

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
Технологические процессы в строительстве с использованием
аддитивных технологий

для студентов

направления подготовки 08.03.01 Строительство

Содержание

<i>Введение</i>	3
<i>Практическое занятие 1. Трудоемкость и продолжительность строительных работ</i>	5
<i>Практическое занятие 2. Технологическое проектирование процесса устройства котлована под фундаменты</i>	12
<i>Практическое занятие 3. Проектирование технологического процесса переработки грунта при планировке площадей</i>	42
<i>Практическое занятие 4. Определение крутизны откоса временных выемок глубиной более 5 м</i>	49
<i>Практическое занятие 5. Проектирование и расчет опалубки</i>	55
<i>Практическое занятие 6. Расчет параметров термосного выдерживания бетона</i>	67
<i>Практическое занятие 7. Индукционный прогрев бетона</i>	77
<i>Практическое занятие 8. Определение точности монтажа конструкций</i>	94
<i>Список рекомендуемой литературы</i>	104
<i>Приложения</i>	106

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина *«Технологические процессы в строительстве с использованием аддитивных технологий»* является одной из специальных дисциплин, изучаемых в университете, при подготовке бакалавров для строительной отрасли.

При изучении данной дисциплины формируются знания студентами теоретических основ методов выполнения отдельных строительных процессов, формирование системы знаний, умений и навыков в области современных наиболее совершенных способов (методов) их выполнения, базирующихся на применении эффективных строительных материалов и конструкций, современных технических средствах, прогрессивной организации труда, теоретических основах инженерных расчетов, проектировании и выполнении строительно-монтажных работ, ведущих к созданию конечной строительной продукции требуемого качества. Формируется набором из одной компетенции (профессиональной) будущего бакалавра по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Код	Формулировка:
ОПК-8	Способен осуществлять и контролировать технологические процессы строительного производства и строительной индустрии с учетом требований производственной и экологической безопасности, применяя известные и новые технологии в области строительства и строительной индустрии

В методических указаниях представлены методики выполнения практических работ по дисциплине *«Технологические процессы в строительстве с использованием аддитивных технологий»*. В указаниях рассматриваются основные понятия и положения технологии строительных процессов, роль участников строительства. Излагаются основы строительных

процессов и работ, даются основные сведения о трудовых ресурсах и материальных элементах строительных технологий, методы производства отдельных видов строительно-монтажных работ.

Приводятся описание нормативной и проектной документации строительного производства, понятия о качестве строительной продукции. Работы включают определение объемов и продолжительности общестроительных и специальных работ, выбор комплексной механизации при производстве работ при устройстве выемок и планировании площадок, определение крутизны откосов выемок глубиной более 5 м, выбор режима зимних способов бетонирования и др.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

Трудоемкость и продолжительность строительных работ

Цель: научиться проектировать технологические карты строительных процессов.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций:

– знать строительные материалы, включая конструкционные, отделочные, тепло- и гидроизоляционные; основные физико-механические характеристики материалов

– уметь проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;

– владеть технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования;

Код	Формулировка:
ОПК-8	Способен осуществлять и контролировать технологические процессы строительного производства и строительной индустрии с учетом требований производственной и экологической безопасности, применяя известные и новые технологии в области строительства и строительной индустрии

Актуальность темы: основой технологического проектирования строительных процессов являются технологические карты, которые

разрабатываются в определенной последовательности и содержат все необходимые условия для организации работ.

Теоретическая часть

На первом этапе устанавливается номенклатура, объемы и затраты труда (трудоемкость и машиноемкость) работ, подлежащих исполнению, на основе рабочих чертежей и нормативов затрат труда и машинного времени. Результаты расчетов служат для выбора варианта наиболее эффективной технологии производства работ и выбора материально-технического содержания процессов.

Пример

А. Земляные работы

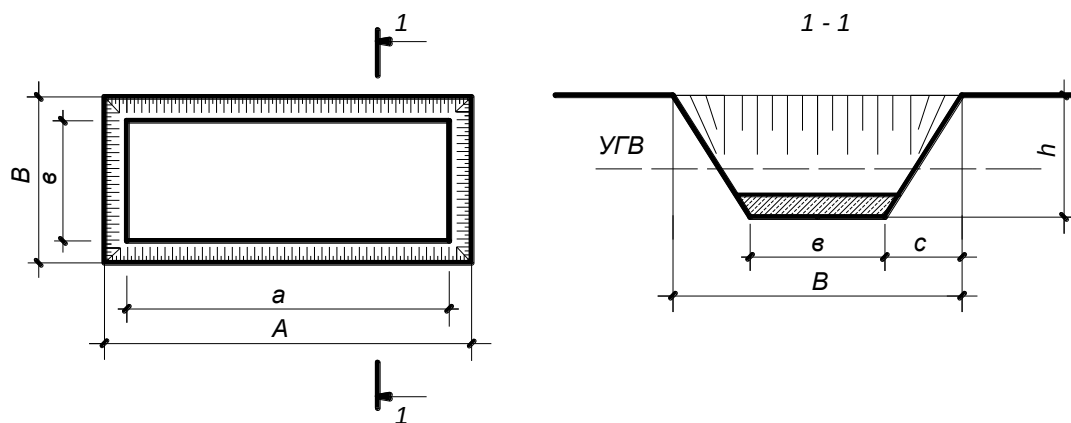


Рисунок 9.1 – Размеры котлована

$a=73$ м; $b=24$ м; $h=3,5$ м; $УГВ = -2,0$ м

- грунт – глина жирная мягкая без включений, район строительства – г.Ставрополь;
- разработка котлована механизированная, экскаватором – драглайн с выемкой части грунта навывмет (для обратной засыпки) и с погрузкой в а/самосвалы для вывоза в отвал на расстояние 4 – 5 км остальной части грунта;

- доработка грунта (недобора) до проектной отметки производится вручную;

- обратная засыпка выполняется после устройства фундаментов. Перемещение грунта в пазухи – бульдозером ящичного типа на расстояние 10 м. Уплотнение грунта слоями по 25 см ручной трамбовкой.

Б. Устройство фундаментов

Фундаменты монолитные железобетонные густоармированные:

- объем фундамента $10,8 \text{ м}^3$;
- количество фундаментов – 39 шт.;
- опалубка из отдельных досок, площадь опалубки фундамента 19 м^2 ;
- арматура: горизонтальные сетки по 160 кг – 2 шт ($\varnothing 16 - 32$), весом по 5 кг – 6 шт; вертикальные сетки до 100 кг – 4 шт (устанавливается частями);
- укладка бетона – краном в бадьях;
- распалубка вручную.

В. Монтаж колонн

Колонны без капителей, массой 4,5 тн. Устанавливаются звеном монтажников. Кран пневмоколесный. Подливка бетоном в стаканах вручную, уплотнение глубинным вибратором, объем бетона $0,15 \text{ м}^3$ на узел.

Объемы работ подсчитываются по рабочим чертежам в следующей последовательности:

- выполнить план и разрез котлована;
- нанести на чертежи заданные размеры;
- найти неизвестные параметры:
крутизну откоса $1: m$, м [8, таблица 4];
недобор грунта t = [8, таблица 4];

коэффициенты первоначального ($K_{н.р.}$) и остаточного ($K_{о.р.}$) разрыхления грунта, в долях единицы [11, приложение 2];

заложение откоса $c=h \times m$, м;

размеры котлована по верху:

$$A = a+2c; B = в+2c; \quad (9.1)$$

– объем грунта в плотном теле, подлежащий разработке механизированным способом (по приближенной формуле), м³:

$$V_{мех} = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot (h-t), \quad (9.2)$$

где $S_1 = a \cdot b$; $S_2 = A \cdot B$

– объем недобора (приближенно) м³:

$$V_{дор} = a \cdot b \cdot t; \quad (9.3)$$

– объем мокрого грунта, м³:

$$V_{мокр} = \frac{[b + (1.5-t)2m][a + (1.5-t)2m] + a \cdot b}{2} \cdot (1.5-t); \quad (9.4)$$

– объем (геометрический) обратной засыпки, м³

$$V_{под} = V_{мех} + V_{дор} - V_{фунд}, \quad (9.5)$$

– объем (в плотном теле) грунта на вывоз в отвал (м³)

$$V_{отв} = V_{фунд} \quad (9.6)$$

Остальные объемы подсчитать непосредственно при составлении калькуляции.

Составление калькуляции трудозатрат и заработной платы

Таблица 9.1 – Калькуляция трудозатрат и заработной платы

№ п/п	вание ЕИИР	Наименование работ	а измерен	количе ство	Затраты труда на единицу измерения	Затраты труда на весь объем	Расценка руб.-коп. рабоч./машин	Состав звена
-------	---------------	--------------------	--------------	----------------	---	--------------------------------------	---------------------------------------	-----------------

					чел.-час	маш.-час	чел.- час	маш.-час	на единицу времени	на весь объем	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Е 2 – 1 – 10, т. 2, п. 2 з	А. Земляные работы Разработка грунта II гр. в котловане экскаватором - драглайн навывмет, емкость ковша 0,5м ³	100 м ³			2,9			2 – 44		Машинист 6 разряда
		Итого:					Σ	Σ		Σ	

Порядок заполнения калькуляции.

а) Земляные работы [1].

1. Работа экскаватора навывмет. Нормируем по [11] § Е 2 – 1 – 10

– в соответствии с исходным условиями таблицы 2 [11] § Е 2 – 1 – 10 составляем описание работы (графа 3 калькуляции).

Разработка грунта . . . группы в котлованах и траншеях одноковшовым экскаватором – драглайн, емкостью ковша . . . м³, навывмет;

– единица измерения ... 100 м³ грунта (графа 4);

– количество единиц ... $V_{зас}/100$, (графа 5);

– группа грунта ... [8, таблица 1]; $p=...$;

– экскаватор подбираем по глубине копания в § Е 2 – 1 – 7;

– состав звена по таблице 1 [11];

– $H_{вр}$ и $P_{асц}$ по таблице 2 [11].

2. Разработка грунта с погрузкой в автосамосвалы. В том же порядке, объем работ $(V_{мех} - V_{раз} - V_{мок}) / 100$

3. То же, мокрого грунта. Нормируем в том же порядке. К $H_{вр}$ и $P_{асц}$, применяем коэффициент согласно [11, глава I, п. 7].

б) Бетонные работы и монтаж колонн нормируется по [12].

4. Подсчитаем по калькуляции трудоемкость в чел. – час, переводим в чел. – дн. Продолжительность рассчитывается по времени работы машин, для ручных работ – делением трудоемкости на количество человек в звене.

В зимнее время трудоемкость возрастает. Для расчета используется [12]:

– определяем температурную зону [12, стр. 23];

– группу работ [12, стр. 27, 29];

– коэффициенты [12, таблица 1];

– трудоемкость и продолжительность определяем умножением на найденные коэффициенты.

Вопросы и задания:

Определить состав и объем заданных работ. Составить калькуляцию трудовых затрат и заработной платы на работы по устройству котлована, монолитных железобетонных фундаментов и установке вертикальных элементов каркаса одноэтажного промышленного здания. Определить продолжительность работ. Определить трудоемкость в зимнее время.

Определяем состав работ:

А) земляные работы:

1. Работа экскаватора навывет.
2. То же, с погрузкой автосамосвала.
3. То же, мокрого грунта.
4. Доработка до проектной отметки вручную.
5. Обратная засыпка.
6. Уплотнение грунта в пазухах.

Б) Бетонирование фундаментов.

1. Устройство опалубки.

2. Установка арматуры.
3. Укладка бетонной смеси с уплотнением.
4. Распалубливание.

В) Монтажные работы:

1. Установка колонн.
2. Подливка колонн в стаканах бетоном.

1. Что такое трудоемкость , в чем она исчисляется?
2. Что называется нормой времени и нормой выработки?
3. Как присваивается разряд рабочему?
4. Построение и правила пользования ЕНиР.
5. Содержание общей части ЕНиР.
6. Формы заработной платы рабочих в строительстве.
7. Что такое тарифный коэффициент и тарифная сетка в строительстве?
8. Как исчисляется трудоемкость в зимнее время?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

Технологическое проектирование процесса устройства котлована под фундаменты

Цель: научиться проектировать процесс устройства котлована под фундаменты.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций:

- знать виды грунтов и основные физико-механические характеристики грунтов;
- уметь проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;
- владеть технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования;

Код	Формулировка:
ОПК-8	Способен осуществлять и контролировать технологические процессы строительного производства и строительной индустрии с учетом требований производственной и экологической безопасности, применяя известные и новые технологии в области строительства и строительной индустрии

Актуальность темы: Разработка котлованов – один из основных видов земляных работ. В зависимости от запроектированного объема,

характера грунтов, условий их перемещения и других факторов котлованы разрабатывают различными способами и комплектами машин.

Теоретическая часть

Комплексный (сложный) процесс включает в себя простые (рабочие) процессы и отдельные технологические операции. В общем случае процесс устройства котлована включает в себя срезку растительного слоя (бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, экскаваторные комплекты) с транспортировкой и укладкой в отвал; рыхление плотных и скальных грунтов (бульдозерами-рыхлителями, клин-бабой, клин-молотами, буровыми машинами, взрывами); механизированную разработку грунта в котловане с размещением вдоль котлована грунта, предназначенного для обратной засыпки и погрузкой в транспортные средства излишков грунта для вывоза в отвал (бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, экскаваторы); разработку недобора грунта (специальные бульдозеры, экскаваторы-планировщики); зачистку основания (обычно вручную); обратную засыпку пазух с послойным уплотнением после устройства фундаментов (бульдозеры, автогрейдеры, экскаваторы с грейферным оборудованием, пневмотрамбовки, грунтоуплотняющие машины и др.).

Разработка котлованов – один из основных видов земляных работ. В зависимости от запроектированного объема, характера грунтов, условий их перемещения и других факторов котлованы разрабатывают различными способами и комплектами машин. Разработку котлованов ведут с погрузкой в транспортные средства и навывет (в отвал).

В связи с тем, что котлованы имеют значительные размеры (особенно по длине) с целью обеспечения поточного ведения работ его разбивают на участки (захватки), исходя из технологических особенностей. Особое внимание уделяют организации забоя – рабочего места землеройных машин на каждом участке. Экскаваторный забой – рабочая зона экскаватора,

ограниченная радиусом копания и включающая площадку для размещения экскаватора, часть проходки, разрабатываемую с одной стоянки, и площадку для размещения средств транспорта или отвала грунта. Как и проходка, забой носит название лобового (торцевого) или бокового.

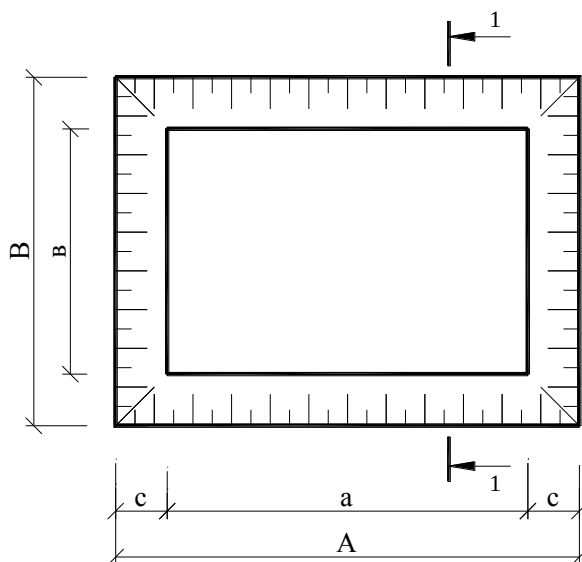
Ведущую машину выбирают для основного процесса, которым является рытье котлована. По этому процессу выполняют увязку всех остальных работ.

При механическом способе разработки грунта пользуются преимущественно экскаваторами, оборудованными различными рабочими органами. При этом следует иметь в виду, что выбор типоразмера одноковшового экскаватора зависит от группы грунта, мощности разрабатываемого слоя (высота забоя), которая должна быть достаточной для хорошего заполнения ковша и объема работ.

Пример

Объемы работ определяют по рабочим чертежам.

а) Выполнить план и разрез котлована, определить и нанести на чертежи все параметры.



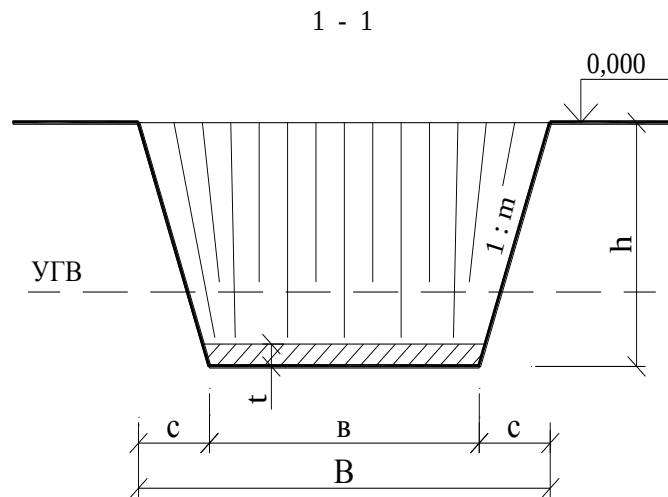


Рисунок 10.1 – План и разрез котлована

a, b – размеры котлована по дну, м;

h – глубина котлована, м;

c – заложение откоса, м; $c = h \cdot m$, $1 : m$ – откос [8];

УГВ – отметка (глубина) уровня грунтовых вод;

t – недобор грунта [8, таблица 4]

$A = a + 2c$ – длина котлована по верху, м;

$B = b + 2c$ – ширина котлована по верху, м;

Группа грунта по трудности разработки [11, глава I, техническая часть, таблица 1].

V_p – рабочий объем (объем грунта в плотном теле в котловане).

б) Определить по точной и по приближенной формулам:

точный объем (по формуле обелиска)

$$V_p = \frac{h}{6} [(2A + a)B + (2a + A)b]; \quad (10.1)$$

приближенный объем

$$V_p = \frac{F + F_1}{2} \cdot h, \quad (10.2)$$

где $F = a \cdot b$, $F_1 = A \cdot B$.

Определить ошибку (в %). В некоторых случаях можно пользоваться приближенной формулой при допустимой погрешности 3%;

$K_{n.p.}$ – коэффициент первоначального разрыхления [11, приложение 2];

$K_{o.p.}$ – коэффициент остаточного разрыхления [11, приложение 2].

– Объем грунта (в плотном теле) в пазухах

$$V_z = V_p - (a-1)(b-1)h \quad (10.3)$$

– Объем грунта (в плотном теле), подлежащий вывозу в отвал

$$V_{отв.} = (a-1)(b-1)h + V_z(K_{o.p.} - 1); \quad (10.4)$$

с учетом $K_{n.p.}$ объем грунта, подлежащий погрузке в а/самосвалы для вывоза в отвал

$$V_{позр.} = V_{отв.} \cdot K_{n.p.} \quad (10.5)$$

– Объем недобора грунта (приблизленно)

$$V_{нед.} = a \cdot b \cdot t. \quad (10.6)$$

– Площадь основания, подлежащего зачистке

$$S_z = (a-1)(b-1). \quad (10.7)$$

Выбор варианта ведущей машины

Ведущей машиной является машина, занятая на основном (ведущем) процессе – выемке грунта из котлована.

Последовательно определить:

– экскаватор цикличного или непрерывного действия (в зависимости от вида и параметров выемки);

– тип ковша (по виду и категории грунта);

– емкость ковша [2, таблица 2.5];

– вид рабочего оборудования (приложение Б);

– ходовое устройство (указания ниже).

Указания по выбору ходового устройства экскаватора.

Экскаваторы на гусеничном ходу должны применяться:

- на сосредоточенных объемах земляных работ, когда не требуются частые перебазировки;

- при работе на слабых грунтах, когда небольшое удельное давление на грунт и равномерное распределение его на опорной поверхности создают благоприятные условия для устойчивости экскаватора при работе и передвижении;

- при разработке скальных грунтов, где пневматические шины быстро выходят из строя.

Экскаваторы на пневмоколесном ходу целесообразно применять:

- на грунтах с высокой несущей способностью;

- на рассредоточенных объемах работ;

- для работы в городских условиях, где требуется частая перебазировка собственным ходом по асфальтовым покрытиям.

Экскаваторы на специальном шасси автомобильного типа должны применяться на рассредоточенных работах (дорожные работы, строительство линий электропередач, строительство магистральных трубопроводов и т. п.).

Экскаваторы навесные на гусеничных и пневмоколесных тракторах, обладающие лучшей проходимостью, чем экскаваторы на гусеничном и пневмоколесном ходу, должны применяться для работы в условиях бездорожья и на рассредоточенных работах.

Определить привод (принять 2 – 3 варианта).

Пользуясь системой индексации (рисунок 10.2) определить 3...4 марки одноковшовых экскаваторов. Проверить возможность отрывки котлована и траншеи на всю глубину выбранными экскаваторами по глубине копания при торцовой и боковой проходках (приложения Б, В, Г, Д).

Выписать основные технические характеристики выбранных экскаваторов.

Из числа намеченных вариантов выбрать наиболее экономичный (по приведенным затратам).

Приведенные затраты по i -му варианту:

$$Зп_i = C_i + E_H \cdot K_i,$$

где $E_H = 0,15$ – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

C – себестоимость разработки 1 м^3 грунта, руб.:

$$C = 1,08 C_{M-СМ} / \Pi_{Э.СМ};$$

1,08 – коэффициент накладных расходов;

$C_{M-СМ}$ – себестоимость машино-смены экскаватора, руб.:

$$C_{M-СМ} = 8,2 C_{\text{маш-час.}};$$

$$C_{\text{маш-час.}} = MA / 820 T_{\text{ч.дн.}} \cdot \beta + (M_{\text{д}} + T_p) / T_{\text{ч}} + P + B + Э + C_C + З,$$

$T_{\text{ч.дн.}}$ – число дней работы машины в году (таблицы 10.2 – 10.4);

β – число смен машины в сутки;

$T_{\text{ч}}$ – число часов работы машины на объекте

$$T_{\text{ч}} = (V_p - V_{\text{дор.}}) \cdot t_{\text{СМ}} / \Pi_{Э.СМ};$$

$t_{\text{СМ}}$ – продолжительность смены, час;

$\Pi_{Э.СМ} = \Pi_T \cdot K_B \cdot t_{\text{СМ}}$ – сменная эксплуатационная производительность, $\text{м}^3/\text{см}$;

$\Pi_T = 60q \cdot K_e \cdot n$ – техническая производительность, $\text{м}^3/\text{см}$;

K_B – коэффициент использования машины по времени [11, приложение 3];

q – геометрический объем ковша, м^3 ;

K_e – коэффициент использования объема ковша (приложение Г, таблицы Г.1, Г.2);

n – число циклов полезной работы за одну минуту (приложение В, таблицы В.1 – В.3);

K – удельные капитальные вложения на разработку 1 м^3 грунта, руб.

$$K = 1,07 C_{оп} / (П_{э.см.} \cdot t_{год}),$$

где: 1,07 – коэффициент транспортных расходов;

$C_{оп}$ – оптовая цена экскаватора, руб. (таблица 10.1);

$t_{год}$ – нормативное число смен работы экскаватора в году (таблицы 10.2 – 10.4).

Окончательный вариант – по $\min Z_{np}$.

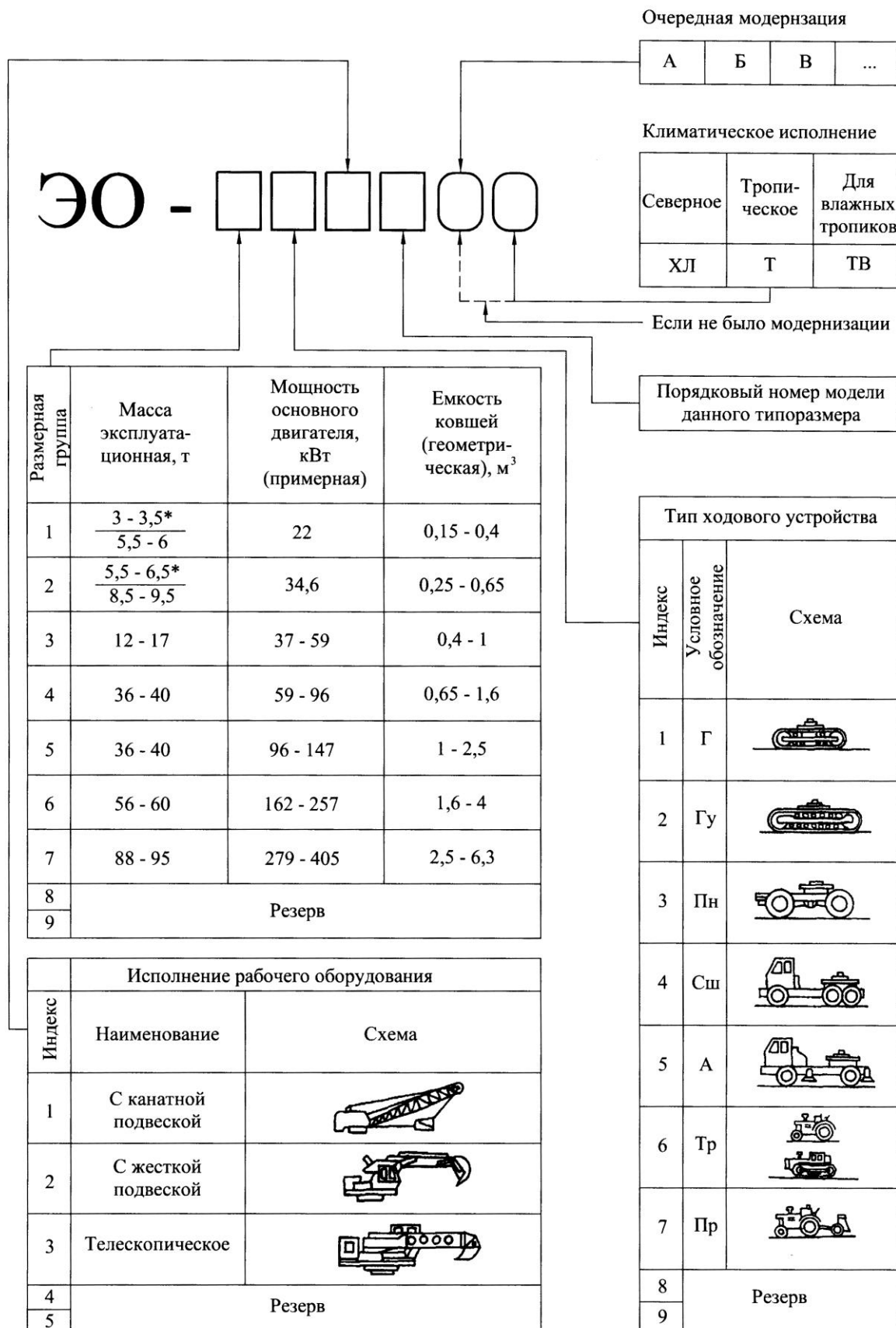


Рисунок 10.2 – Структура индекса одноковшовых экскаваторов

Таблица 10.1 – Данные для определения себестоимости 1 маш.-ч. экскаваторов

Модель экскаватора	Стоимость машины, тыс. руб.		Амортизационные отчисления (реновация + капитальный ремонт) А, %	Число часов работы в год, Т год (для среднего пояса), ч	Стоимость одного монтажа и демонтажа М _д , руб.	Стоимость транспортирования на объект, т. руб.	Эксплуатационные затраты на 1 маш.-ч, руб.				Заработная плата машиниста З, руб.
	оптовая	расчетная					на техническое обслуживание и текущий ремонт, Р	на ремонт и замену сменной оснастки, В	на энергоматериалы, Э	на смазочные материалы, Сс	
Экскаваторы одноковшовые											
Э – 2621 А	6	6,42	28	1950	-	13,6	0,87	0,16	0,55	0,14	0,7
Э – 3311 Г	11,5	12,3	22	3230	-	17,75	0,67	0,22	0,55	0,14	0,7
Э – 304 Г (В)	11,4	12,2	22	3230	-	42,75	0,76	0,04	0,65	0,16	0,7
ЭО – 3112 Б	17,5	18,72	22	3230	-	42,75	0,76	0,05	0,82	0,21	0,7
ЭО – 4111 Б	13,5	17,14	18,5	3275	-	42,75	0,76	0,14	0,9	3,23	1,34
ТЭ – 3 М	10,5	11,24	18,5	3230	-	42,75	0,76	0,14	0,68	0,17	1,34
Э – 10011 Е	20,63	21,96	18,5	3275	-	42,75	1,5	0,22	1,09	0,27	1,34
Э – 10011 АС	23,50	25,14	18,5	3275	-	42,75	1,5	0,22	1,09	0,27	1,34
ЭО – 6111 Б	20,10	21,51	18,5	3275	-	56	1,5	0,37	0,98	0,25	1,34
ЭО – 6112 Б	21,10	25,58	18,5	3275	-	56	1,5	0,37	1,42	0,36	1,34
ЭО – 6112 ВС	23,60	25,25	18,5	3275	-	56	1,5	0,37	1,42	0,36	1,34
Э – 2503	52,4	56,07	14	3275	1590	780,2	2	0,64	1,2	0,3	1,34
Э – 2505	53,5	68,27	14	3275	1590	780,2	2	0,64	1,27	0,32	1,34
Э – 2505 АС	79,3	84,85	14	3275	1590	780,2	2	0,64	1,27	0,32	1,34
ЭО – 5112	23,40	25,04	18,5	3275	-	45,75	1,5	0,22	0,44	0,11	1,34
ЭО – 3322 А (Б)	19,40	20,76	22	3275	-	7,7	0,76	0,05	0,82	0,25	1,34
ЭО – 4321	26,90	28,78	18,5	3275	-	17,75	0,76	0,05	0,82	0,25	1,34
ЭО – 4121 А	21,94	23,47	18,5	3275	-	17,75	0,76	0,05	0,82	0,25	1,34
ЭО – 5122	34,90	37,84	18,5	3275	-	56	1,5	0,37	1,42	0,36	1,34
ЭО – 6122	70	74,9	18,5	32,75	-	56	2	0,64	1,42	0,36	1,34

Таблица 10.2 – Годовой режим работы экскаваторов с ковшом объемом 0,25м³ (при использовании в две смены)

Показатель	Температурные зоны			
	I	II	III	IV
Число нерабочих дней в году	191	240	246	258
В том числе по причинам:				
праздничные и выходные дни	112	112	112	112
перебазировка машин	20	20	19	18
метеорологические причины	47	97	103	117
непредвиденные причины	8	8	8	8
техническое обслуживание и ремонт				
доставка и ожидание ремонта	5	4	4	3
Число дней работы в году	173	125	119	107
Среднесуточное время работы, ч	16,4	16,4	16,4	16,4
Рабочее время в году, ч	2837	2060	1951	1755

Таблица 10.3 – Годовой режим работы экскаваторов с ковшом объемом 0,4 – 0,65 м³ (при работе в две смены)

Показатель	Температурные зоны					
	I	II	III	IV	V	VI
Число нерабочих дней в году	167	167	168	171	174	190
В том числе по причинам:						
праздничные и выходные дни	112	112	112	112	112	112
перебазировка машин	17	14	13	13	12	12
метеорологические причины	6	9	11	14	20	38
непредвиденные причины	7	7	7	7	7	7
техническое обслуживание и ремонт	21	21	21	21	20	18
доставка и ожидание ремонта	4	4	4	4	3	3
Число дней работы в году	201	198	197	194	191	174
Среднесуточное время работы, ч	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
Рабочее время в году, ч	3286	3245	3230	3181	3132	2851

Таблица 10.4 – Годовой режим работы экскаваторов с ковшом объемом более 0,65 м³(при использовании в две смены)

Показатель	Температурные зоны					
	I	II	III	IV	V	VI
Число нерабочих дней в году	161	164	164	166	179	187
В том числе по причинам:						
праздничные и выходные дни	112	112	112	112	112	112
перебазировка машин	5	5	4	4	3	3
метеорологические причины	6	9	11	14	20	38
непредвиденные причины	7	7	7	7	7	7
техническое обслуживание и ремонт	27	27	27	26	26	21
доставка и ожидание ремонта	4	4	3	3	3	3
Число дней работы в году	204	201	201	199	195	178
Среднесуточное время работы, ч	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
Рабочее время в году, ч	3346	3296	3296	3296	3198	2919

Выбор транспортных средств при устройстве котлованов.

