций производится с прочно закрепленных подмостей, а их строповка – в указанных в проекте местах. Складывать арматуру на опалубку запрещается.

При загрузке кузова самосвала бетонной смесью запрещается находиться в его кабине. При разгрузке бетонной смеси из автотранспорта с бровки котлована машины не должны подъезжать ближе чем на 1 м к бровке. Запрещается разгружать самосвал на ходу и двигаться с поднятым кузовом. При подаче бетонной смеси автосамосвалами с мостов и эстакад движение людей по ним не допускается. При очистке кузова автосамосвала бетонщики должны находиться или за проезжей частью или за оградительными щитками и очищать кузов самосвалов лопатами с удлиненными рукоятками. Ударять по днищу кузова снизу не разрешается.

Перед началом приема бетонной смеси необходимо проверить надежность крепления и ограждения опалубки. Тара для бетонной

смеси (бадьи, ковши и т.д.) должна быть проверена до начала работы и снабжена специальными приспособлениями, не допускающими случайной выгрузки смеси.

Очищать вручную работающий барабан, ролики и ленты транспортера от прилипшего бетона запрещается.

Эстакады и проходы к ним необходимо содержать в чистоте и своевременно очищать от грязи и др.

При использовании электрооборудования должна быть обеспечена безопасность работающих от поражения электротоком. При уклоне бетонируемой конструкции более 30° работы необходимо выполнять с применением предохранительных поясов.

Лотки, хоботы и виброхоботы должны быть прочно прикреплены к надежным опорам. К работам по строповке и приему грузов допускаются рабочие, имеющие удостоверения, разрешающие производить данные работы.

Все рабочие и технический персонал должны изучить правила техники безопасности, сдать экзамены и получить соответствующее удостоверение.

7. ПРОИЗВОДСТВО МОНТАЖНЫХ РАБОТ

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

7.1. Определение объемов монтажных работ

Объемы монтажных работ определяются по чертежам сооружения и сводятся в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Спецификация сборных железобетонных элементов

№ пп	Наименование элемента	Марка элемента	Кол-во	Масса, т		Габаритные размеры элемента
				1-го элемента	общая	
1	2	3	4	5	6	7
			Всего		Всего	

Тип, марка, габариты и масса сборных железобетонных сооружений принимаются в соответствии с типовой серией 3.900-3 «Унифицированные сборные железобетонные конструкции водопроводных и канализационных емкостных сооружений».

7.2. Выбор схем производства монтажных работ

Схемой производства монтажных работ устанавливается положение крана относительно строящегося сооружения, а также размещение транспортных средств, работающих в комплексе с краном. В зависимости от последовательности установки сборных элементов сооружения их монтаж может быть произведен отдельным комплексным или комбинированным методом.

При *раздельном* (дифференцированном) методе монтажа за каждую проходку краном устанавливают конструкции определенного вида. Например, вначале монтируются только стеновые панели, затем только колонны, ригеля, плиты покрытия и т.д.

Преимущества такого метода – возможность применения кранов различных типов для равноименных элементов, более полное использование механизмов и приспособлений, повышение производительности труда монтажников за счет специализации выполняемых работ, улучшение условий поставок материалов. Недостатки – большая площадь монтажных работ, большое число проходок крана, задержки сдачи законченных участков сооружения.

Комплексный (совмещенный, сосредоточенный) метод обеспечивает монтаж всех конструкций в пределах каждой монтажной ячейки за одну проходку крана, вслед за монтажом конструкций на этом участке ведутся послемотажные работы замоноличивания стыков и т.д. Недостатки – частая смена монтажной оснастки и монтаж элементов и конструкций различной массы одним краном.

Комбинированный (смешанный) метод отличается тем, что часть конструкций монтируют раздельно (например, колонны и ригеля), а часть комплексно (элементы перекрытий, наружные стены и др.).

По направлению различают методы продольного (вдоль пролета сооружения) и поперечного (поперек пролета) монтажа сооружения.

Для лучшей организации монтажа конструкций сооружений и последующих строительных работ, создания безопасных условий труда сооружение в плане условно разделяют на захваты и участки.

Это разделение рекомендуется производить, учитывая равенство объемов работ и расположение температурных швов.

7.3. Последовательность установки конструкций в проектное положение

Последовательность установки конструкций выбирается из условий хорошего обзора рабочей зоны машинистом крана и зрительного контакта с монтажниками, которые стропят элементы на транспортных средствах и устанавливают их на проектные опоры. При монтаже сначала устанавливаются монтажные элементы на дальние от крана опоры, а затем – на ближние.

Последовательность установки элементов приводится на монтажно-маркировочных схемах, на которых показывается укладка всех монтажных элементов по ярусам, определяется размеры и число участков монолитного бетона и стыков. Элементы нумеруются от первого до последнего в соответствии с порядком их установки, показываются оси движения крана и транспортных средств, а также стоянки крана. Количество элементов, устанавливаемых с одной стоянки крана, определяется радиусом расчетного вылета крюка крана. При этом стремятся, чтобы угол поворота стрелы крана был минимальным [1, 2]. Последовательность установки конструкций фиксируют в специальной ведомости (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Ведомость последовательности установки конструкций в проектное положение

№ стоянки крана	Элемент	Марка элемента	Масса одного элемента, т	Порядковые номера (последовательность установки) элементов
1	2	3	4	5

Для сооружений, строительство которых ведется на нескольких монтажных участках параллельно работающими механизмами и бригадами монтажников, выполняющими аналогичные операции в пре-

делах каждого монтажного участка (например, аэротенки из 3-х секций по три коридора), можно вычерчивать монтажно-маркировочную схему только для одного монтажного участка (одного коридора). Для всего сооружения схематично показываются направления и оси движения кранов и транспортных средств и очертание в плане основных конструктивных элементов сооружения (рис. 16, 17).

7.4. Выбор типа кранов и их количества

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 [1, 2].

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).

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

Грузоподъемность крана G_k равна:

$$G_k = G + G_{тн} + G_y + G_{мп} = G + G_0,$$

где G – максимальная масса монтируемого элемента, т;

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

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

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

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

Высота подъема крюка стрелового крана $H_{\text{кр}}$ составляет

$$H_{\text{к}} = H_{\text{с}} + h_1 + h_2 + h_3,$$

где $H_{\text{с}}$ – расстояние от уровня стоянки крана до опоры сборного элемента на верхнем монтажном горизонте (высота сооружения);

h_1 – запас для проноса груза над ранее установленной конструкцией (по технике безопасности – $h_2 \geq 0,5$ м;

h_2 – высота (толщина) элемента в положении подъема;

h_3 – высота строповки (расстояние от верха монтируемого элемента до центра крюка крана для предварительных расчетов может быть принята $h_3 \approx 1,5-3,0$ м).

Вылет крюка $R_{\text{к}}$ определяется в основном в зависимости от схемы монтажа сооружения, которая, в свою очередь, зависит от размеров монтируемого сооружения. Так, для сооружений небольших размеров, когда их ширина $B_{\text{с}}$ не превышает 15 м ($B_{\text{с}} < 15$ м), применяют схему I монтажа, при которой кран и транспортные средства в процессе работ передвигаются по берме котлована (рис. 13). В этом случае вылет крюка:

$$R_{\text{к}} = 0,5B_{\text{с}} + e + mh_{\text{к}} + 1,0 + 0,5B_{\text{к}},$$

где $B_{\text{с}}$ – ширина возводимого сооружения;

$h_{\text{к}}$ – глубина котлована;

e – уширение котлована по дну;

m – коэффициент заложения откоса котлована;

$B_{\text{к}}$ – ширина базы (ходовой части, или колеи) крана, для предварительных расчетов $B_{\text{к}} = 5,0$ м.

Для сооружений больших размеров, когда $B_{\text{с}} > 15$ м, применяют схему монтажа II, при которой кран и транспортные средства передвигаются вокруг сооружения по дну котлована, а для монтажа особо крупных сооружений, когда ширина их в несколько раз превышает 15 м ($B_{\text{с}} > 15n$ м), применяют схему III, при которой они передвигаются внутри сооружения, по его днищу. Работа крана по последним двум схемам с передвижением его в максимальном приближении к

мантируемым конструкциям позволяет вести монтаж на минимальном вылете крюка:

$$R_x = R_m + 1,0 + 0,5 t \geq R_{x \text{ мин}},$$

где R_m – радиус хвостовой части платформы крана, м;

t – толщина устанавливаемых конструкций;

1,0 – свободное пространство между монтируемыми конструкциями и краном, м;

$R_{x \text{ мин}}$ – минимальный вылет крюка крана.

Учитывая повороты крана для съема конструкций с транспорта и установки их в проектное положение, необходимо проверить безопасность выполнения этих операций по условию:

$$R_x \geq R_{x \text{ мин}}.$$

Вылет крюка должен быть достаточным для снятия элементов с транспортных средств. При доставке их панелевозами (рис. 14)

$$R_x = d + 0,5B_n + 1,0 + R_m \geq R_{x \text{ мин}},$$

где d – расстояние между осями панелевоза и доставленной, но еще не снятой с него панели;

B_n – ширина базы панелевоза (2,5 м);

1,0 – свободный просвет между движущимися машинами (по условию безопасности), м.

Если панели доставляются в лежачем положении на автомобилях (см. рис. 14):

$$R_x = 0,5B_a + 1,0 + R_m \geq R_{x \text{ мин}},$$

где B_a – ширина базы автотранспортных средств (2,5 м).

При монтаже горизонтальных элементов (плит покрытий резервуаров, лотков азротенков, балок) необходимо обеспечить безопасное расстояние между стрелой крана и монтируемыми конструкциями не менее 1,0–1,5 м по вертикали и горизонтали. Длина стрелы крана определяется углом ее наклона α к горизонту, когда стрела крана имеет наименьшее приближение к элементам сооружения.

Необходимый вылет крюка определяют через длину стрелы (L_c):

$$R_k = L_c \cos \alpha + R_0,$$

где L_c – длина стрелы крана без гуська, м;

α – угол наклона стрелы крана к горизонту;

R_0 – расстояние от оси поворота крана до оси опоры стрелы ($R_0 \approx 1,5$ м).

Длину стрелы без гуська определяют из выражения:

$$L_c = \frac{H_0 - h_m}{\sin \alpha} + \frac{b + 2s}{2 \cos \alpha},$$

где H_0 – сумма превышения монтажного горизонта (рис. 15), м;

h_m – превышение шарнира пяты стрелы над уровнем стоянки крана, м;

b – ширина (длина) монтируемого элемента, м;

α – угол наклона стрелы крана к горизонту;

s – расстояние от края монтируемого элемента до оси стрелы, $s \geq 1,5$ м.

Наименьшая длина стрелы крана обеспечивается при наклоне ее оси под углом, α :

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{2 \frac{H_0 - h_m}{b + 2s}}.$$

Помимо определения вылета крюка при окончательном выборе крана надо проверить также достаточность размера грузового полиспаста:

$$h_n = \sin \alpha \frac{b + 2s}{\cos \alpha} - h_3,$$

где h_3 – высота строповки, м.

Полученное значение следует сравнить с величиной грузового полиспаста выбираемого крана (обычно $h_n = 1,5 \dots 5,0$ м).

Для стрелового крана, оборудованного стрелой с гуськом (рис. 16), необходимые характеристики определяют следующим образом.

Наименьшая допустимая длина стрелы при $\beta = 0$

$$L_c = \frac{H_r - h_m}{\sin \alpha},$$

где H_r – превышение оси вращения гуська над уровнем стоянки крана, м.

Вылет стрелы с гуськом

$$R_k = \frac{H_r - h_m}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{L_r}{\cos \beta} + R_0,$$

где L_r – длина гуська (от оси опоры до оси грузового блока), м.

Данная методика определения вылета крюка пригодна при условии передвижения крана вдоль фронта монтажа элементов. Если же монтаж будет вестись краном, стоящим против средних элементов с одной стоянки путем поворота его стрелы на угол φ (см. рис. 15), что часто имеет место при монтаже плит покрытий, методика будет другой. При повороте стрелы крана на угол φ , что необходимо для монтажа удаленных от оси пролета элементов, будут изменяться вылет крюка, длина и угол наклона стрелы, а также высота подъема крюка.

Используя ранее полученные значения, определяют угол наклона стрелы

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{D}{R_k},$$

где D – горизонтальная проекция расстояния от оси пролета до центра монтируемого элемента, м.

Получив значение угла φ , определяют проекцию длины стрелы

$$L_{c\varphi} = \frac{R_k}{\cos \varphi} - R_0.$$

Так как разность $H_k - h_m$ остается неизменной, можно определить $\operatorname{tg} \varphi$ по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{H_k - h_m + h_n}{L_{c\varphi}}.$$

Зная величину угла $\alpha_{\text{ф}}$, можно определить минимальную длину стрелы крана $L_{\text{к}}$ для монтажа крайнего элемента

$$L_{\text{к}} = L_{\text{ср}} + R_{\text{м}}$$

При монтаже особо крупных сооружений применяют комбинированную IV схему, при которой наиболее тяжелые элементы (стеновые панели) крайних стен, а также конструкции ближайшего пролета монтируют с передвижением крана и транспортных средств по берме котлована, а конструкции, расположенные внутри сооружений, – с использованием другого крана, передвигающегося по днищу сооружения. Соответственно вылет крюка крана № 1 определяют, как для схемы I, а для крана № 2 – схемы III.

Далее, определив необходимые технические параметры и прежде всего вылет крюка и грузоподъемность крана на этом вылете, по приложению или справочникам [5, 13], в которых содержатся графики зависимости грузоподъемности кранов G от вылета крюка L , выбирают соответствующие марки кранов.

Количество кранов определяется исходя из объема монтажных работ, эксплуатационной производительности крана и установленной продолжительности монтажных работ:

$$N_{\text{к}} = \frac{Q_{\text{м}} k_{\text{в}}}{T_{\text{у}} \Pi_{\text{з}} n}$$

где $Q_{\text{м}}$ – объем монтажных работ, т;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий необходимость выполнения вспомогательных работ ($k_{\text{в}} = 1,05 \dots 1,2$);

$T_{\text{у}}$ – установленная продолжительность монтажных работ, сут;

$\Pi_{\text{з}}$ – эксплуатационная производительность крана, т/см.;

n – количество смен работы в сутки.

Размещение одновременно работающих кранов в рабочей зоне определяется требованиями техники безопасности.

Количество монтажных кранов связано с размерами и числом монтажных участков, захваток, ярусов, методом монтажа, наличием специализированных и частных потоков в пределах одного или группы сооружений.

7.5. 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 (табл. 7.3);
- автопоезда – бортовые автомобили с прицепами и полуприцепами (в том числе с роспусками) для перевозки элементов длиной более 4,5 м (табл. 7.4);
- автопоезда специальные – панелевозы, стеновозы, блоковозы и др. (табл. 7.5).

Таблица 7.3

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 7.4

**Технические характеристики транспортных
полуприцепов-платформ**

Модель полуприце-пов	Грузо-подъем-ность, кг	База, мм	Колея, мм	Габаритные размеры, мм			Длина авто-поезда, мм	Модель базового автомо-биля
				Длина	Ширина	Высота		
ПБ-9-12М	12 000	9000	1920	12 100	2500	2100	15 500	МАЗ-504В
ПП-12	12 000	10 550	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	10 100	1920	13 000	2640	2480	13 685	МАЗ-504
ПБ-12Т	12 000	11 540	1920	13 100	2500	2600	15 040	МАЗ-504Б
ПЛ-12-12	12 000	11 310	1920	12 535	3000	1600	16 100	МАЗ-504Б
ППК-14	14 000	13 100	1920	15 000	2500	1970	16 800	МАЗ-504Б
Л-12М	14 000	11 000	1920	13 600	2500	2190	17 000	МАЗ-504Б
Б-12	15 000	15 000	1920	12 000	2650	1950	15 500	МАЗ-504Б
ПР-20	20 000	7340	1920	10 000	2500	1620	13 700	КрАЗ-221
ПП20-П0	20 000	9135	1920	12 000	2600	1600	14 240	МАЗ-504
ББ-20	20 000	14 000	1920	17 000	2640	2830	22 285	КрАЗ-221
Б-18	24 000	15 000	1920	18 000	2650	1610	22 100	КрАЗ-258
П-12А	24 000	11 000	1920	13 725	2600	3350	18 100	КрАЗ-258
ТП-24	24 000	10 000	1920	12 000	2650	1560	17 100	КрАЗ-258
ПР-25	24 000	15 000	1920	17 500	2640	1900	22 100	КрАЗ-258
ПШ-25	25 000	-	1920	12 600	2500	3100	18 500	КрАЗ-221Б

Таблица 7.5

Технические характеристики полуприцепов-панелевозов

Модель пане-ле-воза	Грузо-подъем-ность, кг	База, мм	Колея, мм	Габаритные размеры, мм			Длина авто-поезда, мм	Модель базового автомо-биля
				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	16 470	1920	18 340	2920	3785	22 060	КрАЗ-258
«Нева»	8000	8400	1790	9500	2700	2550	12 475	ЗИЛ-130В
ЛП-28	8000	6190	1790	7300	2330	2700	10 200	ЗИЛ-130В
ПВС-400	9000	6600	1790	8200	2280	2500	10 900	ЗИЛ-130В

Модель панеле- воза	Грузо- подъем- ность, кг	База, мм	Колес, мм	Габаритные размеры, мм			Длина авто- поезда, мм	Модель базового автомо- биля
				Длина	Ширина	Высота		
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

Доставка сборных элементов к месту монтажа осуществляется россыпью с раскладкой вдоль фронта работ, с монтажом «с колес» и челночным способом.

Монтаж тяжелых элементов наиболее эффективен с транспорт-ных средств «с колес».

При доставке комплекта сборных элементов челночным спосо-бом, доставка осуществляется на сменяемых прицепах тягачами для монтажа с прицепа «с колес». При этом необходимо, чтобы все эле-менты, доставляемые на одном прицепе, монтировались с одной стоянки крана и в монтажной зоне должно быть достаточно свобод-ной площади для смены прицепов и маневров тягачей. Подбор транспорта для доставки элементов при монтаже «с колес» произ-водится с учетом радиуса поворота (для панелевозов радиус пово-рота 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 пря-моугольного сечения толщиной не менее 25 мм и не менее высоты петель и других выступающих частей. При многоярусной погрузке однотипных конструкций подкладки и прокладки должны распола-гаться 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 крупноразмерные 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, исключая образование остаточных деформаций и смятие стали.

7.5.1. Расчет потребности в транспортных средствах

Сменную производительность одной транспортной единицы определяют для каждого вида конструкций в отдельности

$$П_3^T = \frac{60G_r T k_{гр} k_{ар}}{t_{цТ}}$$

где G_r – грузоподъемность транспортной единицы (включая прицеп), т;

T – время чистой работы транспортной единицы в смену, ч;

$k_{гр}$ – коэффициент использования грузоподъемности транспортной единицы в смену $k_{гр} = G_{ф}/G_r$;

$G_{ф}$ – фактический вес конструкций, доставляемых за один рейс, т;

$k_{ар}$ – коэффициент использования машинного времени транспортной единицы; $k_{ар} = 0,8 \dots 0,9$;

$t_{цТ}$ – длительность рабочего цикла транспортной единицы, мин.

В случае доставки монтажных элементов с раскладкой их по фронту работ транспортные средства подбираются так, чтобы коэффициент использования грузоподъемности был не менее 0,7, а длительность цикла составляла

$$t_{ц.Т} = t_n + \frac{2L60}{v_{ср}} + t_p + t_m,$$

где t_n – время загрузки транспорта на заводе, мин;

L – дальность транспортирования, км;

$v_{ср}$ – средняя скорость движения (груженого и порожнего) транспорта, км/ч;

t_p – время разгрузки транспорта на заводе, мин;

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

Количество транспортных единиц, необходимое для доставки монтажных элементов, монтируемых в смену

$$N = Q_{см} / П_2.$$

При монтаже «с колес» длительность рабочего цикла транспортной единицы согласовывается с рабочим циклом монтажного крана и длительностью доставки очередного комплекта монтажных элементов

$$t_{ц.Т} = t_n + \frac{2L60}{v_{ср}} + t_{о.м}.$$

где $t_{о.м}$ – длительность монтажа доставляемого комплекта без одного элемента, мин

$$t_{о.м} = t_m(n_k - 1) + (10...12),$$

где n_k – число элементов в доставленном комплекте;

t_m – время монтажа одного элемента, мин;

10...12 – время, принимаемое для строповки последнего элемента, подъема и поворота стрелы крана с поднятым элементом, для отъезда освободившегося транспорта.

Количество транспортных единиц N , необходимое для перевозки требуемого числа одного вида элементов при монтаже «с колес»

$$N = t_{ц.Т} / t_{о.м}.$$

При челночном способе длительность рабочего цикла тягача с прицепом составляет

$$t_{ц.Т} = t_1 + \frac{2L60}{v_{ц.р}} + t_2,$$

где t_1 и t_2 – соответственно время, затрачиваемое на смену прицепов у поставщика конструкций и на объекте строительства. Обычно $t_1 = t_2 \approx 10$ мин.

Число тягачей, необходимых для доставки конструкций

$$N_T = t_{ц.Т} / t_{0.м},$$

где $t_{0.м}$ – длительность установки комплекта конструкций, доставляемых на одном сменном прицепе, мин.

Число сменных прицепов $N_{пр}$, работающих с расчетным числом тягачей:

$$N_{пр} = N_T + 2.$$

Число рейсов, выполняемых каждым тягачом в течение смены:

$$n_T = \frac{60Tк_в}{t_{ц.Т}},$$

7.6. Работы послемонтажного периода

В послемонтажный период выполняется окончательная отделка сооружений: заполнение стыков, испытания, гидроизоляция и обратная засыпка.

Для соединения сборных железобетонных панелей стен сооружений применяют уширенный стык, унифицированный стык, шпунтовый стык с накладками из полосовой стали и др. [1, 2]. Замоноличивание стыков производится механизированным способом, с подачей и укладкой бетонной или растворной смеси путем нагнетания бетоно- или растворонасосом. Стык между стеновыми панелями и днищем заделывается бетоном на мелком заполнителе при тщательном уплотнении вибратором. Крепление плит покрытия между собой, а также в местах их опирания на ригели и стеновые панели

обеспечивается взаимной сваркой закладных деталей. По верху стеновых панелей (в местах опирания плит покрытия) устраивается набетонка по всей длине стенки.

Для заделки стыков применяются бетонные смеси и растворы, приготовленные на быстротвердеющих цементах или портландцементях марки не ниже 400.

Для повышения прочности некоторые конструкции сооружений предусматривают навивку кольцевой высокопрочной арматуры, напрягаемой до 60–90 % предела текучести с разрывным усилием 100–250 кгс/мм². 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 прочность 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 Ø 5 мм 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 ее 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.

Торкретирование и железнение внутренних поверхностей производят после замоноличивания стыков и навивки кольцевой арматуры. Торкретированию подлежат только поверхности замоноличен-

ных вертикальных и кольцевых стыков и днище (для большей надежности, уменьшения пористости и шероховатости). Сначала торкретируют на ширину 400 мм стыки стен, потом днище. Сразу после достижения торкрет-покрытием 70%-й проектной прочности стыки и днище железнят. Этим достигается наибольшая водонепроницаемость. Процессы выполняют с легких передвижных подмостей, которые после окончания работ разбирают и удаляют через монтажные проемы или люки резервуаров.