Эффективность работы экскаватора с погрузкой грунта в транспортные средства в значительной степени зависит от правильной организации транспортирования грунта. Основными транспортными средствами являются автосамосвалы и автосамосвальные прицепы. Самосвалы выбираются в зависимости от емкости ковша экскаватора по рекомендациям, приведенным в таблице 10.5. Число транспортных средств (N_{mp}) при работе экскаватора на транспорт:

$$N_{mp} = \frac{T_{ц}}{t_{п}}, \quad (10.8)$$

где $T_{ц}$ – длительность цикла работы одного а/самосвала, мин;

$t_{п}$ – длительность погрузки а/самосвала, мин.

Таблица 10.5 – Основные характеристики автомобилей – самосвалов

Параметры	КАЗ – 4540	УРАЛ – 5557	МоАЗ – 75051	ГАЗ – СА3507	САЗ – 3502	ЗИЛ – ММЗ – 4502	МАЗ – 5551	КамАЗ – 55102	КрАЗ – 256 Б1	КрАЗ – 6510	КамАЗ – 5511
Грузоподъемность, т	5,5	7	23	4	3,2	5,8	8	7	12,5	13,5	10
Габаритные размеры, мм											
длина	6810	7693	7520	6170	5810	5280	6000	7570	8110	8290	7140
ширина	2500	2500	3545	2500	2470	2360	2500	2500	2575	2472	2500
высота	3495	2650	3400	3086	2410	2400	2970	2900	2835	2826	2700
Объем кузова (без подставки), м ³	7	7,5	11,5	5	4,25	3,8	5,5	6,0	6	8	7,9
Направление разгрузки	прямо-бортный	прямо-бортный	ковшовый	прямо-бортный	прямо-бортный	прямобортный	прямо-бортный	прямо-бортный	ковшовый	ковшовый	ковшовый
Рекомендуемая емкость ковша экскаватора q, м ³	0,5...0,65	0,65...1,25	2...3	0,35...0,5	0,15.0,35	0,65..1,25	1,0...1,25	0,65..1,25	1,25...2	1,25...2	1,25...2
Время маневрирования при погрузке t _м , мин.	1,33	1,33	2	1	1	1,33	1,33	1,33	2	2	2
Время разгрузки с маневрированием t _{мин} , мин.	1,9	1,9	2	1,2	1,2	1,9	1,9	1,9	2	2	1,9

$$T_{ц} = t_{п} + \frac{2L}{V_{ср} / 60} + t_{р.м.} + t_{м}; \quad (10.9)$$

где $t_{п}$ – длительность погрузки а/самосвала, мин;

L – расстояние от места разработки до места выгрузки, км (таблица 10.5);

$V_{ср}$ – средняя расчетная скорость движения до места разгрузки и обратно, км/ч (таблица 10.6);

$t_{р.м.}$ – время разгрузки с маневрированием, мин (таблица 10.5);

$t_{п}$ – время, необходимое на маневры при погрузке автосамосвала, мин. (таблица 10.5).

Таблица 10.6 – Скорость движения автосамосвалов и дальность перевозки по дорогам с разным видом покрытия

Тип дороги	Средняя скорость движения, км/ч при дальности возки, км				
	0,5	1	2	3	5
Асфальтобетонные, бетонные и из сборных ж/б плит	20	25	35	35	35
Щебеночные и гравийные	18	22	30	30	30
Булыжная мостовая	16	20	27	27	27
Грунтовые дороги	15	17	25	25	25

$$t_{п} = \frac{M}{n_T \cdot K_T}; \quad (10.10)$$

где $M = \frac{Q}{q \cdot K_B}$ – число ковшей, загружаемых в кузов машины (принимается

целое число, перегрузка допускается не более чем на 10 %);

Q – грузоподъемность транспортной единицы, м³;

q – геометрическая емкость ковша, м³;

K_B – коэффициент использования емкости ковша (таблица 10.7);

n_T – техническое число циклов экскаваций от погрузки до выгрузки в минуту (таблица 10.7);

K_T – коэффициент, зависящий от организации работы транспорта (таблица 10.8).

Таблица 10.7 – Коэффициент использования емкости ковша

Категория грунта	K_B
I	0,85...0,9
II	0,8
III	0,65...0,7
IV	0,6...0,65

Таблица 10.8 – Коэффициент, зависящий от организации работ транспорта

Способ разработки и подачи транспортных средств	Кольцевая подача машин при фронтальной разработке		Тупиковая подача одной машины при лобовой разработке		Тупиковая подача двух машин при лобовой разработке	
Число загружаемых ковшей в кузов машины	2...3	4...6	2...3	4...6	2...3	4...6
K_T	0,85...0,89	0,87...0,94	0,55...0,6	0,65...0,75	0,82...0,87	0,87...0,92

Число транспортных средств при проектировании работ экскаватора попеременно в отвал и на транспорт

$$N_{mp} = \frac{T_{ц}}{t_{п}} \mu ; \quad (10.11)$$

где коэффициент $\mu = \frac{K}{\varphi + K}$,

здесь $K = \frac{P_{от}}{P_{тр}}$ и $\varphi = \frac{V_{от}}{V_{тр}}$.

где $P_{от}$ – проектируемая производительность экскаватора при работе в отвал, м³/ч;

P_{TP} – то же, при погрузке в транспортные средства, м³/ч;

где $P_{OT(TP)} = 8,2 \cdot V_0 / H_{M.BP}$;

здесь $V_0 = 100 \text{ м}^3$ грунта;

$H_{M.BP}$ – норма машинного времени, маш.-час.;

V_{OT} – объем грунта, разрабатываемого экскаватором в отвал, м³;

V_{TP} – то же, в транспортные средства, м³.

После определения количества транспортных средств необходимо скорректировать величину t_{II} :

$$t_{II} = \frac{T_{II}}{N_{TP}}, \quad (10.12)$$

где N_{TP} – число транспортных средств (целое число), шт.

Составление технологической схемы экскаваторной разработки котлована.

Установить технические характеристики выбранного экскаватора (приложение В, таблицы В.1, В.3):

а) для прямой лопаты:

- наибольший радиус копания ... R_{max} ;
- наибольшая высота копания ... H ;
- длина гусеничного хода ... A ;
- ширина гусеничного хода ... B ;
- радиус, описываемый хвостовой частью платформы ... r ;
- наибольшая высота нагрузки ... H_B ;
- наибольший радиус выгрузки ... R_B ;

б) для обратной лопаты и драглайна:

- наибольший радиус копания ... R_{max} ;
- наибольшая глубина копания ... H_T ;

- то же, при боковой проходке ... H_B ;
- длина гусеничного хода ... A ;
- ширина гусеничного хода ... B ;
- радиус, описываемый хвостовой частью платформы ... r ;
- наибольший радиус выгрузки ... R_B ;
- наибольшая высота выгрузки ... H_B ;

Технологические параметры рабочего места (забоя) экскаватора для заданных выемки и вида проходок:

а) для прямой лопаты (рисунок 10.3):

- радиус установки экскаватора в забое $R_0 = \sqrt{(0,5A)^2 + (0,5B)^2}$;
- минимальный радиус копания на уровне стоянки $R_{\min}^{CT} = R_1 = R_0 + r_0$,

где $r_0 = 0,5 \div 1,5 м$ - расстояние, необходимое для установки ковша;

– наибольший радиус копания (рабочий радиус), определяемый положением откоса

$$R_p = R_3 = R_{\max} \cdot 0,9;$$

– наибольший радиус копания на уровне стоянки

$$R_{\max}^{CT} = R_2 = R_p - d_{OTK},$$

где $d_{OTK} = (h-t)m$ – заложение откоса;

– расстояние передвижки экскаватора

$$l_{II} = a = R_{\max}^{CT} - R_{\min}^{CT};$$

– наименьший радиус разгрузки ковша в автосамосвал

$$R_{pm} = r + 0,5Ba + d$$

(для ковшей с открывающимся днищем),

где Ba – ширина кузова а/самосвала, для поворачивающихся ковшей

$$R_{pm} = r + 0,3Ba = d;$$

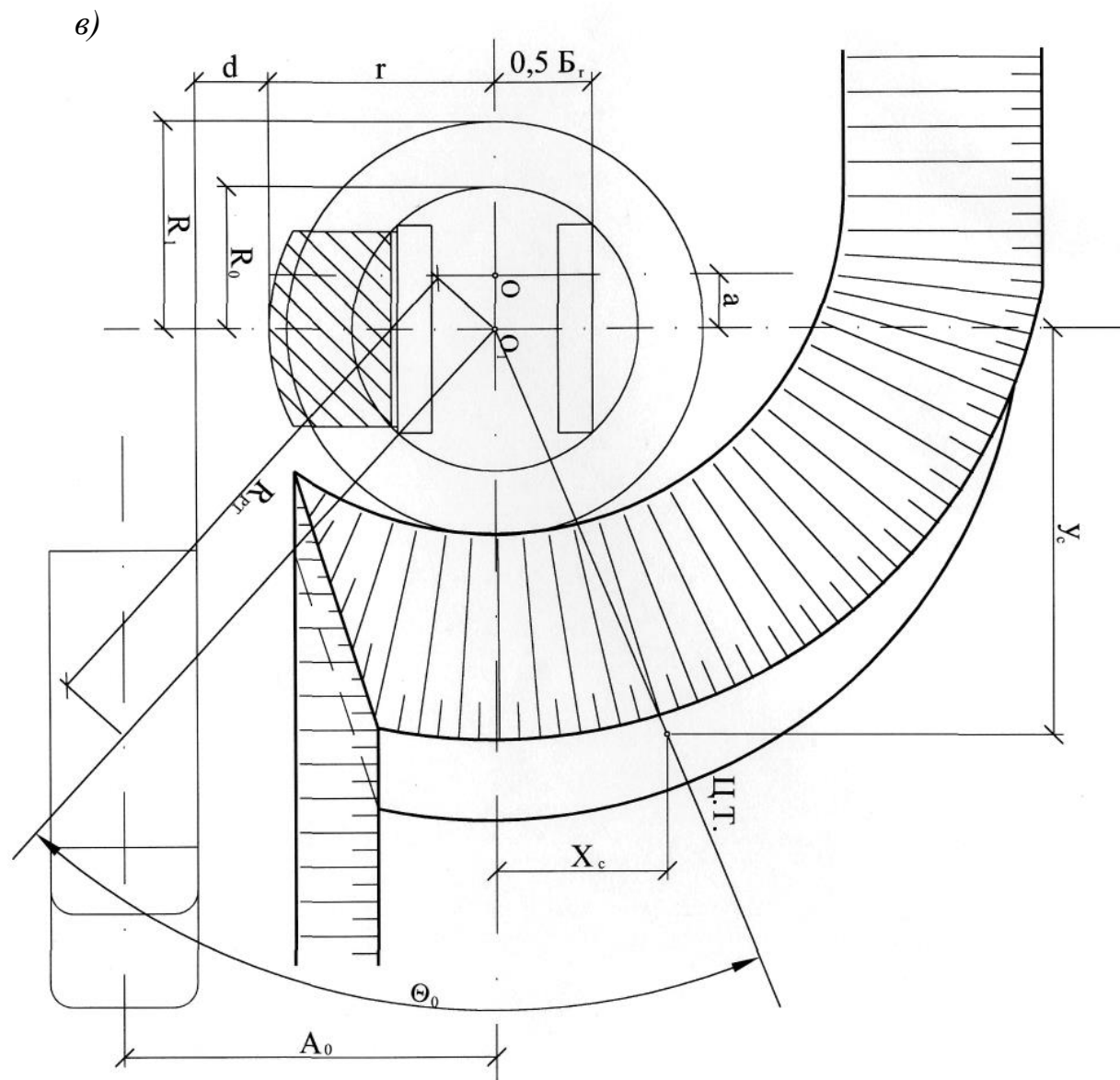


Рисунок 10.3 – Унифицированные параметры рабочего места экскаватора, оборудованного прямой лопатой: а) механического; б) гидравлического; в) в плане

– высота разгрузки ковша в а/самосвал определяется высотой борта кузова от уровня стоянки и необходимым зазором между верхом борта и ковшом при его повороте на разгрузку

$$H_{Rr} = H_K + 0,2.$$

б) Для обратной лопаты и драглайна (рисунок 10.4, 10.5):

– радиус габаритной установки экскаватора в забое

$$R_o = \sqrt{(0,5A)^2 + (0,5B)^2} ;$$

– наименьший радиус копания на уровне стоянки

$$R_{\min}^{CT} = R_1 = R_o + d ,$$

где $d = 1\text{м}$;

– наименьший радиус на уровне подошвы забоя

$$R_{\min}^{\Pi} = R_2 = R_1 + H \cdot m ,$$

где $H = h - t$;

– наибольший радиус копания на уровне стоянки

$$R_p = R_1 = 0,9R_{\max} ;$$

– наибольший радиус копания на уровне подошвы забоя

$$R_{\max}^{\Pi} = R_3 = R_p - H \cdot m \text{ – для обратной лопаты}$$

$$R_{\max}^P = R_3 = R_p - H \cdot m + (H_p + H)tg\beta \text{ – для драглайна, } \beta = 7^\circ \text{ (угол заброса);}$$

– расстояние передвигки экскаватора

$$l_{\Pi} = a = R_{\max}^{\Pi} - R_{\min}^{\Pi} ;$$

– наименьшее расстояние от оси вращения экскаватора до продольной оси движения а/самосвала

$$A_T = r + d_1 + 0,5Ba, \quad d_1 = 1\text{м} ;$$

– высота разгрузки ковша в а/самосвал (см. прямая лопата);

– радиус разгрузки ковша в а/самосвал (по схеме забоя, при принятом угле поворота).

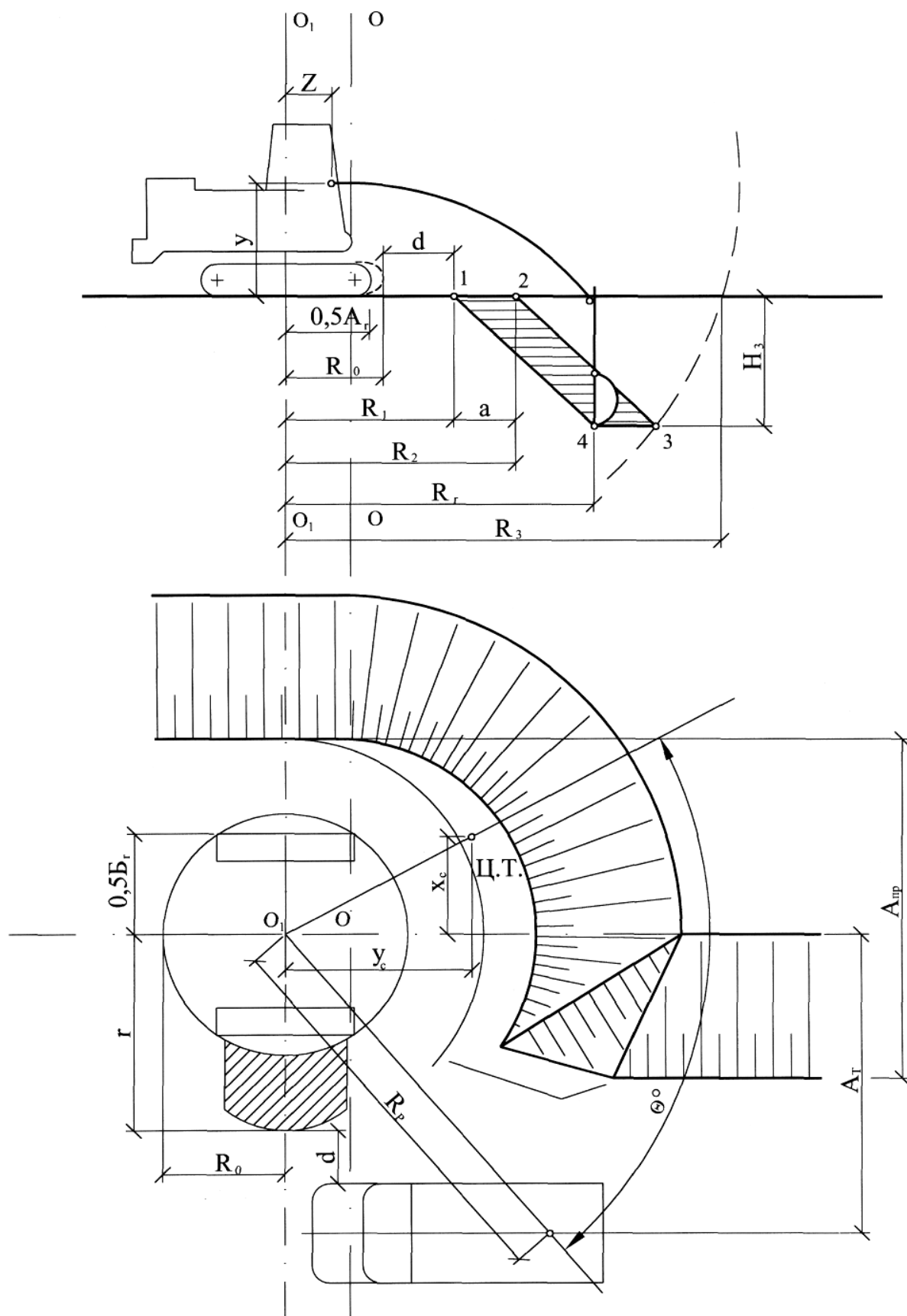


Рисунок 10.4 – Унифицированные технологические параметры рабочего места экскаватора, оборудованного обратной лопатой

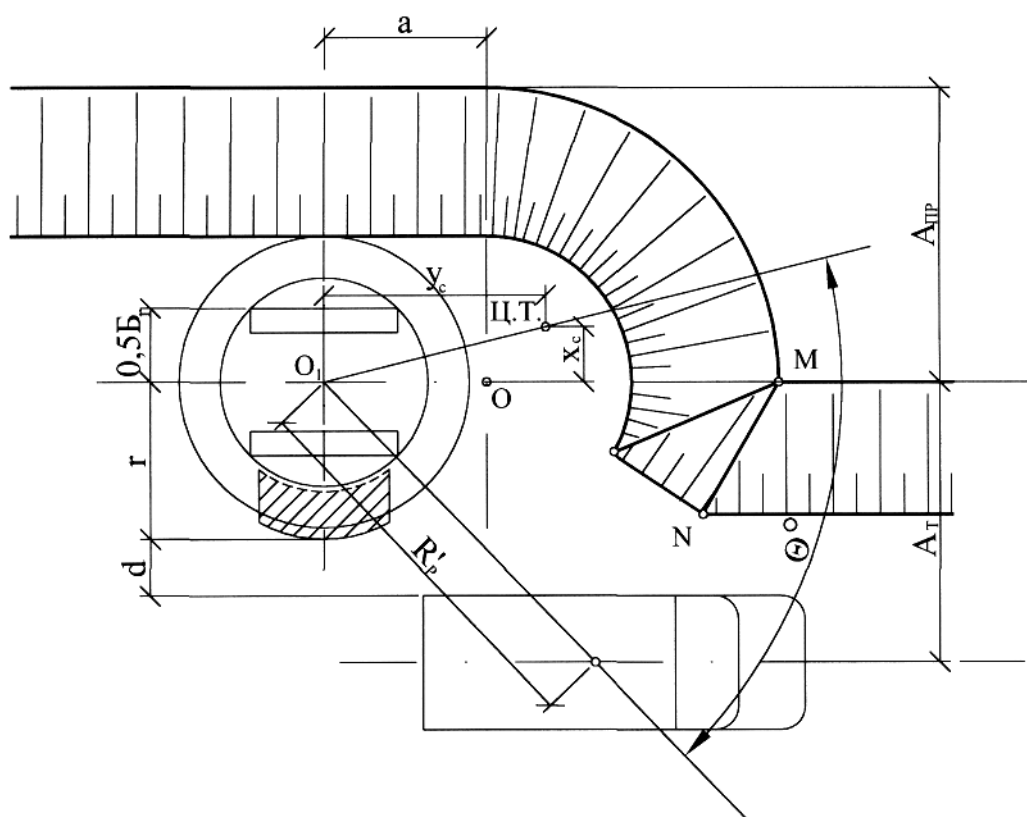
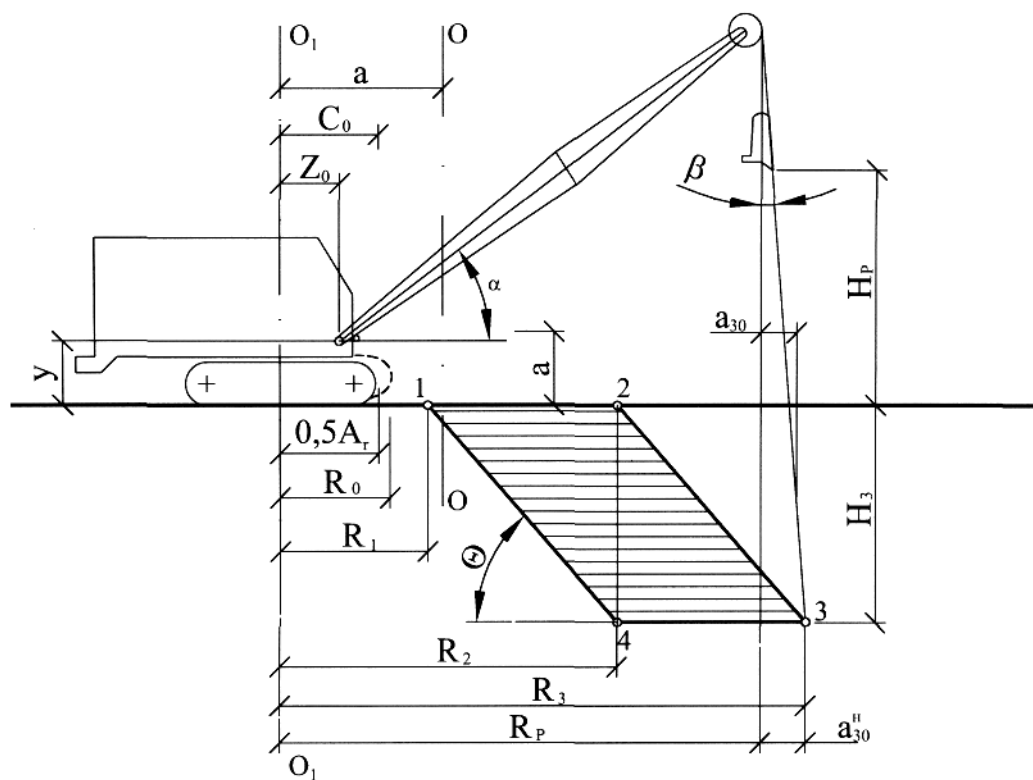


Рисунок 10.5 – Унифицированные технологические параметры рабочего места экскаватора, оборудованного драглайном

Составление технологической схемы экскаваторной разработки котлована

а) Экскаватором, оборудованным прямой лопатой:

– в соответствии с заданием и рисунком 2.5 принять общую схему проходок экскаватора;

– определить параметры въездной траншеи:

необходимая длина въезда в забой

$$L = \frac{h}{i}, \quad i = 0,01;$$

ширина по дну при одностороннем движении 3 – 3,5м;

объем въездной траншеи

$$V_{TP.} = \frac{h^2}{6} \left(3e + 2mh \frac{m' - m}{m'} \right) (m' - m), \quad m' = 1/i;$$

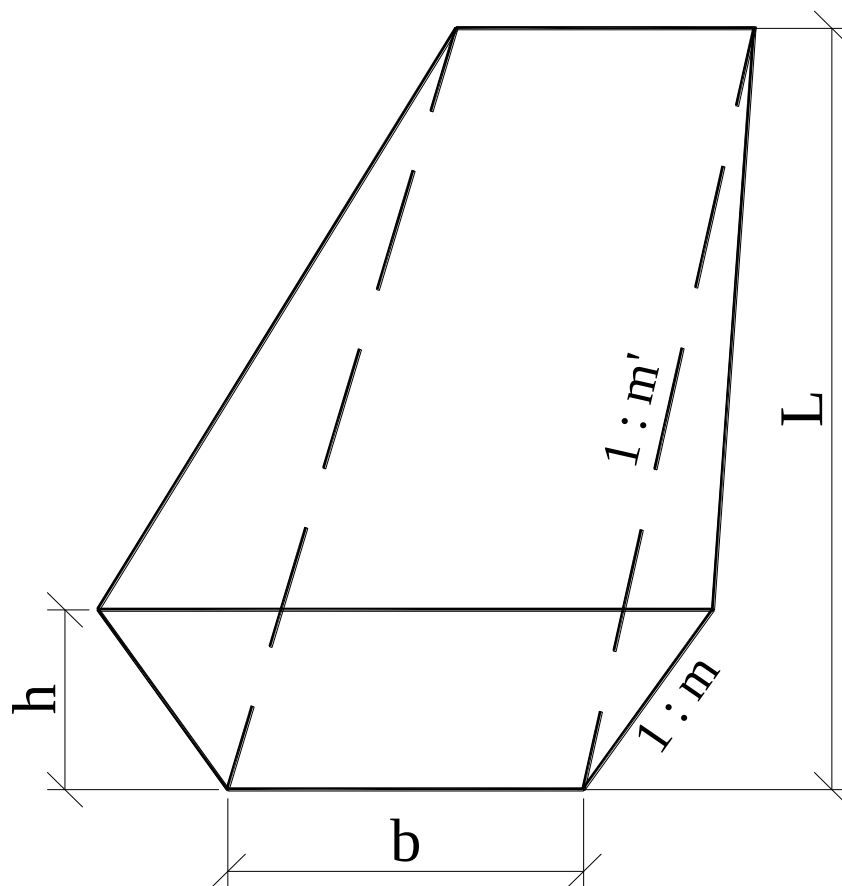


Рисунок 10.6 – К определению параметров въездной траншеи

- определение параметров первой проходки. Выполняется из условия, что грунт из траншеи, разрабатываемой лобовым забоем, должен быть вывезен в резерв для последующего использования при обратной засыпке;
- объем грунта, необходимый для обратной засыпки (в плотном теле)

$$V_{наз.}^{geom.} = V_p - V_{фунд.} ;$$

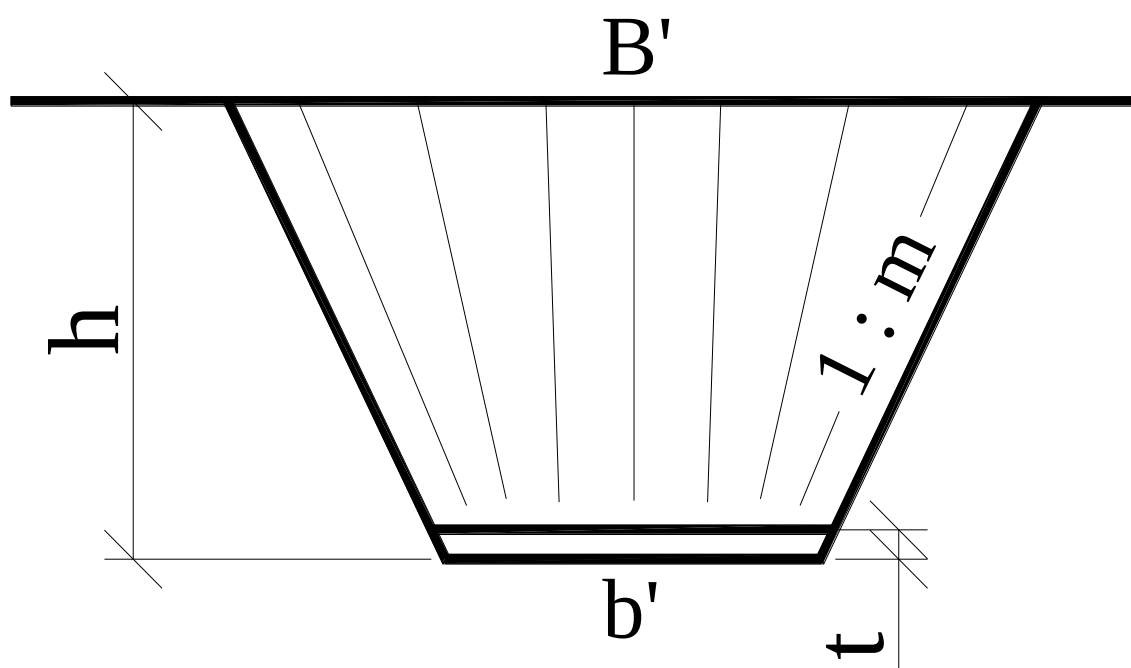


Рисунок 10.7 – Поперечник к определению въездной траншеи

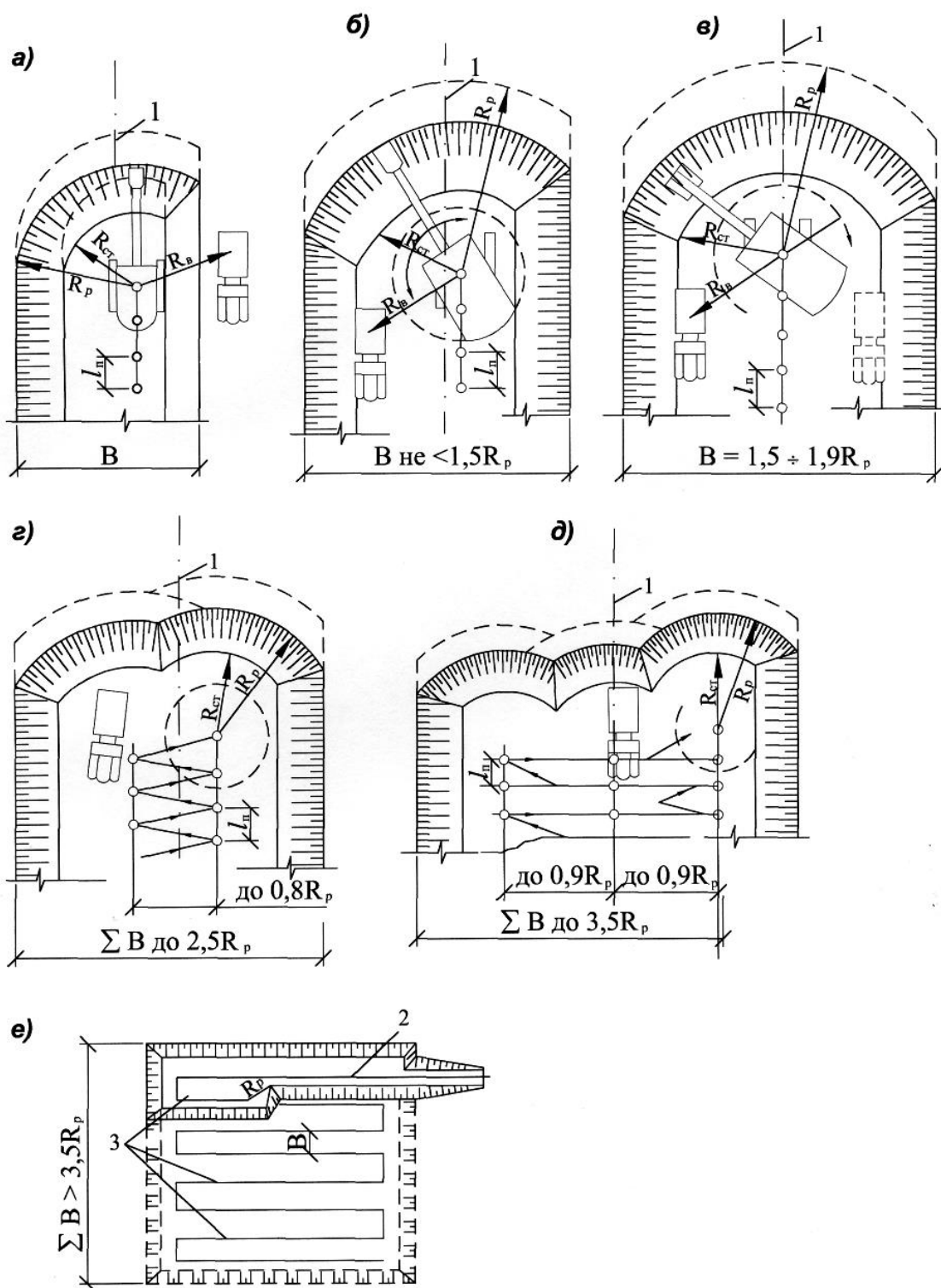


Рисунок 10.8 – Лобовые забои экскаватора с прямой лопатой при разработке котлованов: а) при движении транспорта за бровкой котлована; б) при подаче транспортных средств в котлован по одну сторону экскаватора; в) то же, на обе стороны; г) при перемещении экскаватора по зигзагу; д) при поперечном перемещении экскаватора; е) при широких котлованах более $3,5R$; 1 – ось котлована; 2 – лобовая проходка (первая); 3 – боковая проходка (последующие); В – ширина проходки поверху.

– с учетом $K_{O.P.}$ объем траншеи $V_{TP.} = V_{наз.}^{geom.} / K_{O.P.}$;

– находим ширину траншеи по дну и по верху из приближенной формулы для объема грунта в траншее:

$$V_{TP.} = \frac{a \cdot b' + A \cdot B'}{2} (h - t),$$

где $B' = b' + 2m(h - t)$;

– по B' определяем вид и параметры лобового забоя при первой проходке (рисунок 10.5);

– определяем параметры последующих проходов, выполняемых боковыми забоями (рисунок 10.8);

– ширина бокового забоя поверху

$$B = B_{O.СТ.} + B_{Т.СТ.},$$

где $B_{Т.СТ.} = 0,7R_{СТ.}$ - ширина части забоя от оси проходки экскаватора до подошвы внешнего откоса, $R_{СТ.} = R_{min}^{CT}$;

$$B_{P.СТ.} = \frac{B_{O.П.} \cdot R_{СТ.}}{R_p} \text{ — ширина части забоя от оси проходки до подошвы}$$

внешнего откоса;

$B_{O.П.} = \sqrt{R_p^2 - \ell_{II}^2}$ — ширина части забоя поверху от оси проходки до бровки внутреннего откоса;

– по результатам расчетов выполняем технологическую схему разработки котлована экскаватором с прямой лопатой (общую схему проходов, планы и разрезы лобового и бокового забоя со всеми параметрами).

б) Экскаватором, оборудованным драглайном (обратной лопатой):

Разработка котлована выполняется по схеме (рисунок 10.9). Расчет параметров выполняется в следующем порядке (в соответствии со схемой на рисунке 10.10):

– определяем размеры траншеи и призмы, грунт из которых идет в

отвал и используется для обратной засыпки:

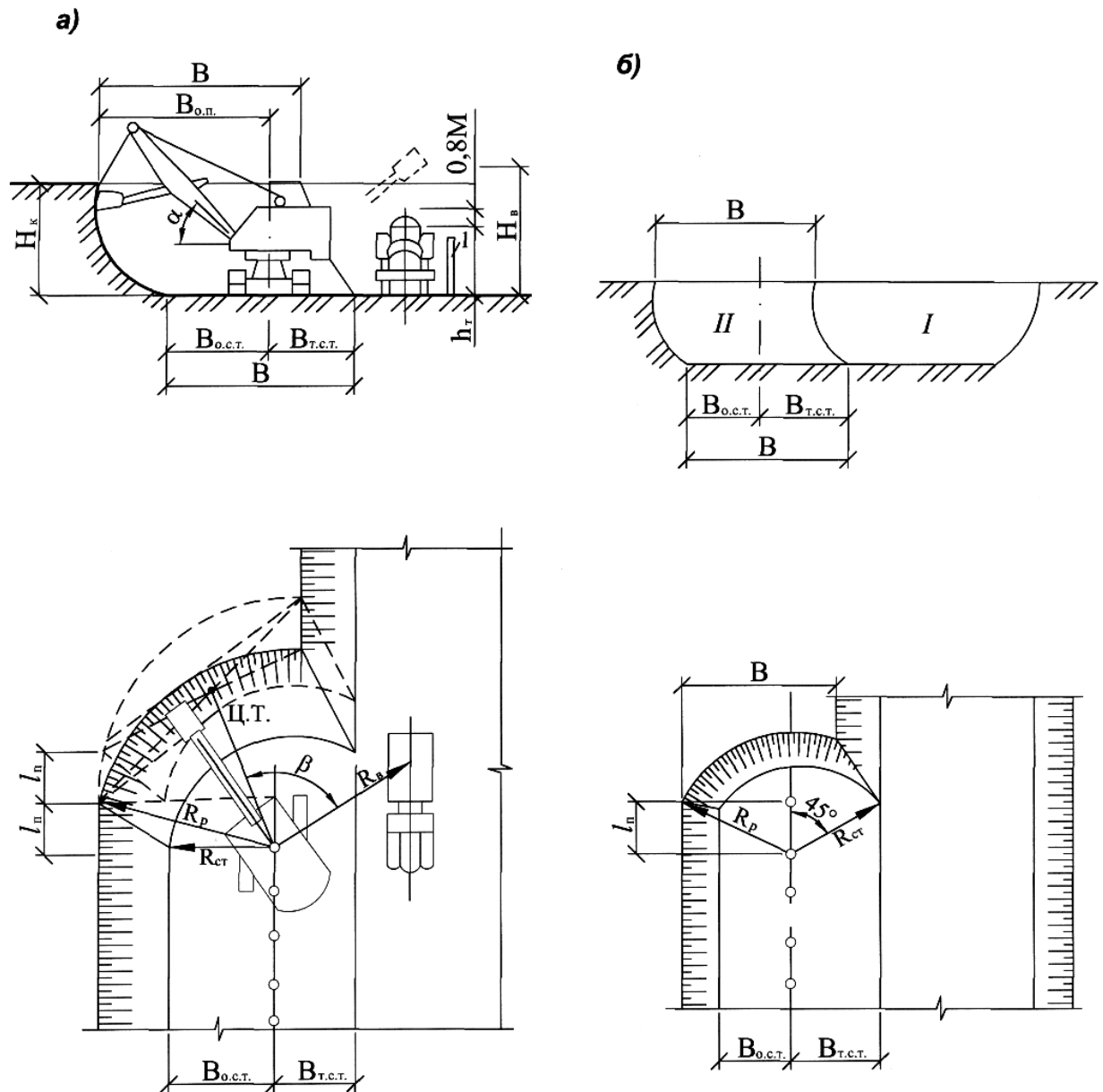


Рисунок 10.9 – Боковые забои экскаватора при разработке котлованов:
а) поперечный разрез и план; б) схема к определению ширины забоя

сечение траншеи (площадь поперечного сечения) с учетом $K_{П.Р.}$

$$S_{тр.} = \frac{V_3}{2A \cdot K_{П.Р.}}; A - \text{длина траншеи};$$

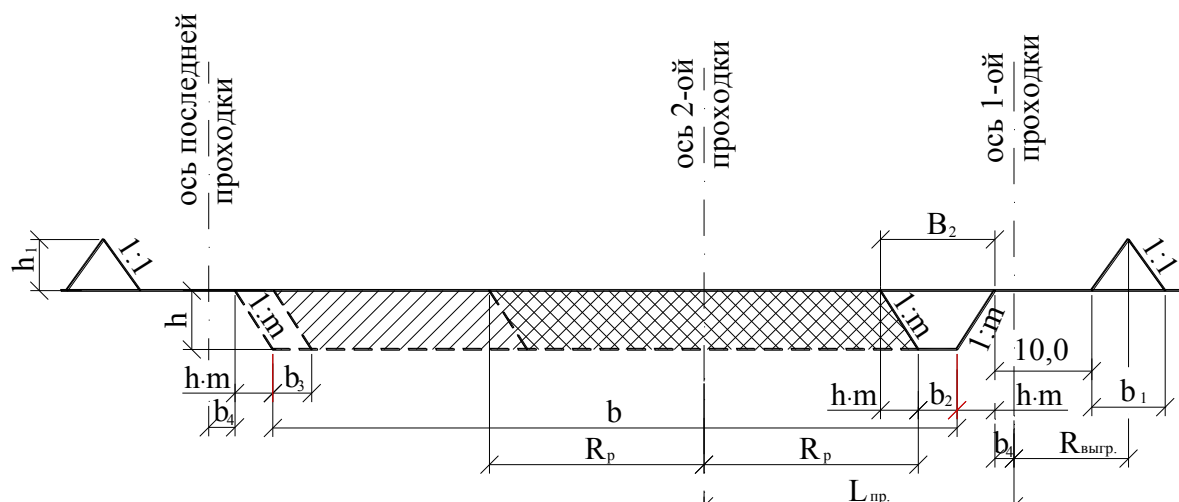


Рисунок 10.10 – Схема к расчету параметров разработки котлована экскаватором-драглайн.

с другой стороны сечение траншеи

$$S_{TP.} = \frac{b_2 + B_2}{2} h = (b_2 + h \cdot m) \cdot h ;$$

приравниваем эти два уравнения и находим b_2 ;

сечение призмы – $S_{ПР.} = S_{TP.}$;

или $S_{ПР.} = b_3 \times h$; находим b_3 ;

– определяем размеры отвалов:

откосы 1:1;

высоту отсыпки $h_1 = \frac{b_1}{2}$;

по схеме (рисунок 10.9):

$$\frac{b_1}{2} = R_{выгр.} + b_4 - 10 ,$$

где b_4 складывается из половины ширины гусеничного хода и безопасного расстояния до бровки (1 м):

$$b_4 = \frac{B_{Г.Х.}}{2} + 1 ;$$

Если $h_1 > H_{выгр.}$, то принять $h_1 = H_{выгр.}$, рассчитать $R_{выгр.}$ и b_4 .

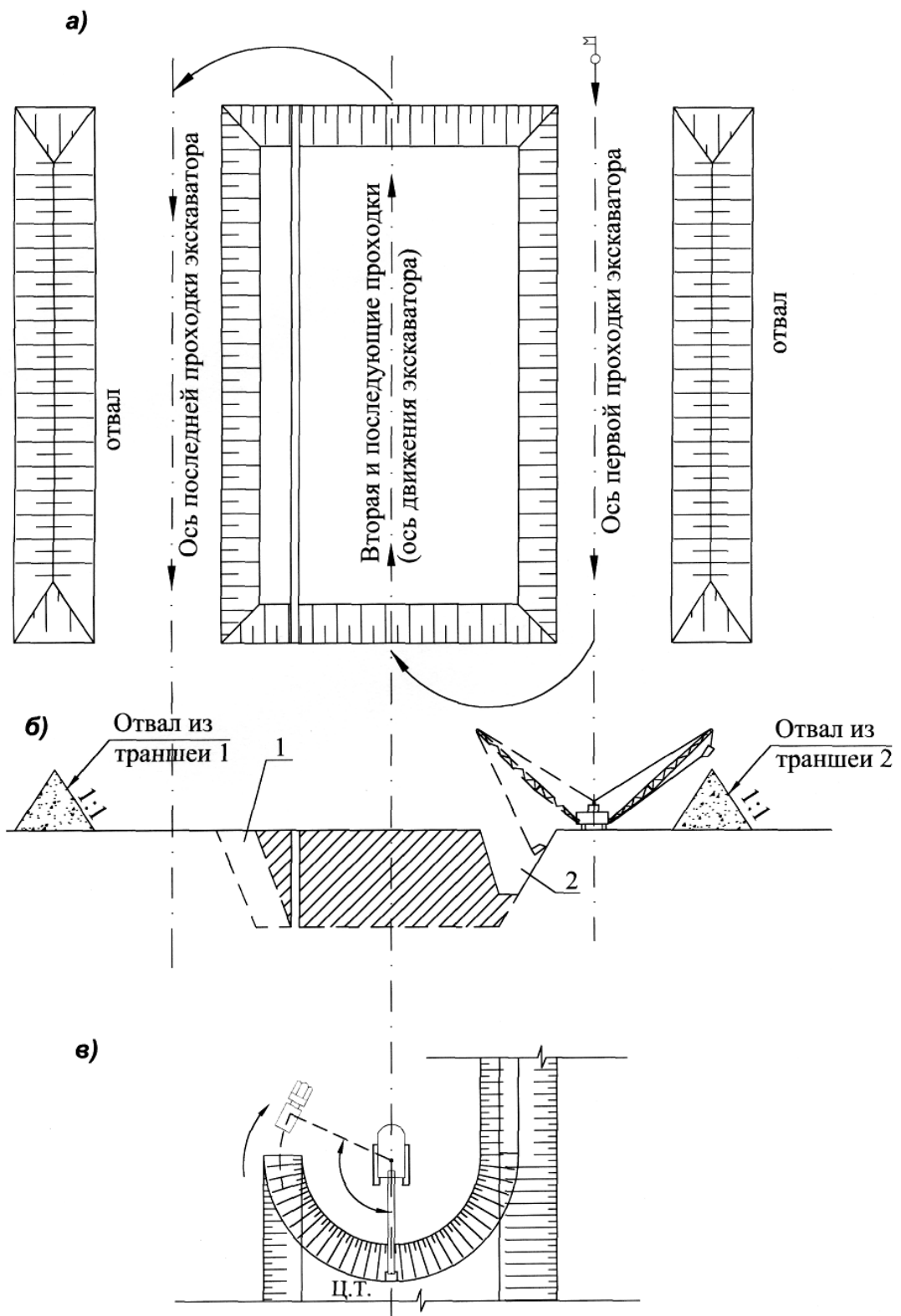


Рисунок 10.11 – Схема разработки котлована экскаватором – драглайн:
а) план котлована и отвалов; б) поперечный разрез; в) план забоя второй проходки

Затем определяем расстояние между проходками, количество проходок и их параметры.

Вопросы и задания:

Подобрать экскаваторный комплект для разработки котлована под фундаменты гражданского здания. Выполнить технологическую схему разработки котлована выбранным экскаватором. При этом разработку котлована экскаватором, оборудованным прямой лопатой, выполнить по транспортной схеме с отгрузкой грунта, вынутого при первой проходке (лобовым забоем), в ближайший резерв для использования в дальнейшем при засыпке пазух; разработку котлована экскаватором, оборудованным драглайном (обратной лопатой), выполнить по смешанной схеме. Грунт, вынутый при первой и последней проходках (боковые забои), разместить в отвалах вдоль котлована, остальной грунт вывезти.

Вопросы

1. Что такое объем грунта в «плотном теле»?
2. Что называется коэффициентами первоначального и остаточного разрыхления? Как их вычислить? Когда они применяются?
3. Что такое показатель откоса и угол естественного откоса?
4. Что называется земляным сооружением постоянным и временным? В чем их особенности?
5. Теоретическая, техническая и эксплуатационная производительность.
6. Производительность машин цикличного действия.
7. Как разделяются грунты по трудности разработки?
8. Какие основные схемы работы одноковшовых экскаваторов?
9. Классификация и индексация ЭО.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

Проектирование технологического процесса переработки грунта при планировке площадей

Цель: научиться проектировать комплексно-механизированный технологический процесс, включающий в себя простые процессы и операции.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций:

- знать виды грунтов и основные физико-механические характеристики грунтов;
- уметь проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;
- владеть технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования;

Код	Формулировка:
ОПК-8	Способен осуществлять и контролировать технологические процессы строительного производства и строительной индустрии с учетом требований производственной и экологической безопасности, применяя известные и новые технологии в области строительства и строительной индустрии

Актуальность темы: получение навыков в проектировании комплексно-механизированных технологических процессов, включающих в себя простые процессы и операции.

Теоретическая часть

Вертикальная планировка площадок – комплексно-механизированный технологический процесс, включающий в себя простые процессы и операции по разработке грунта в выемке, транспортирование грунта в насыпь, укладке, разравниванию и уплотнению грунта в насыпи, вывозу излишков грунта в отвал, доставке недостающего грунта из резервов в насыпь, окончательной планировке площадки.

Работы выполняются комплектом машин, состоящим из ведущей машины, выполняющей основной процесс и машин, занятых на вспомогательных процессах. Вспомогательные машины увязываются с ведущей по производительности. Вид и количество ведущих машин комплекта зависит от объема работ, грунтовых условий, дальности транспортировки грунта. В зависимости от перечисленных факторов на планировке площадок могут быть заняты экскаваторные, бульдозерные или скреперные комплекты.

Пример

Анализ исходных данных, определение расчетных величин.

Исходные данные:

- номер варианта площадки по приложению Ж задается руководителем;
- грунты – из работы № 10;
- период производства работ – летний;
- толщина растительного слоя $\delta = 0,75$ м.

Объем работ:

– по снятию растительного слоя, м^3 $V^P = S_{\text{пощ}} \cdot \delta$;

– по разработке грунта в выемке, м^3 $V^e = \sum V_j^e$;

– по перемещению грунта в насыпь, м^3 $V^H = \sum V_i^H$.

Сделать вывод по балансу земляных масс. Указать процессы, составляющие комплексный процесс планировки площадки.

Выделить ведущий процесс, перечислить комплекты, применяемые для выполнения ведущего процесса.

Определить среднюю дальность перемещения грунта из выемки в насыпь графическим методом, (рисунок 11.1).

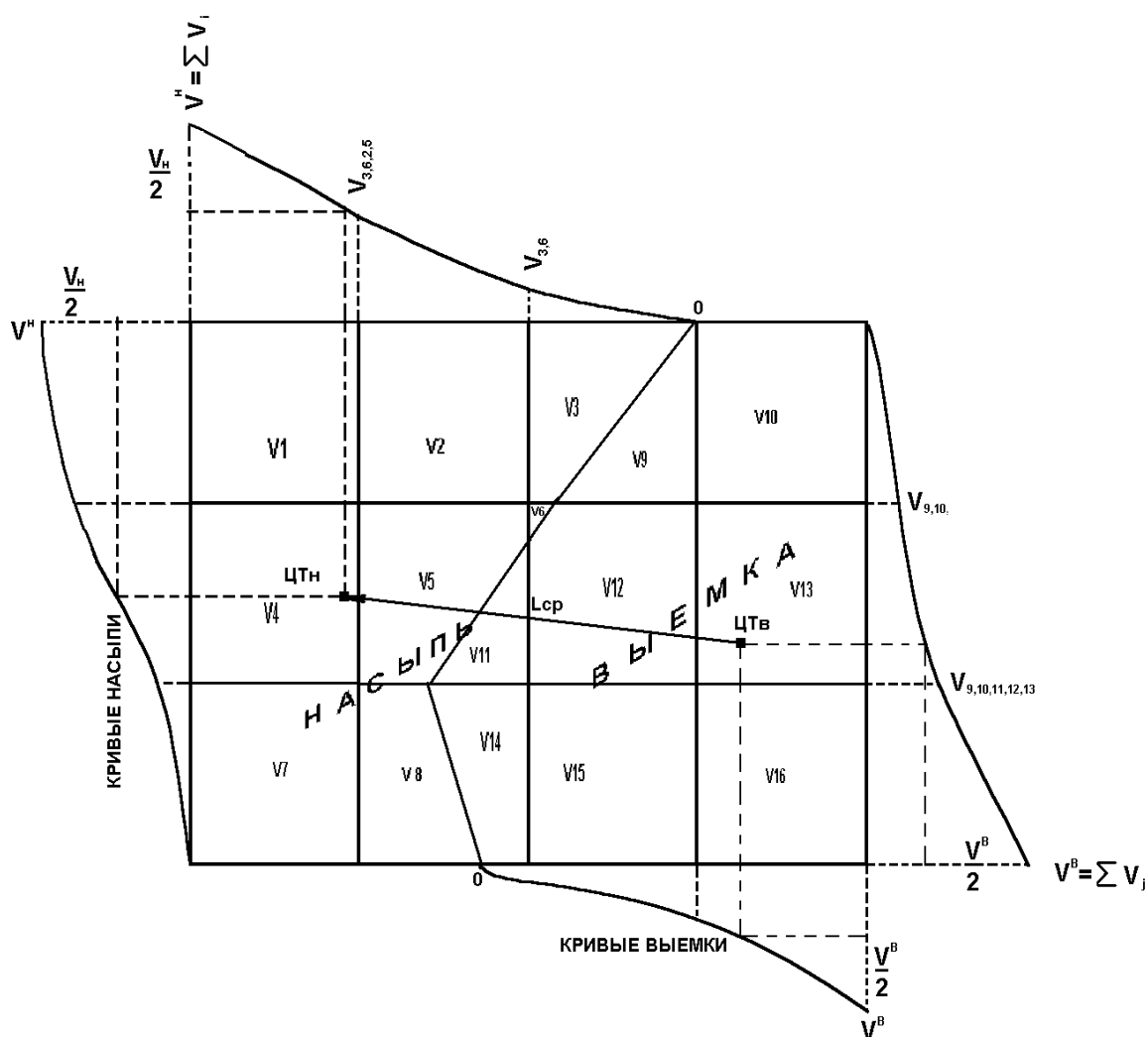


Рисунок 11.1 – Определение L_{cp} графическим методом

- в избранном масштабе выполнить план площадки, разбитой на квадраты, нанести линию нулевых работ, выписать объемы;
- построить кривые объемов насыпи и выемки, откладывая ординаты и абсциссы, соответствующие объемам в квадратах, нарастающим итогом;
- разделить пополам абсциссы и ординаты конечных объемов V^H и V^B ;
- найти проекции $ЦТ$ насыпи и выемки на пересечении перпендикуляров, проведенных к середине ординат и абсцисс V^H и V^B , с кривыми объемов насыпи и выемки;
- построить $ЦТ_n$ и $ЦТ_b$, определить L_{cp} .

Обосновать рациональность применения скреперного комплекта.

Определить группу грунта [11, таблица 1].

Выбор варианта ведущей машины комплекта

В работе необходимо рассмотреть два варианта:

- комплект прицепных скреперов с толкачом или без;
- вариант самоходных скреперов с толкачом.

Без толкача могут работать прицепные скрепера на мягких грунтах без включений (I – II групп).

Выбор варианта выполнить, используя приложения Ж, Е в следующем порядке:

Принять емкость ковша скрепера прицепного и самоходного (указания руководителя, приложение Е, таблица Е.1).

Определить количество скреперов в комплектах (приложение Е, таблица Е.3).

Определить мощность трактора-толкача (приложение Е, таблица Е.3).

Установить марки скреперов и их технические характеристики (приложение Е, таблица Е.9).

Выбрать способ набора грунта и определить толщину срезаемой стружки (приложение Е, таблицы Е.2, Е.3).

Рассчитать длины путей набора и разгрузки (отсыпки) грунта в соответствии с принятыми толщинами срезаемой стружки и отсыпаемого слоя:

– путь набора грунта

$$L_n = \frac{VK_n}{haK_p}; \quad (11.1)$$

– путь разгрузки

$$L_p = \frac{VK_n}{h_1a}; \quad (11.2)$$

где V – объем ковша скрепера, м^3 ;

K_n – коэффициент наполнения ковша (приложение Е, таблица Е.4);

h – толщина срезаемой стружки, м;

a – ширина захвата ковша, м;

K_p – коэффициент разрыхления грунта в ковше (приложение Е, таблица Е.5);

h_1 – толщина отсыпаемого слоя.

Определение эксплуатационной производительности скреперов

Сменная эксплуатационная производительность:

$$\Pi_{э.см} = \Pi_T K_e K_\theta, \quad (11.3)$$

где Π_T – сменная техническая производительность:

$$\Pi_T = \frac{60Nq}{(T_n + T_p + T_m + \frac{L}{V_n} + \frac{L}{V_r})}; \quad (11.4)$$

$$L = \frac{L_T - (L_n + L_\theta)}{2}; \quad (11.5)$$

где L_T – расстояние транспортирования грунта;

L_n – путь набора;

L_θ – путь выгрузки;

N – число часов в смену;

q – геометрический объем ковша, м³;

L – расчетное расстояние возки грунта, м;

T_n, T_p, T_m, V_r, V_n (приложение Е, таблицы Е.7 – Е.9);

K_e – коэффициент наполнения ковша;

K_g – коэффициент использования скрепера по времени, принимаемый 0,8 – для прицепного скрепера, 0,75 – для самоходного скрепера.

Определить часовую производительность.

Определить производительность комплектов по вариантам. Более производительный принять в качестве основного варианта.

Выполнить схему организации технологического процесса планировки площадки выбранным комплектом (скреперным).

Выбрать схему движения скреперов, руководствуясь [2] и следующими указаниями:

- набор и разгрузка грунта должны производиться на одной прямой;
- не допускается разворот скрепера с наполненным ковшом;
- набор грунта желательно производить при движении скрепера под уклон (5 – 22 %);
- разворот скрепера желательно выполнять попеременно вправо и влево;

Схему разработки грунта принять в соответствии с рекомендациями [2].

К схеме сделать указания о порядке работы скреперов в комплекте и толкача.

Вопросы и задания:

Проанализировать исходные данные и определить расчетные величины (номер варианта – определяет руководитель работы, по приложению Ж).
Выбрать вариант ведущей машины комплекта, определить эксплуатационную производительность скреперов, выполнить схему

организации технологического процесса планировки площадки выбранным комплектом (скреперным).

Вопросы:

1. Цикл скрепера, бульдозера.
2. Схемы резания грунта скреперами.
3. Что собой представляет ребристо-шахматная проходка скрепера?

Какие еще схемы применяются?

4. Какие схемы движения скрепера применяются при планировке площадок? Когда применяется та или иная схема?

5. Траншейная и послойная схемы разработки грунта бульдозером.

6. Для чего используется «толкач», схемы его работы.

7. Баланс земляных масс. Способы и методы расчета объемов при планировке площадок.

8. Грейдеры, область их применения.

9. Факторы, влияющие на сменную эксплуатационную производительность скрепера, бульдозера.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4

Определение крутизны откоса временных выемок глубиной более 5 м

Цель: научиться определять крутизну откосов временных выемок глубиной более 5 метров.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций:

- знать виды грунтов и основные физико-механические характеристики грунтов;
- проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;
- владеть технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования;

Код	Формулировка:
ОПК-8	Способен осуществлять и контролировать технологические процессы строительного производства и строительной индустрии с учетом требований производственной и экологической безопасности, применяя известные и новые технологии в области строительства и строительной индустрии

Актуальность темы: получение навыков в проектировании крутизны откосов временных выемок глубиной более 5 метров.

Теоретическая часть

Устойчивость различного рода выемок и насыпей обеспечивается устройством откосов, которые значительно увеличивают объемы земляных работ.

Важно знать допустимую крутизну откосов, которая связана с понятием угла естественного откоса. Угол естественного откоса – это наибольший угол, который может быть образован откосом свободно насыпанного грунта в состоянии равновесия с горизонтальной плоскостью.

Угол естественного откоса зависит главным образом от гранулометрического состава и формы частиц грунта. С уменьшением размера зерен угол естественного откоса становится положе. Угол естественного откоса характеризуется физико-механическими свойствами грунта, при которых грунт находится в предельном равновесии. Для сыпучих грунтов угол естественного откоса равен углу внутреннего трения, а для связных грунтов понятие угла естественного откоса теряет всякий смысл, так как у последних он зависит от влажности, высоты откоса и величины пригрузки на откос и может изменяться от 0 до 90°.

Практически крутизна откосов земляных сооружений выражается отношением высоты к заложению (горизонтальной проекции откоса) $h/a=1/m$, где m – коэффициент откоса.

Строительными нормами и правилами установлены значения крутизны откосов для постоянных и временных земляных сооружений глубиной (высотой) до 5 м. Для глубины свыше 5 м крутизна откосов определяется экспериментально.

Пример

1. Выполнить расчетную схему, вписать исходные данные:

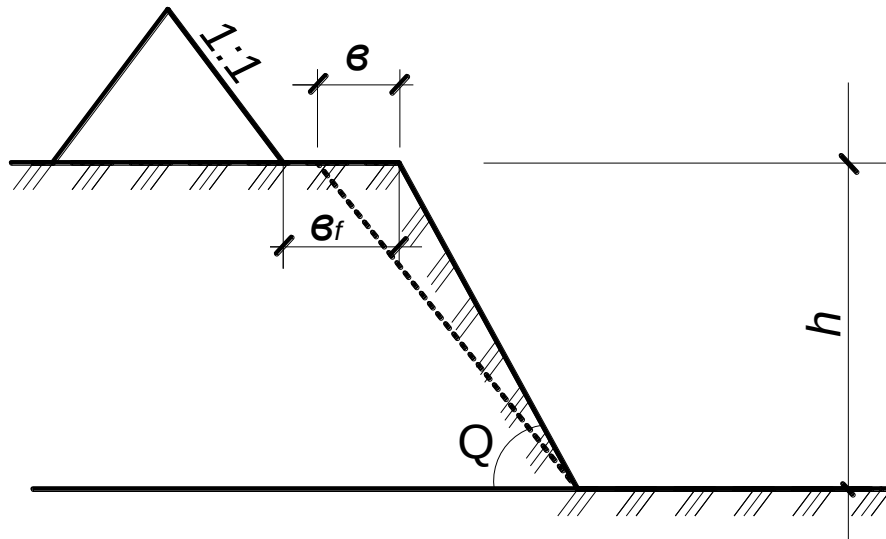


Рисунок 12.1 – Расчетная схема

Вариант №

Грунт ...

$h =$...

$q =$...

$\rho =$...

$I_L =$...

$e =$...

Состав исходных данных:

- высота откоса (глубина выемки) h , м;
- вид грунта;
- плотность грунта ρ , т/м³;
- показатель текучести грунта (связного) I_L ;
- коэффициент плотности e ;
- временная нагрузка на берме откоса q , кПа.

2. Определить предельные значения удельного сцепления C , кПа, и угла внутреннего трения, град. :

$$C = \frac{C_I}{K_{st}}; \quad \varphi = \arctg \frac{tg \varphi_i}{K_{st}},$$

где C_I , φ_I – расчетные значения удельного сцепления, кПа, и угла внутреннего трения, град.:

$$C_i = \frac{C_{II}}{\gamma_{g(c)}}; \quad \varphi_i = \frac{\varphi_n}{\gamma_{g(\varphi)}},$$

где C_n , φ_n – нормативные значения – принять по [18, приложение 1 таблицы 1, 2];

$\gamma_{g(c)}$, $\gamma_{g(\varphi)}$ – коэффициент надежности по грунту – по [12, п. 2.16];

$K_{st} = \frac{\gamma_n}{\gamma_c}$ – коэффициент устойчивости;

γ_n – коэффициент надежности по назначению, принимаемый в соответствии с п. 2.58 [1];

γ_c – коэффициент условий работы – по [18, п. 2.58].

3. Определить параметр устойчивости:

$$E = \frac{C}{\gamma_1 H},$$

где γ_1 – расчетное значение удельного веса грунта,

$$\gamma_1 = \left(\frac{\rho}{\gamma_g}\right)g,$$

где $\gamma_g=1$; $g=9,8$ м/сек².