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. На *втором* этапе испытываются стены и днище, для этого сооружение заполняется водой до проектной отметки. Наполненное водой сооружение выдерживается не менее 5 суток, после чего приступают к определению утечек из сооружения. Удельная утечка, отнесенная к 1 м² смоченной его внутренней поверхности, л/м²:

$$Q = \frac{V_1 - V_2}{F_{ст} + F_{д}},$$

где V_1 – объем воды в сооружении при первом замере, т. е. в начале испытания, л;

V_2 – объем воды в сооружении при втором замере, т. е. в конце испытания, л;

$F_{ст}$ – смоченная внутренняя поверхность стен сооружения, м²;

$F_{д}$ – то же, днища сооружения, м².

Согласно СНиП [20] емкостное сооружение признается выдержавшим испытание, если убыль в нем воды за сутки не превышает 3 л на 1 м² смоченной поверхности стен и днища сооружения. Кроме

того, на поверхности сооружения не допускается выхода струек воды через стеновые панели и через монтажные стыки; температурные и деформационно-осадочные швы не обнаруживают признаков течи; увлажнение грунта в основании отсутствует. 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 и – 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 захватки 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.

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, 2].

Оклеечная гидроизоляция, особенно для вертикальных поверхностей, весьма трудоемка, но широко применяется при наличии грунтовых вод. Полотнища рулонных гидроизоляционных материалов наклеивают вручную [1, 2].

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 швов, температурно-усадочных швов между элементами конструкций, а также в качестве защитного покрытия оклеечной гидроизоляции при устройстве днища.

7.7. Технологические и организационные перерывы

Анализируя характер и методы выполнения процессов при возведении объемных сооружений, одновременно выявляют необходимость в технологических и организационных перерывах. Длительность технологических перерывов зависит от свойств применяемых материалов, климатических и других условий, в которых осуществляется строительство.

Первый технологический перерыв на твердение и просушку бетонной подготовки под днище и выравнивающей цементной стяжки назначают перед устройством гидроизоляционного покрытия. Длительность перерыва при твердении в естественных условиях и требуемой прочности бетонной подготовки не менее 15–20 % проектной принимают двое-трое суток.

Второй технологический перерыв такой же продолжительности, как и первый, назначают после нанесения защитной цементной стяжки на готовый гидроизоляционный ковер. Применение асфальтового защитного покрытия вместо цементно-песчаного позволяет сократить технологический перерыв до одной смены.

Третий технологический перерыв устанавливают после бетонирования плиты днища. Длительность его определяется схемой выполнения монтажа конструкций следующего яруса: при движении крана за пределами днища этот перерыв можно, как и первый, принять равным двум-трем суткам. При той же схеме движения, но при складировании панелей и других элементов на свежешелюженный бетон днища его прочность должна быть не менее 70 % проектной, а при движении крана и транспортных средств по днищу прочность бетона должна быть не ниже проектной. В связи с такой высокой требуемой прочностью бетона длительность технологического перерыва будет гораздо большей. При расчете днища на прочность

надо учитывать нагрузку от движущихся машин, а во время производства работ – выстилать днище дорожными железобетонными плитами или деревянными щитами. Неровные (неплоские) днища предварительно выравнивают слоем песка (до 10 см), который убирают после выполнения процесса.

Четвертый технологический перерыв нужен перед гидравлическим испытанием для вызревания бетона в стыках и торкрет-покрытиях внутри сооружения. Прочность этих элементов должна быть не ниже проектной [1, 2]. Этот перерыв можно сократить, если применить быстротвердеющие, высокомарочные цементы, искусственный прогрев или создать внутри сооружений соответствующий микроклимат и др.

Организационные перерывы при возведении объемных сооружений обусловлены характером и темпом выполняемых процессов. Если данный процесс выполняется медленнее последующего, то, сделав между ними перерыв, накапливают фронт работ для непрерывного выполнения следующего процесса. Этот (последующий) процесс также может выполняться на захватках с перерывами, длительность которых зависит от наличия фронта работ, а машины и бригады, высвобождаемые в течение перерывов, используют на других объектах.

Более целесообразно уравновешивать темпы процессов по темпу ведущего. Это достигается изменением численности рабочих и количества параллельных потоков (бригад), подбором машин и механизмов нужной производительности, увеличением или уменьшением сменности, совмещением однородных процессов в одном потоке вместо последовательного их выполнения, а также выполнением процесса на разных захватках через определенные интервалы времени по мере накопления фронта работ.

7.8. Техника безопасности при производстве монтажных работ

Строительно-монтажные работы должны выполняться в соответствии с проектом производства работ или по проекту производства монтажных работ, в котором предусматриваются:

- соответствие устанавливаемых кранов условиям строительно-монтажных работ по грузоподъемности, высоте подъема и вылету (грузовая характеристика крана);

– обеспечение безопасных расстояний от электрических сетей и воздушных линий электропередачи, мест движения городского транспорта и пешеходов, а также безопасных расстояний приближения кранов к строениям и местам складирования строительных деталей и материалов;

– условия установки и работы кранов вблизи откосов котлованов;

– условия безопасной работы нескольких кранов на одном пути и на параллельных путях;

– перечень применяемых грузозахватных приспособлений и графическое изображение (схема) строповки грузов;

– места и габариты складирования грузов, подъездные пути и т. д.;

– мероприятия по безопасному производству работ с учетом конкретных условий на участке, где установлен кран (ограждение строительной площадки, монтажной зоны и т. п.).

Лицо, ответственное за безопасное производство работ кранами, крановщики и стропальщики должны до начала работ ознакомиться с проектом и расписаться под ним.

Грузоподъемные машины, съемные грузозахватные приспособления и тару, не прошедшие технического освидетельствования, к работе допускать нельзя.

Неисправные съемные грузозахватные приспособления, а также приспособления, не имеющие бирок (клейм), не должны находиться в местах производства работ.

В процессе эксплуатации съемных грузозахватных приспособлений и тары владелец должен периодически проводить их осмотр в соответствии с существующими инструкциями в следующие сроки: траверсы, клещи и другие захваты и тару – каждый месяц; стропы (за исключением редко используемых) – каждые 10 дней. Поврежденные съемные грузозахватные приспособления и тара должны изыматься.

Инструмент необходимо содержать сухим и чистым, хранить в закрытых помещениях или специальных инструментальных ящиках-ларях с крышкой. Работать с инструментом, имеющим надлом и трещины на ручках, запрещается.

После окончания работ проверяют рабочее место, а также нижележащие площадки (при сварочных работах) с целью ликвидации скрытых очагов, грозящих возникновением пожара.

8. ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Календарным планом строительства называется проектно-технологический документ, устанавливающий целесообразную последовательность, взаимную увязку во времени и сроки выполнения работ по возведению сооружений, а также определяющий потребность в рабочих, материально-технических и других ресурсах.

По своей форме календарный план производства работ по объекту состоит из двух основных частей: левой расчетной в виде таблицы и правой – графической.

Форма календарного плана строительства отдельного сооружения приведена в табл. 8.1. В этой форме к левой, аналитической, части относятся гр. 1 – 15, а к правой, графической, – гр. 16.

В левой части составляют номенклатуру работ в технологической последовательности их выполнения, определяют их объемы, выбирают методы их производства, необходимые строительные машины и механизмы, рассчитывают нормативную трудоемкость и машиноемкость, часовую, сменную и суточную производительности, определяют состав бригад и звеньев, устанавливают количество смен работы, определяют расчетную продолжительность отдельных видов работ. В правой части строят график выполнения работ, выявляя возможности их совмещения между собой, сравнивают полученную по графику продолжительность строительства объекта с нормативной (по СНиП) или директивной и при необходимости график корректируют. На основе построенного календарного плана строят графики потребности в людских и материально-технических ресурсах и их обеспечения.

8.1. Рекомендации по построению графика СМР

Наименование работ (гр. 2), или их перечень, следует записывать в технологической последовательности их выполнения с группировкой по видам и периодам работ (подготовительной, основной). Некоторые работы целесообразно по возможности объединять и укрупнять. Нельзя объединять работы, выполняемые разными исполнителями. В первую очередь планируют выполнение тех работ, которые открывают фронт работ для последующих.

Примерный перечень работ при возведении емкостного сооружения может выглядеть следующим образом:

1. Разработка слоя растительного грунта в зоне котлована под сооружение, кавальеров подстилающего грунта, а также в зоне интенсивного движения строительной техники.

2. Устройство средств водопонижения (при необходимости), водопонижение.

3. Разработка котлована с погрузкой грунта в транспортные средства и на вымет.

4. Подготовка дна котлована (снятие защитного слоя) для устройства основания.

5. Устройство щебеночной подготовки.

6. Устройство бетонной подготовки.

7. Устройство выравнивающей цементной стяжки.

8. Устройство гидроизоляции днища.

9. Устройство защитной цементной стяжки.

10. Укладка арматуры в днище сооружения.

11. Установка опалубки.

12. Укладка бетонной смеси в днище сооружения.

13. Разборка опалубки (распалубка).

14. Монтаж сборных железобетонных элементов сооружения.

15. Сварка закладных деталей, арматуры.

16. Замоноличивание стыков.

17. Гидравлические испытания сооружения.

18. Устройство гидроизоляции емкостного сооружения.

19. Обратная засыпка сооружения, устройство обвалования с послойным уплотнением грунта.

20. Разборка средств водопонижения.

21. Планировка откосов.

22. Крепление откосов посевом трав.

Ссылка на нормативный источник (гр. 3). В этой графе указывается нормативный источник (номер параграфа, табл. и т.п.), на основании которого определялись трудозатраты на работу. В случае, если трудоемкость и продолжительность работы определялись по расчету, в графе указывается номера страниц где выполнялся расчет.

Объемы работ (гр. 4, 5) подсчитывают по рабочим чертежам, исходя из конкретных размеров тех или иных сооружений или их

конструктивных элементов, в тех единицах измерения, которые указаны в ЕНиР.

Требуемые машины и их количество (гр. 6 и 7) экскаваторы, краны и другое подбирают, исходя из характера работ, размеров возводимых сооружений, технических характеристик и элементов. Количество машин зависит от объемов работ и сроков их выполнения.

Нормы времени Н.вр. (гр. 8) определяют по действующим сборникам ЕНиР, исходя из норм времени на единицу объема. В сборниках ЕНиР нормы времени (Н.вр.) и расценки в ценах 1990 г. (Расц.) даются в виде дроби: в числителе – Н.вр., в знаменателе – Расц.

$\frac{1,75}{0-97,1}$ [12, § 2-1-31, Б-1] или раздельно в двух смежных графах. В параграфах ряда сборников ЕНиР в числителе указывается две Н.вр. 0,88

$\frac{(0,44)}{0-65,6}$ [12, §2-1-8, А, 12], где верхняя цифра означает Н.вр. рабо-

чих в чел.-ч (2 человека – машинист и помощник) на принятую единицу объема V_E , вторая цифра в скобках – Н.вр. машины в маш./ч и третья цифра под чертой – Расц. При работе комплекта машин в качестве единого агрегата в скобках приводится Н.вр. агрегата в целом. Нормы времени работы машин, эпизодически участвующих в производственных процессах, в нормах ЕНиР, как правило, не приводятся и нормируются отдельно.

ЕНиР разрешается применять повышающие и понижающие коэффициенты к Н.вр. в зависимости от характера выполняемых работ, которые приводятся в «Общей части» ЕНиР. В этом случае требуемая Н.вр. получается умножением Н.вр., принятой в соответствующем параграфе ЕНиР, на значения применяемых коэффициентов и в дальнейшем расчете участвует новая Н.вр.

Часовая эксплуатационная производительность определяется по формуле (гр. 9)

$$\Pi_3^ч = \frac{V_E}{H_{вр}}$$

где V_E – объем работ, выполняемый машиной, на который ЕНиР установлена норма времени (Н.вр.), (100 м³, 1000 м² и т.п.).

Сменная эксплуатационная производительность (гр. 10)

$$П_3^{см} = П_3^{час} t_{см},$$

где $t_{см}$ – количество часов в смене.

Суточная эксплуатационная производительность (гр. 11)

$$П_3^{сут} = П_3^{см} n_{см}.$$

Количество смен $n_{см}$ принимается равным 1 или 2.

Число смен (гр. 12) обычно принимают для ручных работ – одну, механизированных – две, для водоотлива и водопонижения – три.

Продолжительность выполнения работ (гр. 13)

$$T_3 = \frac{V_{пр}}{П_3^{сут}}, \text{ сут.}$$

где $V_{пр}$ – объем работ.

Численность рабочих в смену и в сутки (гр. 14 и 15) определяют в зависимости от состава бригады. В свою очередь количественный состав бригады определяется как сумма составов входящих в нее звеньев. Рекомендуемый состав звеньев по наименованию профессий и специальностей рабочих, разрядам и их количеству приводится в сборниках ЕНиР на соответствующий вид работ.

График работ (гр. 16) – правая часть календарного плана наглядно отражает выполнение работ во времени, последовательность и увязку работ между собой.

Календарные сроки выполнения отдельных работ на графике нельзя намечать произвольно, а следует устанавливать из условий соблюдения строгой технологической последовательности и с учетом необходимости предоставления фронта для выполнения последующих работ. Расчетная продолжительность работы определяется в соответствии с расчетной продолжительностью рабочего дня (5- или 6-дневная рабочая неделя), в соответствии с которой принимается расчетная продолжительность рабочего месяца – 22 или 26 рабочих дней. Календарный план проектируется в виде горизонтальных линий, построенных в масштабе времени (рекомендуемый масштаб 1 мм – 1–2 дня). Работы, выполняемые в одну смену, изображаются одной

линией, а работы, выполняемые в две смены – двумя параллельными линиями. Над ними указывается количество исполнителей (рабочих, машинистов) и количество смен их работы, например, 2×1 или 4×2 и т.д. Общую продолжительность строительства сооружения по графику, с учетом технологических и организационных перерывов в производстве работ, необходимо сравнить с нормативной по СНиП [21], и если она превышает нормы, то календарный план следует корректировать с целью сокращения сроков работ.

Для оценки календарного плана по потреблению трудовых ресурсов строят так называемый график движения рабочей силы в виде суммирующей эпюры в проекционной связи под графиком производства работ, где в каждый отрезок времени суммируется количество рабочих, указанное над линиями графиков работ. При этом календарный план оценивают по коэффициенту неравномерности движения рабочих.

$$K = N_{\max} / N_{\text{ср}} \leq 1,5$$

где N_{\max} – максимальное число рабочих, чел.;

$N_{\text{ср}}$ – среднее число рабочих.

$$N_{\text{ср}} = \sum N_i / T,$$

где T – продолжительность строительства, сут.

Календарный план по этому показателю признается удовлетворительным, если K не превышает 1,5.

График работ календарного плана может быть разработан с учетом характера и особенностей работ по двум основным схемам увязки и совмещения работ – последовательной и параллельной. Кроме того, при проектировании календарного плана необходимо учитывать фактор сезонности, например, некоторые работы не рекомендуется выполнять зимой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белецкий, Б.Ф. Технология строительных и монтажных работ / Б.Ф. Белецкий. – М.: Высшая школа, 1986. – 384 с.
2. Белецкий, Б.Ф. Технология и механизация строительного производства: учебник / Б.Ф. Белецкий. – Ростов н/Д: Феникс, 2003. – 752 с.
3. Болотских, Н.С. Справочник по водопонижению / Н.С. Болотских. – Киев: Будівельник, 1985. – 176 с.
4. Гурковский, Г.М. Технология строительства водопроводно-канализационных сооружений. Проектирование / Г.М. Гурковский. – Киев: Вища школа, 1980. – 200 с.
5. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации: справочник монтажника / под ред. А.К. Перешивкина. – М.: Стройиздат, 1978. – 576 с.
6. Основания и фундаменты зданий и сооружений: СНБ 5.01.01–99.
7. Земляные сооружения. Основания фундаментов. Производство работ: П 16-03 к СНБ 5.01.01–99. – Минск, 2004. – 51 с.
8. Безопасность труда в строительстве. Общие требования: ТКП 45-1.03-40 2006 (12250).
9. Земляные сооружения, основания и фундаменты: СНиП 3.02.01–87.
10. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Основания и фундаменты. – Л.; М.: Стройиздат, 1964. – 442 с.
11. Земляные работы: справочник строителя / под ред. А.К. Рейша. – М.: Стройиздат, 1984. – 320 с.
12. ЕНиР на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы: СБ. Е2. Земляные работы. – М.: Стройиздат, 1988. – Вып. 1: Механизированные и ручные земляные работы. – 224 с.
13. Строительные машины: справочник: в 2 т. / под ред. В.А. Баумана, Ф.А. Лапира. – М.: Машиностроение, 1976.
14. Шихненко, И.В. Справочник по бетонным работам / И.В. Шихненко, И.А. Влясению, А.В. Бондарчук. – Киев: Будівельник, 1987.
15. Бетонные и железобетонные работы: справочник строителя / под ред. В.Д. Топчия. – М.: Стройиздат, 1987.
16. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия: ГОСТ 26633–91. – Минск: Минскпроект, 1992.

17. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01–02. – Минск: Минскпроект, 2003.
18. Проектирование опалубки: учебно-методическое пособие / Л.И. Алтунин [и др.]. – Минск: БПИ, 1983.
19. Руководство по производству бетонных работ / Б.И. Березовский. – М.: Стройиздат, 1975.
20. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации: СНиП 3.05.04–85*.
21. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений: СНиП 1.04.03–85. – М.: Стройиздат, 1991.
22. ЕНиР на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы: СБ. Е9. Сооружение систем теплогазоснабжения, водоснабжения, газоснабжения и канализации.– М.: Стройиздат, 1988. – Вып.2: Наружные сети и сооружения. – 95 с.
23. ЕНиР на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы: СБ. Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Здания и промышленные сооружения. – М.: Стройиздат, 1988. – 61 с.
24. ЕНиР на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы: СБ. Е11. Изоляционные работы. – М.: Стройиздат, 1988. – 55 с.
25. Санитарные правила для хозяйственно-питьевого водопровода: СанПин II-05.93. – Минск, 1993. – 22 с.

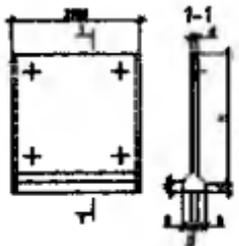
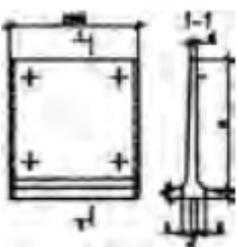
ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Типовые сборные железобетонные элементы для емкостей сооружений

Нomenclатура стеновых панелей для прямоугольных сооружений				
Схема	Марка изделия	Основные размеры, мм		Масса, м
		H	L	
		2400	140	2,8
		3000	140	3,4
		3600	80	4,8
		4200	230	6,3
		4800	240	7,3
		5400	300	9,4
		6000	320	10,8
		2400	140	2,5
		3000	140	3,1
		3600	80	4,3
		4200	80	4,3
		4800	240	6,8
		5400	300	8,8
		6000	320	10,2

Номенклатура стеновых панелей консольного типа для прямоугольных сооружений

Схема	Марка изделия	Основные размеры, мм						Масса т
		Н	д	б	с	г	д	
	ПСР-24-К-1-К	2400	250	200	200	140	140	3,35
	ПСР-24-К-1-К1							
	ПСР-24-2К-К							
	ПСР-24-К-11-К							
	ПСР-24-К-11-К1							
	ПСР-24-К-12-К							
	ПСР-30-К-1-К	3000	250	270	200	180	180	4,75
	ПСР-36-К-1-К	3600	320	370	260	240	165	7,55
	ПСР-42-К1-К1	4200	320	370	260	240	153	8,1
	ПСР-48-К1-К	4800	400	460	320	280	168	10,9
	ПСР-48-К11-К1	4800	400	460	370	280	168	10,9
	ПСР-54-К1-К	5300	550	680	500	320	158	14,4
	ПСР-60-К1-К	5900	550	680	500	320	140	15,05

Глубина заделки стеновых панелей в паз монолитного бетона

Высота панели, мм	Балочные панели		Консольные панели перегородки			
	Толщина, мм	Глубина заделки, мм	Толщина, мм	Глубина заделки, мм	Толщина, мм	Глубина заделки, мм
2400	100	100	100	100	-	-
3000	100	100	100	100	-	-
3600	100	100	100	100	-	-
4200	100	100	100	100	-	-
4800	200	200	200	200	100	100
5400	200	200	200	200	100	100
6000	200	200	200	200	100	100

Нomenclатура стеновых панелей для цилиндрической конструкции

Схема	Марка изделий	Основные размеры, мм			Масса, кг
		Н	В	Т	
	СВ-1	2000	140	100	1,3
	СВ-2	2000	140	120	1,7
	СВ-3	2000	140	100	1,9
	СВ-4	2000	140	120	2,2
	СВ-5	2000	140	100	1,7
	СВ-6	2000	140	120	2,1
	СВ-7	2000	140	100	2,4
	СВ-8	2000	140	120	2,7
	СВ-9	2000	140	100	2,4
	СВ-10	2000	140	120	2,8
	СВ-11	2000	140	100	3,1
	СВ-12	2000	140	120	3,5

Нomenclатура перегородочных панелей

Схема	Марка изделий	Основные размеры, мм			Масса, кг
		Н	В	Т	
	СВ-13	2000	2080	140	1,25
	СВ-14	2000			1,38
	СВ-15	2000			1,70
	СВ-16	2000			2,0
	СВ-17	2000			2,5
	СВ-18	2000			2,75

Нормокладка колонн и фундаментов

Схема	Марка изделий	Основные размеры, мм		Масса, кг
		Н	В	
	ВР-1	2530	160	0,63
	ВР-2	4780	160	0,98
	ВР-1	2530	192	
	ВР-2	4780	192	
	ВР-1	2530	192	0,92
	ВР-2	4780	192	1,35

Нормы расхода плит перекрытия ребристых

Схема	Марка изделий	Масса, кг
	ВР-1, 2, 3, 4	4,58
	2ВР-1, 2, 3, 4	4,68
	3ВР-1, 2, 3, 4	4,25
	4ВР-1, 2, 3, 4	4,40
	6ВР-1, 2, 3, 4-н	4,35

Нормативні дані стовбових панелей консольного типу для прямокутних споруджень

Схема	Модель записки	Основні розміри, мм						Маса, кг	
		H	A	L	b1	b2	b3		
<p>1-1</p>	ЛТЗ-3-2; ЛТЗА-3-2	300	200	5970	60	50	80	1,0	
	ЛТЗ-4,5-2; ЛТЗА-4,5-2	450	200	5970				0,5	
	ЛТЗ-4,5-3; ЛТЗА-4,5-3	450	300	5970				1,3	
	ЛТЗ-6-3; ЛТЗА-6-3	600	300	5970				0,7	
	<p>2-2</p>	ЛТЗ-6-3; ЛТЗА-6-3	600	300	5970	90	50	80	1,8
		ЛТЗ-6-4,5; ЛТЗА-6-4,5	600	450	5970				0,9
		ЛТЗ-9-4; ЛТЗА-9-4	900	600	5970	120	60	80	2,8
		ЛТЗ-9-9; ЛТЗА-9-9	900	900	5970				1,0
		ЛТЗ-9-12; ЛТЗА-9-12	900	1200	5970				3,8
			ЛТЗ-9-4; ЛТЗА-9-4	900	600	5970			
		ЛТЗ-9-9; ЛТЗА-9-9	900	900	5970				4,1
		ЛТЗ-9-9; ЛТЗА-9-9	900	900	5970				2,1
	ЛТЗ-9-12; ЛТЗА-9-12	900	1200	5970				1,9	
	ЛТЗ-9-12; ЛТЗА-9-12	900	1200	5970				2,2	
	ЛТЗ-9-4; ЛТЗА-9-4	900	600	5970				2,0	
	ЛТЗ-9-9; ЛТЗА-9-9	900	900	5970				2,0	
	ЛТЗ-9-12; ЛТЗА-9-12	900	1200	5970				2,5	

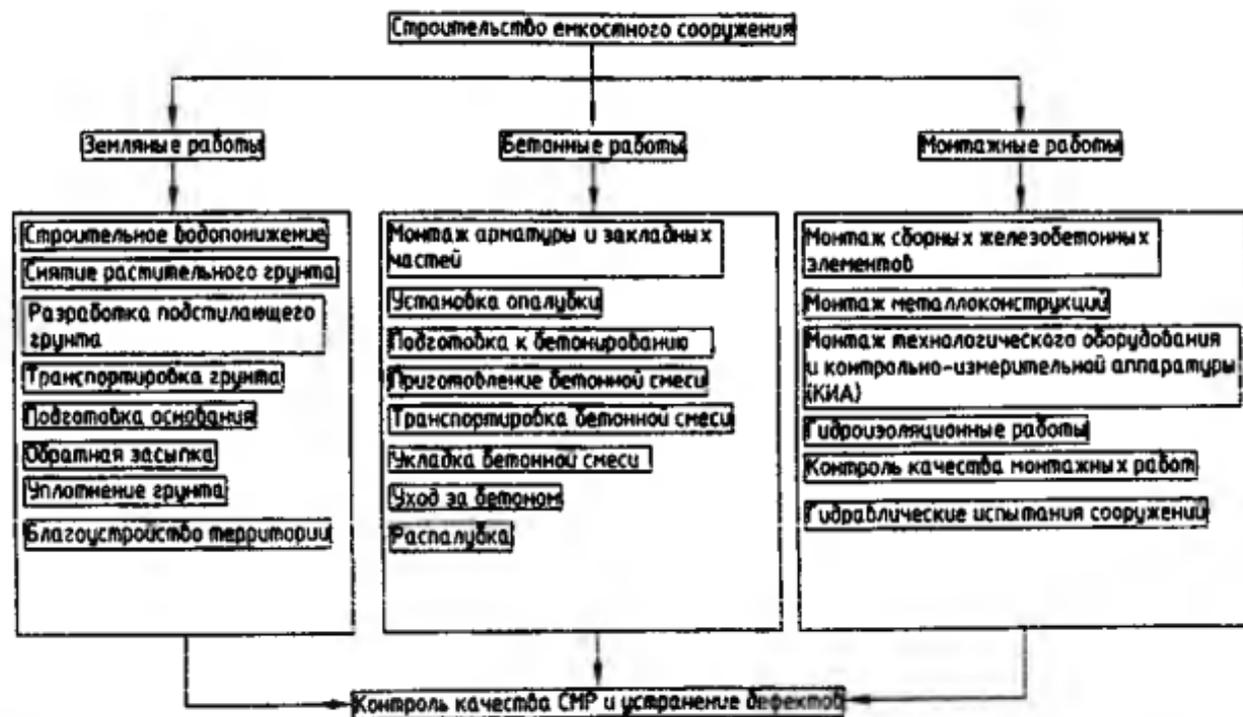


Рис. 1. Состав строительно-монтажных работ по возведению емкостных сооружений

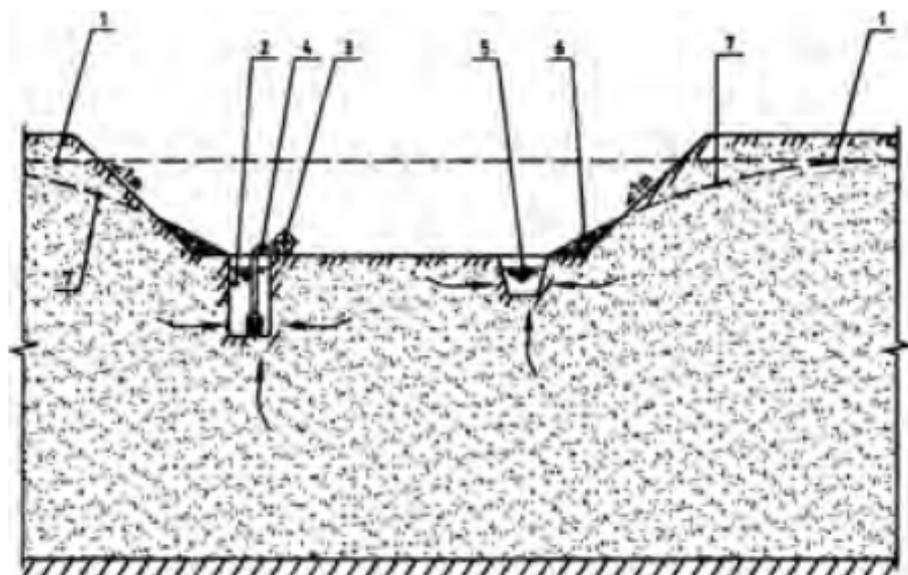


Рис. 2. Схема открытого водоотлива:

- 1 - нормальный уровень грунтовых вод; 2 - приямок (зумпф); 3 - насос;
 4 - всасывающий трубопровод; 5 - водосборный кювет (канавка);
 6 - дренажирующая пригрузка откосов; 7 - пониженный УГВ (кривая депрессии)

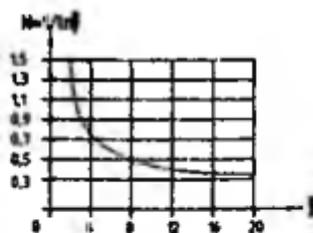


Рис. 3. График $N=f(L)$
 для определения притока воды

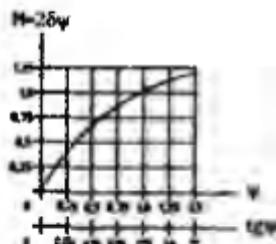


Рис. 4. График $M=f(L/20)$
 для определения притока воды

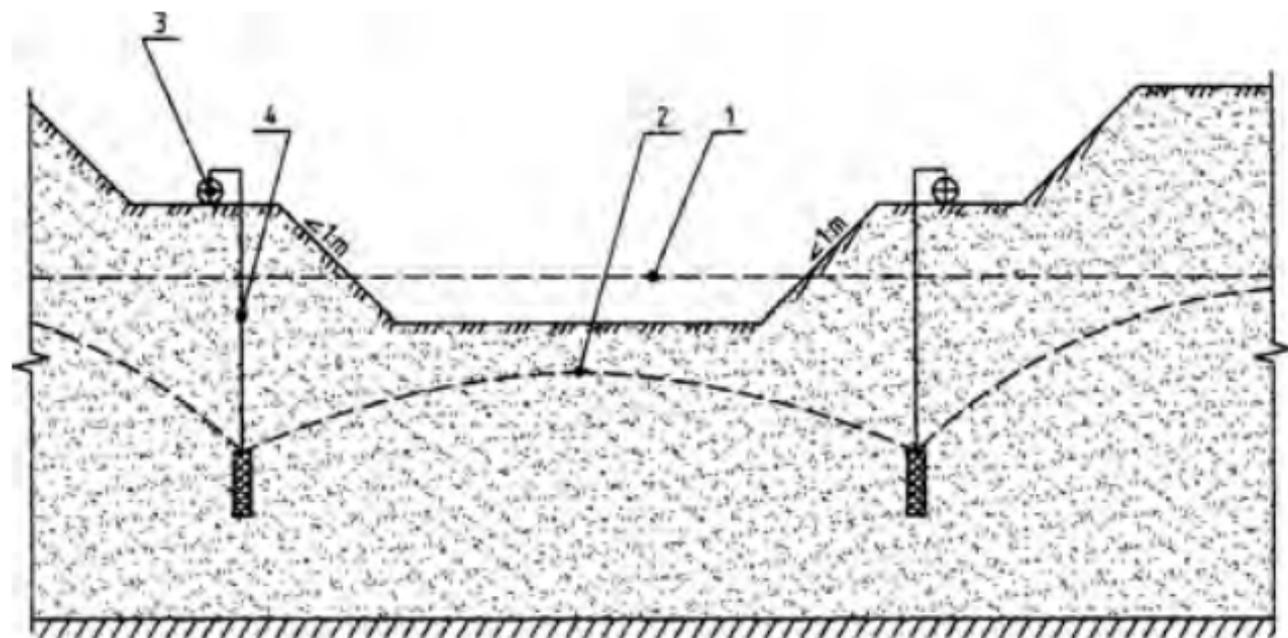


Рис.5. Схема грунтового водопонижения :

- 1 – нормальный (первоначальный) уровень грунтовых вод (УГВ); 2 – пониженный УГВ (кривая депрессии);
 3 – отводящий трубопровод; 4 – водопонижительные скважины

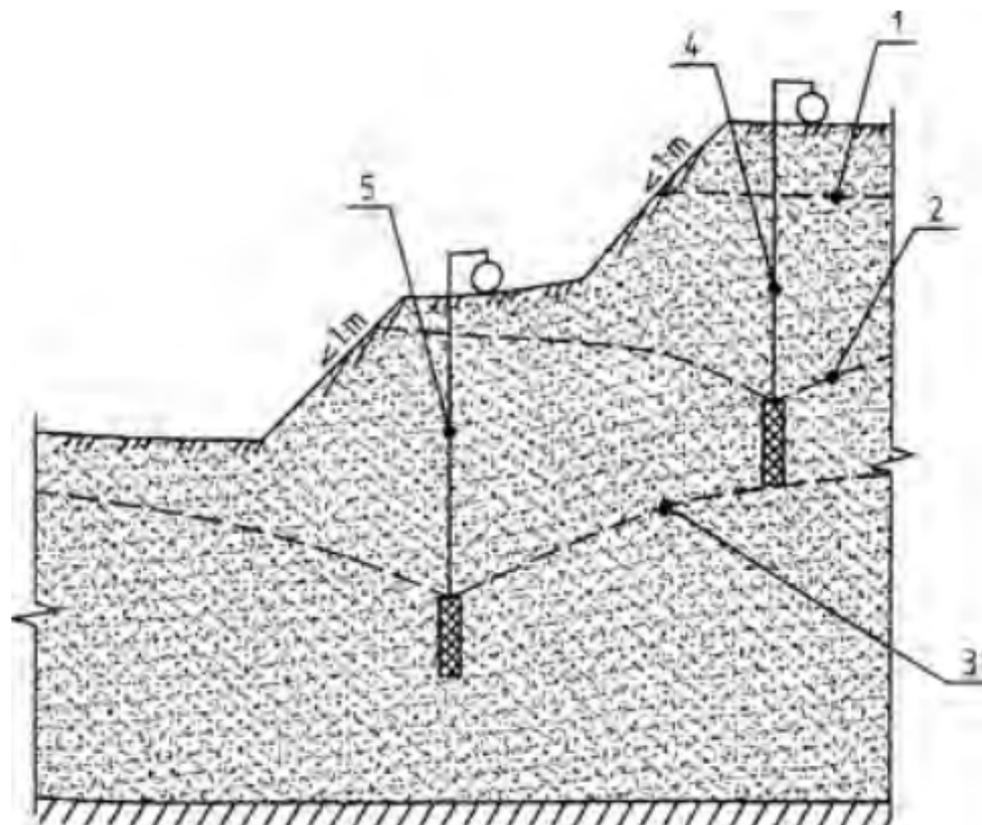


Рис.6. Схема грунтового понижения двухъярусными ЛИУ:
 1 – первоначальный УГВ; 2 – пониженный УГВ на I ярусе ЛИУ;
 3 – конечное положение депрессионной поверхности грунтовых вод;
 4 – иглофильтры верхнего яруса; 5 – иглофильтры нижнего яруса.

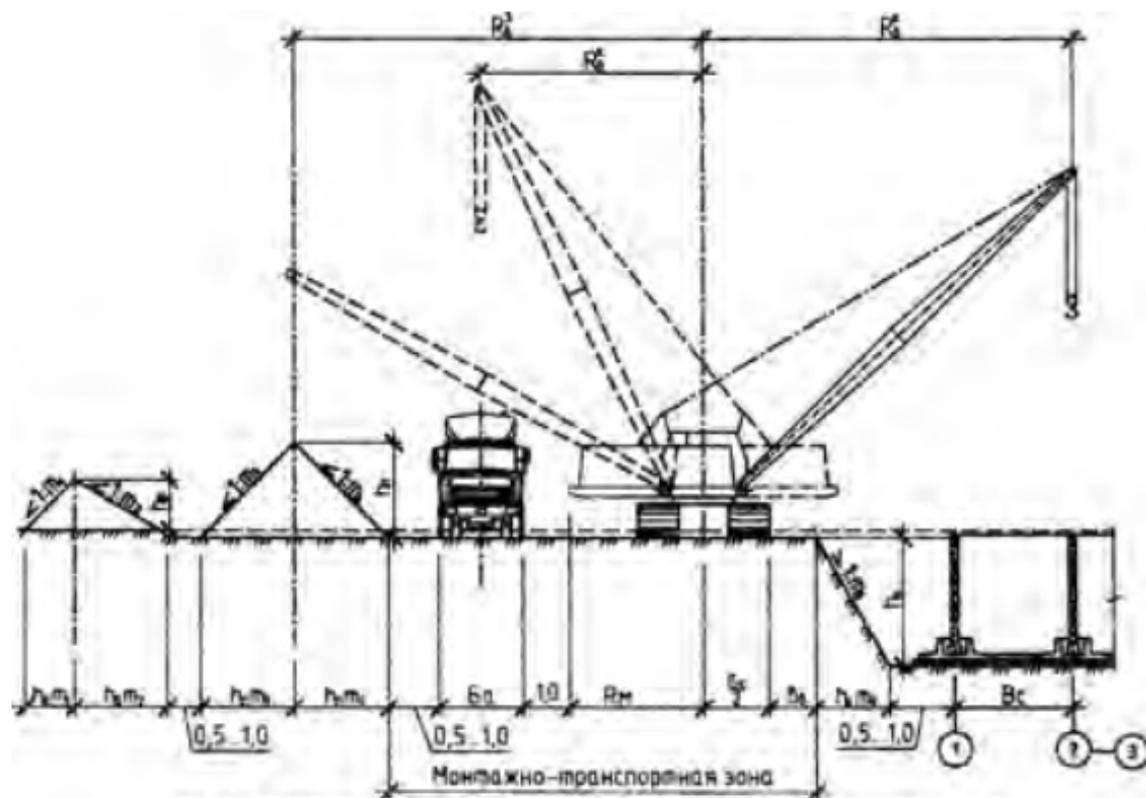


Рис. 7. Размеры головной и расположений кильевых групп для монтажной схемы 1

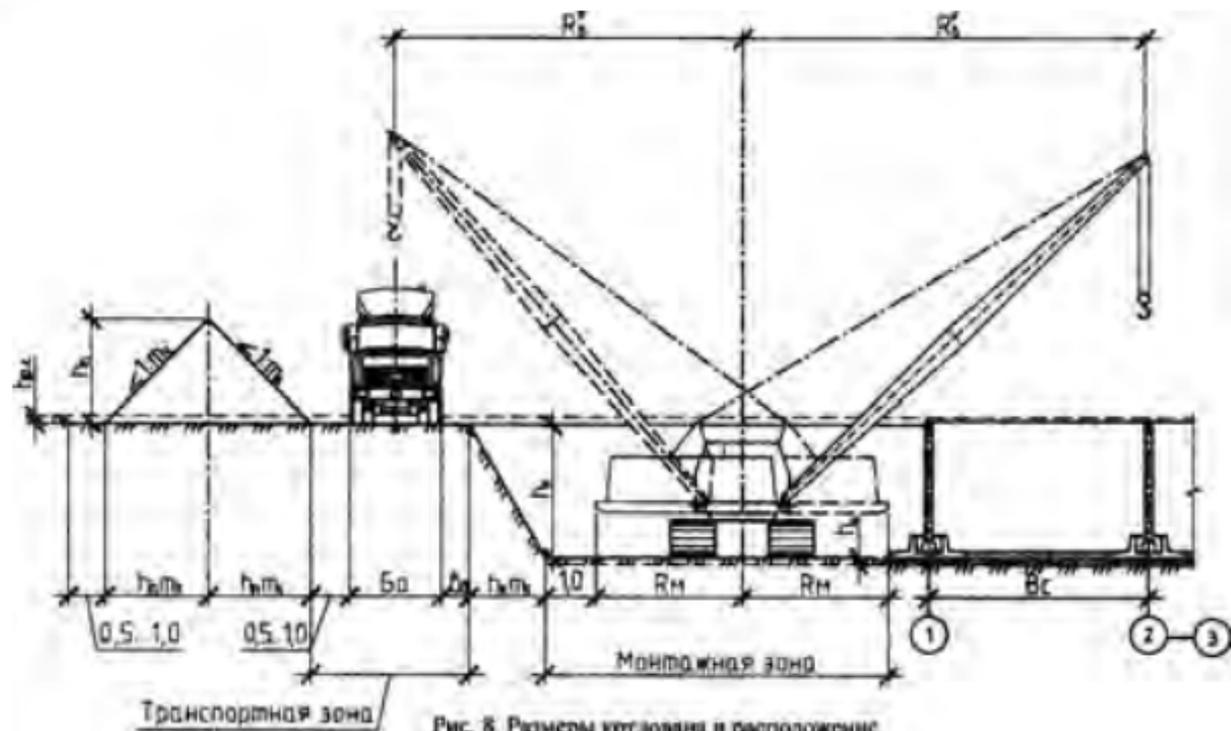


Рис. 8. Размеры котлована и расположение кавальеров грунта для монтажной схемы II

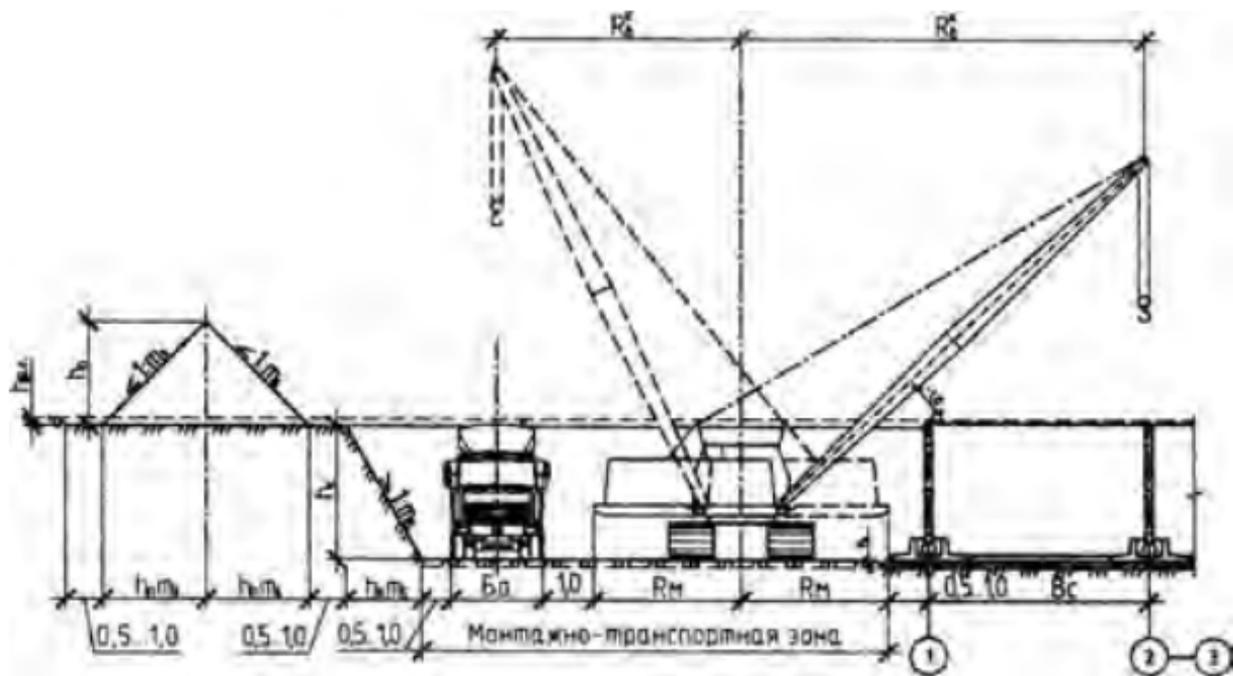


Рис. 9. Размеры котельной и относительно кавальера грунта для монтажной схемы III

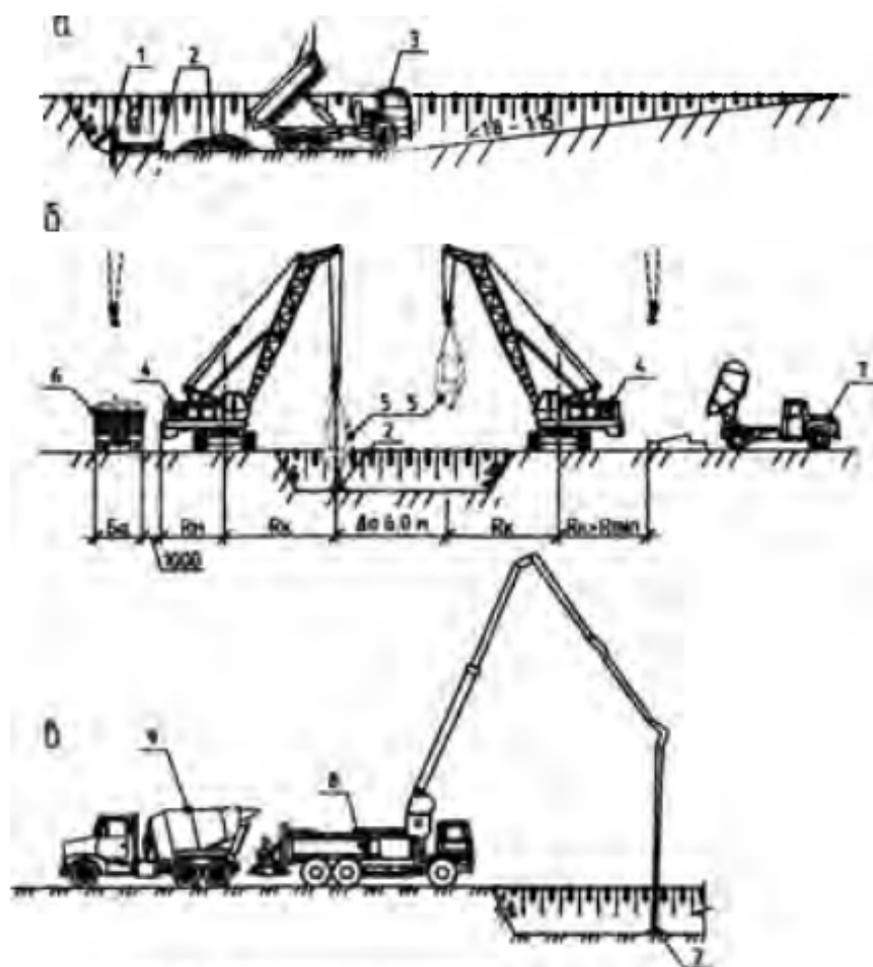


Рис. 10. Схема устройства щебеночной и бетонной подготовки под днище емкостных сооружений:

- а – доставка щебня или бетонной смеси автосамосвалами при плотных грунтах основания;
- б – подача бетонной смеси стреловыми кранами в бадьях, загружаемых на заводе или на стройплощадке;
- в – подача бетонной смеси автобетононасосами, с доставкой бетона автобетономесителями;
- 1 – опалубка; 2 – щебень или бетонная смесь; 3 – автосамосвал;
- 4 – кран; 5 – бадья; 6 – автобадьявоз; 7 – автобетоновоз;
- 8 – автобетононасос; 9 – автобетономеситель

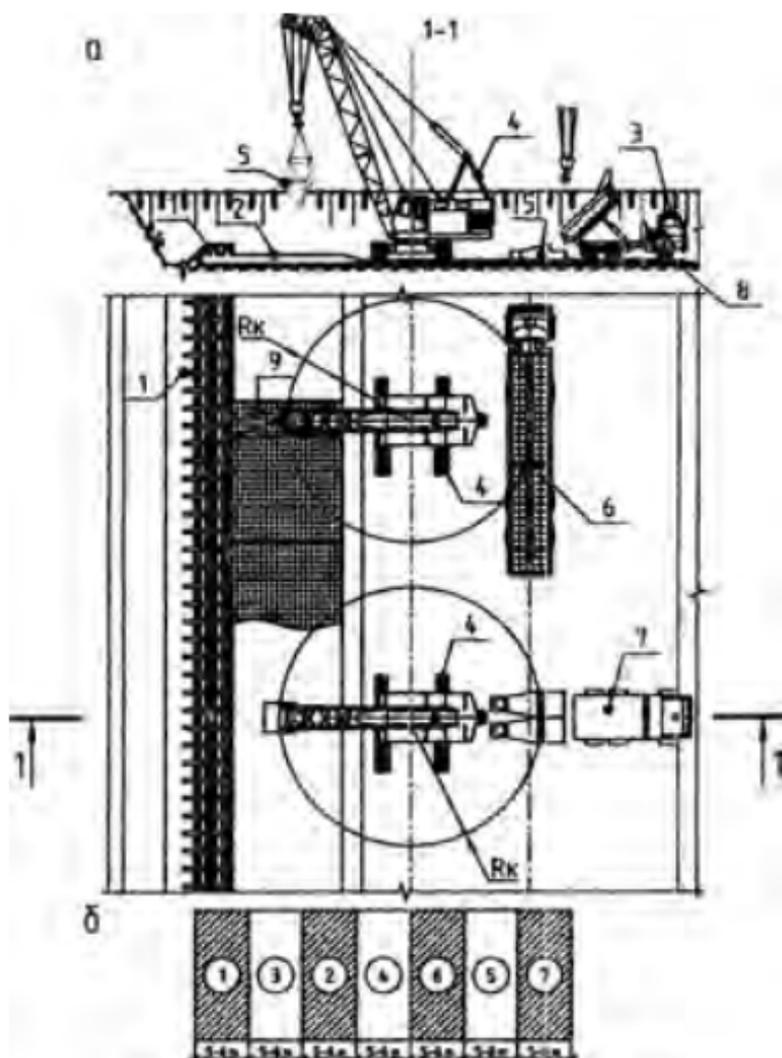


Рис. 33. Схема организации работ при бетонировании днища прямоугольного сооружения.

- а – монтаж арматурных сеток и укладка бетона стреловым краном;
- б – бетонирование днища пилосопом (шпильки в кружках указывают очередность бетонирования);
- 1 – опалубка, 2 – укладка бетонной смеси, 3 – автосамосвал, 4 – кран, 5 – башка, 6 – бортовой автомобиль для перегрузки арматуры, 7 – автобетоновоз, 8 – временный настил из досок или ж/б плит, 9 – монтаж арматуры

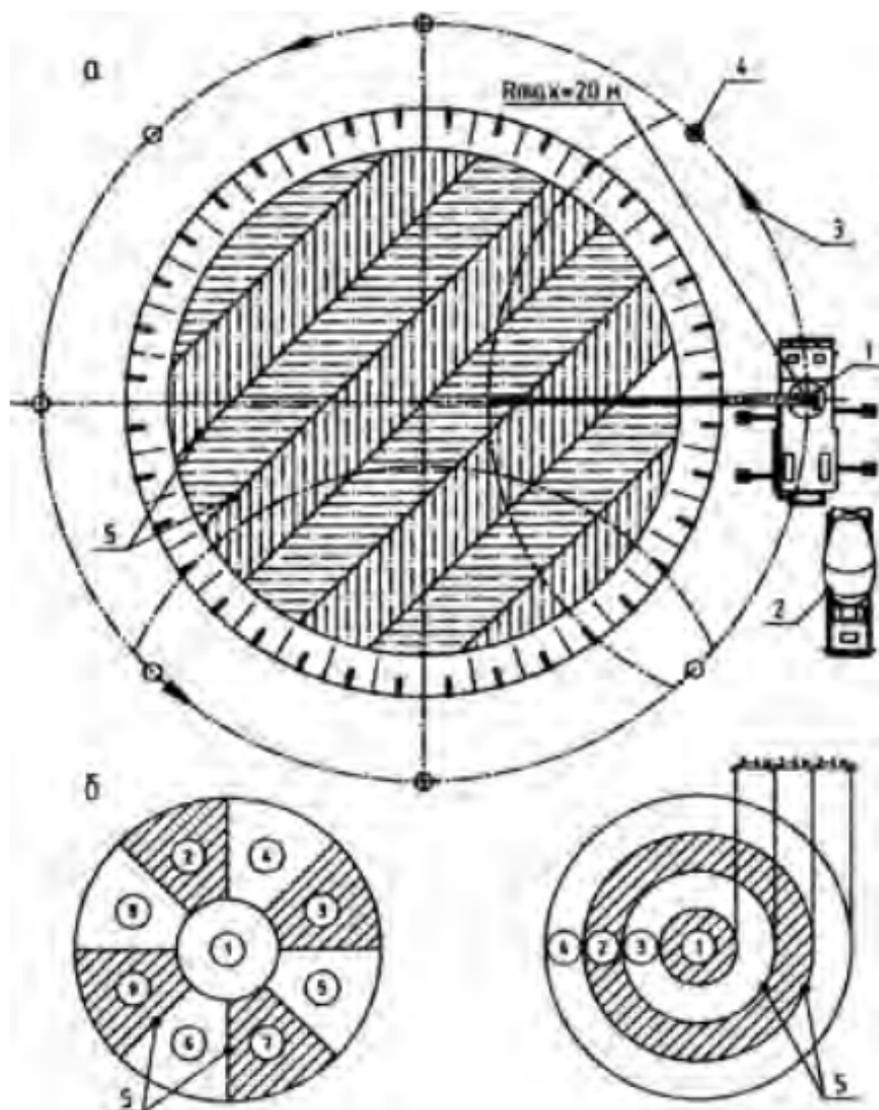


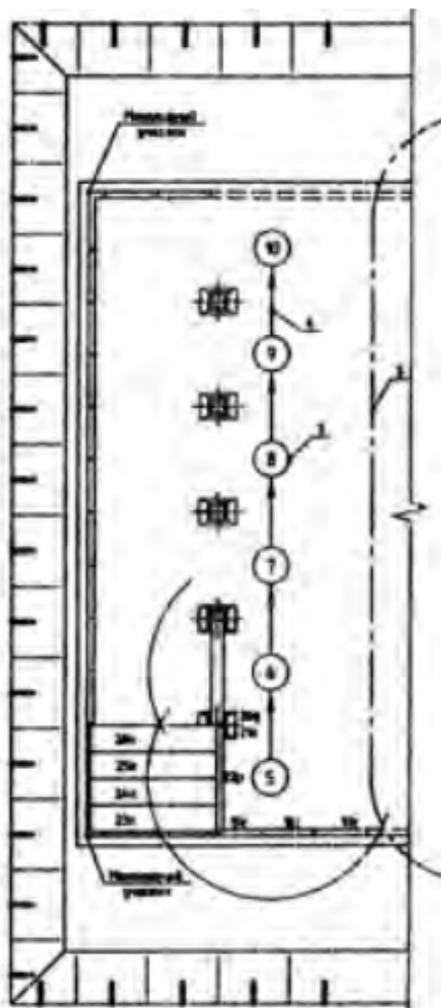
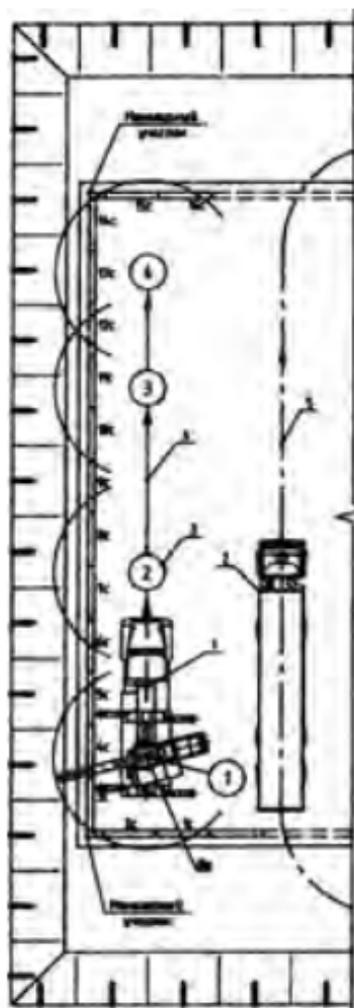
Рис. 12 Схема организации работ при бетонировании дна круглого сооружения
 а - укладка бетонной смеси автобетононасосом;

б - Пример бетонирования дна круглого сооружения кольцами (цифры в кружки указывают очередность бетонирования);

1 - автобетононасос; 2 - автобетомеситель; 3 - ось движения автобетононасоса; 4 - стоянка автобетононасоса; 5 - рабочие швы, места установки опалубочных досок

1-я проходка крана

2-я проходка крана



1с, 1к - стеновые панели 2р - балки
 20ф - фундаменты колонн 23л, 26л - плиты покрытия
 2к - колонны

Рис. 13. Схема организации монтажа смонтированного сооружения:

- 1 - кран, 2 - транспортное средство, 3 - стойка крана, 4 - рабочий ход крана,
 5 - направление движения транспортных средств

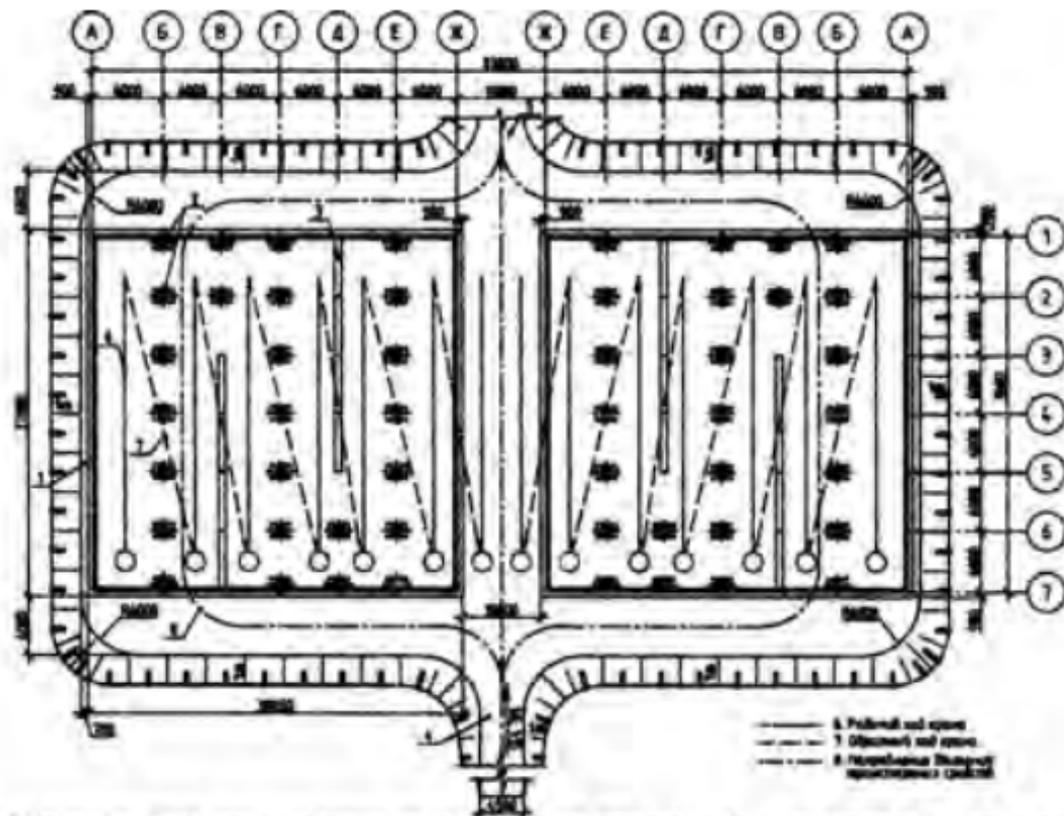


Рис. 14. Схема движения монтажного крана при заливании двух резервуаров: 1 – стеновые панели, 2 – колонны в котловане; 3 – циркуляционные перекладки; 4, 5 – выезд в котлован и выезд из него; 6 – рабочий ход крана; 7 – обратный ход, 8 – направление движения транспортных средств

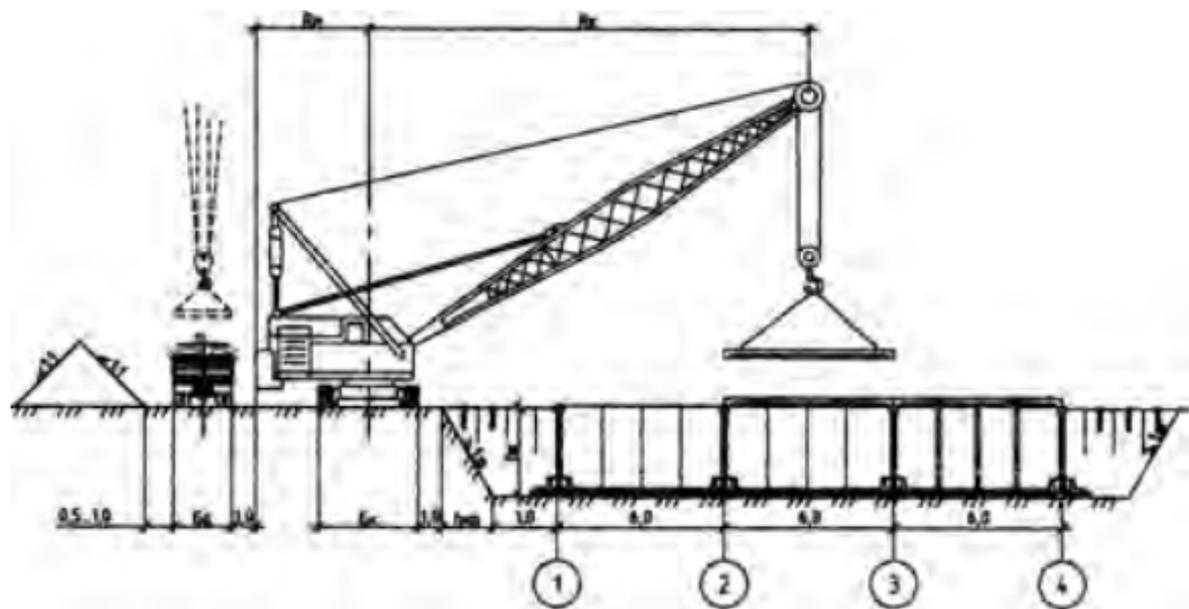


Рис. 15. Схема движения крана при перемещении крана и транспортных средств по борту котлована

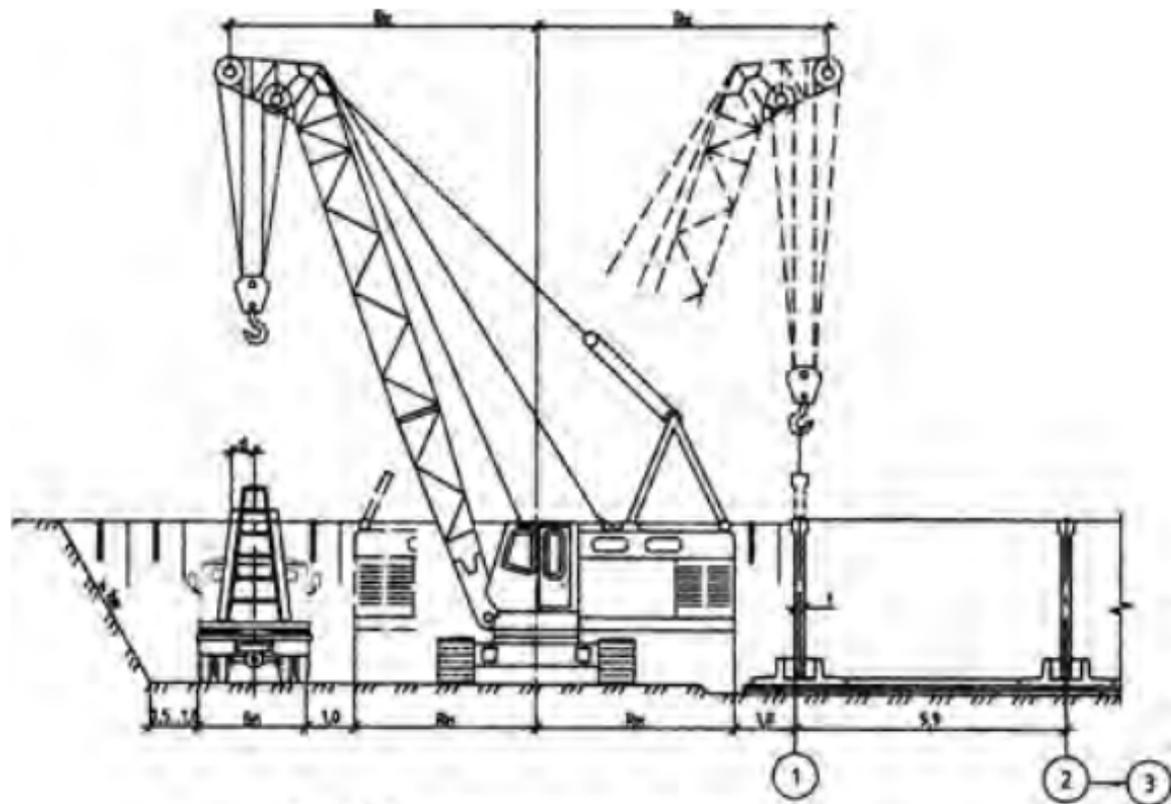


Рис. 16. Схема движения крана при перемещении крана и транспортных средств по дну котлована

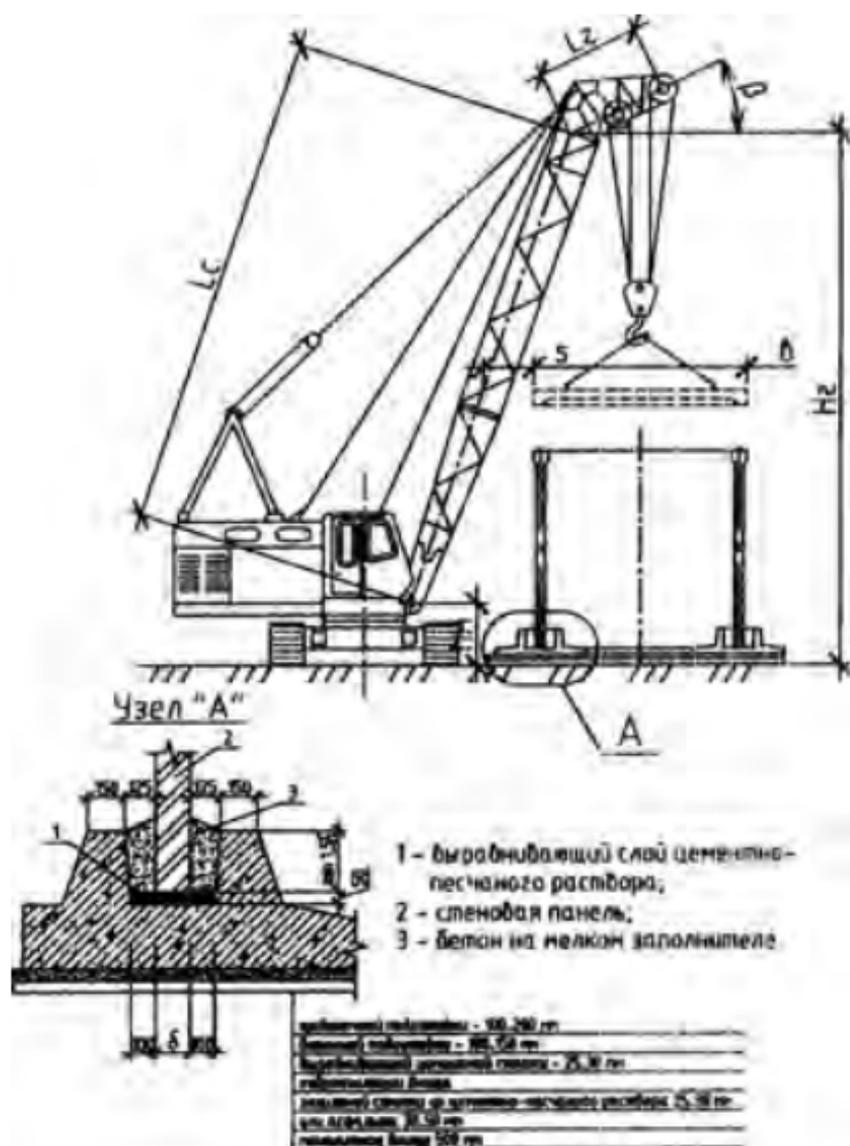


Рис. 17. К определению расчетных параметров при выборе монтажных кранов с гуськом