4. Определить число единиц загрузки в заданной нагрузке q , кПа, на поверхности грунтового массива

$$K = \frac{q(1 - \sin \varphi)}{2c * \cos \varphi}$$

5. Требуемый угол откоса θ найти по значениям φ , K и E :

при $E \leq 0.25$ – по графикам на чертежах 1 – 5 [18, приложение 3] с интерполяцией по φ и E ;

при $E > 0.25$ – по формуле:

$$\theta = \theta_0 - \frac{\theta_0 - \theta_{0,25}}{4E}$$

где θ_0 – предельное значение θ ,

$\theta_{0,25}$ – значение, соответствующее $E=0.25$

6. Найти призму обрушения откоса:

При $E \geq 0.167$; $e = e_0 c / \gamma_1$;

$$\text{при } 0.167 > E \geq 0.1 \quad e = \left[e_0 - \frac{2(1 - \frac{E - 0.1}{0.061}) \cos \varphi \operatorname{tg} \theta}{1 - \sin \varphi} \right] \frac{c}{\gamma_1}$$

$$\text{при } E < 0.1 \quad e = (e_0 \frac{2 \cos \varphi \operatorname{tg} \theta}{1 - \sin \varphi}) \frac{c}{\gamma_1}.$$

Параметр e_0 найти по чертежу 6 [18, приложение 3] в зависимости от параметра h_k :

$$h_k = \frac{h\gamma}{c} - \frac{2 \cos \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

7. Определить минимальное приближение к бровке $e_f, \text{м}$:

а) отвала с $\theta = 45^\circ$ и удельным весом $\gamma_m \leq 18 \text{ кН/м}^3$; $e_f = e$;

б) при равномерно распределенной нагрузке:

$$e_f = e + g / \gamma_m,$$

где $\gamma = 18 \text{ кН/м}^3$.

Вопросы и задания:

Выполнить расчетную схему, вписать исходные данные. Исходные данные выбрать из таблицы 12.1, номер варианта – определяет руководитель работы.

Таблица 12.1 – Варианты исходных данных

№ вар.	Грунт	h , м.	ρ , т/м ³	I_L	e	Q , Н/м ²
1	песок гравелистый	6,0	1,8	–	0,55	3,1
2	песок средней крупности	6,5	1,7	–	0,65	3,2
3	песок мелкий	7,0	1,75	–	0,45	3,3
4	песок пылеватый	7,5	1,7	–	0,75	3,4
5	супесь	8,0	1,75	0,15	0,45	3,5
6	супесь	8,5	1,8	0,40	0,55	3,6
7	суглинок	9,0	1,7	0,20	0,65	3,7
8	суглинок	9,5	1,75	0,30	0,75	3,8
9	суглинок	10,0	1,8	0,60	0,85	3,9
10	глина	5,5	1,75	0,10	0,95	4,0
11	глина	7,75	1,8	0,35	1,05	3,45
12	глина	9,25	1,85	0,55	0,65	3,75

Вопросы:

1. Что такое угол внутреннего трения, угол (крутизна) откоса?
2. Как определяется крутизна откоса для выемок, глубиной до 5 м. насыпей?
3. Какая максимальная глубина выемки с вертикальными стенками?
4. Что такое берма безопасности и от чего она зависит?
5. В каких случаях устраиваются откосы?

При защите работы студент рассказывает о цели работы, порядке ее выполнения, формулирует выводы по результатам, а также отвечает на вопросы преподавателя.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5

Проектирование и расчет опалубки

Цель: научиться проектировать и рассчитывать опалубку различных типов на статические и динамические нагрузки.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций:

- знать строительные материалы, включая конструкционные, отделочные, тепло- и гидроизоляционные; основные физико-механические характеристики материалов;
- уметь проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;
- владеть технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования;

Код	Формулировка:
ОПК-8	Способен осуществлять и контролировать технологические процессы строительного производства и строительной индустрии с учетом требований производственной и экологической безопасности, применяя известные и новые технологии в области строительства и строительной индустрии

Актуальность темы: получение навыков в проектировании и расчёте опалубки различных типов на статические и динамические нагрузки.

Теоретическая часть

Разборно-переставная инвентарная мелкощитовая опалубка собирается из щитов, коробов, инвентарных стоек и других элементов, изготовленных на заводе. Основные элементы деревянной разборно-переставной опалубки – щиты из обрезных досок толщиной 19...25 и шириной до 150 мм на сшивных планках.

Применяется опалубка при возведении массивов, фундаментов, колонн, балок, прогонов, перекрытий и др.

Одним из основных требований, предъявляемых к опалубке, является их прочность, жесткость и неизменность, достаточные для восприятия технологических нагрузок.

Рассчитывается опалубка на статические и динамические воздействия. При этом учитываются вертикальные нормативные нагрузки; собственный вес опалубки, поддерживающих лесов, свежееуложенной бетонной смеси и арматуры; нагрузку от людей и транспортных средств (с проверкой палубы и настила на сосредоточенную нагрузку); частичные воздействия при вибрировании бетонной смеси. Горизонтальные нагрузки включают ветровую нагрузку, давление свежееуложенной бетонной смеси на боковые элементы опалубки, нагрузку от сотрясения при выгрузке бетонной смеси в опалубку и от вибрирования смеси при уплотнении. Для расчета выбираются наиболее невыгодные комбинации нагрузок.

Пример

Выбрать тип опалубки.

См. рисунки 13.1 – 13.3 и исходные данные.

Железобетонная плита перекрытия выполняется из тяжелого бетона $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$; вес арматуры 800 кг; размеры плиты $1200 \times 1200 \times 200 \text{ мм}$.

Железобетонная колонна высотой $h = 3 \text{ м}$ и сечением $400 \times 400 \text{ мм}$ выполняется из тяжелого бетона $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$. Бетон подается

непосредственно из бетоновода, скорость бетонирования $V = 0,6$ м/час, температура бетона $t = 15^{\circ}\text{C}$, подвижность бетонной смеси 5 см.

Уплотнение – глубинный вибратор.

Материалы: доски из древесины хвойных пород II, III и IV сорта (допускается береза, ольха, бук) толщиной 19, 25 и 32 мм. Гвозди, монтажные гвозди (70 и 100 мм).

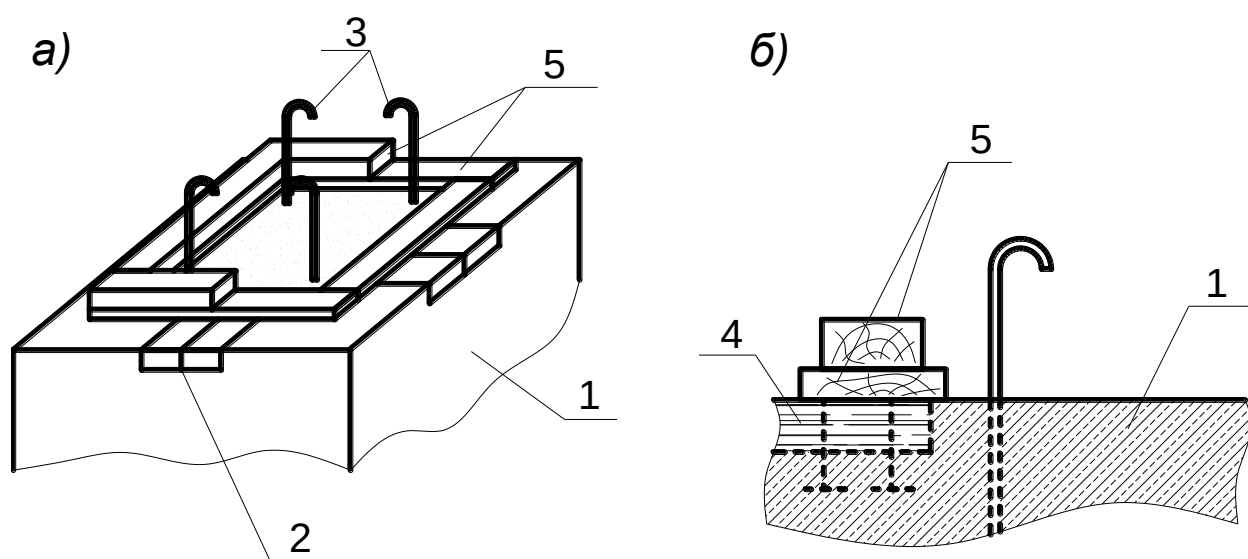


Рисунок 13.1 – Установка рамки под опалубку колонны: а) выверка положения рамки в плане; б) то же, по высоте; 1 – подколонник; 2 – ось подколонника; 3 – выпуски арматуры; 4 – пробка в бетоне. 5 – рамка.

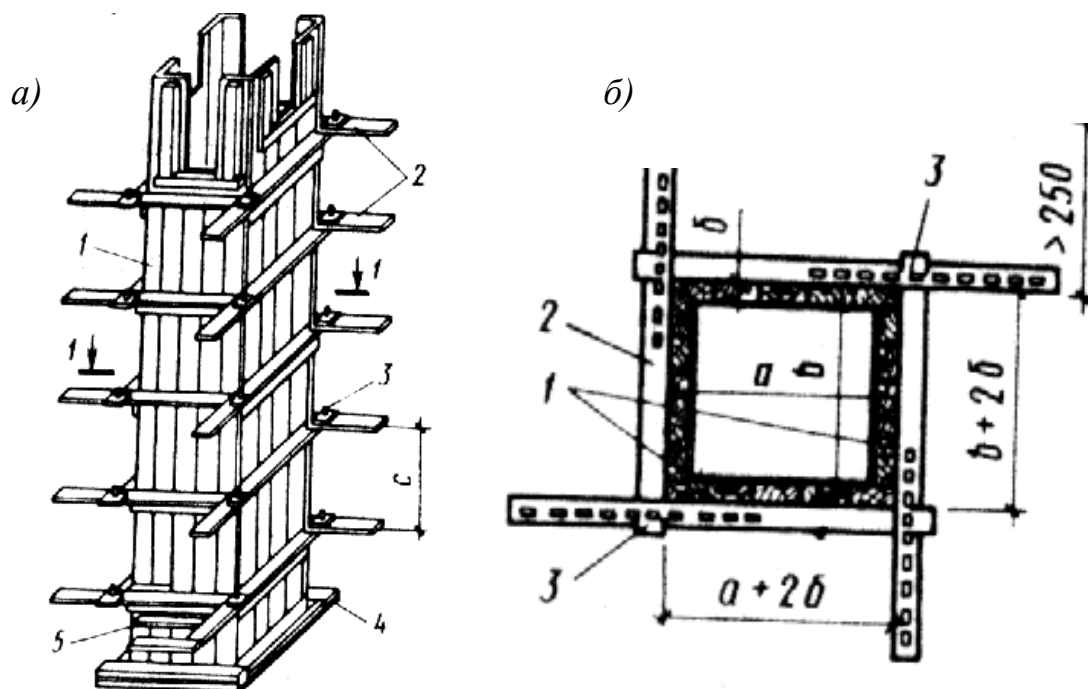


Рисунок 13.2 – Деревянная опалубка колонн: а) общий вид; б) план; 1 – короб; 2 – хомуты; 3 – клинья; 4 – рамка; 5 – отверстие для чистки.

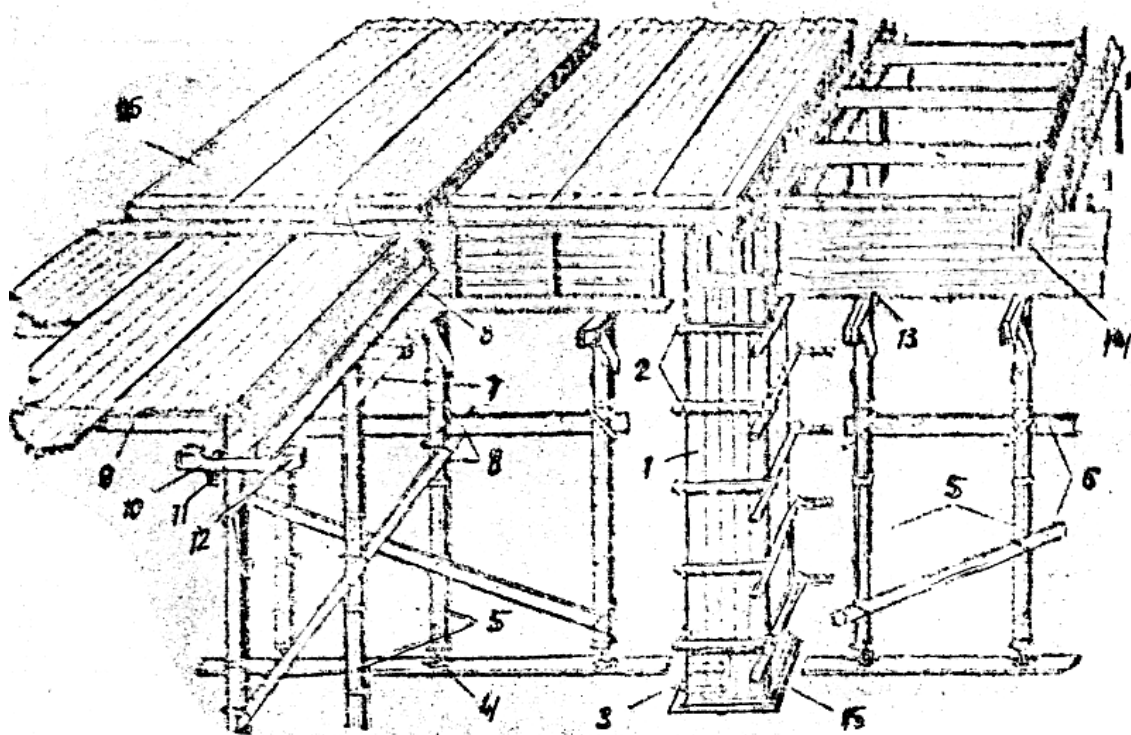


Рисунок 13.3 – Схема установки мелкощитовой деревянной опалубки плит перекрытий: 1 – короб колонны; 2 – хомут; 3 – дверца прочистного отверстия; 4 – лаги; 5 – раздвижная стойка; 6 – расшивка; 7 – прижимная доска; 8 – монтажные гвозди; 9 – кружало; 10 – короб балки; 11 – подкружальная доска; 12 – подкладка; 13 – днище прогона; 14 – рейка;

15 – рамка под опалубку колонны; 16 – типовой щит; 17 – фризové доски.

В соответствии с указаниями (см. ниже) собрать нормативные нагрузки, действующие на опалубку.

При расчете опалубки, лесов и креплений должны приниматься следующие нормативные нагрузки:

– вертикальные нагрузки:

а) собственная масса опалубки и лесов, определяемая по чертежам. При устройстве деревянных опалубок и лесов объемную массу древесины следует принимать: для хвойных пород – 600 кг/м^3 , для лиственных пород – 800 кг/м^3 ;

б) масса свежесложенной бетонной смеси, принимаемая для бетона на гравии или щебне из камня твердых пород – 2500 кг/м^3 , для бетонов прочих видов – по фактическому весу;

в) масса арматуры должна приниматься по проекту, а при отсутствии проектных данных – 100 кг/м^3 железобетонной конструкции;

г) нагрузки от людей и транспортных средств при расчете палубы, настилов и непосредственно поддерживающих элементов лесов – $2,5 \text{ кПа}$; палубы или настила при расчете конструктивных элементов – $1,5 \text{ кПа}$.

Палуба, настилы и непосредственно поддерживающие их элементы должны проверяться на сосредоточенную нагрузку от массы рабочего с грузом (1300 Н) либо от давления колес двухколесной тележки (2500 Н) или иного сосредоточенного груза в зависимости от способа подачи бетонной смеси (но не менее 1300 Н). При ширине досок палубы или настила менее 150 мм указанный сосредоточенный груз распределяется на две смежные доски;

д) нагрузки от вибрирования бетонной смеси – 2 кПа горизонтальной поверхности (учитываются только при отсутствии нагрузок по «г»);

– горизонтальные нагрузки:

е) нормативные ветровые нагрузки – в соответствии с [20];

ж) давление свежесуспензированной бетонной смеси на боковые элементы опалубки, определяемое по таблице 13.1.

Таблица 13.1 – Давление свежесуспензированной бетонной смеси на боковые элементы опалубки

Способ уплотнения	Расчетные формулы для определения максимального бокового давления бетонной смеси, кПа	Пределы применения формулы
С помощью вибраторов: внутренних	$P = \gamma \times h$ $P = \gamma \times (0,27 + 0,78) \times K_1 \times K_2$	$H \leq R$; $V \geq 0,5$; $V < 0,5$ при $H \geq 1$ м
наружных		$H \leq 2R_1$; $V < 4,5$; $V > 4,5$ при $H > 2$ м

Обозначения, принятые в таблице 13.1:

P – максимальное боковое давление бетонной смеси, кПа;

γ – объемная масса бетонной смеси, кг/м³;

H – высота уложенного слоя бетонной смеси, оказывающего давление на опалубку, м;

V – скорость бетонирования конструкции, м/ч;

R, R_1 – соответственно радиусы действия внутреннего и наружного вибратора, м, ориентировочно $R = 0,75$ м, $R_1 = 1$ м;

K_1 – коэффициент, учитывающий влияние консистенции бетонной смеси: для жесткой и малоподвижной смеси с осадкой конуса 0 – 2 см – 0,8; для смесей с осадкой конуса 4 – 6 см – 1; для смесей с осадкой конуса 8 – 12 см – 1,2;

K_2 – коэффициент для бетонных смесей с температурой: 5 – 7 °С – 1,15; 12 – 17 °С – 1; 28 – 32 °С – 0,85.

Во всех случаях величину давления бетонной смеси следует ограничить величиной гидростатического давления $P = \frac{\gamma \cdot h^2}{2}$ и результирующее его давление при треугольной эпюре $P_{\max} = \gamma \cdot h$;

з) нагрузки от сотрясений, возникающих при укладке бетонной смеси в

опалубку бетонлируемой конструкции, принимаются по таблице 13.2.

Таблица 13.2 – Нагрузки от сотрясений при укладке бетонной смеси в опалубку бетонлируемой конструкции

Способ подачи бетонной смеси в опалубку	Горизонтальная нагрузка на боковую опалубку, кПа
Спуск по лоткам и хоботам, а также непосредственно из бетоноводов	4
Выгрузка из бадей емкостью, м ³ : от 0,2 до 0,8	4
свыше 0,8	6

Вид и величина нормативных нагрузок зависит от ориентации опалубки. На горизонтальную опалубку днищ балок, перекрытий и т. п. действуют вертикальные нагрузки, на вертикальную опалубку стен, колонн и т. п. действуют горизонтальные нагрузки.

и) нагрузки от вибрирования бетонной смеси – 4 кПа на единицу вертикальной поверхности опалубки. (Указанные нагрузки должны учитываться только при отсутствии нагрузок по п. «з»).

При наружной вибрации несущие элементы опалубки (ребра, схватки, хомуты и т. п.), их крепления и соединения должны дополнительно рассчитываться на местные воздействия вибраторов. Нагрузки принимаются согласно закону гидростатического давления.

Расчет лесов и опалубки на устойчивость

При расчете лесов и опалубки на устойчивость против опрокидывания следует учитывать совместное действие ветровых нагрузок и их собственную массу, а при установке опалубки совместно с арматурой и массу арматуры. Коэффициенты перегрузок должны приниматься равными: для ветровых нагрузок – 1.2, для удерживающих – 0.8.

Расчетные сопротивления материалов принимаются с коэффициентом K . Увеличение расчетных сопротивлений при кратковременности действия нагрузки K для древесных материалов принимается с коэффициентом 1.4.

При расчете элементов опалубки и лесов по несущей способности нормативные нагрузки необходимо умножать на коэффициенты перегрузки, приведенные в таблице 13.3.

Таблица 13.3 – Коэффициенты перегрузки.

Нормативные нагрузки	Коэффициенты перегрузки
1. Собственная масса опалубки и лесов	1,1
2. Масса бетона и арматуры	1,2
3. От движения людей и транспортных средств	1,3
4. От вибрирования бетонной смеси	1,3
5. Боковое давление от бетонной смеси	1,3
6. Динамические сотрясения при выгрузке бетонной смеси	1,3

При расчете элементов опалубки и лесов по деформации нормативные нагрузки учитываются без умножения на коэффициенты перегрузки.

При совместном действии полезных и ветровых нагрузок все расчетные нагрузки кроме собственной массы, вводятся с коэффициентом 0,9.

Выбор наиболее невыгодных сочетаний нагрузок при расчете опалубки и поддерживающих лесов должен осуществляться по таблице 13.4.

Таблица 13.4 – Сочетания нагрузок при расчете опалубки

Элементы опалубки	Виды нагрузок на опалубку, леса и крепления для расчета	
	по несущей способности	по деформациям
1. Опалубка плит и сводов и поддерживающие ее конструкции	$a+b+v+g$	$a+b+v$
2. Опалубка колонн со стороны сечения до 300мм и стен толщиной	$ж+и$	$ж$

до 100мм		
3. Опалубка колонн со стороны сечения более 300мм и стен толщиной более 100 мм	$ж+з$	$ж$
4. Боковые щиты коробов балок, прогонов и арок	$ж+и$	$ж$
5. Днища коробов балок и арок	$a+b+v+d$	$a+b+v$
6. Опалубка массивов	$ж+з$	$ж$

Распределение давления по высоте опалубки принято по аналогии с гидростатическим давлением по треугольной эпюре.

Прогиб элементов опалубки под действием воспринимаемых нагрузок не должен превышать следующих значений:

1/400 пролета элемента опалубки;

1/500 пролета для опалубки.

Расчет изгибающих моментов.

– Вычислить расчетную нагрузку, действующую на опалубку, руководствуясь таблицей 13.4 по формуле:

$$P_p = \sum_{i=0}^n P_{hi} \cdot K_i, \quad (13.1)$$

где P_{hi} – нормативная i -тая нагрузка;

K_i – коэффициент перегрузки, по таблице 13.3.

– Вычислить расстояние между хомутами колонны:

$$L = \frac{3.31 \cdot h}{\sqrt[3]{p}}, \quad (13.2)$$

где h – толщина досок, см;

p – величина горизонтального давления бетонной смеси, кг/см².

– Начертить схему загрузки опалубки.

– Найти максимальный изгибающий момент по формуле строительной механики.

– Момент сопротивления W находят по формулам:

для однопролетной балки:

$$W = 0,070 \cdot Q \cdot L, \quad (13.3)$$

для многопролетной балки:

$$W = 0,056 \cdot Q \cdot L, \quad (13.4)$$

где Q – полная равномерно распределенная нагрузка на пролет, кг;

L – пролет, м.

– Вычислить $R_{\text{и}}$ и сравнить с допустимыми.

Расчет опалубки по несущей способности

Конструктивно элементы опалубки (горизонтальной и вертикальной) работают, как правило, на изгиб и могут рассматриваться в зависимости от схемы крепления как одно- или многопролетные балки с равномерно распределенным нагружением.

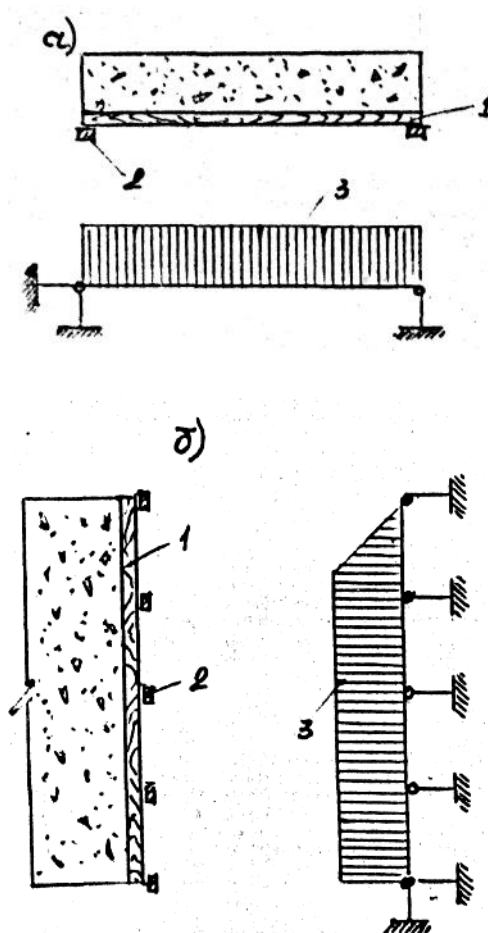


Рисунок 13.4 – Расчетные схемы опалубок: а) горизонтальная схема загрузки; б) вертикальная схема загрузки; 1 – палуба; 2 – прогон; 3 – эшпора нагрузки.

Расчет опалубочного элемента по несущей способности в общем виде.

$$M/W \leq R_u, \quad (13.5)$$

где M – расчетный изгибающий момент по формулам строительной механики;

W – расчетный механизм сопротивления поперечного сечения опалубочного элемента;

R_u – расчетное сопротивление изгибу, для хвойных пород:

– для лесов $R_u = 150 \text{ кг/см}^2$,

– для опалубки $R_u = 180 \text{ кг/см}^2$.

Максимальная нагрузка, действующая на вертикальную опалубку от бокового давления бетонной смеси, распределена согласно эюре:

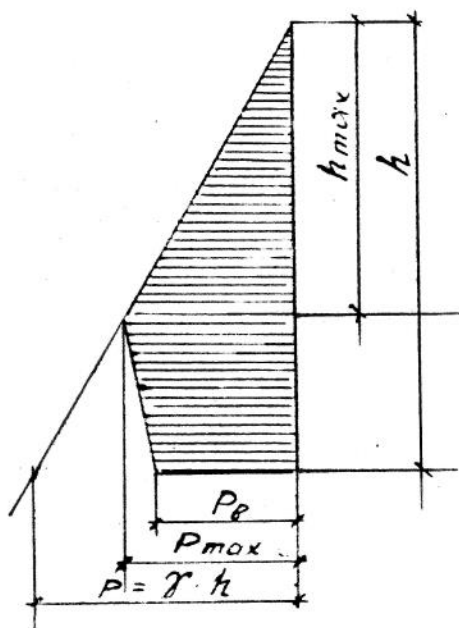


Рисунок 13.5 – Эпюра бокового давления: h – высота опалубки; $h_{max} = 2/3 \cdot h$ – высота, на которой действует P_{max} ; P_{max} – максимальная нагрузка от бокового давления бетонной смеси; $P_0 = (0,4 - 0,5) \cdot P_{max}$.

Вопросы и задания:

Подобрать тип опалубки, собрать нормативные нагрузки, рассчитать опалубку на устойчивость. Задание и необходимые данные приведены в приложении. Варианты исходных данных определяются руководителем.

1. Типы опалубок. Разборно-переставные опалубки.
2. Элементы мелкощитовой разборно-переставной унифицированной опалубки.
3. Материалы опалубок, смазки и их применение.
4. Устройство опалубки отдельно стоящих фундаментов под колонны.
5. Опалубка ленточных фундаментов.
6. Опалубка колонны, ригелей, плит перекрытий.
7. Опалубка монтажных стен.
8. Армирование фундаментов.
9. Виды арматуры.
10. Соединение арматурных стержней в сетки и каркасы.
11. Электросварка арматуры в построечных условиях.
12. Пространственные арматурные каркасы (армоблоки), арматурно-опалубочные блоки.

Защита заключается в изложении цели работы, порядка ее выполнения и в ответах на вопросы преподавателя.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6

Расчет параметров термосного выдерживания бетона

Цель: научиться проектировать метод зимнего бетонирования – термооснотного выдерживания.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций:

– знать строительные материалы, включая конструкционные, отделочные, тепло- и гидроизоляционные; основные физико-механические характеристики материалов;

– уметь проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;

– владеть технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования;

Код	Формулировка:
ОПК-8	Способен осуществлять и контролировать технологические процессы строительного производства и строительной индустрии с учетом требований производственной и экологической безопасности, применяя известные и новые технологии в области строительства и строительной индустрии

Актуальность темы: получение навыков проектирования метода термосного выдерживания бетона.

Теоретическая часть

Выбор метода зимнего бетонирования зависит от целого ряда факторов: размеров и конфигурации конструкции, ее назначения, заданной величины прочности бетона и сроков ее достижения, начальной температуры бетона, вида и активности цемента, расхода цемента, степени армирования, тепло-сопротивления опалубки, температуры окружающей среды.

Многообразие существующих методов зимнего бетонирования позволяет путем сопоставления, с учетом конкретных условий выбрать наиболее эффективный. В первую очередь проверяется возможность использования термосного выдерживания, являющегося самым простым и экономичным. Если внесенного в процессе изготовления смеси и выделившегося в процессе твердения бетона тепла недостаточно для приобретения бетоном требуемой прочности в заданные сроки, следует рассмотреть возможность применения одного из обогревных методов с искусственным внесением тепла: предварительного разогрева бетонных смесей электрическим током, электропрогрева бетона, индукционного прогрева.

Пример

А. Расчет метода термоса.

В основу метода термоса положено уравнение теплового баланса, по которому сумма тепла, внесенного в бетонную смесь при ее изготовлении, и тепла, выделившегося в процессе твердения бетона, равна теплотерям в процессе выдерживания.

Сущность способа – в нагревании бетона за счет подогрева заполнителей и воды и использования тепла, выделяющегося при твердении цемента, для приобретения бетоном заданной прочности в процессе его медленного остывания в утепленной опалубке.

Порядок расчета параметров термосного выдерживания:

1. Выполнить эскиз заданной конструкции со всеми размерами (приложение И, рисунок И.1, таблица И.1).
2. Определить объем бетона в конструкции $V, \text{м}^3$.
3. Определить площадь охлаждаемой поверхности конструкции $F, \text{м}^2$.
4. Найти модуль поверхности конструкции $M_n, \text{м}^{-1}; M_n = F / V$.
5. Определить температуру бетонной смеси к моменту укладки ее в опалубку $t_1, ^\circ\text{C}$:

$$t_1 = t_n - \sum \Delta t_i, \quad (14.1)$$

где $\Delta t_i = \Delta t'_i \cdot \tau_i$ – относительное снижение температуры смеси в процессе выполнения конкретной операции при разнице между температурой бетонной смеси и наружного воздуха $1 ^\circ\text{C}$:

$\Delta t'_i$ – то же, в течение 1 мин. $^\circ\text{C} / (^\circ\text{C} \cdot \text{мин})$;

Для заданной схемы: бункер (смеситель) – а/самосвал – бадья последовательно находим:

– температура бетонной смеси после отгрузки из бункера на заводе в а/самосвал

$$t'_1 = t_n - \Delta t'_1(t_n - t_{н.б})\tau_1; \quad (14.2)$$

– температура бетонной смеси после транспортировки на объект

$$t'_2 = t'_1 - \Delta t'_2(t'_1 - t_{н.б})\tau_2; \quad (14.3)$$

– после перегрузки в бадью (перед укладкой в опалубку конструкции)

$$t_1 = t'_2 - \Delta t'_1(t'_2 - t_{н.б})\tau_3. \quad (14.4)$$

6. Определить начальное теплосодержание бетонной смеси ккал:

$$Q_1 = C_1 \cdot \gamma_1 \cdot t_1 \cdot V, \quad (14.5)$$

где C_1 – удельная теплоемкость бетона, $\text{кДж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

γ_1 – объемная масса бетона, $\text{кг}/\text{м}^3$.

7. Рассчитать количество тепла, расходуемое на обогрев арматуры и опалубки:

– температура системы «бетон-арматура» t' , °C

$$t' = \frac{C_1 \cdot \gamma_1 \cdot t_1 + C_3 \cdot P_1 \cdot t_4}{C_1 \cdot \gamma_1 + C_3 \cdot P_1}, \quad (14.6)$$

где P_1 – удельный расход арматуры, кг/м³;

C_3 – удельная теплоемкость арматуры, кДж / (кг °C);

P_1 – температура арматуры до укладки бетонной смеси (принимается равной $t_{н.в}$);

– количество тепла, расходуемое на нагрев арматуры Q_3 , кДж

$$Q_3 = C_3 \cdot P_1 \cdot V (t_2 - t_4), \quad (14.7)$$

– средняя температура опалубки в начале остывания бетона t^o , °C

$$t_n^o = t' + t_1^{он}, \quad (14.8)$$

где $t_n^{он}$ – температура на наружной поверхности опалубки в начальный момент остывания бетона (приложение И, таблица И.4);

– количество тепла, расходуемое на нагрев опалубки Q_2 , кДж

$$Q_2 = C_2 \cdot F \cdot \delta_1 \cdot \gamma_2 (t_n^o - t_{н.в}), \quad (14.9)$$

где C_2 – удельная теплоемкость опалубки, кДж / (кг °C);

γ_2 – объемная масса опалубки, кг/м³;

δ_1 – толщина опалубки, м.