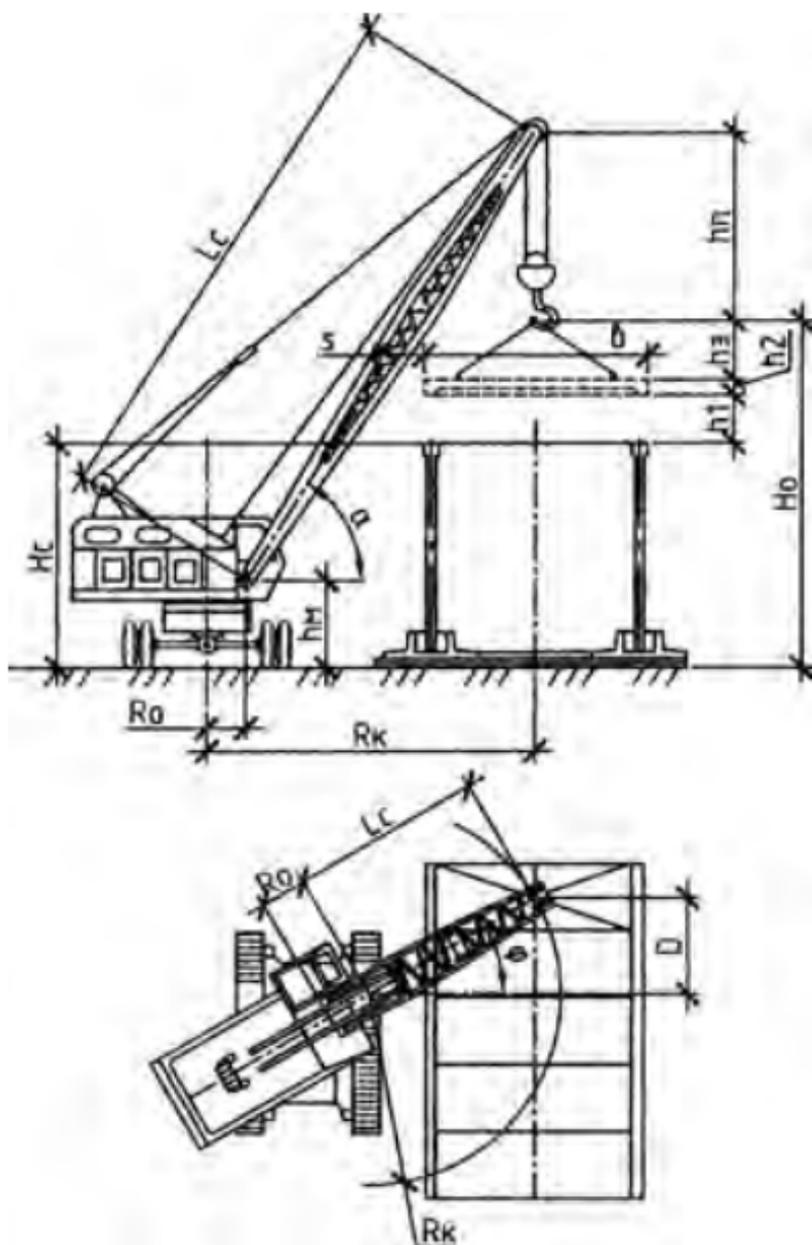


Рис. 18. К определению расчетных параметров при выборе монтажных кранов

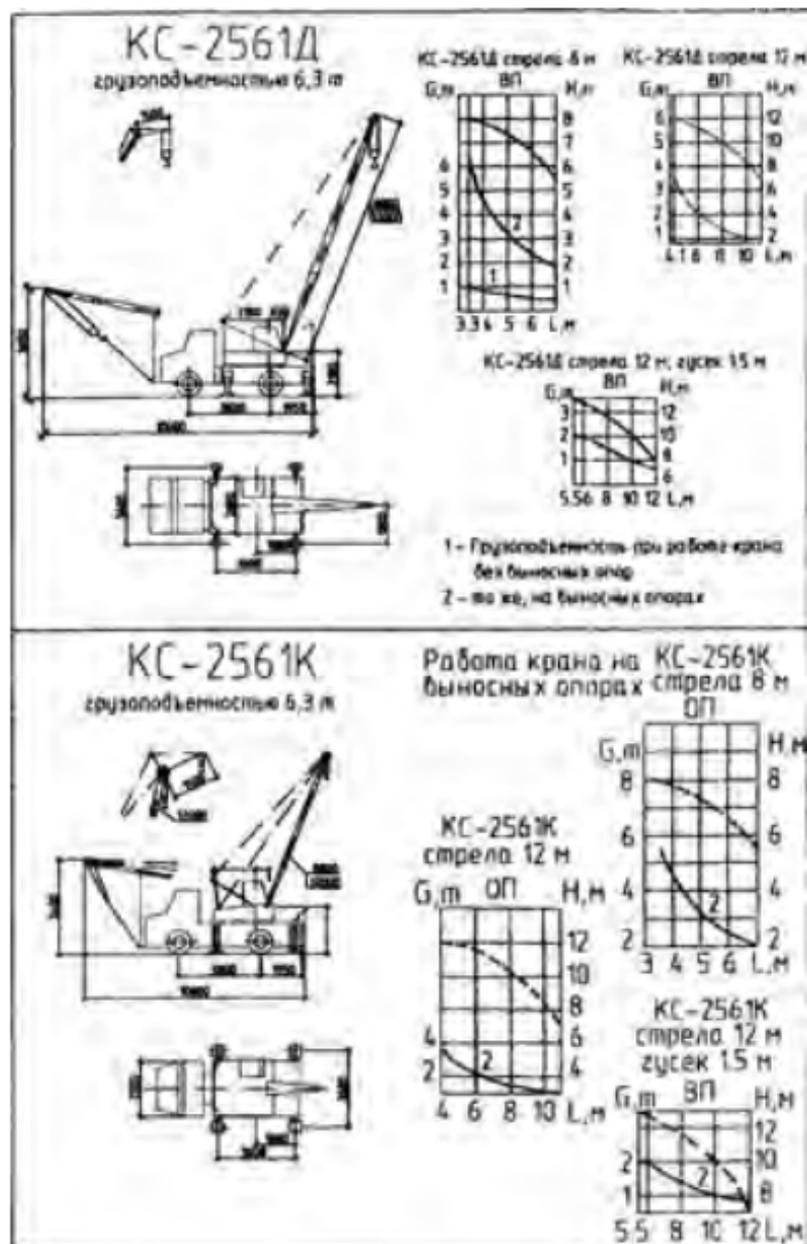


Рис. 19. Характеристики автоматических кранов КС-2561Д, КС-2561К

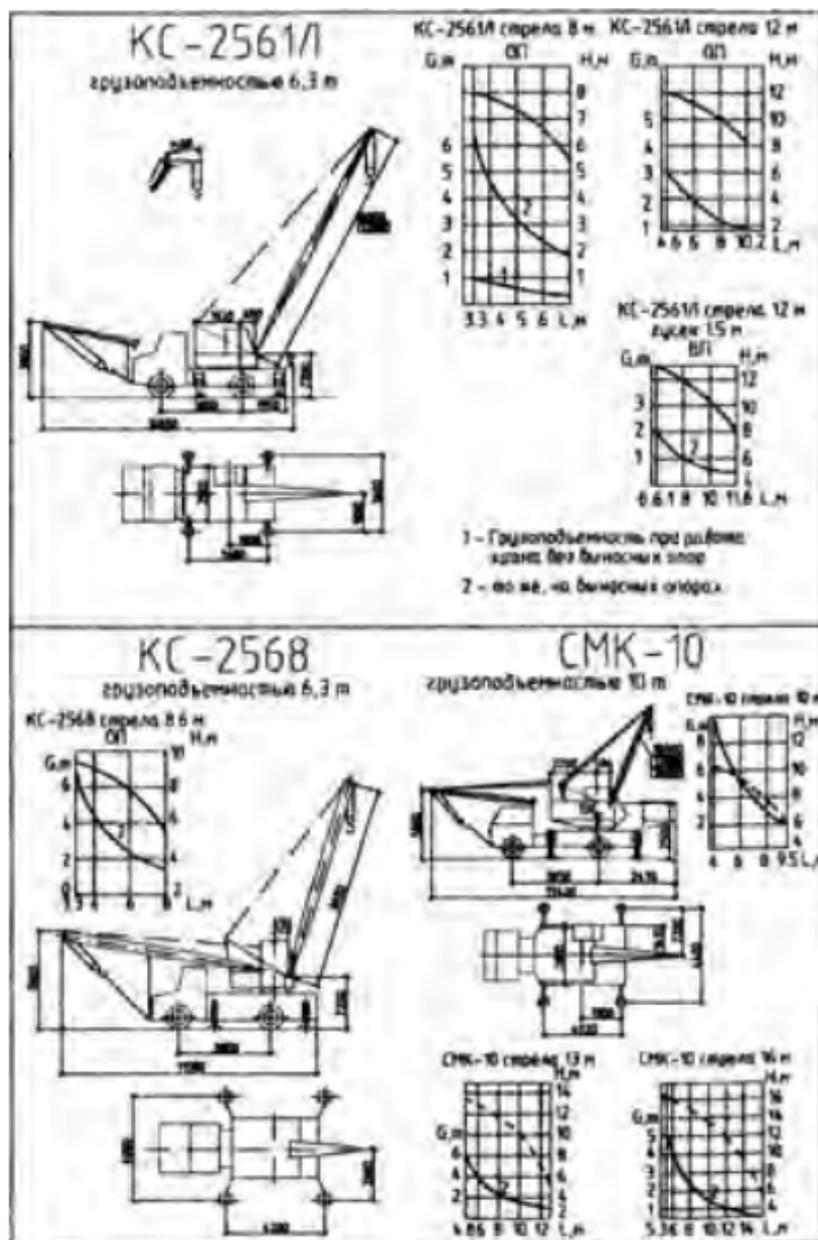


Рис. 20. Характеристики автомобильных кранов КС-2561Л, КС-2568

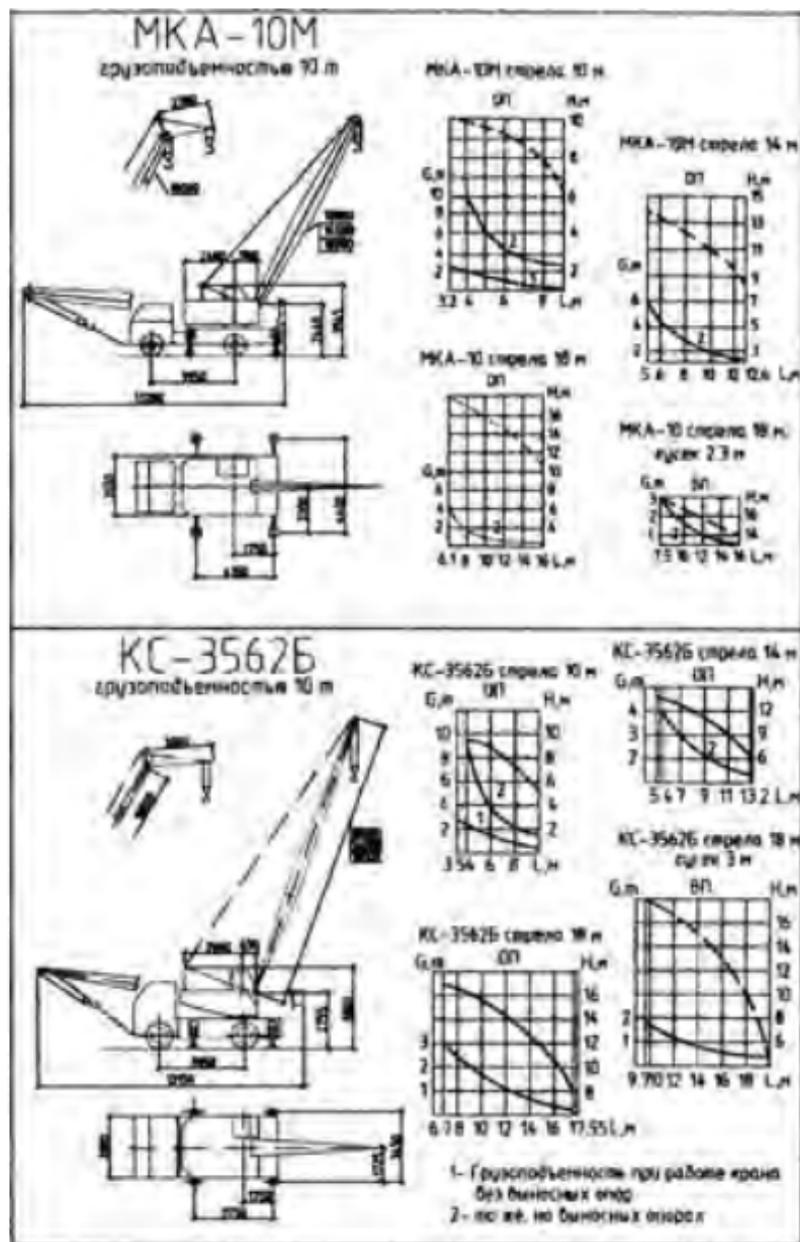


Рис. 21. Характеристики автомобильных кранов МКА-10М, КС-3562Б

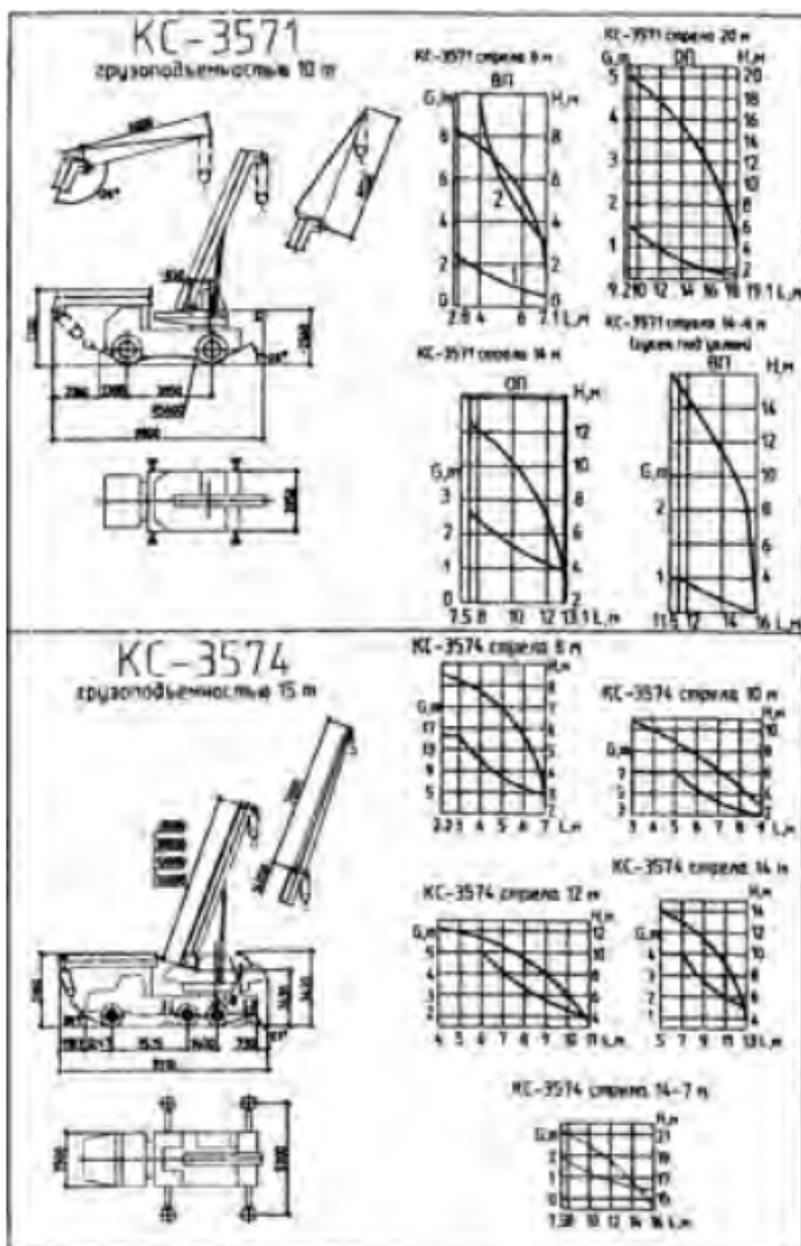


Рис. 22. Характеристики автомобильных кранов КС-3571, КС-3574

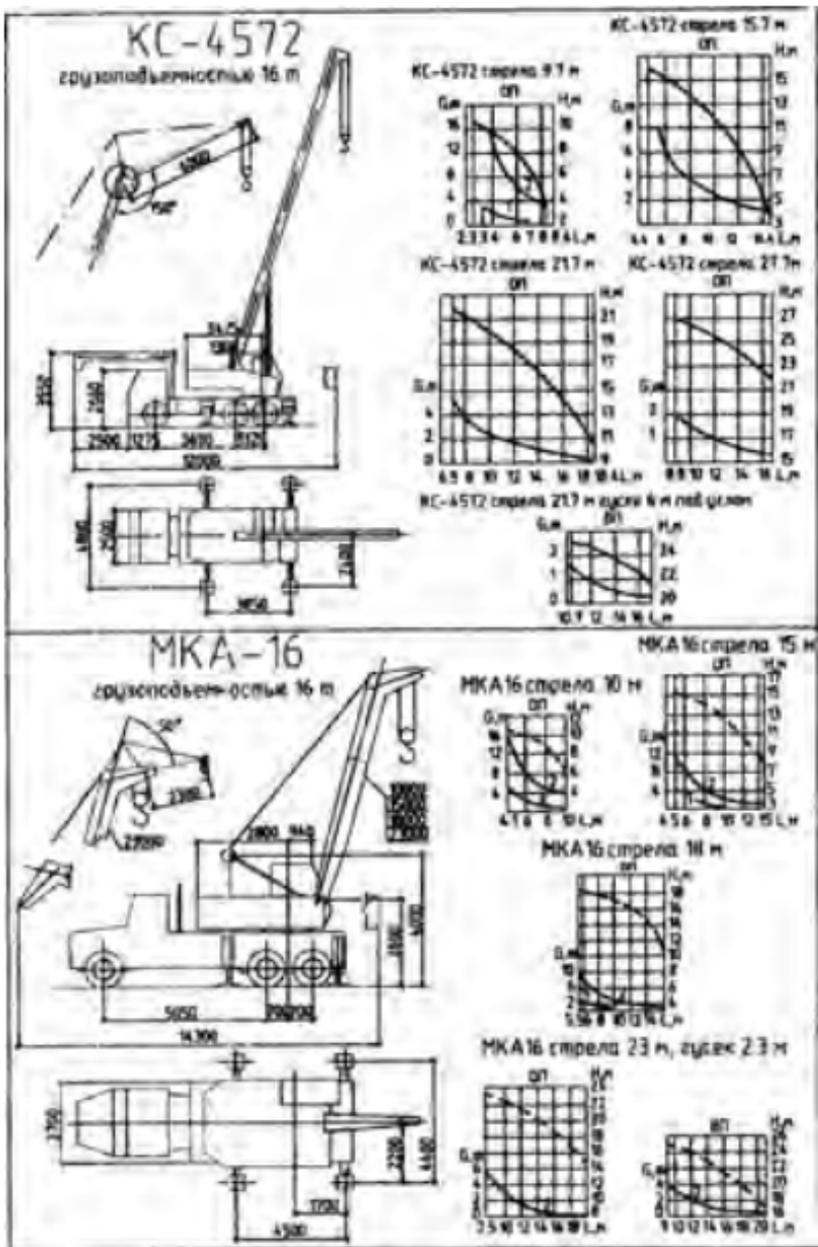


Рис. 24. Характеристики автомобильных кранов КС-4572, МКА-16

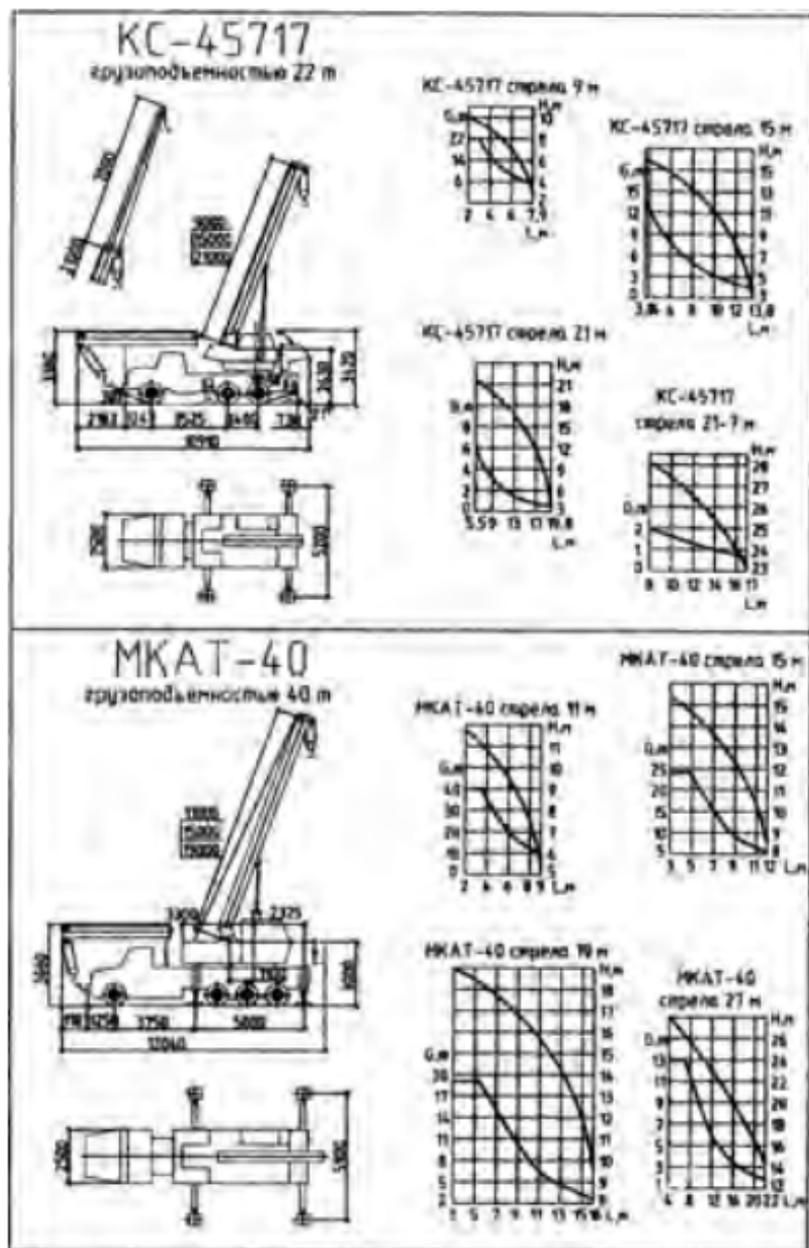


Рис. 25. Характеристики автомобильных кранов КС-45717, МКАТ-40

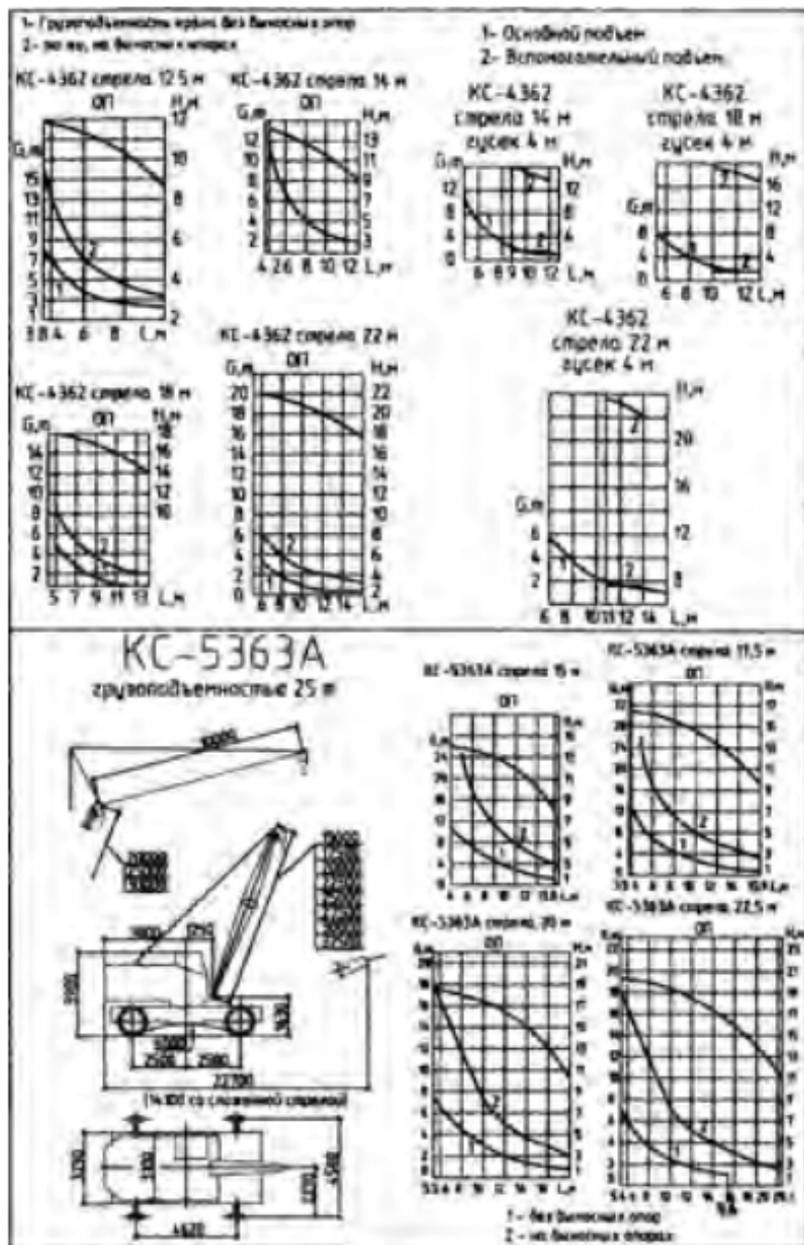


Рис. 27. Характеристики пневмоколесных кранов КС-4362, КС-5363А

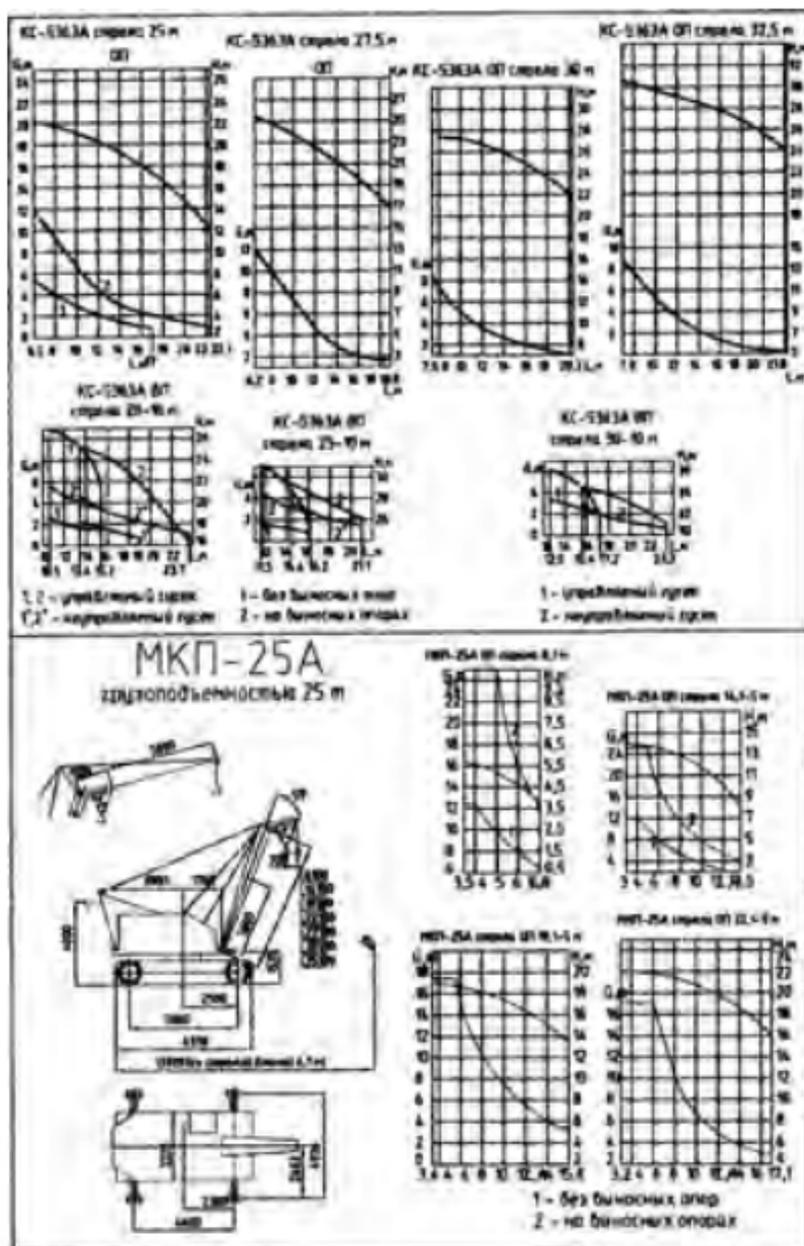


Рис. 28. Характеристики пневмоколевых кранов KC-5363A, МКП-25А

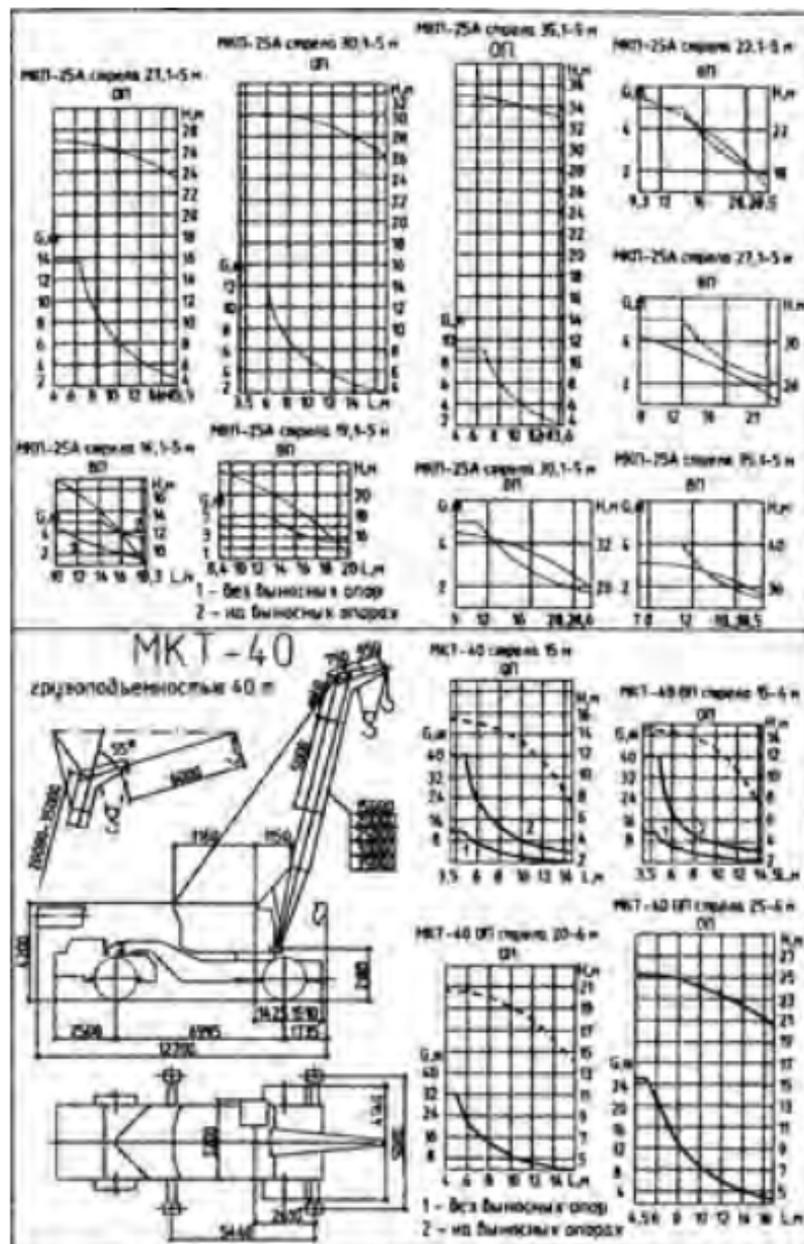
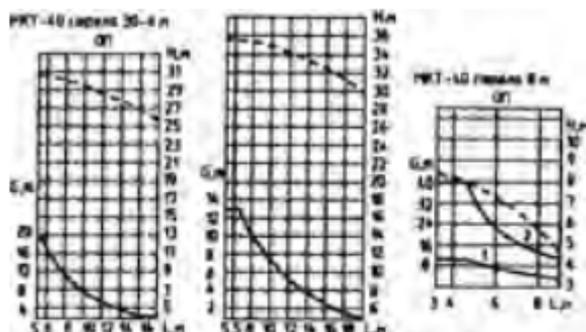
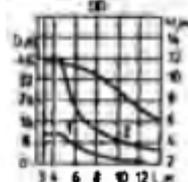


Рис. 29. Характеристики пневматических кранов МКТ-25А, МКТ-40

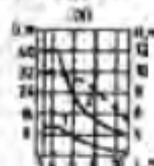
МКТ-40 серия 35-6 м



МКТ-40 серия 12-10 м



МКТ-40 серия 8 м

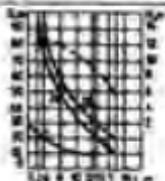
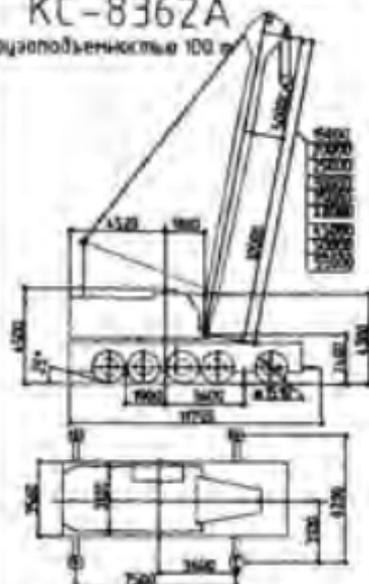


- 1- без выносных опор
2- на выносных опорах