8. Определить температуру бетона в начале остывания t_n (с учетом потерь тепла на нагрев опалубки и арматуры)

$$t_{б.н} = \frac{Q_1 - (Q_2 + Q_3)}{C_1 \cdot \gamma_1 \cdot V}. \quad (14.10)$$

9. Определить среднюю температуру бетона $t_{б.ср}$ за время остывания до 0 °C

$$t_{\delta.cp} = t_{\delta.k} + \frac{t_{\delta.n} - t_{\delta.k}}{1,03 + 0,181 \cdot Mn + 0,006(t_{\delta.k} - t_{\delta.n})}. \quad (14.11)$$

10. Количество тепла Q_4 , выделяемого вследствие гидратации цемента за период остывания бетона до 0°C при средней температуре бетона $t_{\delta.cp}$, кДж

$$Q_4 = C \cdot \mathcal{E}, \quad (14.12)$$

где C – расход цемента, $\text{кг}/\text{м}^3$ (приложение И, таблица И.7);

$\mathcal{E}$ – удельное тепловыделение цемента, кДж / кг.

11. Общий коэффициент теплопередачи опалубки и утеплителя K , $\text{Вт} / (\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$

$$K = \frac{1}{R_{on} + R_n}, \quad (14.13)$$

где R_{on} – термическое сопротивление опалубки и утеплителя:

$$R_{on} = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (14.14)$$

R_n – термическое сопротивление теплоперехода от наружной поверхности к окружающей среде :

где δ_i – толщина каждого слоя опалубки и утеплителя , м

λ_i – коэффициент теплопроводности, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$

$$R_n = \frac{1}{\alpha_u + \alpha_k}, \quad (14.15)$$

где α_u – коэффициент передачи тепла излучением, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ (приложение И, рисунок И.2);

α_k – коэффициент передачи тепла конвекцией, $\text{Вт}/ (\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ (приложение И, рисунок И.3).

12. Определить продолжительность остывания бетона конструкции
□, сутки:

$$\square = \frac{C_1 \cdot \gamma_1 \cdot t_n + Ц \cdot Э}{24 \cdot K \cdot M_n (t_{\delta.cp} - t_{н.в}) \cdot 3,6} \cdot \quad (14.16)$$

13. По найденным $t_{\delta.cp}$ и $\square$ определить прочность бетона к моменту остывания до 0°C (приложение И, рисунок И.4).

Если бетон приобретает прочность меньше заданной, необходимо увеличить время остывания и t_n (или за счет изменений K) (приложение И, рисунок И.4).

14. По графикам (приложение И, рисунок И.4) определить $\square$ при установленной $t_{\delta.cp}$ до приобретения бетоном заданной прочности.

15. Определить уточненный K' , обеспечивающий остывание бетона в течение $\square$:

$$K' = \frac{C_1 \cdot \gamma_1 \cdot t_n + Ц \cdot Э}{\delta' \cdot M_{\pi} (t_{\delta.cp} - t_{н.в}) 24 \cdot 3,6} \cdot \quad (14.17)$$

16. Выбрать тип опалубки, соответствующий K' (приложение И, рисунок И.6).

17. Проверить продолжительность остывания бетона по формуле (пункт 12).

18. Перейти к расчету параметров метода электроразогрева.

Б. Предварительный электроразогрев бетонной смеси (горячий термос).

Сущность метода – в быстром подъеме температуры бетонной смеси до $40-90^{\circ}\text{C}$ путем пропускания тока сетевого напряжения 220 – 380 В, укладке горячей смеси и последующем твердении бетона до приобретения требуемой прочности в процессе его остывания в опалубке. Предварительный электроразогрев смеси производится вблизи места ее укладки (на посту электроразогрева) в специальных бункерах или кузовах автосамосвалов.

Расчет способа выполняется в 2 этапа. На первом этапе выбирается оборудование и рассчитываются параметры разогрева смеси. На втором этапе производится расчет параметров последующего выдерживания бетона

в зависимости от принятого метода (термос, электропрогрев, индукционный прогрев).

Порядок расчета

1. Определить объем емкости для разогрева смеси, м³

$$V_6 = K_1 \cdot V_1 / 2, \quad (14.18)$$

где V_1 – емкость кузова самосвала, м³;

K_1 – коэффициент уменьшения объема бетонной смеси к моменту разогрева, учитывающий разрыхленное состояние ее при загрузке в бункер, с достаточной для практических целей точностью может быть принят 1,2 – для обычного бетона и 1,4 – для легкого.

2. Определить мощность, необходимую для разогрева бетонной смеси, кВт

$$P = \alpha \cdot \frac{C_{б.с} \cdot \gamma_{б.с} \cdot V_6 \cdot p \cdot 10^{-3}}{864} \cdot 1,163, \quad (14.19)$$

где $C_{б.с}$ – удельная теплоемкость бетонной смеси, принимается 0,25 ккал/кг °С,

$\gamma_{б.с}$ – объемная масса бетонной смеси с учетом разрыхления, определяется экспериментально, кг/м³,

α – коэффициент, учитывающий теплопотери в процессе разогрева, принимается 1,2 - 1,5,

p – скорость разогрева, °С / час:

$$p = 60 \cdot \frac{t_k - t_n}{\tau}, \quad (14.20)$$

где t_k – начальная температура разогрева смеси, °С,

t_n – начальная температура перед разогревом, °С,

τ – продолжительность разогрева, принимается 5 – 15 мин.

3. В емкостях для разогрева бетонной смеси применяют пластинчатые электроды, толщиной не менее 6 мм и количеством 3-6. Для обеспечения требуемого разогрева необходима мощность P , которая достигается при соответствующем расстоянии между электродами, м:

$$e = \frac{31,62 \cdot u \cdot 10^{-3}}{\sqrt{P \cdot \rho_{расч}}} \sqrt{V_6}, \quad (14.21)$$

где u – напряжение на электродах, В;

$$\rho_{расч} \approx \frac{\rho_{нач} + \rho_{min}}{2}, \quad (14.22)$$

или

$$\rho_{расч} = 0,85 \cdot \rho_{нач}, \quad (14.23)$$

где $\rho_{расч}$ – расчетное электрическое сопротивление бетонной смеси, Ом см;

$\rho_{нач}$ – начальное сопротивление (4 – 25 Ом м);

ρ_{min} – минимальное сопротивление (2 – 18 Ом·м).

В предварительных расчетах принимается в пределах 6 – 14 Ом·м. Определяется лабораторно электровибровискозиметрами. Добавка 1 – 1,5 % NaCl снижает начальное э/сопротивление до 2 – 2,5 Ом·м.

4. Определить расстояние e' между электродами и стенками емкости и e'' – между электродами и дном, м:

$$e' = e / \sqrt{3}, \quad (14.24)$$

при изоляции дна листовой резиной $e'' = 0,6 e$

5. Определить площадь электродов

$$S \geq \frac{V_6}{e \cdot n + 2e'}, \quad (14.25)$$

где n – количество равных отсеков в емкости.

6. Определить ширину бункера

$$B = n \cdot \delta + (n+1) \delta_1 + 2\delta', \quad (14.26)$$

где δ_1 – толщина электрода, м.

7. Электрическая мощность при разогреве смеси

$$P_{\text{э}} = \frac{U^2 \cdot V_{\text{б}}}{10 \rho_{\text{мин}} \cdot \delta^2}. \quad (14.27)$$

8. Мощность трансформатора

$$P_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{э}}}{\eta \cdot \cos \varphi \cdot K_{\text{к.н}}}, \quad (14.28)$$

где η – К.П.Д. трансформатора;

$K_{\text{к.н}}$ – коэффициент кратковременной допустимой перегрузки трансформатора (1,3 – 1,5);

$\eta \cdot \cos \varphi$ обычно принимают 0,9

По величине $P_{\text{тр}}$ подбирают трансформатор.

9. Определить прочность бетона (приложение И, рисунок И.6).

10. Сделать выводы.

Вопросы и задания:

Задание и необходимые данные приведены в приложении. Варианты исходных данных определяются руководителем на звено из 3 – 4 человек.

Вопросы:

1. Какие условия относят к зимним?
2. Каковы особенности производства бетонных работ в зимних условиях?
3. Что такое «критическая прочность бетона»?
4. Назовите основные способы производства бетонных работ в зимних условиях (методы выдерживания бетона).

5. Как определяется массивность конструкции? Как учитывается поверхность (площадь) конструкции, соприкасающаяся с талым грунтом?

6. Основные положения выдерживания бетона по методу термоса.

7. В чем суть метода «горячего термоса»? Как производится электроразогрев смеси? Как произвести электроразогрев в кузове автобетоновоза?

8. Виды электродов, применяемых при электропрогреве бетона различных конструкций?

9. Конструктивные особенности термоактивных (греющих) опалубок.

10. Виды противоморозных химических добавок, область применения.

11. В чем суть индукционного прогрева?

12. Виды обогревателей при обогреве бетона.

13. Паропрогрев и выдерживание в тепляках

При защите работы студент рассказывает о цели работы, порядке ее выполнения, формулирует выводы по результатам, а также отвечает на вопросы преподавателя.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7

Индукционный прогрев бетона

Цель: научиться проектировать индукционный метод для отогрева ранее выполненных конструкций и нагрева бетона возводимых каркасных железобетонных конструкций и стыков сборных железобетонных конструкций разной массивности.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций:

– знать строительные материалы, включая конструкционные, отделочные, тепло- и гидроизоляционные; основные физико-механические характеристики материалов;

– уметь проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;

– владеть технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования;

Код	Формулировка:
ОПК-8	Способен осуществлять и контролировать технологические процессы строительного производства и строительной индустрии с учетом требований производственной и экологической безопасности, применяя известные и новые технологии в области строительства и строительной индустрии

Актуальность темы: получение навыков в проектировании индукционного метода для обогрева ранее выполненных конструкций и нагрева бетона возводимых каркасных железобетонных конструкций и стыков сборных железобетонных конструкций разной массивности.

Теоретическая часть

Индукционный метод применяется для обогрева ранее выполненных и нагрева бетона возводимых каркасных железобетонных конструкций и стыков сборных железобетонных конструкций разной массивности, бетонируемых как в деревянной, так и в металлической опалубке, при любой температуре наружного воздуха, и позволяет за 12 – 28 ч получить бетон хорошего качества с прочностью от 50 до 70 % от R_{28} . Индукционный метод наиболее эффективен для конструкций, густо насыщенных арматурой, с модулем поверхности M_n от 5 и выше и во всех случаях для конструкций, возводимых в металлической опалубке.

Режим индукционного нагрева определяется в первую очередь требуемой относительной прочностью бетона к концу термообработки, а также $t_{нв}$, M_n конструкции, коэффициентом теплопередачи бетона через опалубку k и величиной тепловыделения цемента. Как и при электропрогреве, индукционный нагрев ведут: по режиму «электротермоса» - нагревая бетон до некоторой максимально допустимой температуры и достигая требуемой прочности к моменту остывания конструкции до 0 – 5 °С; по изотермическому режиму – разогревая бетон до расчетной температуры и выдерживая при этой температуре до получения требуемой прочности к моменту окончания изотермического прогрева, или по изотермическому режиму с учетом роста прочности бетона при остывании, представляющему комбинацию двух предыдущих режимов.

Время каждого из периодов режима нагрева и соответствующую этому периоду среднюю температуру бетона определяют по формулам (15.1) и

(15.2), а затем по рисункам 15.5 или 15.6 в зависимости от вида цемента средней температуры определяют прочность бетона. Если эта прочность соответствует требуемой прочности к концу термообработки, то задаются режимом «электротермос», а если она меньше, то задавая температурой изотермического нагрева t_1 и зная требуемую относительную прочность бетона, по рисункам 15.5 и 15.6 определяют продолжительность изотермического нагрева, с учетом величины набора прочности в период разогрева и остывания бетона.

При назначении продолжительности каждого периода термообработки необходимо, чтобы максимальная температура нагрева не превышала значений, указанных в таблице 15.6, а скорость разогрева максимально допустимой, приведенной в таблице 15.2.

Расчет параметров индукционного прогрева состоит в определении числа витков N , которые при заданном напряжении U могут создать напряженность машинного поля H , обеспечивающую тепловыделение с поверхности источников тепла (например, арматуры), необходимое для нагрева бетона конструкции. Количество тепла, выделяющееся в металле, пропорционально N и U и зависит от H .

При термической обработке бетона требуемая прочность бетона достигается с учетом ее прироста за время остывания бетона до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, определяемой по формуле

$$\tau = \frac{600t_1 + ЦЭ * 0,00024}{0,86K\alpha M_n(t_{б.ср} - t_{н.в})}, \quad (15.1)$$

где t_1 – температура бетона в момент окончания прогрева;

$Ц$ – расход цемента, кг/м^3 ;

$Э$ – экзотермия цемента, Дж/кг , принимаемая для рассматриваемого периода выдерживания бетона по таблице 15.3;

K – коэффициент теплопередачи от бетона через опалубку в окружающую среду, принимаемый по таблице 15.5;

$t_{н.в.}$ – температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

α – коэффициент, зависящий от скорости ветра, действующего на выдерживаемую бетонную конструкцию (таблица 15.4);

M_n – модуль поверхности, м^{-1} , определяемый по формуле $M_n = F/V$;

F – поверхность охлаждения конструкции, м^2 ;

V – объем конструкции, м^3 ;

$t_{б.ср.}$ – средняя температура бетона, $^{\circ}\text{C}$, за период остывания до 0°C , определяемая по формуле:

$$t_{б.ср.} = \frac{t_1}{1,1 + 0,2M_n}. \quad (15.2)$$

Предварительно, зная $t_{н.в.}$, M_n , K , Ξ , скорость разогрева бетона V и т. д., определяют по формуле (15.3) основной показатель – требуемую для разогрева бетона электрическую мощность P_p :

$$P_p = \left[\frac{600v}{864} + \frac{0,00024C_i\gamma_i\delta_iM_n*v}{864} + \frac{0,86\alpha kM_n(t_1+t_2-2t_{н.в.})}{864*2} - 0,8 \right] V 1000 Bm \quad (15.3)$$

Определение активной поверхности металла и необходимой активной мощности. Затем определяют поверхность источников тепла. При прогреве в неметаллической опалубке такими источниками являются арматура, при металлической – арматура и опалубка.

В зависимости от схем армирования поверхности источников тепла определяются по следующим формулам (рисунок 15.1):

для рисунка 15.1а

$$F = \pi \cdot d \cdot l \cdot n \text{ см}^2, \quad (15.4)$$

где d – диаметр арматуры, см;

l – длина арматуры, см;

n – количество арматурных стержней;

для рисунка 15.1б

$$F = \pi \cdot d \cdot l \cdot n + 2 \cdot t \cdot (a_k + b_k) \text{ см}^2 \quad (15.5)$$

где a_k, b_k – ширина сторон каркаса, см;

l – длина арматуры, высота каркаса, см;

для рисунка 15.1в

$$F = \pi \cdot d \cdot l \cdot n + 2 \cdot l \cdot (a_k + b_r) + 4 \cdot l (a_i + b_i), \text{ см}^2 \quad (15.6)$$

где a_i, b_i – ширина сторон опалубки, см.

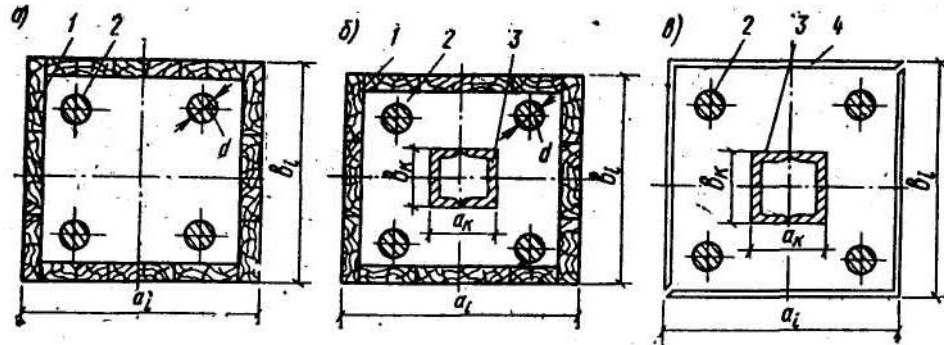


Рисунок 15.1 – Схемы расположения источников тепла при индукционном нагреве: а) прутковая арматура в деревянной опалубке; б) прутковая арматура и жесткий каркас в деревянной опалубке; в) прутковая арматура и жесткий каркас в металлической опалубке; 1 – деревянная опалубка; 2 – прутковая арматура; 3 – жесткий каркас; 4 – металлическая опалубка

Источниками тепла являются только те элементы (арматура, жесткий каркас и т. д.), которые расположены параллельно оси индуктора, т.е. вдоль силовых линий магнитного поля. Хомуты, сетки и т. п. элементы арматуры во внимание не принимаются.

Определение удельной мощности теплового источника

После определения поверхности источников тепла рассчитывают ΔP – удельную мощность теплового источника, необходимую для нагрева по

данному режиму: $\Delta P = \frac{P}{F} \text{ Вт/см}^2$.

Требуемую напряженность магнитного поля H А/см и удельное электросопротивление стали при этой напряженности ρ_n , Ом находят по рисунку 15.2.

Напряженность поля обусловлена электрическими параметрами и в конечном счете общим сопротивлением системы «индуктор-загрузка» (под загрузкой понимаются источники тепловыделения: арматура, стальная опалубка и т. п.). Составляющие общего сопротивления, приведенные к 1 см высоты индуктора, определяют при $\frac{N^2}{h^2} = 1$.

Активное сопротивление r_i в зависимости от формы индуктора рассчитывают по формулам:

цилиндрического индуктора

$$r_i = A \cdot R_i \text{ Ом}; \quad (15.7)$$

индуктора прямоугольного сечения

$$r_i = \frac{A}{\pi} (a_i + b_i) \text{ Ом}, \quad (15.8)$$

где $A = 1,26 \cdot 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ – для медного провода индуктора;

$A = 1,66 \cdot 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ – для алюминиевого провода индуктора;

R_i – радиус индуктора, см.

Определение числа витков индуктора

Индуктивное сопротивление ωL_i определяют по формулам:

для цилиндрического индуктора

$$\omega L_i = B R_i^2 \alpha \text{ Ом}; \quad (15.9)$$

для индуктора прямоугольного сечения

$$\omega L_i = \frac{B}{\pi} a_i b_i \alpha \text{ Ом}, \quad (15.10)$$

где $B = 1,24 \cdot 10^{-5} \text{ Ом}$;

α – безразмерный коэффициент формы индуктора, который определяют в зависимости от отношения длины (высоты) индуктора h к его радиусу R_i (рисунок 15.3).

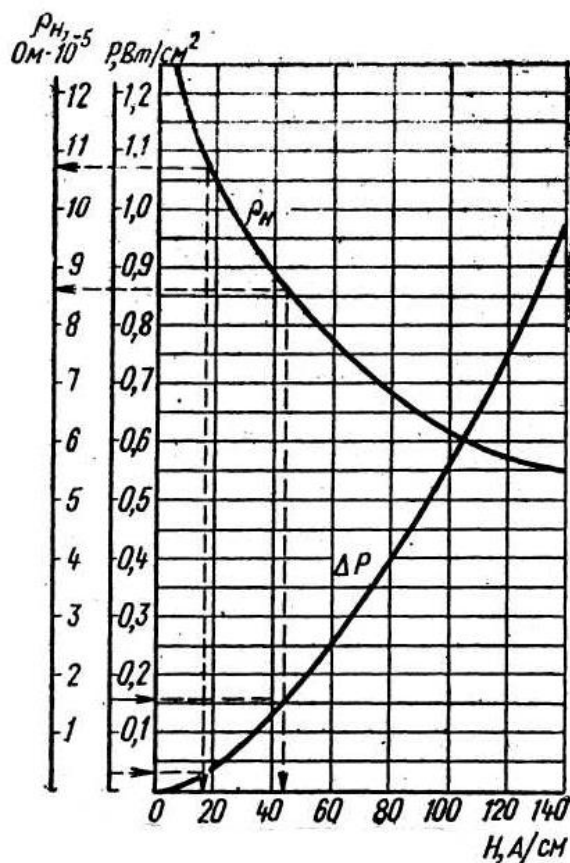


Рисунок 15.2 – График зависимости сопротивления 1 см^2 поверхности разгрузки p_n и величины удельной мощности ΔP от напряженности магнитного поля H

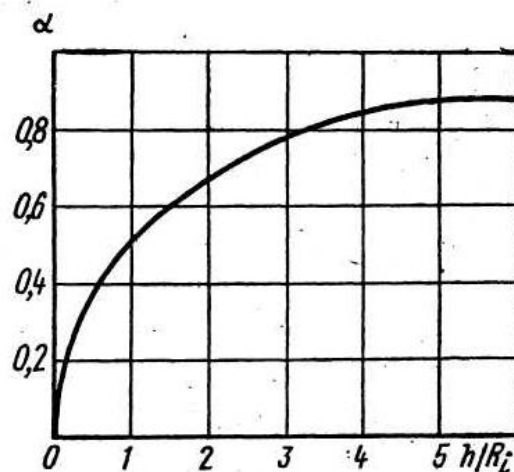


Рисунок 15.3 – График зависимости коэффициента формы индуктора α от величины $\frac{h}{R_i}$; h – высота индуктора; R_i – радиус индуктора

Активное сопротивление загрузки рассчитывают по формуле

$$r_s = \Pi_s p_n \text{ Ом}, \quad (15.11)$$

где Π_s – сумма периметров загрузки, которую принимают для схемы (рисунок 15.1а), равной $\pi d n$, см. для схем (рисунок 15.1б);

$\pi d n + 2(a_k + b_k)$ см, а для схемы (рисунок 15.1в);

$\pi d n + 2(a_k + b_k) + 4(a_i + b_i)$ см.

Индуктивное сопротивление загрузки принимается равным его активному сопротивлению:

$$\omega L_s = r_s \text{ Ом}. \quad (15.12)$$

Активное и индуктивное сопротивление системы индуктор – нагрузка находят по формулам:

$$r = r_i + r_s \text{ Ом}; \quad (15.13)$$

$$\omega L = \omega L_i + \omega L_s \text{ Ом}. \quad (15.14)$$

Общее сопротивление системы индуктор – нагрузка определяется по следующей формуле:

$$Z = \sqrt{r^2 + (\omega L)^2} \text{ Ом}. \quad (15.15)$$

Зная Z и задаваясь напряжением U , определяют число витков индуктора:

$$N = \frac{U}{ZH}. \quad (15.16)$$

После этого определяют силу тока в индукторе при полученном расчетном количестве витков:

$$I = \frac{H \cdot h}{N}, \text{ А} \quad (15.17)$$

и по ее величине подбирают сечение провода индуктора. Если полученная сила тока по каким-либо причинам не может быть принята для прогрева, производят перерасчет. Для этого, задаваясь допустимой для данных условий силой тока I_{don} и сохраняя неизменной величину H , находят число витков

$$N = \frac{H \cdot h}{I_{don}} \quad (15.18)$$

и определяют необходимое напряжение

$$U = NZH = \frac{H^2 h Z}{I_{don}}, \text{ В}. \quad (15.19)$$

Следовательно, расчет параметров изотермического прогрева сводится к определению напряжения, которое при сохранении полученного расчетом количества витков индуктора N позволило

выдержать выбранный режим разогрева и изотермического нагрева конструкции.

Определенное по формуле (15.16) количество витков N должно остаться и при расчете параметров изотермического нагрева, на первом этапе которого устанавливают по формуле (15.20) требуемую для его проведения электрическую мощность,

$$P_u = \alpha k M_n (t_1 - t_{н.в}) V, \text{ Вт.} \quad (15.20)$$

Исходя из полученного P_u дальнейший расчет ведут аналогично расчету параметров индукционного разогрева по формулам (15.3 – 15.5) и, определив новое Z , которое в данном случае обозначают Z_u , сохраняя неизменным полученное ранее количество витков N , определяют требуемое напряжение изотермического прогрева U_u и силу тока в индукторе I_u :

$$U_u = N Z_u H_u, \text{ В;} \quad (15.21)$$

$$I_u = \frac{H_u h}{N}, \text{ А.} \quad (15.22)$$

Пример

Ниже приведен пример расчета параметров индукционного нагрева по формулам (15.4 – 15.22) для колонны сечением $0,4 \times 0,4$ м, высотой 3 м, армированной 4 стержнями диаметром 30 мм, Ст 3 и жестким каркасом из двух швеллеров № 16, сваренных встык, возводимой в деревянной опалубке толщиной 40 мм при начальной температуре бетона $t_2 = 5$ °С, температуре наружного воздуха $t_{н.в} = -15$ °С и скорости ветра 3 м/с (рисунок 15.4).

В опалубку укладывают бетон марки 200, приготовленный на портландцементе марки 400 с расходом цемента 350 кг/м^3 . Требуемая прочность бетона к концу термообработки 50 % от R_{28} . При этих исходных данных $K = 0,48 \text{ м}^3$; $M_n = 10$; $c = 2,72 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$; $\gamma_l = 700 \text{ кг/м}^3$; $k = 2,67 \text{ кВт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Режим прогрева назначаем, учитывая, что по таблице 15.6 температура термообработки конструкции для заданных условий не должна превышать 60 °С, а по таблице 15.2 скорость разогрева бетона v не должна превышать 10 °С/ч. Задаваясь $v=10$ °С/ч и $t_1=60$ °С, определяем время разогрева бетона:

$$T_p = \frac{60 - 5}{10} = 5,5, \text{ ч}$$

при средней температуре за этот период

$$t_{p/c} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{60 + 5}{2} = 32,5, \text{ °С.}$$

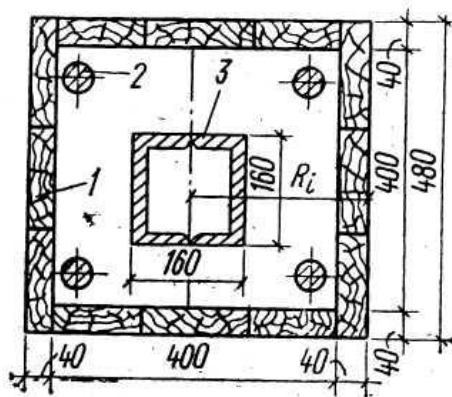


Рисунок 15.4 – Сечение прогреваемой колонны: 1 – деревянная опалубка; 2 – арматура прутковая диаметром 30 мм; 3 – жесткий каркас

По формуле (15.1) определяем время остывания бетона до 0 °С, ориентировочно принимая, что бетон будет остывать 36 ч при средней температуре бетона за период остывания по формуле (15.2) $t_{б.ср} = 60:(1,1+0,2 \cdot 10)=19,4$ °С и при тепловыделении данного цемента, равном, по таблице 7.3 для этих условий 134 кДж/кг.

По таблице 7.4 находим, что для $\kappa = 2,67$ кВт/(м²·К) и скорости ветра 3 м/с $\alpha=1,2$. По формуле (15.1)

$$\tau = \frac{600 \cdot 60 + 350 \cdot 134 \cdot 0,00024}{0,86 \cdot 2,67 \cdot 1,2 \cdot 10[19,4 - (-15)]} = 50 \text{ ч.}$$

Следовательно, скорость остывания составит: $t_1/\tau=60/50=1,2$ °С/ч, что значительно ниже допустимой – 5 °С/ч.

По рисунку 15.5 находят, что за 5,5 ч разогрева конструкции по средней температуре 32,5 °С и за 50 ч остывания при средней температуре 19,4 °С бетон наберет приблизительно 47 % от R_{28} , а для получения 50 % от R_{28} потребуется еще 2 – 3 ч прогревать конструкцию при максимально допустимой в данном случае температуре, равной 60 °С.

Таким образом, выбранный режим состоит из разогрева бетона в течение 5,5 ч до температуры 60 °С, изотермического нагрева при температуре 60 °С в течение 3 ч и остывания в течение 50 ч.

Расчет параметров индукционного нагрева ведут по формулам (15.3 – 15.22). По формуле (15.3) определяют электрическую мощность, требуемую для разогрева бетона со скоростью 10 °С/ч. Не вычитая из-за краткости времени разогрева величину 0,8, учитывающую тепловыделение цемента, получим

$$P_p = \left\{ \frac{600 \cdot 10}{864} + \frac{0,00024 \cdot 2,72 \cdot 10^3 \cdot 700 \cdot 0,04 \cdot 10}{864} \cdot \frac{10}{2} + \frac{0,86 \cdot 1,2 \cdot 2,67 \cdot 10 [60 + 5 - 2(-15)]}{864 \cdot 2} \right\} 0,48 \cdot 1000, \text{ Вт}$$

При прутковой арматуре и жестком каркасе определяем поверхность источников тепла

$$F = \pi \cdot 3 \cdot 300 \cdot 4 + 2(16 + 16)300 = 30500 \text{ см}^2$$

Потребная удельная мощность источников тепла

$$\Delta P = \frac{4600}{30500} = 0,151 \text{ Вт/см}^2.$$

На рисунке 15.2, как это показано на нем стрелками и пунктирами, находим $H = 42 \text{ А/см}$ и $p_n = 8,75 \cdot 10^{-5} \text{ Ом}$.

Определяем активное сопротивление индуктора, выполненного из изолированного провода с медной жилой сечением 35 мм², тогда

$$r_i = \frac{1,26}{\pi} 10^{-5} (40 + 4 + 40 + 4) = 0,35 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}.$$

На рисунке 15.3 находим

$$\frac{h}{R_i} = \frac{300}{44} \cong 6,8; \alpha=1,$$

тогда:

индуктивное сопротивление индуктора

$$\omega L_i = \frac{1,2 \cdot 4}{\pi} 10^{-5} (40 + 4)(40 + 4) = 7,65 \cdot 10^{-3} \text{ Ом};$$

активное сопротивление загрузки

$$r_s = [\pi \cdot 3 \cdot 4 + 2(16 + 16)] 8,75 \cdot 10^{-5} = 8,89 \cdot 10^{-3} \text{ Ом};$$

индуктивное сопротивление загрузки

$$\omega L_s = r_s = 8,89 \cdot 10^{-3} \text{ Ом};$$

активное сопротивление системы индуктор – нагрузка

$$r = 0,35 \cdot 10^{-3} + 8,89 \cdot 10^{-3} = 9,24 \cdot 10^{-3} \text{ Ом};$$

индуктивное сопротивление системы индуктор – нагрузка

$$\omega L = 7,65 \cdot 10^{-3} + 8,89 \cdot 10^{-3} = 16,54 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}.$$

Общее сопротивление системы индуктор – нагрузка

$$Z = \sqrt{9,24^2 + 16,54^2} \cdot 10^{-3} = 18,95 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}.$$

Задаваясь напряжением 49 В, определяем по формуле (15.6) число витков индуктора:

$$N = \frac{49}{18,95 \cdot 10^{-3} \cdot 42} = 62 \text{ витка}.$$

Ожидаемая сила тока

$$I = \frac{42 \cdot 300}{62} = 203 \text{ А}.$$

По таблице 15.1 находим, что для пропуска такого тока потребуется провод с медной жилой сечением 50 мм^2 , а номинальный ток имеющегося провода сечением 35 мм^2 – 170 А. Тогда, задаваясь $I_{дон} = 170 \text{ А}$ и сохраняя величину $H = 42 \text{ А/см}$, получим $N = \frac{42 \cdot 300}{170} = 74 \text{ витка}$, для которых по

формуле (15.19) определяем необходимое напряжение $U=74 \cdot 18,95 \cdot 10^{-3} \cdot 42 \approx 60$ В.