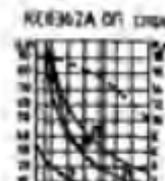
Рис. 30. Характеристики пневмоколесного крана МКТ-40

КС-8362А

производительность 100 м



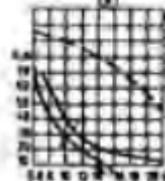
КС8362А ОП стрела 15 м
2а - с грузобъемом 1400
2б - с грузобъемом 2000



КС8362А ОП стрела 20 м, вышка 20 м
2а - с грузобъемом 1400
2б - с грузобъемом 2000 без вышки

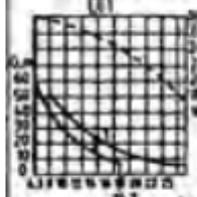


КС-8362А стрела 25 м, вышка 20 м
1 - без вышки
2 - с вышкой

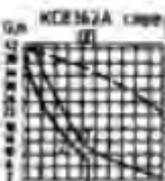
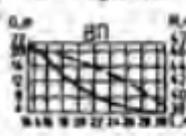


КС8362А стрела 30 м, вышка 20 м
1 - без вышки
2 - с вышкой

КС8362А стрела 30 м, вышка 20 м

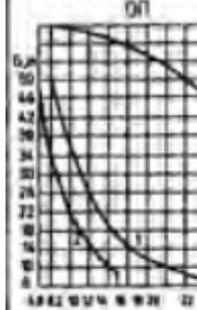


1 - без вышки
2 - с вышкой

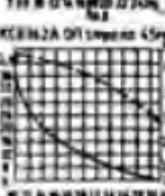
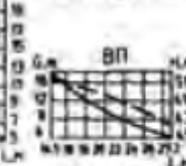


КС8362А стрела 40 м, вышка 20 м
1 - без вышки
2 - с вышкой

КС8362А стрела 35 м, вышка 20 м



1 - без вышки
2 - с вышкой



КС8362А ОП стрела 45 м
1 - без вышки
2 - с вышкой

КС8362А ОП стрела 55 м

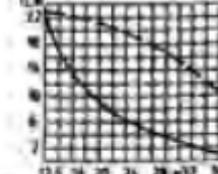


Рис. 31. Характеристики пневматического крана КС-8362А

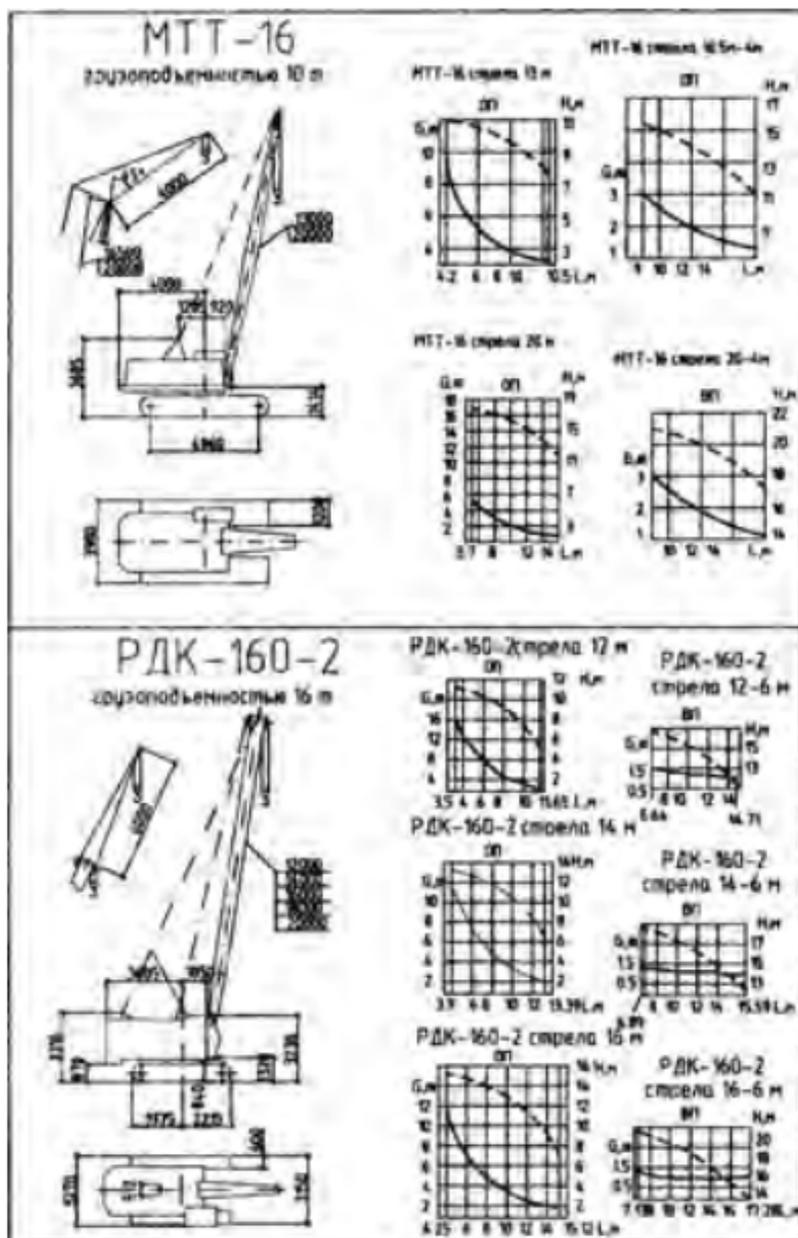


Рис. 32. Характеристики гусеничных кранов МТТ-16, РДК-160-2

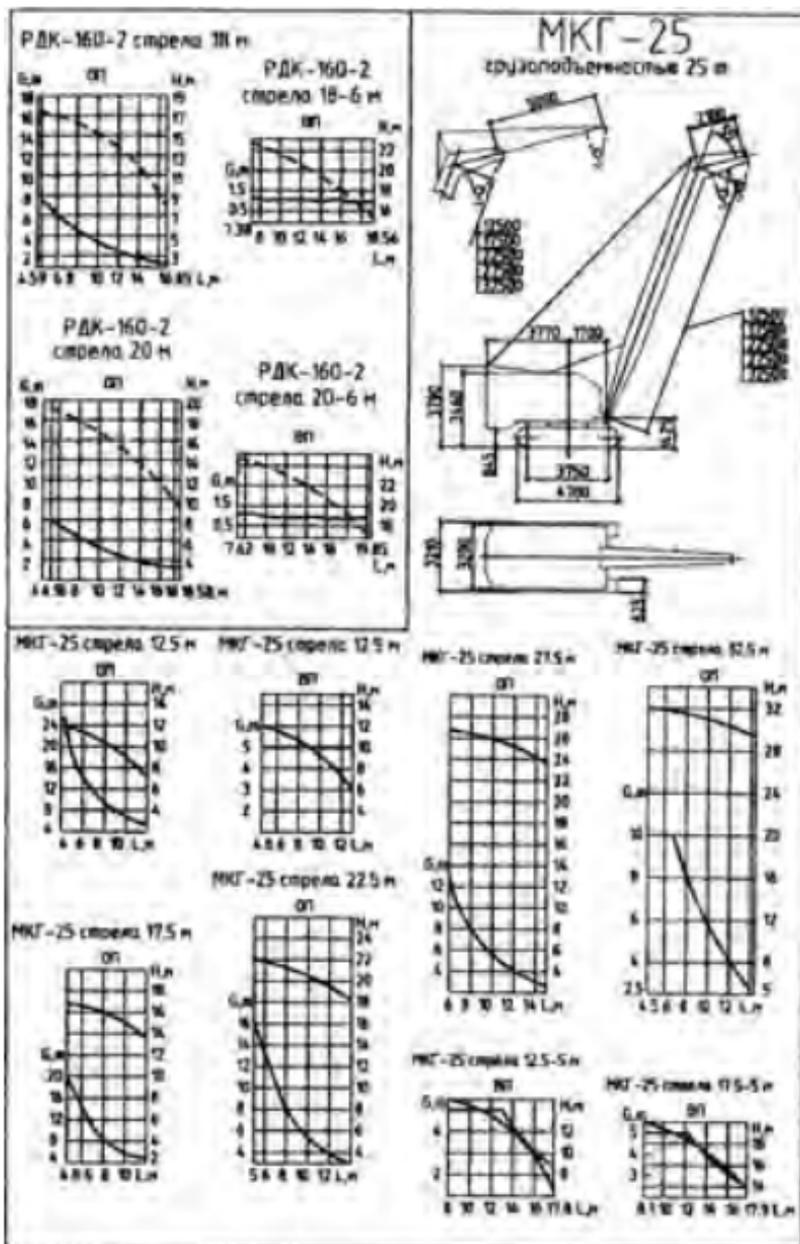


Рис. 33. Характеристики грузоподъемности кранов РДК-160-2, МКГ-25

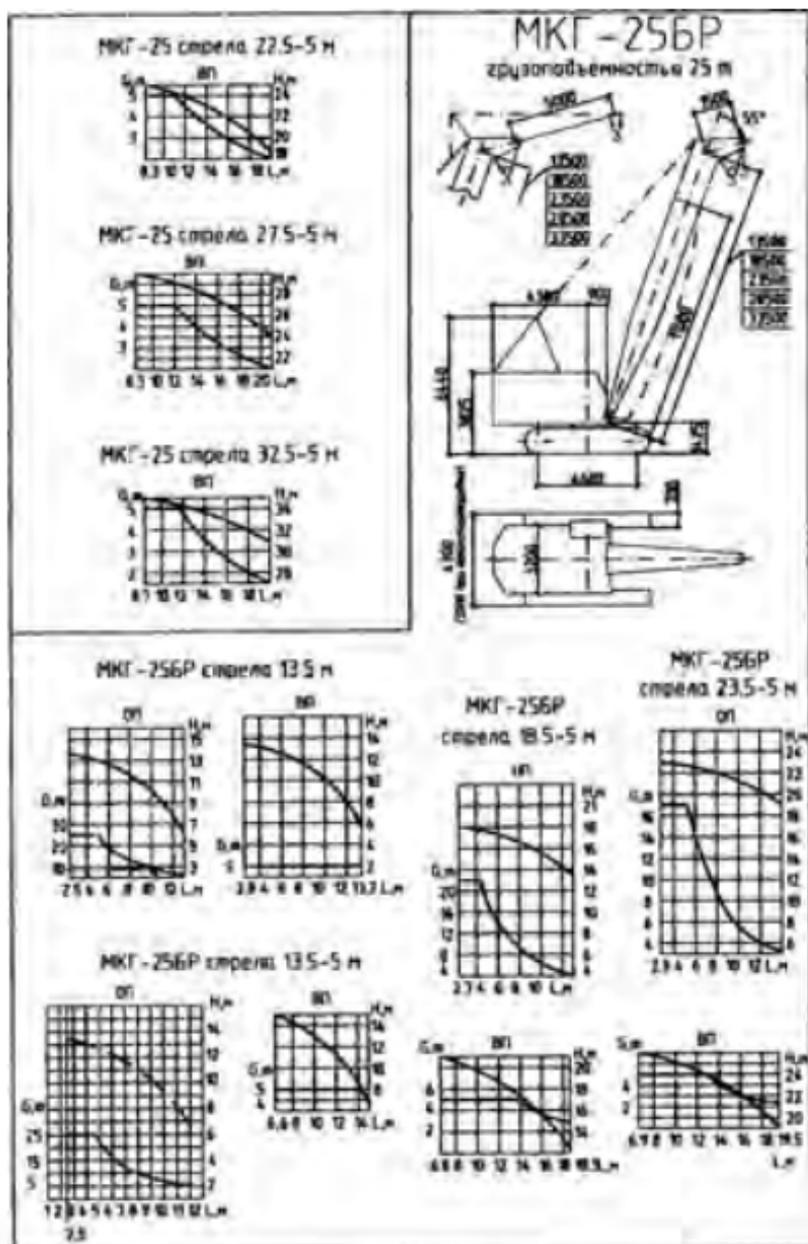


Рис. 34. Характеристики гусеничных кранов МКГ-25, МКГ-256Р.