Для расчета параметров изотермического нагрева бетона по формуле (15.20) устанавливаем электрическую мощность, требуемую при $t_1 = 60$ °С:

$$P_u = 1,2 \cdot 2,67 \cdot 10(60+15)0,48 = 1150 \text{ Вт.}$$

Зная из предыдущего расчета поверхность источников тепла, определяем их удельную мощность

$$\Delta P_u = \frac{1150}{30500} = 0,0377 \text{ Вт/см}^2$$

По рисунку 15.2, как показано на нем стрелками и пунктирами, находим $H = 17$ А/см и $p_n = 10,8 \cdot 10^{-5}$ Ом. Так как активное и индуктивное сопротивления индуктора не зависят от теплового режима прогрева, то при неизменном N и сечении провода они остаются прежними: $r_i = 0,35 \cdot 10^{-3}$ Ом и $\omega L_i = 7,65 \cdot 10^{-3}$ Ом.

Активное и индуктивное сопротивление загрузки, поскольку изменилось p_n , будут иными, оставаясь, однако, равными между собой:

$$r_s = \omega L_s = [\pi \cdot 3 \cdot 4 + 2(16 + 16)] 10,8 \cdot 10^{-5} = 10,92 \cdot 10^{-3} \text{ Ом.}$$

Активное и индуктивное сопротивления системы индуктор — загрузка

$$r = 0,35 \cdot 10^{-3} + 10,92 \cdot 10^{-3} = 11,27 \cdot 10^{-3} \text{ Ом;}$$

$$\omega L = 7,65 \cdot 10^{-3} + 10,92 \cdot 10^{-3} = 18,57 \cdot 10^{-3} \text{ Ом.}$$

Общее сопротивление системы индуктор — загрузка при изотермическом нагреве

$$Z_u = \sqrt{11,27^2 + 18,57^2} \cdot 10^{-3} = 21,7 \cdot 10^{-3} \text{ Ом.}$$

Сохраняя неизменным N , получим требуемое напряжение при изотермическом нагреве

$$U_u = 74 \cdot 21,7 \cdot 10^{-3} \cdot 17 = 36 \text{ В}$$

и силу тока в индукторе

$$I_u = \frac{17 \cdot 300}{74} = 69 \text{ А.}$$

Таблица 15.1 – Провода с алюминиевыми и медными жилами с резиновой или полихлорвиниловой изоляцией

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Нагрузка, А		Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Нагрузка, А	
	Жилы			Жилы	
	алюминиевая	медная		алюминиевая	медная
2,5	24	-	35	130	170
4	32	41	50	165	215
6	39	50	70	210	270
10	60	80	95	255	330
16	75	100	120	295	385
25	105	140	150	340	440
			185	390	510

Таблица 15.2 – Максимально допустимая скорость разогрева монолитных конструкций индукционным методом

Материал опалубки	Вид армирования	Максимальная скорость разогрева (°С/ч) при модуле поверхности конструкции		
		<0	6—10	>10
Неметаллическая	Прутковая арматура	5	8	10
	Жесткий каркас	5	8	10
	Прутковая арматура и жесткий каркас	8	10	15
Металлическая	Прутковая арматура	5	8	10
	Жесткий каркас	8	10	15
	Прутковая арматура и жесткий каркас	8	10	15
Примечание	Бетон в конструкции рекомендуется разогревать со скоростью, близкой к максимальной.			

Таблица 15.3 – Тепловыделение цемента при разных температурах и сроках твердения

Вид и марка цемента	Температура, °С	Тепловыделение цемента (кДж/кг) за время твердения, сут.							
		0,25	0,5	1	2	3	7	14	28
Портландцемент, 300	5			17	50	88	163	193	222
	10	6,3	13	29	67	109	184	214	260
	20	10	29	71	134	167	218	252	293
	40	38	96	163	205	226	251	268	-
	60	105	163	209	239	255	272	280	-
	80	134	201	251	272	285	297	-	-
Портландцемент, 400	5	-	-	29	63	109	188	209	243
	10	8,4	17	50	100	134	209	243	284

	20	17	67	100	172	209	272	314	335
	40	84	134	184	226	247'	293	-	-
	60	130	188	230	260	276	306	-	-
	80	159	209	247	272	284	314	-	-
Быстротвердеющий портландцемент, 400—600	5		21	50	75	117	197	230	293
	10	17	33	63	105	167	260	293	314
	20	59	92	134	184	272	314	335	377
	40	100	176	218	272	310	377	-	-
	60	184	226	280	330	377	419	-	-
	80	239	268	322	364	398	-	-	-
Шлакопортландце- мент и пущолановый портландцемент, 300	5	-	-	10,5	33	71	126	167	180
	10	-	8,4	17	59	100	152	197	201
	20	-	21	42	121	152	192	218	226
	40	29	67	121	172	192	226	-	-
	60	54	96	167	201	222	247	-	-
	80	84	130	188	226	238	260	-	-

Таблица 15.4 – Коэффициент α , учитывающий влияние ветра

Величина k , кВт/(м ² ·К)	Безветрие	Умеренный ветер	Сильный ветер
	Скорость ветра, м/с		
	До 0,2	0,2—6	более 6
До 2,9	1	1,2	1,3
Более 2,9	1	1,3	1,4

Таблица 15.5 – Коэффициент теплопередачи k для наиболее распространенных видов ограждений

Наименование материала	k , кВт/(м ² ·К)
Слой толя или рубероида	6,4
Опалубка деревянная толщиной 25 мм	5,22
То же 40 мм	3,71
Опалубка из древесностружечной плиты толщиной 22 мм	5,56
Опалубка двухслойная из досок толщиной 25 мм и древесностружечной плиты толщиной 12 мм	3,83
То же, при наличии 5—10-см воздушной прослойки между древесностружечной плитой и опалубкой	2,32
Утепление в виде короба (толщина опалубки 25 мм, обшивки—20 мм) с засыпкой из опилок при толщине опилок:	
50 мм	1,18
100 »	0,71

Шлаковата толщиной 40 мм	1,64
Слой толя и опилки толщиной 50 мм	1,69
То же толщиной 100 мм	
Слой толя, 50-мм слой минераловатных матов	1,7
Примечания: 1. При периферийном электропрогреве (при разогреве и изотермическом прогреве) k для прогреваемых поверхностей принимается с коэффициентом 0,77.	
2. Для неотогретых оснований $k = 5,8 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; для отогретых — $k = 1,75 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.	

Таблица 15.6 – Максимально допустимые температуры периферийного электропрогрева

Вид цемента	Марка цемента	Максимально допустимая температура (°C) для конструкций с M_n		
		6-9	10-15	16-20
Быстротвердеющий портландцемент	400-600	65	55	40
Портландцемент	400-500	70	60	50
Шлакопортландцемент	200-500	80	70	60

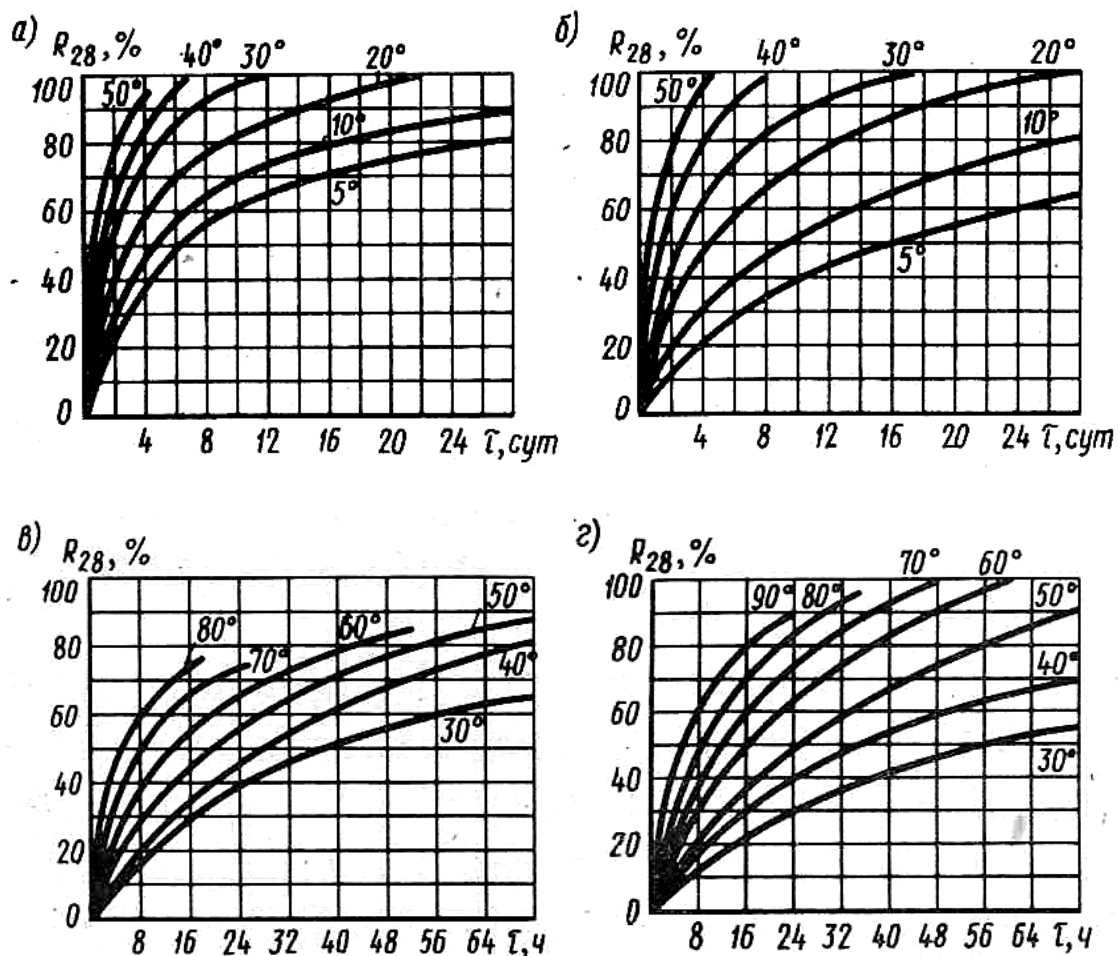


Рисунок 15.5 – График нарастания прочности бетона: а) при температуре до 50 °C на портландцементях М 400...500; б) то же, на

шлакопортландцементов М 300...400; в) при прогреве на портландцементов М 400...500; г) то же, на шлакопортландцементов

Вопросы и задания:

Рассчитать параметры индукционного прогрева бетона. Задание и необходимые данные приведены в приложении. Варианты исходных данных определяются руководителем.

1. В чем заключается индукционный прогрев бетона?
2. В чем преимущество индукционного прогрева перед электродным?
3. Какие материалы используют в качестве индуктора?
4. С какой целью витки индуктора устанавливают на разных расстояниях друг от друга? Зачем их сгущают к низу и к верху?
5. Какой режим индукционного нагрева?

При защите работы студент рассказывает о цели работы, о порядке ее выполнения, формулирует выводы о результатах расчета, а также отвечает на вопросы преподавателя.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8

Определение точности монтажа конструкций

Цель: научиться обеспечивать точность монтажа конструкций.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций:

- знать строительные материалы, включая конструкционные, отделочные, тепло- и гидроизоляционные; основные физико-механические характеристики материалов;
- уметь проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;
- владеть технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования;

Код	Формулировка:
ОПК-8	Способен осуществлять и контролировать технологические процессы строительного производства и строительной индустрии с учетом требований производственной и экологической безопасности, применяя известные и новые технологии в области строительства и строительной индустрии

Актуальность темы: получение навыков в обеспечении точности монтажа конструкций.

Теоретическая часть

В сборном строительстве обеспечение качества связано с точностью изготовления и монтажа конструкций. В свою очередь, точность монтажа связана с регламентацией возможных отклонений и погрешностей, возникающих при выполнении технологических операций.

При монтаже сборных конструкций наблюдаются отклонения от проектных размеров, значения которых оцениваются со знаком « + » или « – ». На конечный результат точности монтажа большое влияние оказывают систематические отклонения, возникающие в результате применения монтажных приспособлений и инструмента, изготовленных с определенной погрешностью. В этом случае погрешности накапливаются в одну сторону, имея один знак.

Нормирование ограничений погрешностей производится системой допусков, которая представляет собой стандартизацию точности изготовления и монтажа сборных конструкций.

Назначение допусков производится по специальным инструкциям на основе расчета точности монтажа конструкции. При этом расчетом определяется суммарный допуск и назначается функциональный конструкционный допусков, устанавливаются размеры компенсаторов, поглощающих накапливающиеся погрешности в цепях элементов на заданном расчетном участке.

Цель назначения допусков состоит в возможности монтажа конструкций без каких-либо переделок: уменьшения размеров скалыванием элементов, увеличения габаритов за счет удлинения деталей опорных частей, увеличения толщины швов и др.

Допуски различаются по назначению на функциональные и технологические,

Функциональный допуск назначается с учетом надежности процесса, и они должны компенсировать влияние всех погрешностей измерений и разбивок, отклонений линейных размеров и положения элементов.

Технологическими допусками регламентируют точность технологических процессов и операций при изготовлении и установке сборных элементов, а также при выполнении геодезических разбивок. Их назначают из условия обеспечения рациональности процесса и технических достижимой точности использования определенного оборудования, инструмента и оснастки. Технологические допуски ориентированы на качество выполнения отдельных операций и должны обеспечивать методы производства работ без подгонки.

Практика показывает, что чем меньше допуск, тем дороже применяемое монтажное оборудование и приспособления. Расчетной теоретической задачей является нахождение оптимального соотношения между функциональным и технологическими допусками, при котором была бы обеспечена нормальная работа смонтированных конструкций минимальной стоимости. Такая задача решается при расчетах точности монтажа конструкций.

Проекции допусков или погрешности последовательно суммируются на длине расчетного участка, начиная от базовой оси и кончая замыкающим звеном расчетной цепи. За расчетный участок в свободных цепях принимается расстояние между соседними, связанными монтажами последовательностью установочными осями (например, осями колонн) или уровненными маяками.

В монтажных работах расчетом точности определяются следующие основные допуски конструкции: допуск зазора, допуск площадки опирания, допуск смещения граней смежных элементов или допустимый уступ, допуск общего размера конструкций.

Эти допуски увязываются с предельными размерами конструкций, учитывается поправка на несимметричность конструкций.

После расчета точности на чертежах проекта и технических условиях проставляются допустимые отклонения от основных размеров. На монтажных чертежах и схемах обозначаются установочные ориентиры (риски установочных осей) и способ их нанесения, основные базовые оси и способы их передачи с одного на другой горизонт, уровневые маяки и способы их установки, станция геодезических элементов, инструмент для контроля и т.д.

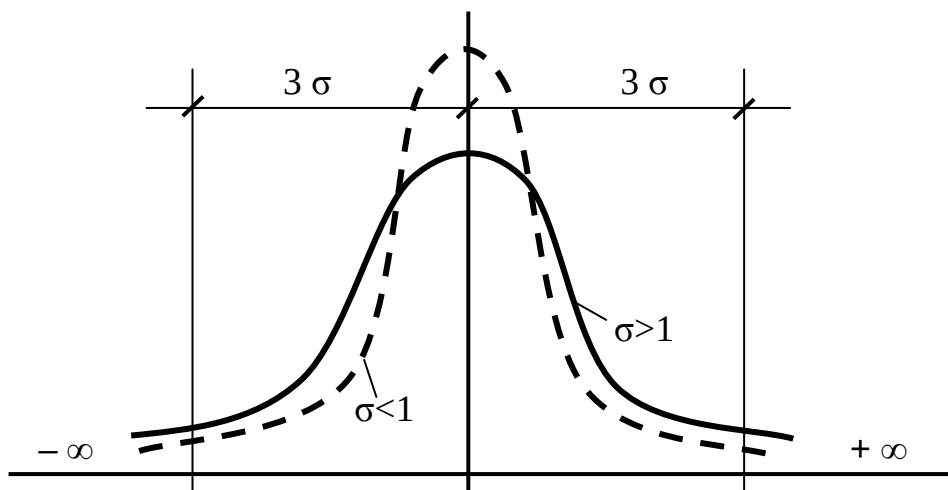


Рисунок 16.1 – Кривая распределения отклонений

При расчетах исходят из условия собираемости, когда в 99,73 % случаев конструкция не нуждается в специальной подготовке элементов при монтаже. Предполагается при этом, что 0,27 % случаев потребует подгонку элементов при сборке.

В основе случайных погрешностей изготовления и монтажа конструкций пользуются правилами теории вероятности.

Рассеивание погрешностей описывается законом нормального распределения случайных величин (закон Гаусса). Теоретически этот закон имеет поле распределения от плюс бесконечности до минус бесконечности,

но при расчетах точности ограничиваются учетом погрешностей в пределах 6σ (σ – среднеквадратичная погрешность), симметрично расположенных относительно центра группировки, что охватывает 99,73 % случаев (рисунок 16.1).

Обеспечение 100 % гарантии беспогоночной сборки привело бы к назначению неэкономичного количества или излишних размеров конструкционных компенсаторов погрешностей (зазоров, площадок опирания и т. д.), к ужесточению производственных допусков на изготовление конструкций.

Расчеты точности необходимы для установления допустимых размеров предельных отклонений (допусков) при выборе монтажной оснастки и других технических средств выполнения монтажных работ.

Пример

Разметка и нанесение установочных рисков

На верхнем и нижнем уровнях колонн, а также на ригеле производится разметка установочных рисков, определяющих геометрические оси (рисунок 16.2а). Разметка выполняется металлической линейкой путем деления замеренной величины грани колонны (ригеля) пополам. Необходимость этого вызвана тем, что размеры изготовленных железобетонных конструкций часто отличаются от проектных. Откладывание от боковой грани половины проектного значения поперечного значения недопустимо. Нанесение размеров производится карандашом и закрепляется краской (в построечных условиях).

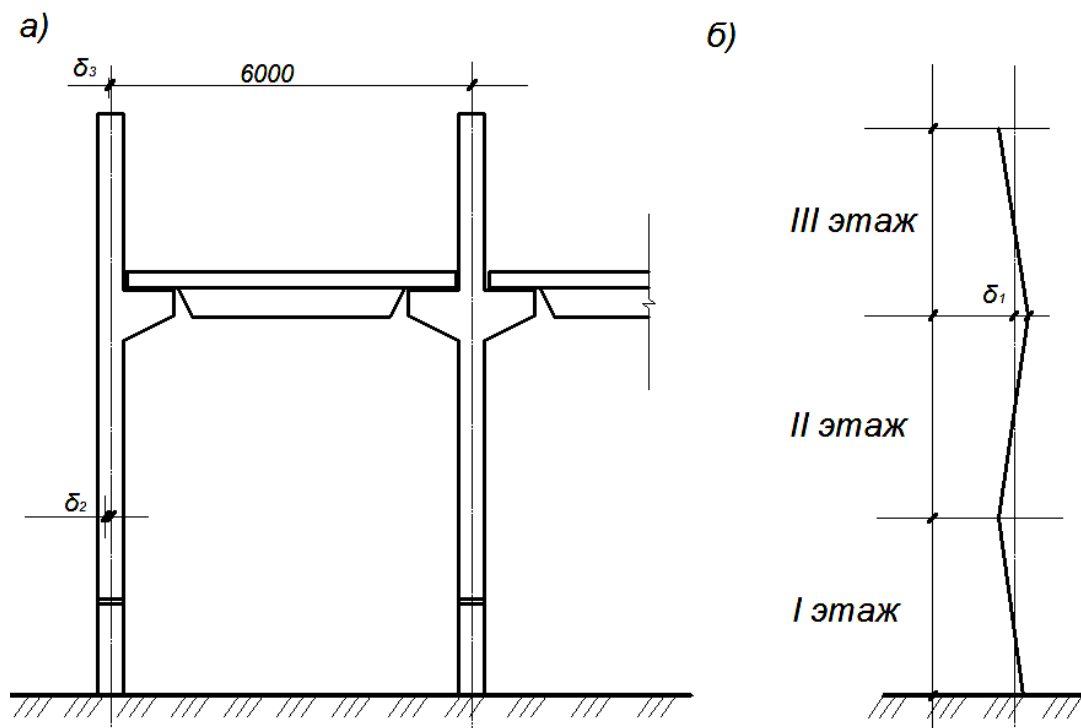


Рисунок 16.2 – Разметка рисков и отклонение при монтаже: а) разметка установочных рисков, определяющих геометрические оси; б) линии действия нормальной силы в колоннах на уровне стыков

Определение точности установки колонн

В большинстве случаев сборные колонны из-за погрешностей изготовления, разбивочных работ, монтажа и других факторов оказываются установленными не вертикально и с относительным несовмещением (эксцентриситетом) геометрических осей в стыках. Линии действия нормальной силы в колоннах на уровне стыков получается ломаной (рисунок 16.2б).

При установке верхней колонны в проектное положение геометрическую ось низа монтируемой колонны следует совмещать в стыке с геометрической осью верха нижестоящей колонны наведения рисков. Положение верхнего сечения рекомендуется выверять относительно разбивочной оси. Таким приемом обеспечивается относительно высокая точность соотношения колонн, однако их наклон может оказываться значительным.

Строительными нормами точность установки колонн регламентируется следующими допусками:

- наклон колонны не должен превышать $0,001 H$, где H – высота колонны;
- эксцентриситет осей в стыках колонн не должен превышать 8 мм;
- отклонение геометрической оси верха колонн от разбивочной оси не должно превышать 10 мм;
- расстояние между осями смежных колонн не должно отличаться от проектного более чем на 20 мм.

Выверка положения колонн производится с помощью теодолита или отвеса, замер расстояния между рисками, обозначающими геометрические оси (отклонений), производится металлической линейкой.

Отклонение точности установки ригелей

При монтаже ригелей их ориентируют по геометрическим осям колонн. Несовпадение геометрических осей ригелей и консолей колонн не должно превышать 5 мм. Допустимая разность между отметками двух смежных консолей, на которые опираются монтируемые ригели, равна 10 мм, а в пределах этажа $(12 + 2)n$ (мм), где n – порядковый номер этажа.

По данным замерам делают вывод о качестве монтажа по каждому регламентируемому показателю.

Расчет собираемости конструкций

Геометрические показатели здания определяются размерами сборных элементов, монтажными и другими отклонениями при выполнении разбивочных и геодезических работ. За расчетный участок цепи принимаются две колонны и ригель.

Погрешность проектируется на воображаемую горизонтальную ось и суммируется.

Для конструкции натурального экспоната суммарная погрешность

$$\delta_c = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2}, \quad (16.1)$$

где δ_1 – наклон колонны;

δ_2 – эксцентриситет осей в стыках колонн;

δ_3 – отклонение геометрической оси верха колонны от разбивочной оси;

δ_4 – отклонение по ширине сечения;

δ_5 – среднеквадратичная погрешность геодезических разбивок:

$$\delta_5 = \sqrt{S_{\text{геод}1}^2 + S_{\text{геод}2}^2 + S_{\text{геод}3}^2} = 1,4^2 + 0,9^2 + 2^2 = 2,6 \text{ мм};$$

$S_{\text{геод}1} = 1,4$ мм – среднеквадратичная погрешность перенесения осей с исходного горизонта на монтажный приборами типа ПЗЛ (с учетом погрешности центрирования и определения следа оптической вертикали);

$S_{\text{геод}2} = 0,9$ мм – среднеквадратичная погрешность установки теодолита над точкой на монтажном горизонте;

$S_{\text{геод}3} = 2,0$ мм – среднеквадратичная погрешность откладывания расстояний от коллимационной плоскости теодолита до места фиксации рисок на бетонной поверхности колонны;

δ_c – среднеквадратичная погрешность отклонения положения рисок при их нанесении на колонны. Складывается из погрешности отсчета по линейке с делением 1 мм (0,2 мм), из погрешности нанесения рисок карандашом (0,5) и закрепления рисок краской (1 мм).

$$\delta_c = \sqrt{0,2^2 + 0,5^2 + 1^2} = 1,3 \text{ мм}.$$

Условие полной собираемости конструкции соблюдается при $\delta_\phi \geq \delta_c$, где δ_ϕ – функциональный допуск расчетного геометрического параметра (применяется по заданию в приложении К).

Условно обеспечение полной собираемости конструкции характеризуется уровнем собираемости $\frac{\delta_{\phi}}{\delta_c} = 99,73 \% = 1$ и выше.

На практике часто встречается неполная собираемость, которая характеризуется уровнем собираемости ниже 99,73 %.

Студент на основе фактических размеров определяет уровень собираемости конструкции, используя фактические замеры величин δ_1 ; δ_2 ; δ_3 ; δ_4 на экспонате.

Уровень собираемости конструкции, зависящий от отношения $\frac{\delta_{\phi}}{\delta_c}$, принимается по приложению Л, составленному исходя из экономической целесообразности (на стадии проектирования) или технической возможности (на стадии производства работ).

Составляя уравнение погрешностей размерной цепи, можно определить минимальные и максимальные (предельные) размеры зазора между колонной и ригелем (замыкающее звено) и другие параметры. Порядок выполнения расчета точности определяется его задачей. В расчетах используются допустимые отклонения железобетонных изделий в соответствии с действующими ГОСТами (приложение М).

Пример определения уровня собираемости конструкций экспоната при условии соблюдения регламентированных допусков.

$$\delta_1 = 0,001H \quad \text{при } H = 9,6 \text{ м}; \quad \delta_1 = 0,001 \times 9600 = 9,6 \text{ мм};$$

$$\delta_2 = 8 \text{ мм является регламентированным монтажным допуском};$$

$$\delta_3 = 10 \text{ мм является регламентированным допуском};$$

$$\delta_4 = 5 \text{ мм является допуском на изготовление};$$

$$\delta_5 = 2,6 \text{ мм и } \delta_6 = 1,3 \text{ мм принимаются по приведенным расчетам.}$$

$$\delta_c = \sqrt{9,6^2 + 8^2 + 10^2 + 5^2 + 2,6^2 + 1,3^2} = 17,02 \text{ мм.}$$

Для колонн экспоната регламентированный функциональный допуск $\delta_\phi = 20 \text{ мм} > \delta_c = 17 \text{ мм}$, что позволяет сделать вывод о полной собираемости конструкции экспоната при условии соблюдения регламентированных допусков.

Вопросы и задания:

Осмотр натурального экспоната с выполнением замеров и составлением эскиза. Конструктивное решение многоэтажных каркасных промышленных зданий из конструкций серии ИИ – 20 преподаватель поясняет, используя натуральный образец.

Вычертить полусхематический чертеж, упрощая контуры конструкции. Зазоры, места опирания и детали стыка могут изображаться увеличенными для возможности записи допусков, буквенных и цифровых обозначений, являющимися звеньями расчетного участка цепи.

1. Чем отличается «допуск» от «погрешности» или «отклонения»?
2. Погрешности каких технологических операций влияют на расстояние между колоннами?
3. Какие допустимые отклонения учитываются при определении зазора между колонной и ригелем?
4. Какие геодезические погрешности учитываются при расчете собираемости конструкции?
5. Как определяется уровень собираемости конструкции?

.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Радионенко В.П. Технологические процессы в строительстве [Электронный ресурс] : курс лекций / В.П. Радионенко. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 251 с.
2. Михайлов, А.Ю. Технология и организация строительства. Практикум : учебно-практическое пособие / А.Ю. Михайлов. - Москва-Вологда : Инфра-Инженерия, 2017. - 197 с. :

Дополнительная

3. Добронравов С.С., Дронов В.Г. Строительные машины и основы автоматизации: Учеб. для строит. Вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 575 с.: ил.
4. Технология возведения полносборных зданий. Учебник под общей редакцией А. А. Афанасьева. – М.: АСВ, 2000 г.
5. Рейш А. К. и др. Машины для земляных работ: справочн. пособие. – М.: Стройиздат, 1981.
6. Руководство по производству земляных работ одноковшовыми экскаваторами / ЦНИИОМТП. – М. : Стройиздат, 1999.
7. Бетонные и железобетонные работы / К. И. Башлай, В. Я. Гендин, Н. И. Евдокимов и др.; под ред. В. Д. Топчия. - 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1987. – 320 с. : ил. – (справочник строителя).
8. Афанасьев А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона. – М. : Стройиздат, 1990.- 384с.
9. Машины для транспортирования строительных грузов / Д.В. Булычев, М.И. Гриф, Д.М. Златопольский и др.; Под ред. С.П. Епифова и др. – М.: Стройиздат, 1985.
10. Камейко В.А., Ломова Л.М., Сугробов Н.П. Каменные конструкции и их возведение: Справочник строителя. М.: Стройиздат, 1989. – 326 с.: ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Варианты задания к работе

№ вар.	a , м	b , м	h , м	Тип дороги	Грунт	ρ_0 , кг/м ³	Расстояние. до отвала, км
1	32,0	30,0	2,7	асфальт	песок	1600	2,5
2	35,0	32,0	2,8	щебень	песок	1700	2,6
3	64,0	35,0	2,9	булыжник	щебень	1800	2,7
4	52,0	36,0	3,0	бетон	гравий	1750	2,8
5	48,0	40,0	3,1	грунт	супесь	1650	2,9
6	36,0	25,0	3,2	асфальт	супесь	1850	3,0
7	41,0	28,0	3,3	грунт	суглинок	1700	3,1
8	75,0	33,0	3,4	бетон	сугл.с прим.	1700	3,2
9	45,0	26,0	3,5	щебень	суглинок	1750	3,3
10	33,0	29,0	3,6	булыжник	суглинок	1950	3,4
11	50,0	31,0	3,7	асфальт	лесс мягк.	1600	3,5
12	80,0	33,0	3,8	бетон	лесс	1800	3,6
13	65,0	37,0	3,9	грунт	лесс тверд.	1800	3,7
14	54,0	42,0	4,0	щебень	глина	1800	3,8
15	78,0	24,0	4,1	булыжник	глина	1750	3,9
16	70,0	26,0	4,2	асфальт	глина	1900	4,0
17	92,0	27,0	4,3	бетон	глина	1950	4,1
18	40,0	34,0	4,4	щебень	вариант 1		4,2
19	58,0	38,0	4,5	булыжник	вариант 2		4,3
20	76,0	39,0	4,6	грунт	вариант 5		4,4
21	65,0	41,0	4,7	асфальт	вариант 10		4,5
22	56,0	43,0	4,8	щебень	вариант 11		4,6
23	82,0	44,0	4,9	бетон	вариант 15		4,7
24	90,0	45,0	5,0	грунт	вариант 7		5,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Область применения различного оборудования экскаваторов

Вид рабочего оборудования экскаватора	Вид выполняемых работ	Условия производства работ					
		гидрогеологические	вид забоя		высота или глубина забоя		наибольшая ширина разработки
			лобовой (продольный)	боковой (поперечный)	наибольшая	наименьшая	
Прямая лопата	Разработка разрезных и пионерных траншей, выемок при дорожном и гидротехническом строительстве магистральных каналов, траншей для коллекторов и фундаментов зданий, а также котлованов в плотных и предварительно разрыхленных скальных и мерзлых грунтах, расположенных выше уровня стоянки экскаваторов.	Уровень грунтовых вод ниже уровня стоянки экскаватора. (При высоком уровне грунтовых вод и водонасыщенных грунтах должно быть предусмотрено водопонижение или водоотливов).	Применяется в случаях крайней необходимости при разработке въездов и отъездов выемок, а также при разработке разрезных и пионерных траншей.	Предпочтителен во всех случаях.	Не больше максимальной высоты резания, используемого экскаватора.	Не менее трехкратной высоты ковша используемого экскаватора.	<i>Для лобового забоя.</i> В зависимости от наибольшего радиуса резания используемого экскаватора: узкая – 0,8–1,5 радиуса; нормальная – 1,5– 1,8 радиуса; широкая – более 2 радиусов. Более 3 радиусов – лишь при необходимости обеспечить фронт для последующих работ. <i>Для бокового забоя.</i> Не должна превышать удвоенного наибольшего радиуса резания грунта используемого экскаватора.
Драглайн	Разработка карьеров, выемок в транспортном и гидротехническом строительстве, осушительных и оросительных каналов с шириной по дну более 1,5 м, траншей под газовые магистрали, водопроводные, канализационные и тепловые сети, возведение дамб и насыпей из одно- и двух сторонних резервов, вскрышные и планировочные работы. Разработка грунта, расположенного ниже уровня стоянки экскаватора или когда работа с подошвы забоя затруднена.	Независимо от уровня грунтовых вод. Допускается разработка из-под воды (при притоке воды, препятствующей производству работ должно быть предусмотрено водопонижение или водоотлив)	Применяется при разработке выемок шириной 1,5 – 2 наибольших радиуса резания грунта используемым экскаватором с перемещением в выемке под углом 70-80° к ее оси. При проходке по оси разрабатывает узкие траншеи.	Широко применяется на вскрышных работах, рытье широких выемок различного назначения, при возведении насыпей и дамб из боковых резервов. Используется при разработке выемок шириной не менее 0,7-0,8 наибольшего радиуса резания грунта используемого экскаватора.	<i>Для лобового забоя</i> Глубина и ширина забоя зависят от радиуса резания, применяемого экскаватора, длины его стрелы, угла ее наклона к горизонту, вида грунтов и крутизны откосов разрабатываемых выемок, при погрузке в транспорт определяются по табл. 12. Траншеи с откосами крутизной более 1:0,75 разрабатываются на глубину наибольшего радиуса резания применяемого экскаватора. <i>Для бокового забоя</i> Глубина забоя и ширина разработки зависят от марки экскаватора, длины его стрелы, угла наклона стрелы и крутизны откосов разрабатываемых выемок и при погрузке в автотранспорт определяются по табл. 13.		

Продолжение таблицы приложения Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Обратная лопата	Разработка траншей с откосами и вертикальными стенками для различных коммуникаций, котлованов под отдельно стоящие фундаменты в грунтах I – IV группы, предварительно разрыхленных скальных и мерзлых грунтах, разработка каменных банкетов, временных перемычек в гидротехническом строительстве.	Независимо от уровня грунтовых вод (при притоке воды, препятствующем производству работ, должно быть предусмотрено водопонижение или водоотлив.	Применяется преимущественно при разработке траншей осевой проходкой.	Используется при разработке небольших котлованов.	При разработке траншей 0,5-0,6 наибольшей глубины копания используемого экскаватора. При разработке котлованов 0,3-0,4 наибольшего радиуса копания.	Не менее трехкратной высоты ковша применяемого экскаватора.	При отсыпке грунта в отвал применяется 0,7-0,8 от наибольшего радиуса резания применяемого экскаватора. при погрузке грунта в транспорт принимается 1,2-1,3 наибольшего радиуса резания.
Грейфер	Разработка котлованов отдельно стоящих сооружений, сложного профиля, котлованов под опускные колодцы, фундаменты силосных башен, опор линий электропередач. Разработка глубоких траншей под защитой глинистых суспензий для устройства противодиффузионных завес и других сооружений по методу "стена в грунте". Обратная засыпка грунтом траншей, пазух котлованов после укладки трубопроводов и устройства фундаментов. Погрузка сыпучих грунтов и материалов.	Независимо от уровня грунтовых вод. Допускается разработка грунтов под водой.	С вертикальными стенками.		Наибольшая глубина копания применяемого экскаватора.	-	-
Экскаваторы-планировщики	Разработка траншей, небольших каналов и выемок в стесненных условиях, разработка грунта в местах пересечений, коммуникаций обратная засыпка траншей с разравниваем, очистка русел каналов от ила и растительности, планировка откосов насыпей, выемок и горизонтальных поверхностей, зачистка недоборов грунта в котлованах и траншеях, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора.	Уровень грунтовых вод ниже уровня стоянки экскаваторов.	Ширина и глубина выемок, разрабатываемых продольным и боковым забоями приведены в табл. 17. Размеры стесненных мест, при которых возможна работа экскаваторов-планировщиков приведены в табл. 16. Глубины выемок и высота насыпей, откосы которых планируются экскаваторами-планировщиками со стоянки у верхней бровки приведены в табл. 18, а при стоянке у подошвы откоса – в табл. 19.				

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Технические характеристики и рабочие параметры одноковшовых экскаваторов с жесткой подвеской рабочего оборудования

Марка экскаватора	Мощность двигателя, л.с.	Наибольшая скорость передвижения, км/ч	Преодолеваемый угол подъема, град	Среднее удельное давление на грунт, кг/см ³	Масса машины	Сменное рабочее оборудование						
						Прямая лопата						
						Емкость ковша, м ³	Наибольший радиус копания, м	Наибольшая высота копания, м	Наибольшая высота выгрузки, м	Радиус выгрузки при заданной высоте выгрузки в транспорт, м	Заданная высота выгрузки в транспорт, м	Продолжительность рабочего цикла, с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Э-5015А	75	1,85	22	0,39	12,1	-	-	-	-	-	-	-
ЭО-3322А	75	22	-	-	14	0,5*; 0,8*	5,95	5,7	3,2	4,8	2,9	15
ЭО-4123	80	2,1	23	0,58	19	0,8	7,45	7,6	5,37	5,2	3,3	14,9
ЭО-4321	80	19,5	-	-	19,3	0,8	7,45	7,9	5,67	5,4	3,3	14,9
ЭО-4121	130	2,8	22	0,65	20,9	0,65; 1; 1,5*	7,25; 7,15; 6,55	7,5; 7,45; 6,39	5,03; 4,45; 3,85	5,3; 5,25	3,3	17
ЭО-5122	170	2,4	20	0,81	36	1,35; 1,66; 2,8*	8,98	9,7	5,15; 4,75	5,36; 6	3,8	20; 25
ЭО-6121	300	1,4	20	1,03	56	1,85; 2,34; 4*	10,2	10,7; 10,5	5,2; 5,4	7,5; 6,4	4,3	23; 28

Продолжение таблицы В.1

Марка экскаватора	Мощность двигателя, л.с.	Сменное рабочее оборудование											Изготовитель
		Обратная лопата							Грейфер				
		Емкость ковша, м ³	Наибольший радиус копания, м	Наибольшая глубина копания, м	Наибольшая высота выгрузки, м	Радиус выгрузки при заданной высоте выгрузки в транспорт, м	Заданная высота выгрузки в транспорт, м	Продолжительность рабочего цикла, с	Емкость ковша, м ³	Наибольший радиус копания, м	Наибольшая глубина копания, м	Наибольшая высота выгрузки, м	
1	2	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Э-5015А	75	0,5	7	4,5	3,9	5,7	2,5	16	0,5	8,75	5,8	2,25	Киевский завод "Красный экскаватор"
ЭО-3322А	75	0,4; 0,5	8,3; 7,5	5; 4,2	5,2; 5	7,3; 6,5	2,5	16	0,35	7,4	5,8	3,45	Ленинградский, Калининский и Галичский экскаваторные заводы
ЭО-4123	80	0,4; 0,65; 1	10,1; 8,95; 6,9	7; 5,8; 4,3	5,88; 5,3; 4,7	7,5; 6,7; 4,7	3	16	0,65	7,26	7,1	3,8	Киевский завод "Красный экскаватор"
ЭО-4321	80	0,4; 0,65; 1	10,1; 8,95; 6,9	6,7; 5,5; 4	6,18; 5,6; 5	7,5; 6,7; 4,7	3	16	0,65	7,26	6,8	4,1	Киевский завод "Красный экскаватор"
ЭО-4121	130	0,65; 1	10; 9,2	7; 5,8	5	6,7	3	22	0,65	8,9	7,9	3,2	Ковровский экскаваторный завод
ЭО-5122	170	1,25; 1,6	10,9; 10	7,36; 6,25	5,58; 5,36	7,5; 5,35	3,6	24	1	10,2	11,8	3,6	Воронежский экскаваторный завод
ЭО-6121	300	1,6; 2,5	12,7; 11,8	8,3; 7,2	6,55; 6,5	10,8; 9,9	4,3	29	-	-	-	-	Воронежский экскаваторный завод

* Погрузочное оборудование.

Таблица В.2 – Техническая характеристика экскаваторов-планировщиков на пневмоколесном и гусеничном ходу

Марка экскаватора	Двигатель (дизель)		Скорость передвижения, км/ч	Радиус, описываемый хвостовой частью, м	Преодолеваемый угол подъема, град	Дорожный просвет, мм	Пневмоколес- ный ход, мм		Гусеничный ход, мм		Число оборотов поворотной платформы, об/мин	Габаритные размеры экскаваторов в транспортном положении, мм		
	марка	номинальная мощность, л.с.					база	колея	длина	ширина		длина	ширина	высота
ЭО-2131А*	Д – 50	55	2	2,4	22	315	-	-	3,05	2,53	6	6380	2643	2675
Э-4010**	СМД – 14А	75	6 – 47,5	–	20	290	4780	1820	–	–	5,16	8450	2630	3650
ЭО-3332***	СМД – 14А	75	1,81 – 18,4	2,82	22	293	2800	2042	–	–	6,8	7200	2600	3200

Таблица В.3 – Технические характеристики и рабочие параметры одноковшовых экскаваторов на гусеничном ходу с гибкой подвеской рабочего оборудования

Показатели	Единица измерения	Марка экскаватора													
		ЭО-3111 (Э-303А)	ЭО-3111Б (Э-303Б)	ЭО-3211Б (Э-304Б)	ЭО-3211В (Э-304В)	ЭО-4111А (Э-652А)	ЭО-4111Б (Э-652Б)	ЭО-4111БС (Э-652БС)	ЭО-5111Д (Э-10011Д)	ЭО-5111АС (Э-10011АС)	ЭО-6111Б (Э-1251Б)	ЭО-6112Б (Э-1252Б)	ЭО-6112БС (Э-1252БС)	ЭО-7111 (Э-2503) ЭО-7111С (Э-2505)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Двигатель: тип	-	Дизель									Электро- двигатель	Дизель		Сетевой двигатель	
марка	-	Д-48ЛС				Д-108-1			Д-108		МА146-214	АМ-03		МА-94-71/16	
номинальная мощность	л.с.	50				75-82			108		90	130		218	
Скорость передвижения	км/ч	1,12 – 2,77; 5,45		0,83 – 3,73	1,15 – 5,15		1,7 – 3			2		1,5		0,23	
Радиус, описываемый хвостовой частью	мм	2600	2700	2600		2900	3280	2900	3500		3600		5000		
Преодолеваемый гол подъема	град	22							20						
Просвет под ходовой тележкой	мм	310	326	450		300			360		270		345		
Гусеничный ход: длина А		2400		4200		3420			3860	3980	4000		5175		
ширина В		2080		3200		2825	2880	2825	3000		3200		4150		
Число оборотов поворотной платформы	об/мин	2,99 – 6,91		3,2 – 7,3	3,2 – 7,4	3,45 – 6			6,3	1,5 – 7,15	4,75		4,53		
Среднее удельное давление на грунт	кгс/см²	0,63	0,5	0,18	0,2	0,72	0,65	0,67	0,82		0,85	0,88		1,25	
Продолжительность рабочего цикла: - прямая лопата	сек.	15				17					21		24		
- обратная лопата	сек.	15		21		23			17		26		24		
- драглайн	сек.	18		28		23			17		24		32		
Габаритные размеры экскаваторов в транспортном положении:															
длина	мм	4100	4200	4700		4990			5430		5540		5600	7588	
ширина	мм	2490		3200		2825			3100		3200		4290		
высота	мм	2900		3030		3500			3420		4100	4200		6300	
Масса машины: с прямой лопатой	т	10,8	12	-	-	21,2		21,6	35	36,5	41,1	41	42	94	
с обратной лопатой	т	10,8	11,6	13,7	13,4	20,7		20,9	33,5		39,4	38,3	39,4	-	
Прямая лопата: емкость ковша	м³	0,4	0,4; 0,5	-	-	0,65			1		1,25		2,5		
наибольший радиус копания	м	5,9	6.35: 6.15	-	-	7.8			9.2: 8.4		9.9: 9.1	9.9	9.9: 9.1	12	

Продолжение таблицы В.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
наибольшая высота копания	м	5,96	6,4; 6,2	-	-	7,9			6,5; 8,2		7,8; 9,3	9,3	9,8; 9,3	10
наибольшая высота выгрузки	м	4	3,93	-	-	5,6			6,6		5,1; 6,6	6,6	6,6	7
наибольший радиус выгрузки	м	5,4	5,6; 5,4	-	-	7,1	7,2	7,2	8,3; 7,4		8,9; 8,3	8,9	8,9; 8,3	10,8
Обратная лопата: емкость ковша	м³	0,4				0,65			1		1,4			-
наибольший радиус выгрузки	м	6,8	5,5	6,8		8,1			7,8		10,3; 9,3			-
наибольшая высота выгрузки	м	5,36	4,28	5,44	2,9	6,14	5,6		4,3		5,5; 7,3			-
наибольшая глубина копания: траншеи	м	4,4	4,3	4,2		5,56	5,8		6,9		7,3			-
котлована	м	3	2,6	2,8		4,4			6,1		6			-
наибольший радиус копания	м	7,8				9,2			10,4		11,6			-
Драглайн: емкость ковша	м³	0,4				0,8		0,5	1; 0,75		1,5			3; 1,5
длина стрелы	м	10,5				10; 13			12,5; 15		12,5			17,5; 25
наибольшая высота выгрузки	м	6,06	6	6,3		5,5; 8			4,1; 8,4		4; 6,5			10,5; 103
наибольший радиус выгрузки	м	10	9,5	10		10; 12,5	8,3; 10,4		12,2; 12		12,4; 104			14; 23,8
глубина копания: при боковом проходе	м	5,3	3,6	5,3		4,4; 6,6	3,8; 5,9		5,5; 5,7		6; 5,1			6,5; 14
при концевом проходе	м	7,6	5,9	7,6		7,2; 10	5,5; 7,8		9,4; 9,2		9,5; 7,5			10,2; 205
Грейфер: емкость ковша	м³	0,35				0,65			1		-	1,5	-	-
длина стрелы	м	10,5				10			12,5; 15		-	12,5; 15	-	-
наибольший радиус выгрузки	м	6				4			12,2; 6,5		-	10	-	-
наибольшая высота подъема	м	8,26		8,5		7,6; 5,8	5,8		4,3; 10,7		-	8,4; 8,3	-	-
Кран: длина стандартной стрелы	м	7,5; 12; 15				10; 18			12,5; 15; 25		-	12,5; 20; 25		15; 30; 40
грузоподъемность	т	5; 3; 2				10; 7,5			16; 12,8; 5,3		-	20; 9; 7		60; 20; 12
вылет крюка	м	3; 4; 5				10			12; 14,1; 22,8		-	10; 15,5; 19		4,36; 8,7; 9,5
высота подъема крюка	м	7,2; 11,7; 14,5		7,5; 12; 14,8		9,2; 17,2			9,2; 12,5; 24		-	10,1; 17,5; 20		12,6; 28; 38,1
Изготовитель		Кентаусский экскаваторный завод		Калининский экскаваторный завод	Ташкентский экскаваторный завод	Ковровский экскаваторный завод			Костромской экскаваторный завод "Рабочий металлист"		Воронежский экскаваторный завод им. Ктминтерна			

* При угле наклона стрелы 45 и 60°.

Примечание: Экскаваторы ЭО – 3111А (Э – 303А) и ЭО – 4111А (Э – 652А) сняты с производства, но еще имеются в эксплуатации в строительных организациях.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 – Коэффициент использования ковша (K_0) одноковшового экскаватора при разработке грунта в котлованах и траншеях

Группа грунта	В котлованах							В траншеях						
	Тип ковша													
	обратная лопата					драглайн			обратная лопата					
	с зубьями			со сплошной режущей кромкой		с зубьями		со сплошной режущей кромкой	с зубьями		со сплошной режущей кромкой			
	Емкость ковша, м ³													
	0,15	0,25 – 0,4	0,5-0,65	0,4	0,65-0,8	0,25-0,4	0,5-1	0,4-1,1	0,15	0,25-0,4	0,5-0,65	0,4	0,65-0,8	
I	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9	0,9	0,85	0,85	0,85	0,85	0,86	
II, IIм	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
III, IIIм	0	0,65	0,7	0,65	0,7	0,65	0,7	0,7	-	0,65	0,7	0,65	0,7	
IV	-	-	0,6	-	-	-	0,65	-	-	-	0,6	-	-	
V, IIIм	-	-	0,5	-	-	-	0,5	-	-	-	0,5	-	-	
VI	-	-	0,5	-	-	-	0,5	-	-	-	0,5	-	-	

Примечание. I м, II м, III м – группы разрыхленного мерзлого грунта.

Таблица Г.2 – Коэффициенты использования емкости ковша (K_e) одноковшового экскаватора при устройстве выемок и насыпей

Группа грунта	Тип ковша								
	Прямая лопата с зубьями				Драглайн с зубьями			Прямая лопата со сплошной режущей кромкой	Драглайн со сплошной режущей кромкой
	Емкость ковша, м ³								
	0,15 – 0,3	0,5 – 1,5	2	3 – 4	0,35	0,5 – 1,5	2	0,4 – 1,5	0,5 – 1,1
I	0,9	0,9	0,85	0,85	0,9	0,9	0,7	0,9	0,9
II, Iм	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
III, IIм	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7
IV	-	0,65	0,65	0,6	-	0,65	0,6	-	-
V, IIIм	-	0,55	0,55	0,45	-	0,5	0,5	-	-
VI	-	0,55	0,55	0,5	-	0,5	0,5	-	-

Примечание. I м, II м, III м – группы разрыхленного мерзлого грунта

Таблица Д.1 – Число циклов экскаваций в минуту

Емкость ковша, м ³	Способ разработки грунта											
	С погрузкой в транспортные средства						Навымет					
	Группа грунта											
I	II, IIм	III, IIIм	IV	V, Vм	VI	I	II, IIм	III, IIIм	IV	V, Vм	VI	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Прямая лопата (ковш с зубьями)												
0,15	2,06	1,68	1,36	-	-	-	2,28	1,93	1,53	-	-	-
0,25	2,49	2,14	1,75	-	-	-	2,88	2,45	2,03	-	-	-
0,3	2,57	2,19	1,82	-	-	-	2,88	2,53	2,07	-	-	-
0,5	3,03	2,5	2,38	1,87	1,78	1,55	3,14	2,81	2,54	2,08	1,97	1,69
0,65	2,88	2,44	2,19	1,89	1,81	1,56	3,03	2,91	2,6	2,05	2,06	1,73
0,8	2,81	2,36	2,21	1,78	1,74	1,49	2,95	2,64	2,53	1,9	2	1,67
1	2,45	2,16	1,97	1,55	1,53	1,33	2,62	2,31	2,24	1,8	1,67	1,43
0,25	2,5	2,14	2,07	1,6	1,75	1,25	2,78	2,5	2,31	1,86	1,82	1,66
1,5	2,53	2,13	2,03	1,55	1,61	1,5	2,74	2,5	2,28	1,8	1,81	1,5
2	2,22	1,91	1,71	1,33	1,4	1,2	2,37	2,02	1,88	1,48	1,53	1,33
3	1,81	1,55	1,4	1,19	1,41	1,05	1,9	1,71	1,5	1,33	1,48	1,17
4	1,64	1,33	1,18	1,01	1,15	0,94	1,75	1,45	1,32	1,17	1,31	0,99
Драглайн (ковш с зубьями)												
0,25	2,33	2,05	1,82	-	-	-	2,47	2,14	1,89	-	-	-
0,35	2,22	1,9	1,71	-	-	-	2,28	1,98	1,77	-	-	-
0,5	2,43	2,17	1,92	1,49	1,63	1,35	2,47	2,22	1,98	1,61	1,73	1,4
0,65	2,28	2,07	1,91	1,49	1,64	1,36	2,37	2,14	1,95	1,62	1,74	1,4
0,75	2,25	2,03	1,83	1,48	1,61	1,35	2,27	2,08	1,92	1,61	1,72	1,4
1	1,96	1,74	1,6	1,3	1,43	1,21	1,98	1,95	1,67	1,41	1,54	1,25
Обратная лопата (ковш с зубьями)												
0,15	1,89	1,57	-	-	-	-	2,1	1,7	-	-	-	-
0,25	2,42	2,02	1,87	-	-	-	2,67	2,13	1,9	-	-	-
0,3	2,42	2,07	1,87	-	-	-	2,67	2,17	1,91	-	-	-

Продолжение таблицы приложения Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,5	2,61	2,27	1,98	1,78	1,85	1,47	2,88	2,45	2,06	1,86	1,84	1,51
0,65	2,52	2,16	1,96	1,74	1,9	1,46	2,69	2,32	2,13	1,83	1,87	1,49
Драглайн (ковш с режущей кромкой)												
0,4	2,1	1,83	1,5	-	-	-	2,13	1,88	1,56	-	-	-
0,65	2,22	1,98	1,79	-	-	-	2,3	2,08	1,85	-	-	-
0,8	2,05	1,79	1,65	-	-	-	2,13	2,03	1,73	-	-	-
1,1	1,97	1,8	1,55	-	-	-	1,95	1,87	1,6	-	-	-
Обратная лопата (ковш с режущей кромкой)												
0,4	2,15	1,84	1,65	-	-	-	2,33	1,93	1,68	-	-	-
0,65	2,18	1,94	1,72	-	-	-	2,46	2,05	1,82	-	-	-
0,8	2,09	1,84	1,68	-	-	-	2,19	1,93	1,72	-	-	-

Таблица Е.1 – Число скреперов на один толкач

Дальность перемещения грунта, м	Прицепные		Самоходные	
	Объем ковша, м ³			
100	3	2	—	—
200	3	4...3	3	3
300	4	3	3	2
400	4	4...3	3	3
500	4	4...5	4	2
1000	—	—	6	3
2000	—	—	11	6
3000	—	—	16	9

Таблица Е.2 – Способы срезания стружки грунта скреперами

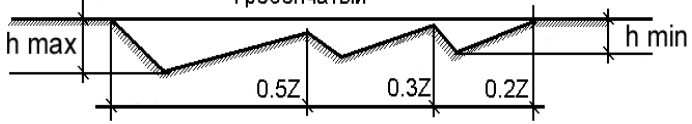
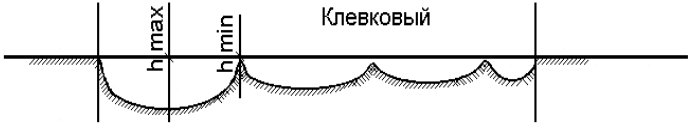
Способы срезания стружки грунта скреперами	Условия применения
	На любых связных грунтах
	Любые связные грунты на горизонтальных участках
	При разработке сухих суглинистых и глинистых грунтов на горизонтальных участках
	Сухие песчаные и супесчаные грунты на горизонтальных и наклонных участках

Таблица Е.3 – Рекомендуемая толщина стружки, см.

Объем ковша, м ³	Мощность трактора, кВт		Средняя толщина в грунтах, см			
	тягача	толкача	песке	супеси	суглинке	Глине
3	55	–	12/–	12/–	10/–	7/–
6...7	73	58 – 72	20/30	15/25	12/20	9/14
10	102	73	30/30	20/30	18/25	14/18
15	175	102	35/35	25/35	21/30	16/22
Примечание: В числителе – толщина стружки при работе без толкача, в знаменателе – с толкачом.						

Таблица Е.4 – Коэффициент наполнения ковша скрепера

Условия работы скрепера	Сухой рыхлый песок	Супесь и средний суглинок	Тяжелый суглинок и глина
Без толкача	0,5...0,7	0,8...0,95	0,65...0,75
С толкачом	0,8...1	1...1,2	0,9...1,2

Таблица Е.5 – Коэффициенты разрыхления грунта в ковше скрепера

Грунт	Влажность, %	Объемная масса грунта естественного залегания, т/м ³	K_p
Песок сухой	-	1,5...1,6	1...1,2
Песок влажный	12...15	1,6...1,8	1,1...1,2
Легкая супесь	7...10	1,5...1,7	1,1...1,2
Супесь и суглинки	4...6	1,6...1,8	1,2...1,4
Суглинок средний	15...18	1,65...1,8	1,2...1,3
Суглинок сухой пылевой	8...12	1,7...1,8	1,3...1,4
Суглинок тяжелый	17...19	1,6...1,8	1,2...1,3
Сухая глина	-		1,2...1,3

Таблица Е.6 – Минимальный радиус поворота скреперов, м

Тип тягача	Объем ковша скрепера, м ³	Радиус поворота
Гусеничный	4	5
	5...10	10
	11...15	12
Колесный	8...10	12
	25	15

Таблица Е.7 – Эксплуатационные показатели работы прицепных скреперов

Показатель	Класса 10 т		Класса 15 т	
	Группа грунта			
	I	II	I	II
Время набора ковша T_n , мин.	1,33	1,73	1,6	2,11
Время разгрузки ковша T_p , мин.	0,34	0,37	0,4	0,43
Скорость скрепера, м/с:				
С грунтом V_2	1,45	1,45	1,36	1,36
Порожняком V_n	1,63	1,63	1,84	1,84
Время поворота T_n , мин.	0,31	0,31	0,31	0,31

Таблица Е.8 – Эксплуатационные показатели работы самоходного скрепера

Показатель	Группа грунта	
	I	II
Время набора грунта T_n , мин.	1,42	1,77
Время разгрузки грунта T_p , мин.	0,71	0,81
Скорость скрепера с грунтом V_2 , км/ч:		
При движении до 300 м	5,3	5,3
При движении > 300 м	11,3	11,3
Скорость скрепера порожняком V_n , км/ч:		
При движении до 100 м	8,4	8,4
При движении >100 м	11,3	11,3
Время поворота скрепера T_n , мин.	0,39	0,39

Таблица Е.9 – Техническая характеристика скреперов

Наименование показателей	Марки скреперов												
	Прицепные								самоходные				
	Д-75	Д-569	Д-541	Д-697	Д-374	Д-498	Д-374Б	Д-523	Д-213А	Д-511	Д-357Г	Д-567	Д-392
Тип трактора	Т-75	Т-74	Т-74	ТП-4	С-100	Т-100 МГС	Т-100 М	Т-140	Т-180	ДЭТ-250	МАЗ-529	МОА 3-546	Бел АЗ-531
Мощность тягача, кВт	55	55	55	67	78	78	78	104	132	222	132	178	278
Вместимость ковша, м ³ :													
Геометрическая	3	3	3	4,5	8	7	7	10	10	15	9	10	15
С шапкой	3,5	3,5	3,5	5,5	10	9	10	12	12	18	11	12	18
Ширина резания, м	1,9	2,1	1,96	2,42	2,59	2,65	2,62	2,8	2,82	2,9	2,72	2,9	2,9
Длина пути разгрузки, м	6-10							12-18			12-20		

Таблица Е.10 – Дальность транспортировки грунта скреперами

Тип скрепера			
Прицепной		Самоходный	
Объем ковша скрепера, м ³	Пределы дальности перевозки грунта, м	Объем ковша скрепера, м ³	Пределы дальности перевозки грунта, м
До 6	100...350	До 8	300...1500
8	150...550	9...10	400...2500
10	300...800	15	До 3000
15	500...1500	25	До 5000

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Вариант 1

Н	2230	1450	2300	3370
3360		70		
4170	2220	910	1870	2930
		30		
4300	2730	780	2140	2660
		670		
3200	1870	350	2180	3490
		890		
1980	730	1030	2700	4200
	610			В

Вариант 2

6100	5700	3450	1920	840	2150
				400	
4790	4900	2170	1100	50	5430
				250	
3210	2600	1350	70	1270	7240
				1620	
2640	2210	90	800	3890	5300
				1340	8700

Вариант 3

7450	5900	6150	7400	9900
3320	1920	2250	2500	4450
1630	80	100	900	1760
70	110	1240	1160	240
		5380	5550	3650
1900				1980
4920	8080	8050	7180	6280

Вариант 4

1650	1520	840	110	120	1790	3270
2060	1300	740	130	70	1600	2010
2200	1370	960	90	60	1520	2940
2100	1340	830	40	260	870	2200

Вариант 5

500	980	1970	2320	В
390	20			4200
700	1270	590	1430	2100
		140		
2250	2380	830	530	2980
			150	
3200	3200	1720	390	3130
			790	
Н	3630	1280	120	3120
4700			1830	

Вариант 6

40	1100	3190	6600	9180	12000
2460	490				
4780	4480	180	1430	4500	7900
		1630	170		
5000	5100	4430	2320	650	3460
				380	
6450	5230	4750	4000	1550	2180
					30

Рисунок Ж.1 – Варианты площадок

Примечания: 1) Сторона квадрата 100 м;
2) Объемы в квадратах в м³.