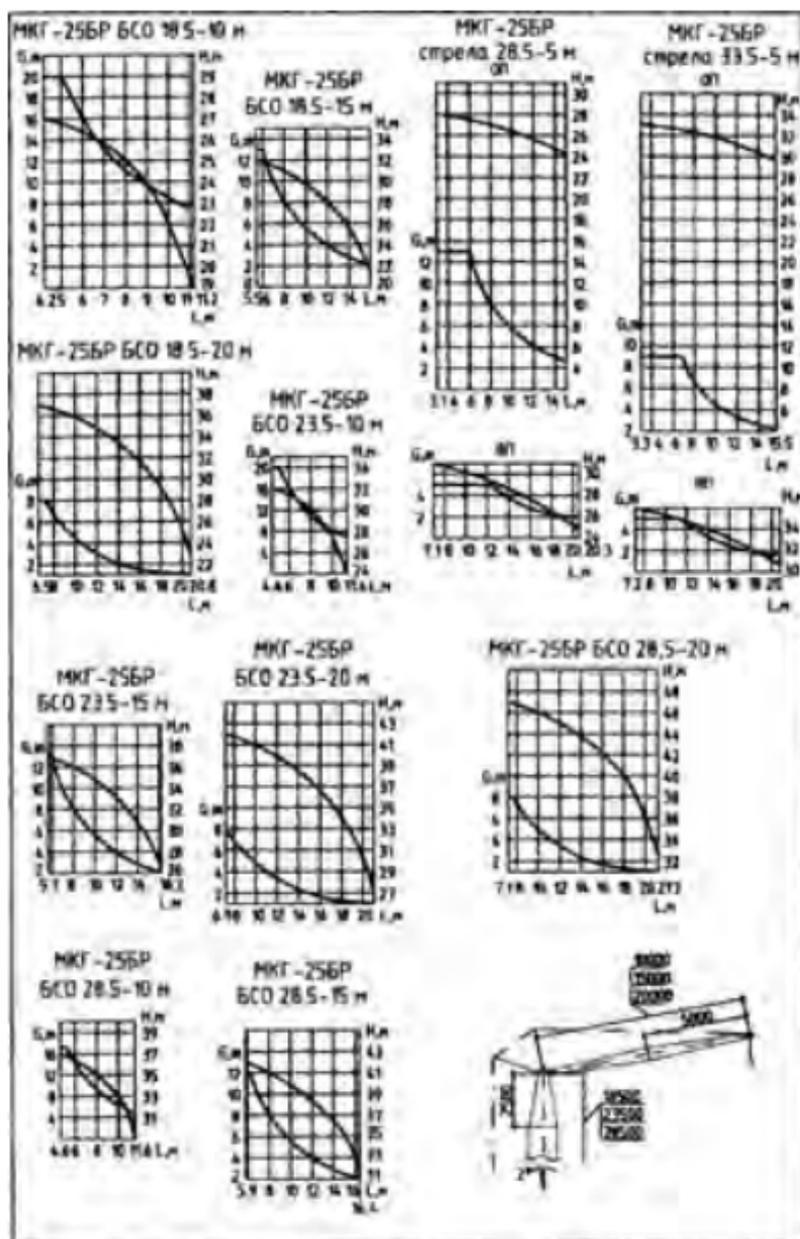


Рис. 35. Характеристики гусеничного крана MKT-256P

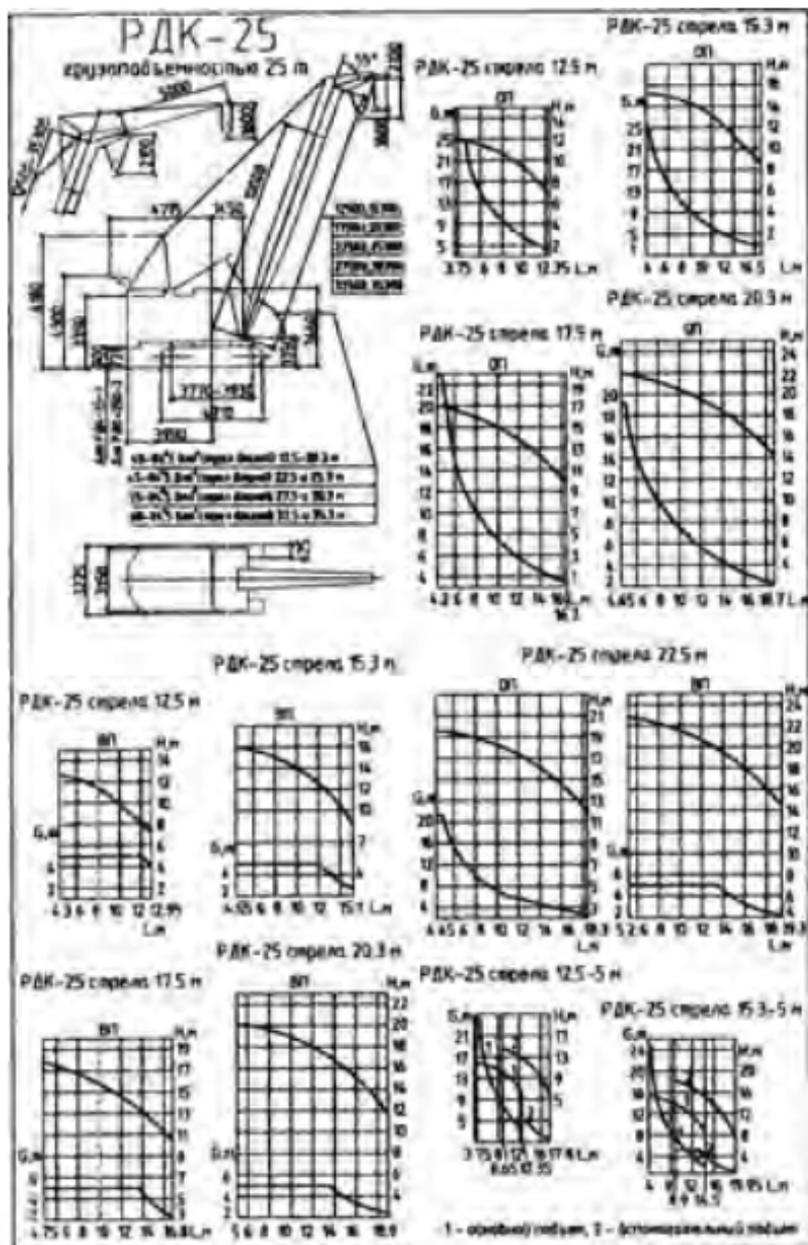


Рис. 36. Характеристики тросового крана РДК-25

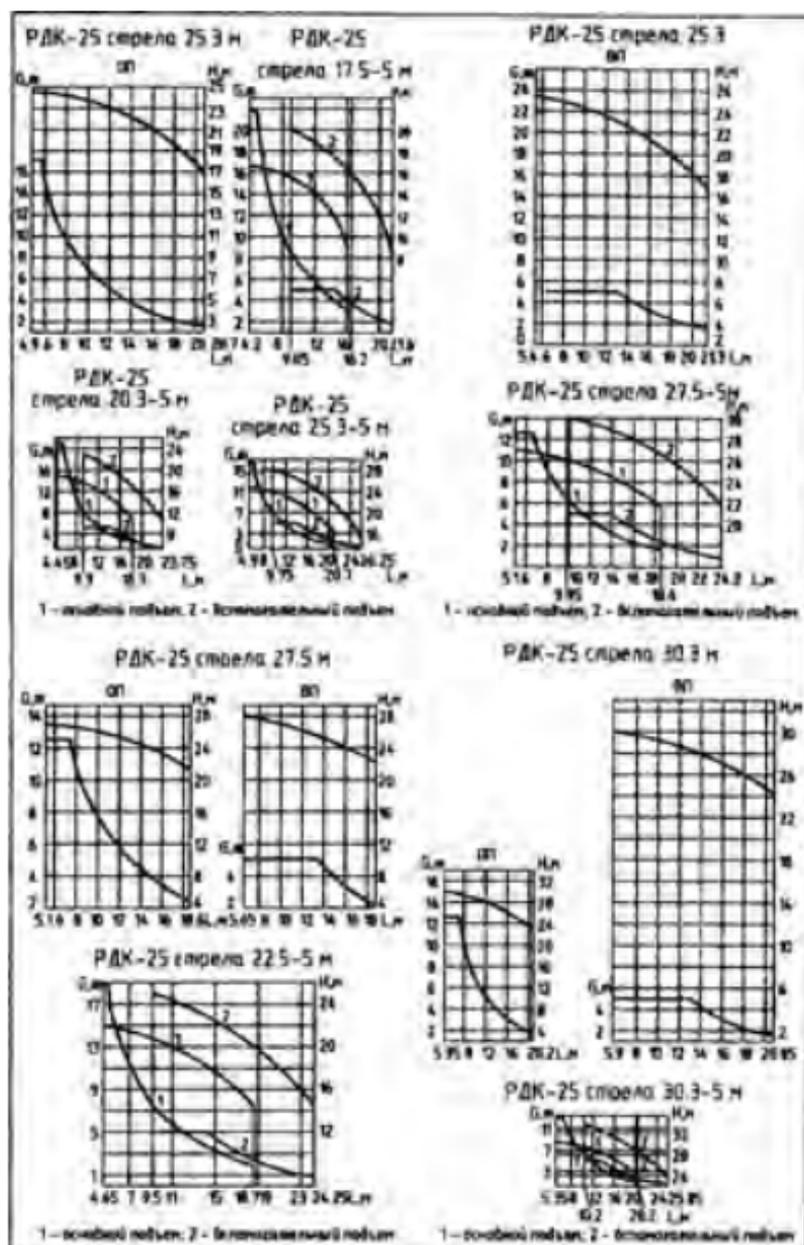


Рис. 37. Характеристики гусеничного крапа РДК-25

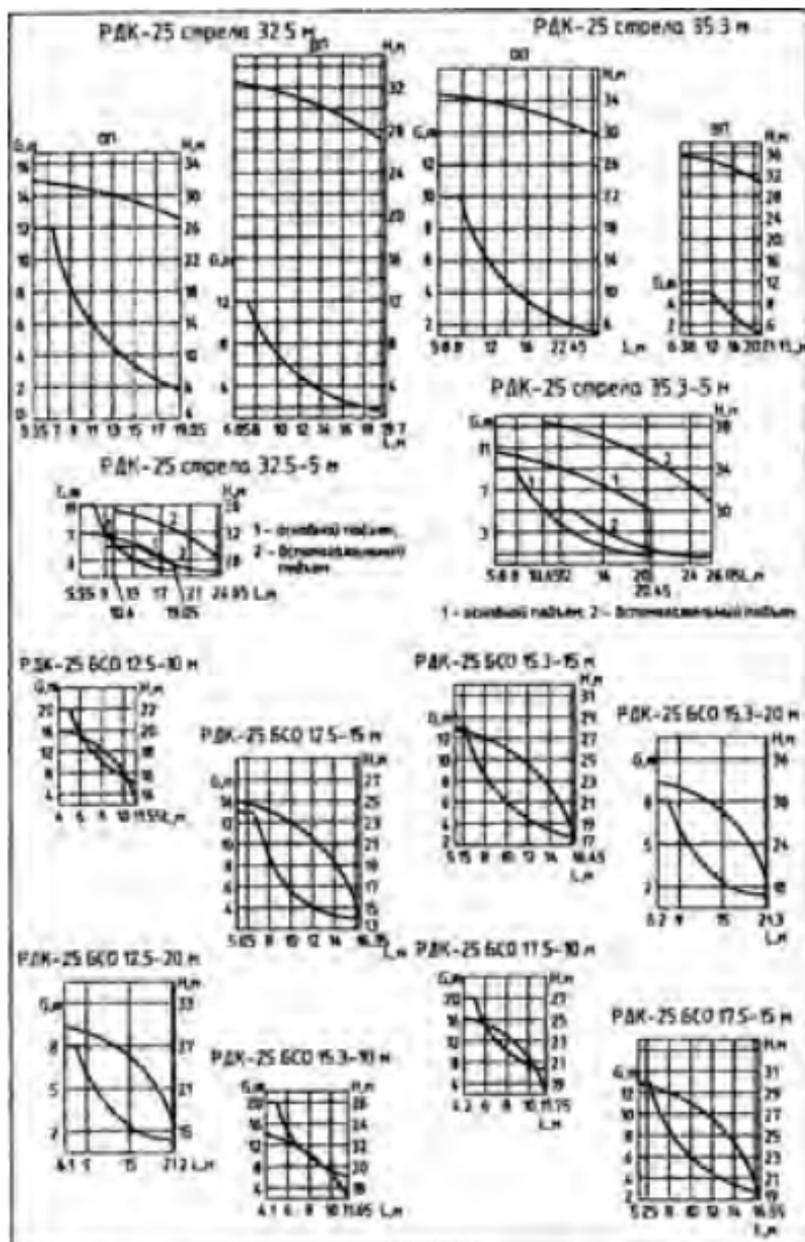


Рис. 38. Характеристики гоупланного края PDK-25.

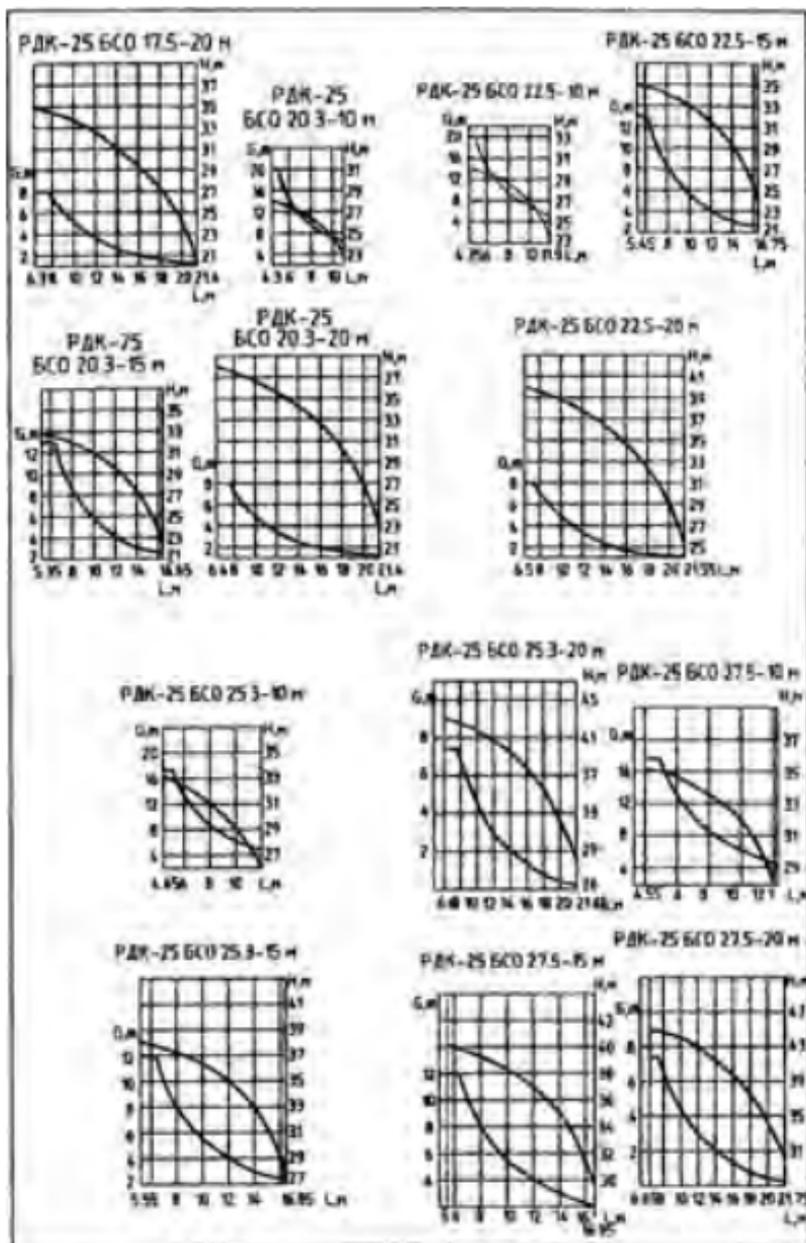


Рис. 39. Характеристики л. суточного крива РДК-25

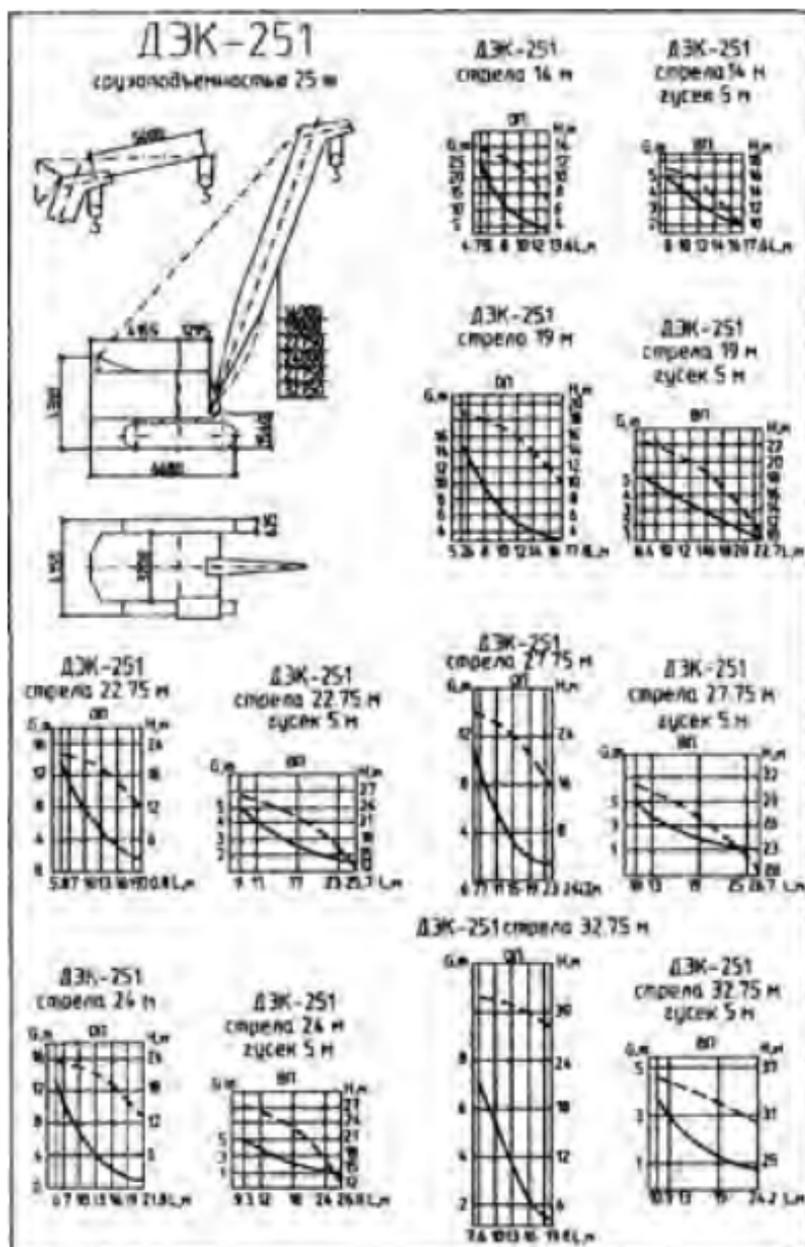


Рис. 40. Характеристики грузоподъемного крана ДЭК-251

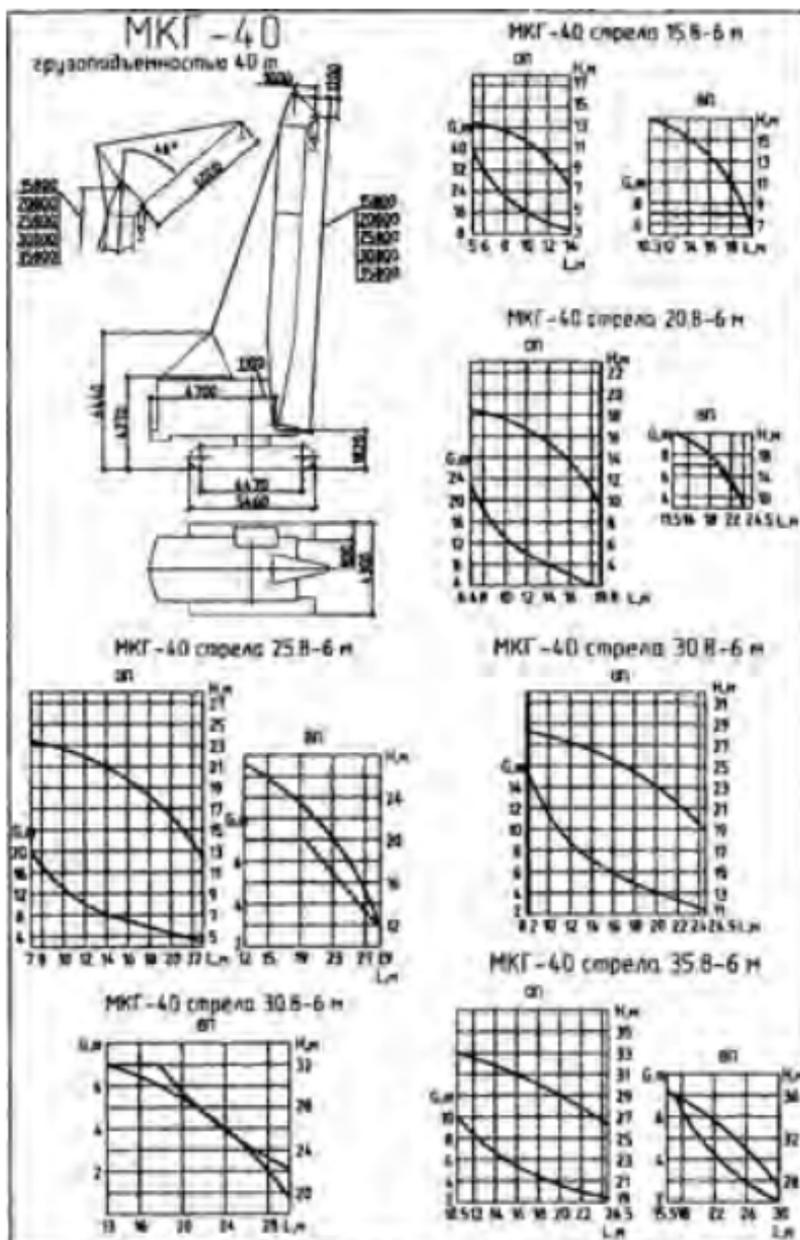


Рис. 41. Характеристики грузоподъемного крана МКГ-40

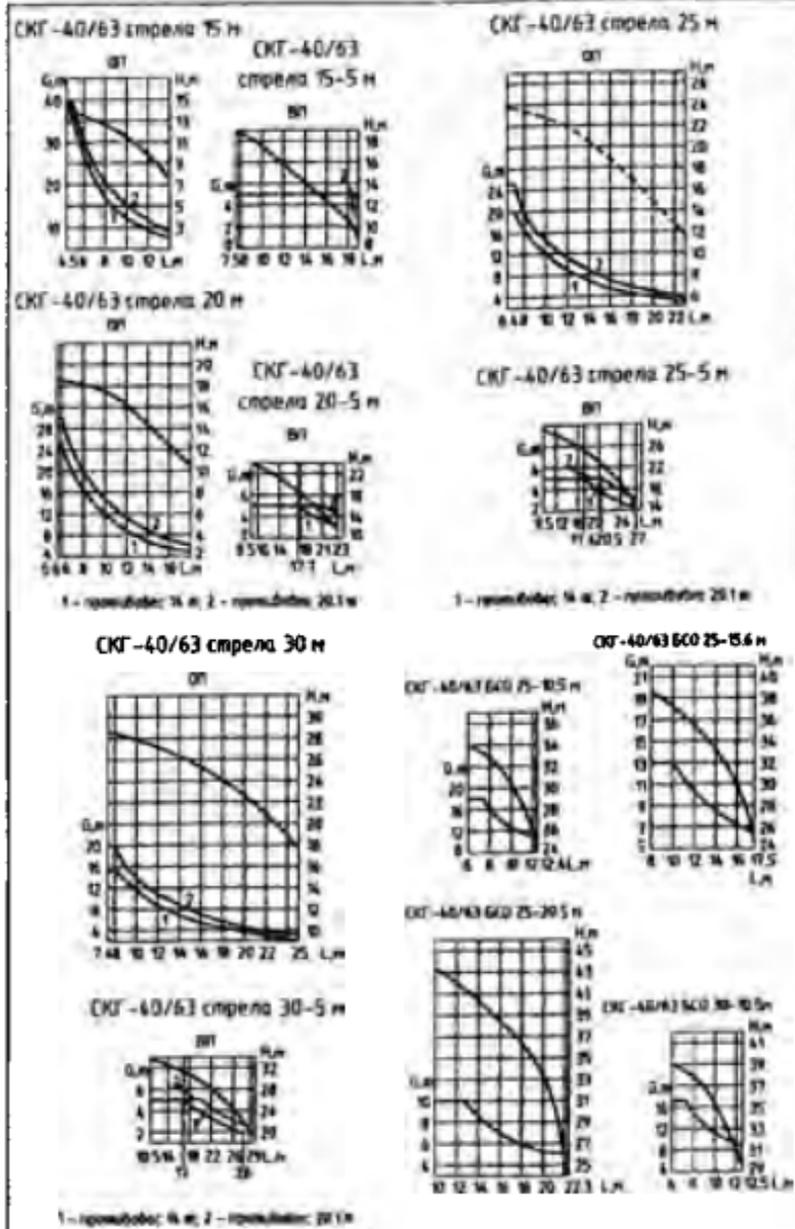


Рис. 43. Характеристики гусеничного крана СКГ-40/63

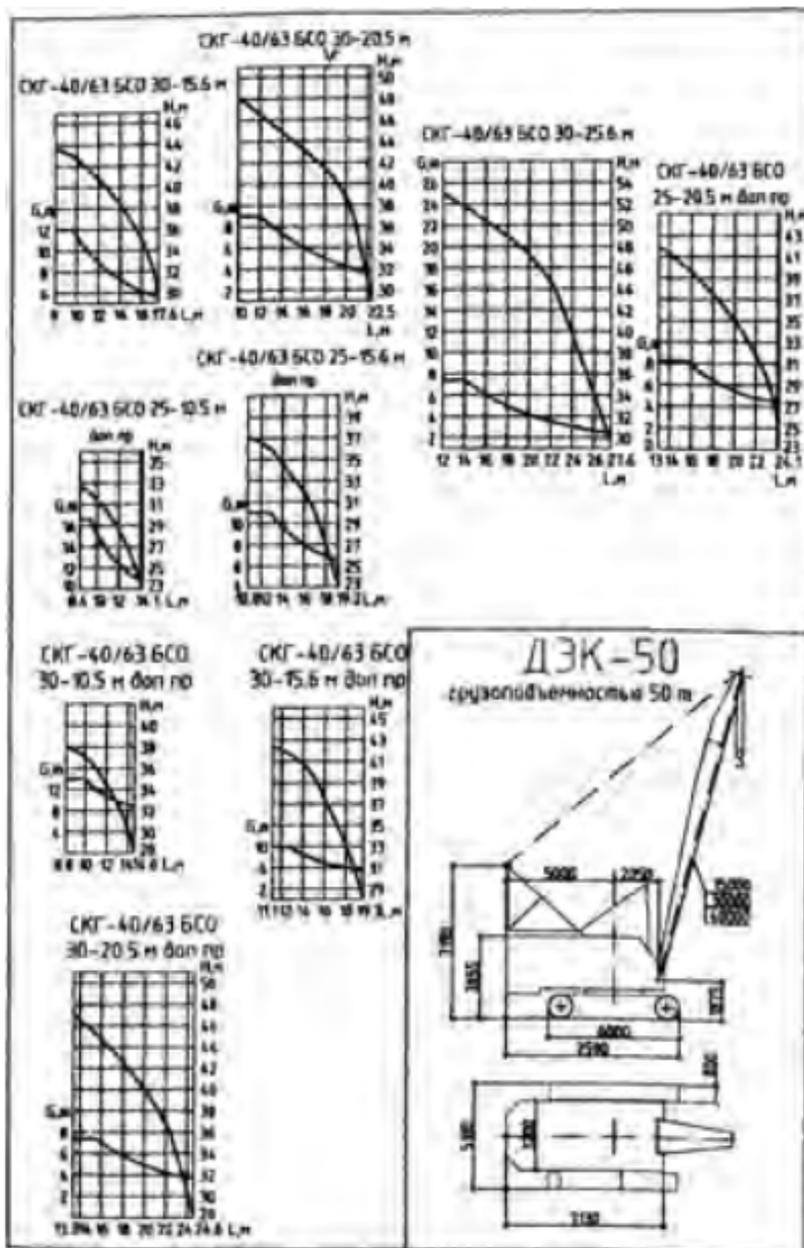


Рис. 44. Характеристики гусеничных кранов SKT-40/63, ДЗК-50

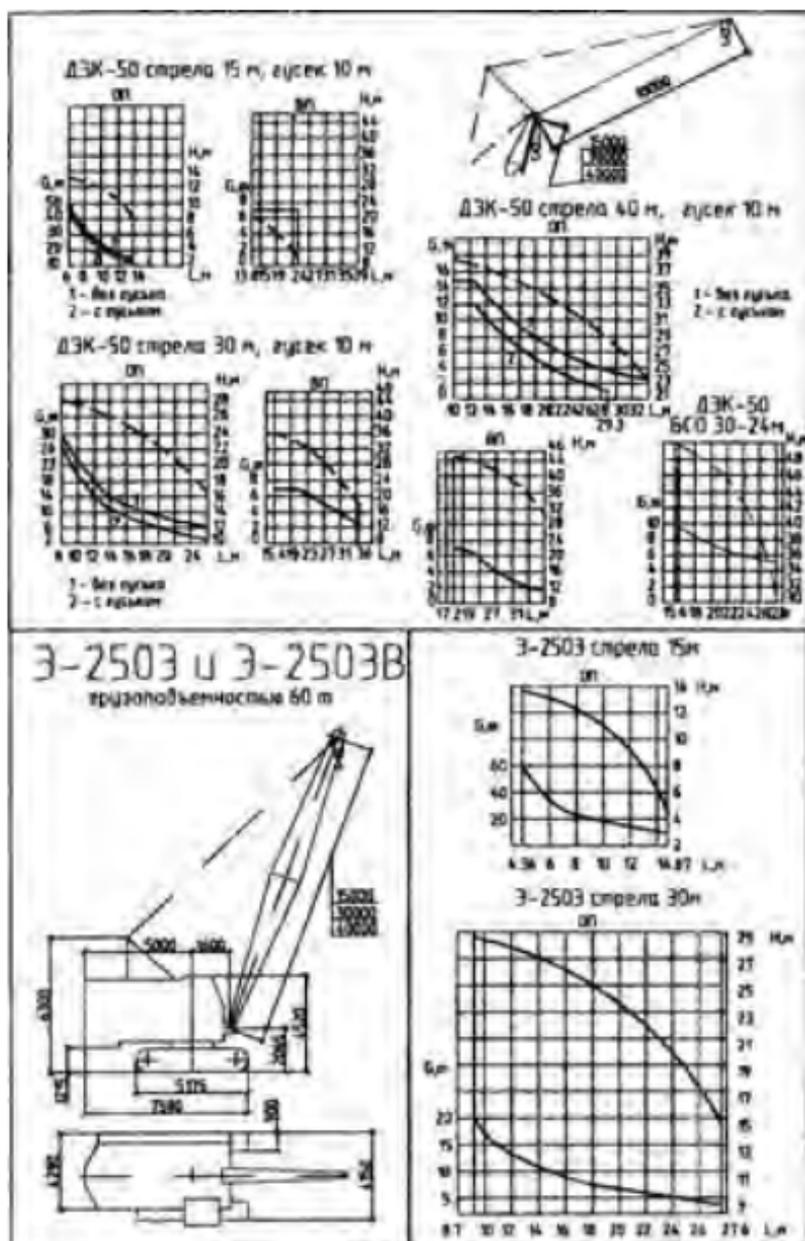


Рис. 45. Характеристики гусеничных кранов ДЭК-50, Э-2503 и Э-2503В

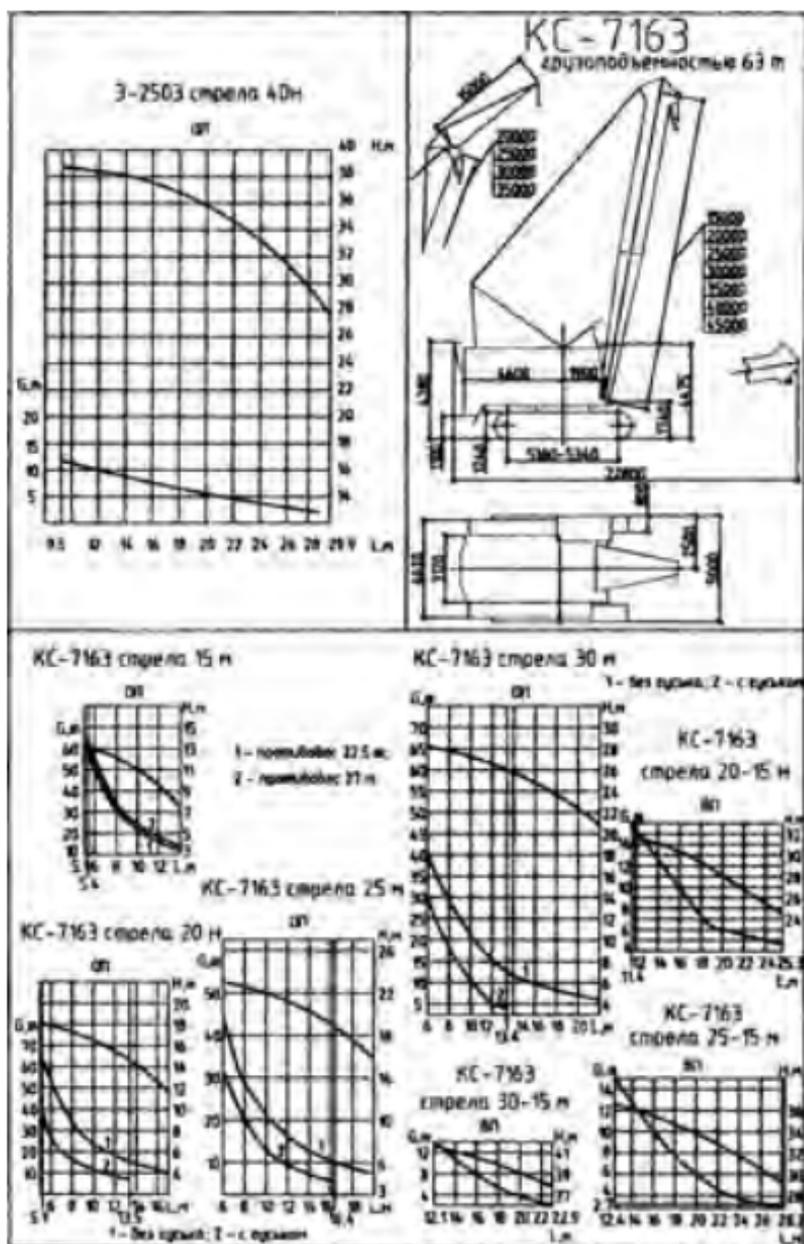


Рис. 46. Характеристики гусеничных кранов Э-2503, КС-7163

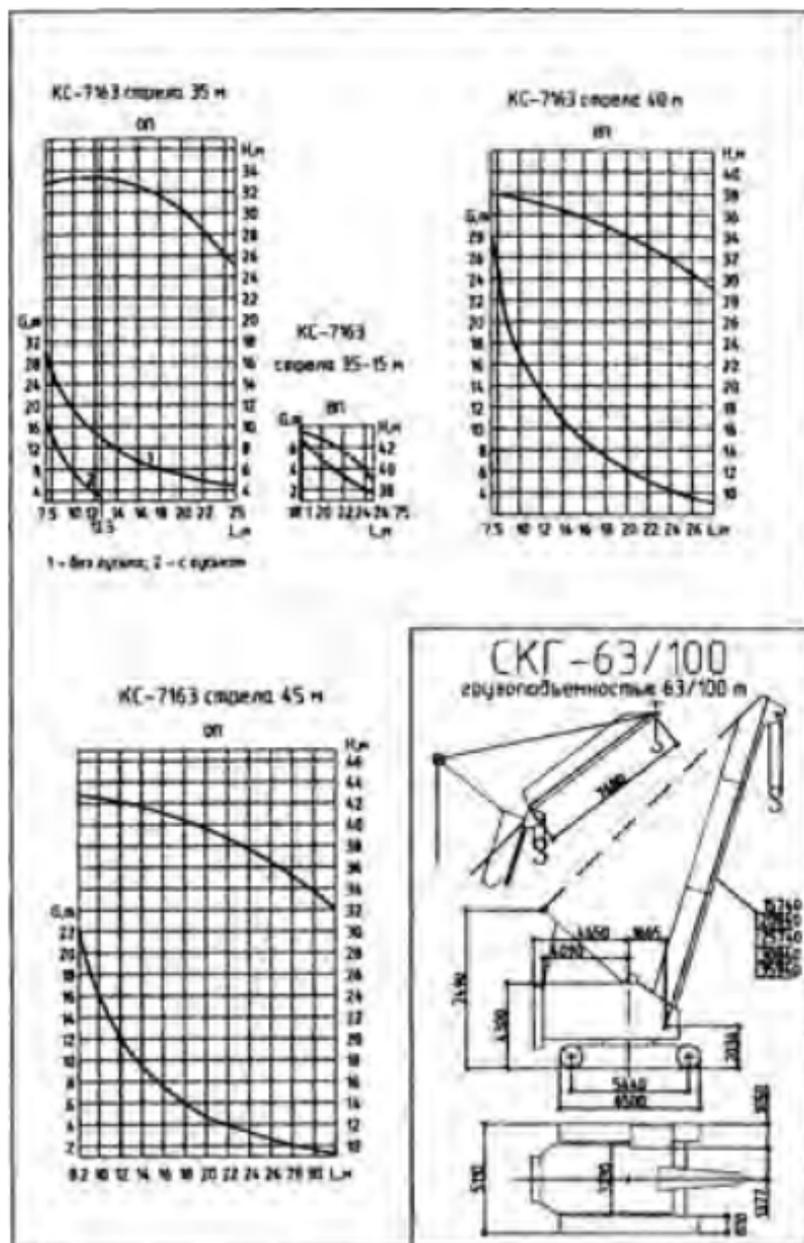


Рис. 47. Характеристики грузоподъемных кранов КС-7163, СКГ-63/100

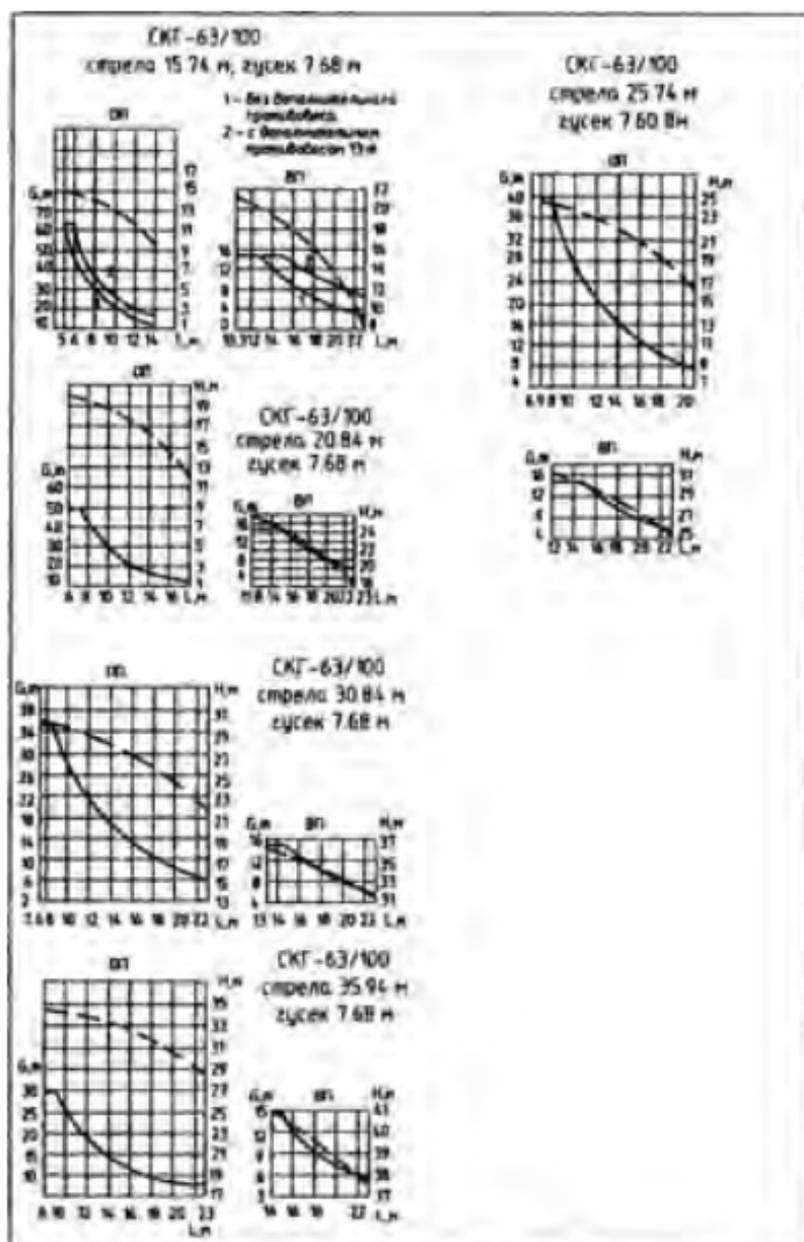
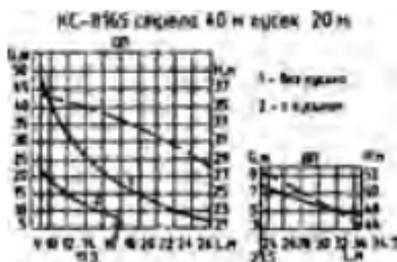
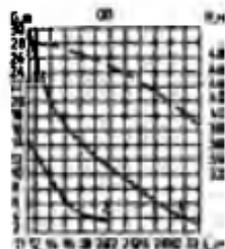


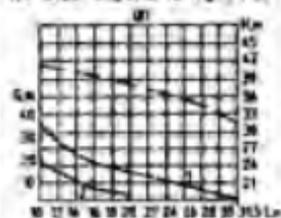
Рис. 48. Характеристики гусеничного явля СКГ-63/100



КС-8165 стрела 50 курсек 20 н



КС-8165 стрела 45 курсек 20 н



1 - без груза
2 - с грузом



1 - без груза
2 - с грузом

Рис. 50. Характеристики гусеничного крана КС- 8165

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ЕМКОСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ.....	4
2. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОСТАВ ПРОЕКТА.....	5
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ.....	6
4. СТРОИТЕЛЬНОЕ ВОДОПОНИЖЕНИЕ.....	7
4.1. Открытый водоотлив.....	7
4.2. Грунтовое водопонижение.....	10
5. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ.....	12
5.1. Определение размеров котлована.....	13
5.2. Определение объемов земляных работ.....	16
5.2.1. Определение объемов растительного грунта.....	17
5.2.2. Определение объемов подстилающего грунта.....	18
5.3. Проектирование кавальеров грунта.....	20
5.4. Подбор механизмов для производства земляных работ.....	22
5.5. Определение типа и количества транспорта для отвоза грунта.....	28
5.6. Производство земляных работ в зимний период.....	31
5.7. Техника безопасности при производстве земляных работ.....	31
6. ПРОИЗВОДСТВО БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАБОТ.....	34
6.1. Устройство щебеночной и бетонной подготовки.....	35
6.2. Устройство выравнивающей цементной стяжки.....	35
6.3. Устройство гидроизоляции дна и защитной стяжки.....	35
6.4. Определение объемов бетонных и сопутствующих работ.....	36
6.5. Проектирование классов (марок) и других показателей качества бетона.....	37
6.6. Проектирование бетонного хозяйства.....	38
6.7. Транспортирование и укладка бетонной смеси.....	43

6.8.	Опалубочные и арматурные работы.	47
6.9.	Производство бетонных работ зимой.	48
6.10.	Охрана труда при производстве бетонных работ.	49
7.	ПРОИЗВОДСТВО МОНТАЖНЫХ РАБОТ.	51
7.1.	Определение объемов монтажных работ.	51
7.2.	Выбор схем производства монтажных работ.	52
7.3.	Последовательность установки конструкций в проектное положение.	53
7.4.	Выбор типа кранов и их количества.	54
7.5.	Выбор транспортных средств и способов доставки конструкций.	60
7.5.1.	Расчет потребности в транспортных средствах.	63
7.6.	Работы послемонтажного периода.	65
7.7.	Технологические и организационные перерывы.	69
7.8.	Техника безопасности при производстве монтажных работ.	70
8.	ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО- МОНТАЖНЫХ РАБОТ.	72
8.1.	Рекомендации по построению графика СМР.	72
	ЛИТЕРАТУРА.	78
	ПРИЛОЖЕНИЯ.	80

Учебное издание

СЕЛЕЗНЁВ Владимир Иванович
КОРЕВИЦКИЙ Георгий Александрович

**СТРОИТЕЛЬСТВО ЕМКОСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ
СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Методическое пособие
по выполнению курсового проекта
и раздела дипломного проекта по дисциплине
«Техника и технология строительно-монтажных работ»
для студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение,
водоотведение и охрана водных ресурсов»

Редактор Е.О. Коржуева
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

Подписано в печать 17.02.2010.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 7,79. Уч.-изд. л. 6,09. Тираж 150. Заказ 18.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.