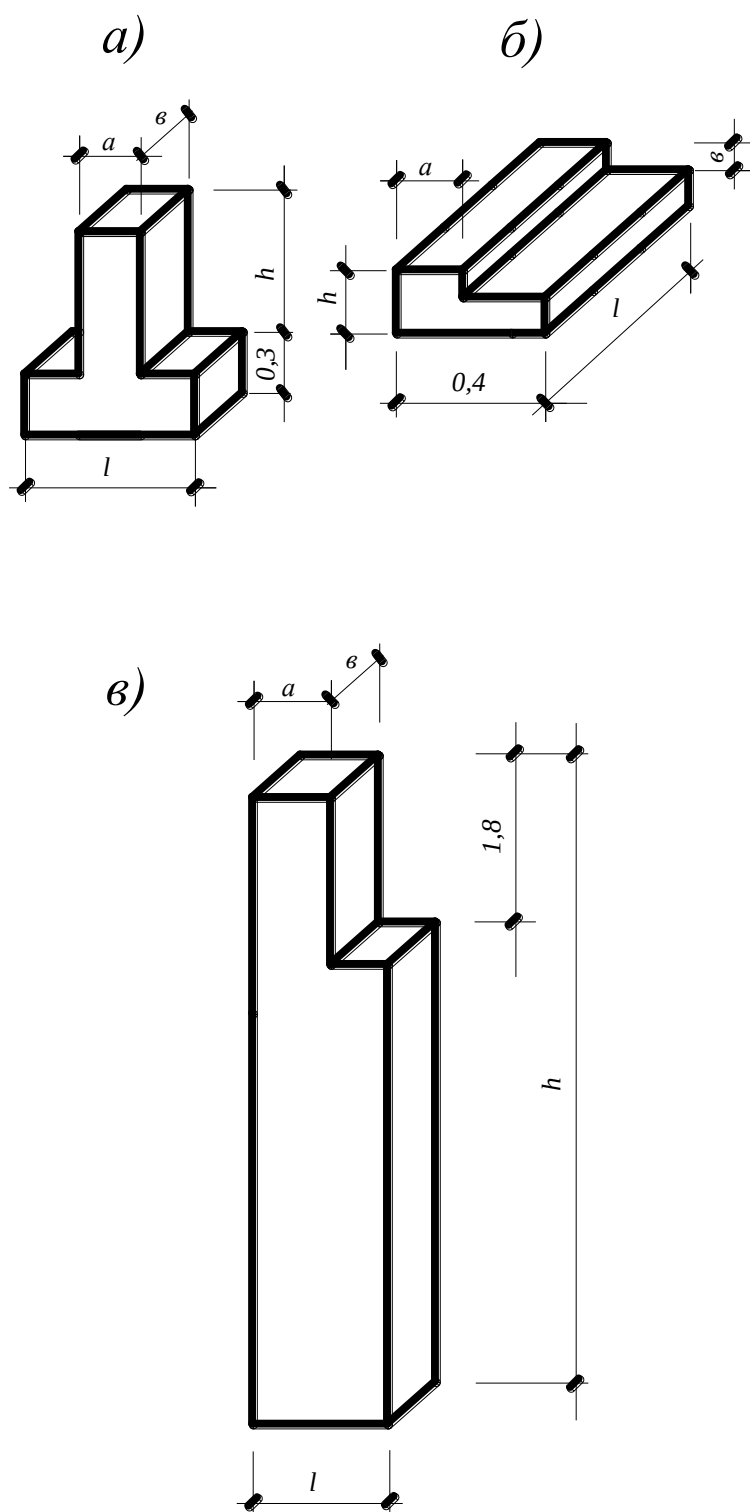


Рисунок И.1 – Варианты бетонируемых конструкций: а) столбчатый фундамент Ф 1 ÷ Ф 4; б) балка Б 1 ÷ Б 4; в) колонна К 1 ÷ К 4

Таблица И.1 – Варианты исходных данных к практической работе

№ вар	Класс (марка) бетона В (М)	γ _с , кг/м ³	Вид и марка цемента	В/Ц	t _{н.о} , °С	Прочность к моменту замерзания	Дальность транспортировки	Средняя скорость, км/ч	t _н , °С	Варианты конструкций	Варианты опалубки	Арматура, кг/м ³	a × в × h × l, м
1	10 (150)	2050	Портландцемент 300	0,30	-15	50	20	21	30	Ф – 1	II	65	0,9 × 0,9 × 1,5 × 1,8
2	15 (200)	2100	Портландцемент 400	0,30	-16	55	15	22	35	К – 2	III	75	0,2 × 0,3 × 4,0 × 0,5
3	7,5 (100)	2000	Шлакопортландцемент 300	0,40	-17	60	10	23	28	Ф – 2	IV	70	0,9 × 1,2 × 2,1 × 2,1
4	10 (150)	2100	Шлакопортландцемент 300	0,45	-18	65	8	24	32	Ф – 3	II	60	1,2 × 1,2 × 2,7 × 2,4
5	15 (200)	2150	Портландцемент 300	0,40	-19	70	12	25	36	К – 3	III	80	0,3 × 0,4 × 5,0 × 0,6
6	22,5 (300)	2350	Быстротвердеющий 400	0,55	-20	65	14	26	34	Б – 1	IV	110	0,2 × 0,4 × 0,8 × 6,0
7	22,5 (300)	2400	Быстротвердеющий 500	0,50	-21	60	16	27	40	Б – 2	II	105	0,2 × 0,3 × 0,72 × 5,4
8	15 (200)	2200	Портландцемент 400	0,45	-20	55	18	28	31	К – 4	III	65	0,3 × 0,4 × 6,0 × 0,7
9	7,5 (100)	2100	Пуццолановый 300	0,30	-19	50	9	29	29	Ф – 4	IV	75	1,2 × 1,5 × 3,0 × 2,7
10	10 (150)	2150	Портландцемент 300	0,35	-18	60	11	30	37	К – 1	II	70	0,4 × 0,5 × 8,0 × 0,8
11	15 (200)	2250	Шлакопортландцемент 300	0,45	-17	70	19	20	33	Б – 3	III	100	0,2 × 0,22 × 0,6 × 4,8
12	22,5 (300)	2300	Быстротвердеющий 600	0,50	-16	65	13	19	42	Б – 4	IV	115	0,2 × 0,22 × 0,6 × 4,2

Таблица И.2 – Предельные нормы времени простоя автосамосвала под механизированной погрузкой и разгрузкой бетонной смеси, мин.

Грузоподъемность	Погрузка		Разгрузка
	из бункера	из смесителя	
1,3 – 2,5	5	10	5
2,5 – 4	7	15	6
4 – 7,0	9	20	8

Таблица И.3 – Относительное снижение температуры смеси при различных операциях

Вид операции	$\Delta t'$
Погрузка, перегрузка	0,032
Транспортирование бетонной смеси:	
– автосамосвалами ЗИЛ – ММЗ – 555 (2 м ³)	0,003
– автосамосвалами МАЗ – 503А (3,2 м ³)	0,0025
– автосамосвалами ГАЗ-93А (0,6 м ³)	0,0035
– автобетоновозом с теплоизоляцией кузова (3,2 м ³)	0,0025
– автобадьевозом с объемом бадей 1,6 м ³	0,0009
– автобетоносмесителями:	
С – 1036 (2,5 м ³)	0,0024
СБ – 92 (3,5 м ³)	0,0019
АМ – 6 ГН (5 м ³)	0,0014
АМ – 6 СН (5 м ³)	0,0004
– башенным краном в поворотных бункерах (H – высота подъема бункера, м)	0,0022 H
– шахтным подъемником в утепленной шахте	0,01 H

Таблица И.4 – Температура наружной поверхности опалубки

Температура, °С		Скорость ветра, м/с	$t_{on}, ^\circ\text{C}$
бетона	наружного воздуха		
30	- 20	10	- 14
20			- 15
10			- 16
0			- 18,5

Таблица И.5 – Физические характеристики различных материалов

Материал	Плотность γ , кг/м ³	Удельная теплоемкость С, кДж/(кг · °С)	Расчетный коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м · °С)
1 Тяжелый бетон	2400	1,05	1,30
2 Керамзитобетон	1200	0,65	0,46
3 Дерево поперек волокон	700	2,73	0,48
4 Плиты минераловатные	125	0,76	0,07
5 Пенополистирол	150	1,34	0,052
6 Песок строительный сухой	1600	0,84	0,61
7 Бубероид, пергамин, толь	600	1,51	0,15
8 Сталь	7850	0,63	58
9 Опилки древесные	250	2,28	0,13

Таблица И.6 – Величины коэффициентов теплопередачи опалубки и укрытия неопалубленных поверхностей бетона конструкций, Вт/(м² · °С)

№	Конструкция ограждения, толщина материала, мм	Скорость ветра, м/с				
		0	3	5	10	15
I	Доска 25	2,44	4,55	5,22	5,61	5,97
II	Доска 40	2,01	3,10	3,60	3,78	3,94
III	Доска 25 + толь + доска 25	0,68		3,02		3,26
IV	Доска 25 + пенопласт 30 + фанера 4	0,68		0,80		0,83
V	Доска 25 + толь + минвата 50 + фанера 4	0,87		1,07		1,10
VI	Фанера 10 + асбест + фанера 10	2,44		5,12		5,82
VII	Сталь до 6 (или водостойкая фанера до 12) + минераловатные плиты 50 + фанера 4 (или кровельная сталь)	1,0	1,18	1,28	1,31	1,33
VIII	Минвата 50 + металл 3	1,0		1,28		1,34
IX	Толь + опилки 100	0,74	0,85	0,89	0,90	0,90
X	Толь + минвата 50	1,01	1,20	1,3	1,33	1,35
XI	Толь + минвата 50 + толь	1,01		1,31		1,35
XII	Толь + шлак 150	1,28		1,78		1,86

Таблица И.7 – Ориентировочный расход цемента на 1 м³ бетона

Класс (марка)	3,5 (50)	5 (75)	7,5 (100)	12,5 (150)	15 (200)	22,5 (300)	> 22,5
Норма на 1 м ³	160	180	225	250	270	320	350

Таблица И.8 – Удельное тепловыделение цемента, ккал/кг

Вид и марка цемента	Температура	Тепловыделение за время твердения							
		Продолжительность, сутки							
		0,25	0,5	1	2	3	7	14	28
Портландцемент М – 300	5	-	-	4	12	21	39	46	53
	10	1,5	3	7	16	26	44	51	62
	20	2,5	7	17	32	40	52	60	70
Портландцемент М – 400	5	-	-	7	15	26	45	50	58
	10	2	4	12	24	32	50	58	68
	20	4	16	24	41	50	65	75	80
Быстротвердеющий портландцемент М – 400...600	5	-	5	12	18	28	47	55	70
	10	4	8	15	25	40	62	70	75
	20	14	22	32	44	65	75	80	90
Шлакопортландцемент и пуццолановый портланд- цемент М – 300	5	-	-	2,5	8	17	30	40	43
	10	-	2	4	14	24	36	47	48
	20	-	5	10	29	36	46	52	54

Примечание: в расчетах значение тепловыделения цемента (Э), выраженное в ккал/кг, перевести в систему СИ: 1 ккал/кг = 4,187 кДж/кг

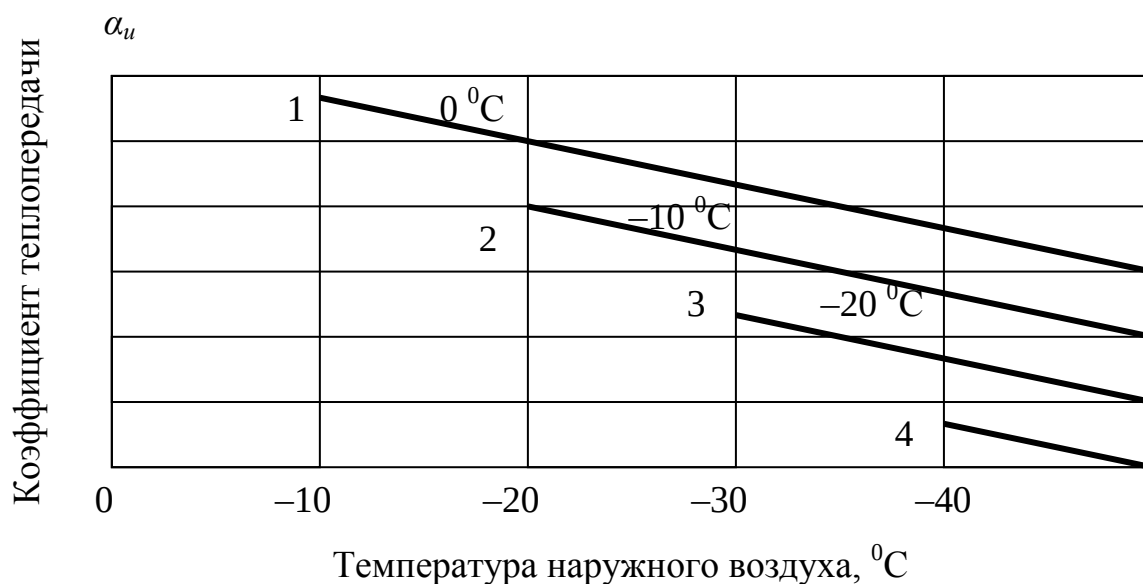


Рисунок И.2 – Зависимость коэффициента передачи тепла излучением от температуры наружного воздуха при различных температурах на наружной поверхности опалубки

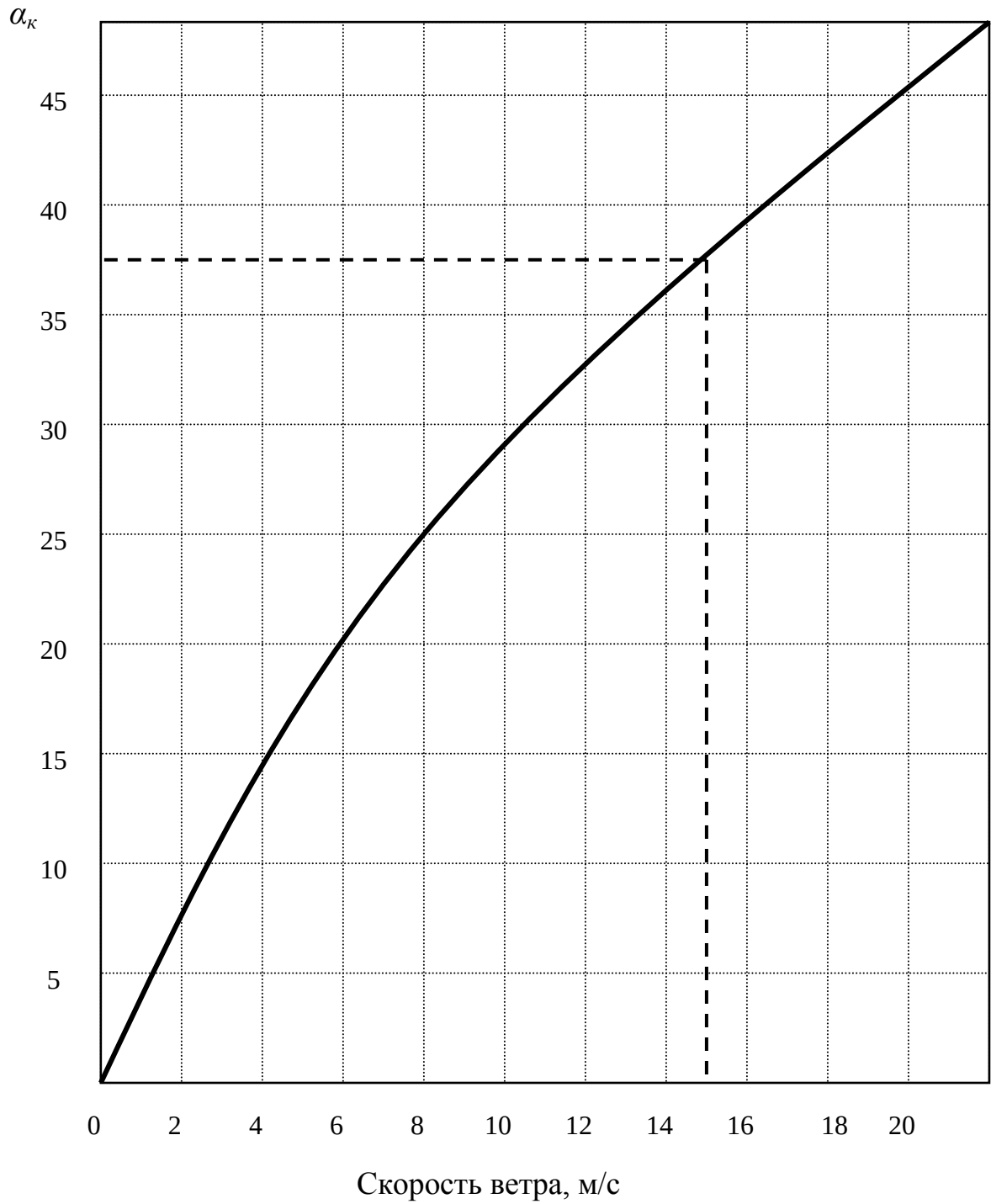


Рисунок И.3 – Зависимость коэффициента передачи тепла конвекцией от скорости ветра

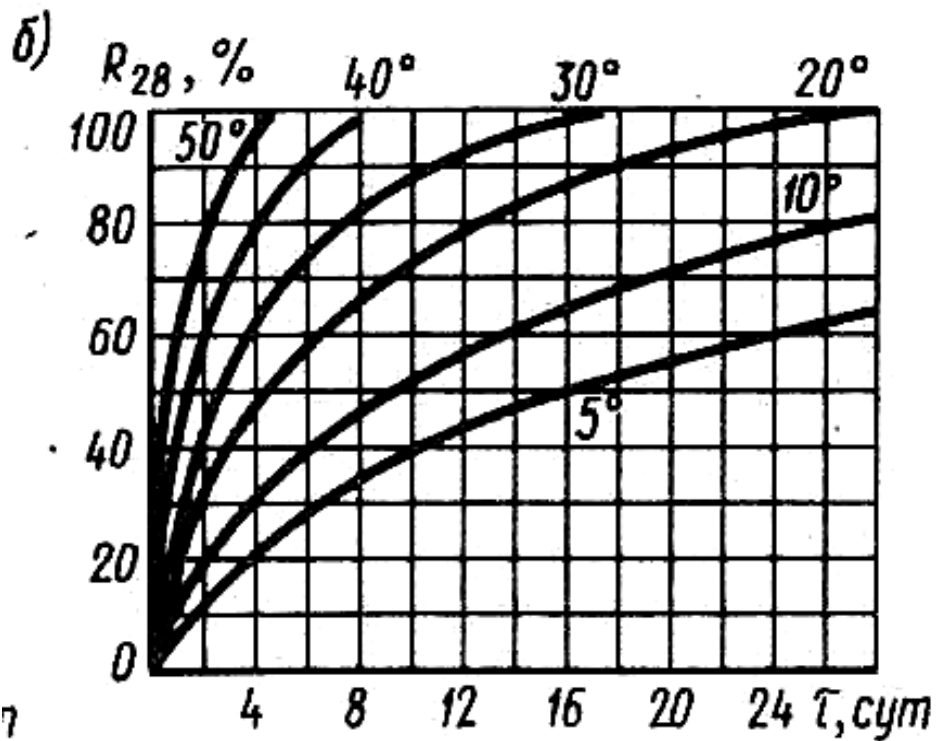
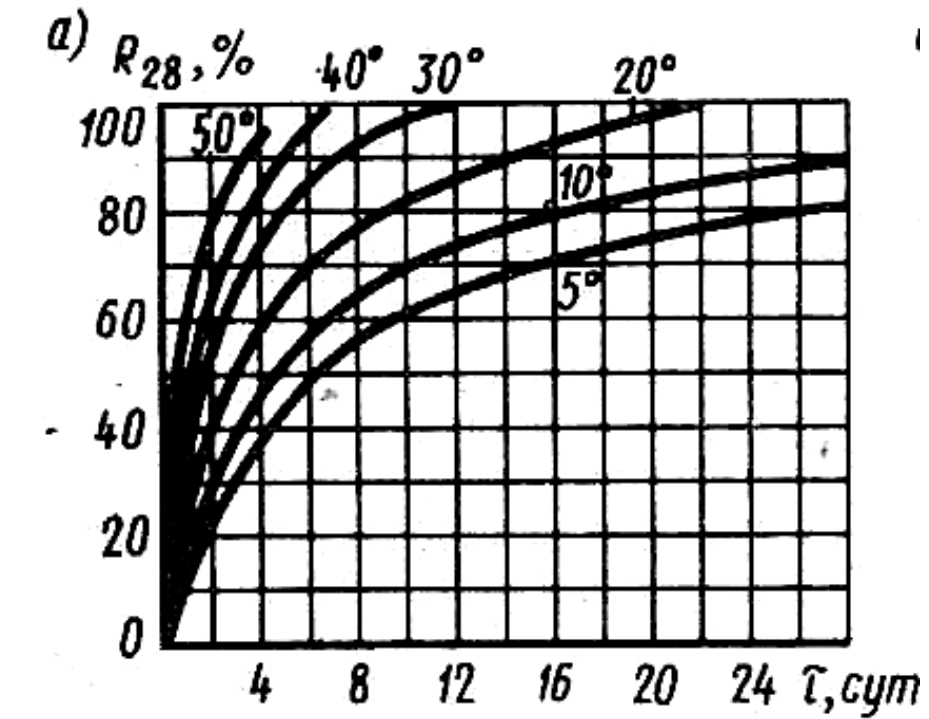


Рисунок И.4 – Графики нарастания прочности бетона: а – при температуре до 50° – на портландцементе марок 400 – 500; б – при температуре до 50° – на портландцементе марок 300 – 400.

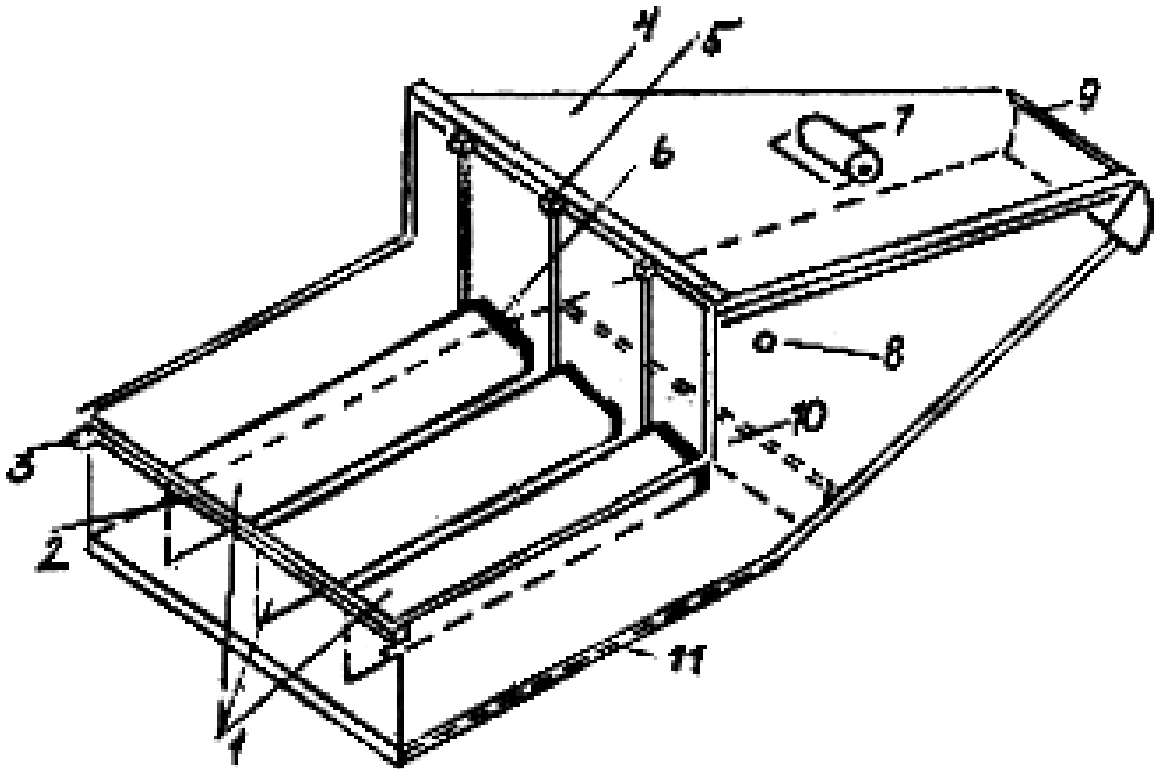


Рисунок И.5 – Схема бункера для электроразогрева бетонной смеси:
 1 – пластинка электродная; 2 – отбойный брус; 3 – петля; 4 – корпус бункера;
 5 – токоподводящее устройство; 6 – труба по контуру электрода;
 7 – вибратор; 8 – болт для провода защитного заземления; 9 – затвор;
 10 – порожек; 11 – листовая резина

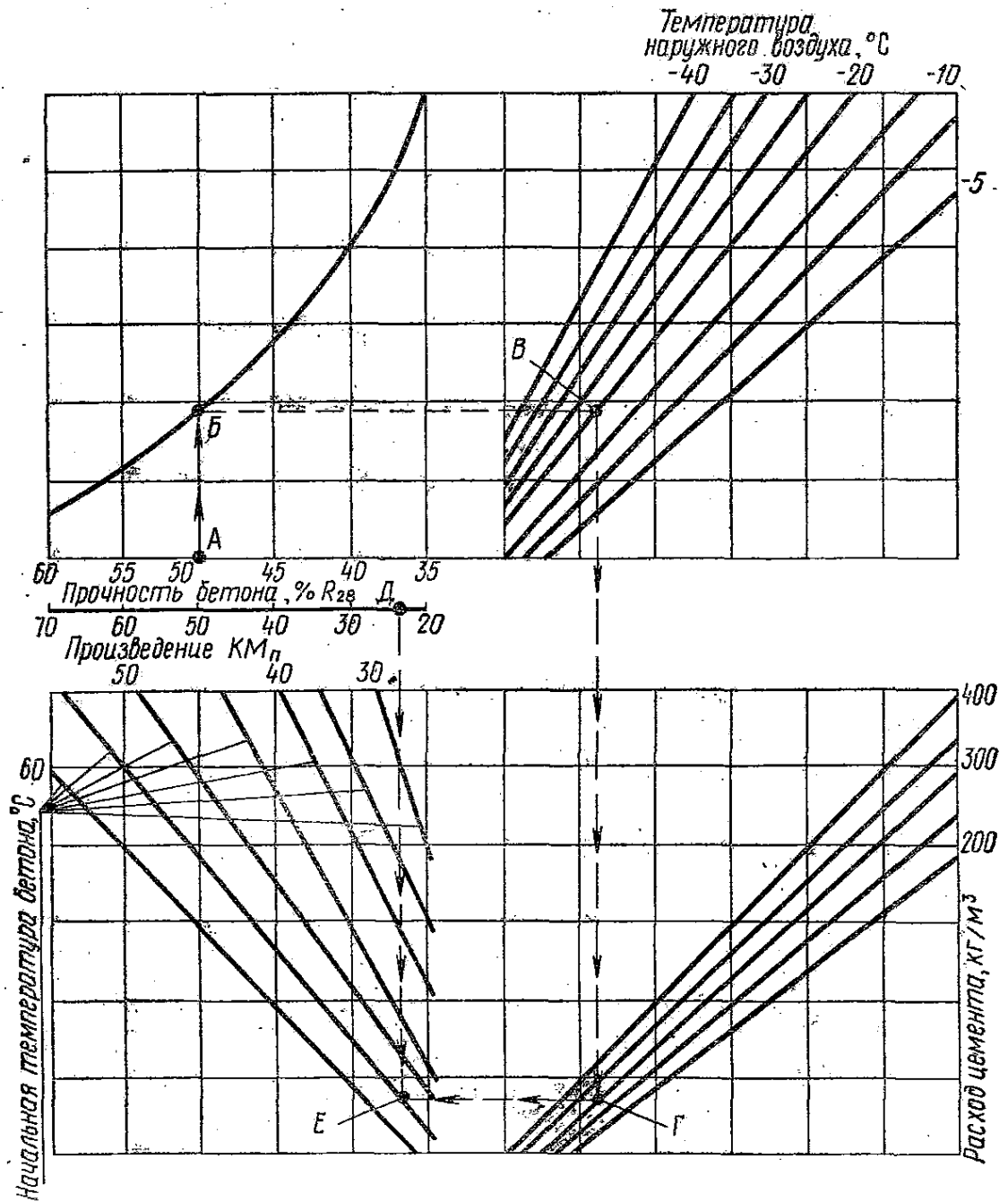


Рисунок И.6 – Номограмма для определения прочности бетона из предварительно разогретой бетонной смеси

Таблица К.1 – Варианты расчетных данных к практической работе по определению точности монтажа конструкций

Вариант	Функциональный допуск δ_ϕ , мм *	Высота колонн H , м	Эксцентриситет осей δ_2 , мм	Отклонение геометрической оси верха от разбивочной оси δ_3 , мм
1	10	3,0	10	11
2	10	3,6	9	8
3	10	4,2	7	9
4	10	4,8	8	10
5	15	5,4	7	6
6	15	6,0	9	11
7	15	6,6	6	12
8	15	7,2	11	9
9	20	7,8	8	11
10	20	8,4	10	12
11	20	9,2	7	10
12	20	9,6	9	7
13	30	10,8	12	8
14	30	12,0	10	10
15	30	12,6	11	6

*Функциональный допуск назначается исходя из требований к сооружению по ГОСТ 26607 – 85.

Таблица Л.1 – Уровень собираемости конструкций

$\frac{\delta_\phi}{\delta_c}$	Уровень собираемости, %		$\frac{\delta_\phi}{\delta_c}$	Уровень собираемости, %
1	99,73		0,50	86,6
0,95	99,56		0,45	83,7
0,90	99,31		0,40	77,0
0,85	98,92		0,35	70,6
0,80	98,36		0,30	63,2
0,75	97,56		0,25	54,7
0,70	96,43		0,20	45,2
0,65	94,89		0,15	36,7
0,60	92,81		0,10	23,6
0,55	90,21			

Таблица М.1 – Допустимые отклонения железобетонных изделий

Изделия	Геометрический параметр изделия	Интервал номинальных значений, мм	Интервал номинальных значений, мм	Предельное отклонение, мм	Класс точности по ГОСТ 21779 – 76
Колонны железобетонные для зданий (ГОСТ 18979 – 73)	Длина: колонны	До 4500 4500...9000 9000...15000	± 5 ± 7 ± 4	10 14 20	IV – V То же То же
	от нижнего торца до опорных поверхностей консоли	До 4500 1500...9000 9000...15000	± 4 ± 5 ± 7	8 10 14	IV – V То же То же
	размеров между опорными поверхностями консолей в многоярусных колоннах	3300; 3600; 4200	± 4	8	VII – VIII
	Ширина		± 5	10	VI – VII
Ригели железобетонные для зданий (ГОСТ 18980 – 73)	Длина	До 4500 4500...9000 9000...15000	± 5 ± 7 ± 10	10 14 20	IV – V IV – V V – VI
	Размеры поперечного сечения		± 5	10	VI – VII

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Методические указания

по выполнению

расчётно-графической работы

по дисциплине

Технологические процессы в строительстве с использованием

аддитивных технологий

для студентов

направления подготовки 08.03.01 Строительство

Содержание

Введение	4
1. Цель, задачи и реализуемые компетенции.....	5
2. Формулировка задания и его объем.....	6
3. Общие требования к написанию расчётно-графической работы.....	10
4. Рекомендации по выполнению задания.....	11
5. План-график выполнения задания.....	11
6. Критерии оценивания работы.....	11
7. Порядок защиты работы.....	12
8. Список рекомендуемой литературы	13

Введение

Методические указания предназначены для организации самостоятельной работы бакалавров направления 08.03.01 Строительство к выполнению расчётно-графической работы по дисциплине **«Технологические процессы в строительстве с использованием аддитивных технологий»**. Выполнение предлагаемой расчётно-графической работы является практическим приложением теоретических знаний к решению конкретных задач в области технологии строительных процессов. Этот процесс потребует от студентов определенных навыков.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями Государственного стандарта высшего профессионального образования и программы дисциплины **«Технологические процессы в строительстве с использованием аддитивных технологий»** и предназначены для бакалавров очной, очно-заочной форм обучения.

1. Цель, задачи и реализуемые компетенции

Цель изучения дисциплины: освоение студентами теоретических основ методов выполнения отдельных строительных процессов, формирование системы знаний, умений и навыков в области современных наиболее совершенных способов (методов) их выполнения, базирующихся на применении эффективных строительных материалов и конструкций, современных технических средствах, прогрессивной организации труда, теоретических основах инженерных расчетов, проектировании и выполнении строительно-монтажных работ, ведущих к созданию конечной строительной продукции требуемого качества. Формируется набором из одной компетенции (профессиональных) будущего бакалавра по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Задачи дисциплины:

- формирование знаний теоретических основ производства основных видов строительно-монтажных работ и основных законов строительного производства;
- изучение основных понятий проектно-технологической документации и формирование навыков ее разработки;
- формирование знаний основных технических средств строительных процессов и навыков рационального выбора технических средств (комплектов строительных машин, средств механизации, оборудования, инструмента, технологической оснастки и т.п.);
- формирование умения обобщать отдельные операции в единый технологический процесс и формирование знаний о технологической последовательности выполнения отдельных операций и процессов;
- изучение основных методов и способов выполнения отдельных строительных операций и процессов с учетом требований качества, техники безопасности и охраны труда

Цель расчетно-графической работы заключается в подсчёте объемов и трудоемкости работ с разработкой календарного плана производства работ.

Задачи в рамках достижения поставленной цели:

1. Охарактеризовать возводимый объект.
2. Подсчитать объёмы работ.
3. Подсчитать трудоемкости работ.
4. Разработать календарный план производства работ.

Реализуемая компетенция:

ОПК-8: способен осуществлять и контролировать технологические процессы строительного производства и строительной индустрии с учетом требований производственной и экологической безопасности, применяя известные и новые технологии в области строительства и строительной индустрии.

2. Формулировка задания и его объем

Расчётно-графическая работа выполняется по теме: «Расчет объемов земляных работ» по вариантам (прил.А. Таблица А1) в соответствии со списком по журналу.

1.Трудоемкость и продолжительность строительных работ

1.1. Задание

Определить состав и объем заданных работ. Составить калькуляцию трудовых затрат и заработной платы на работы по устройству котлована, монолитных железобетонных фундаментов и установке вертикальных элементов каркаса одноэтажного промышленного здания. Определить продолжительность работ. Определить трудоемкость в зимнее время.

1.2. Исходные данные

А. Земляные работы

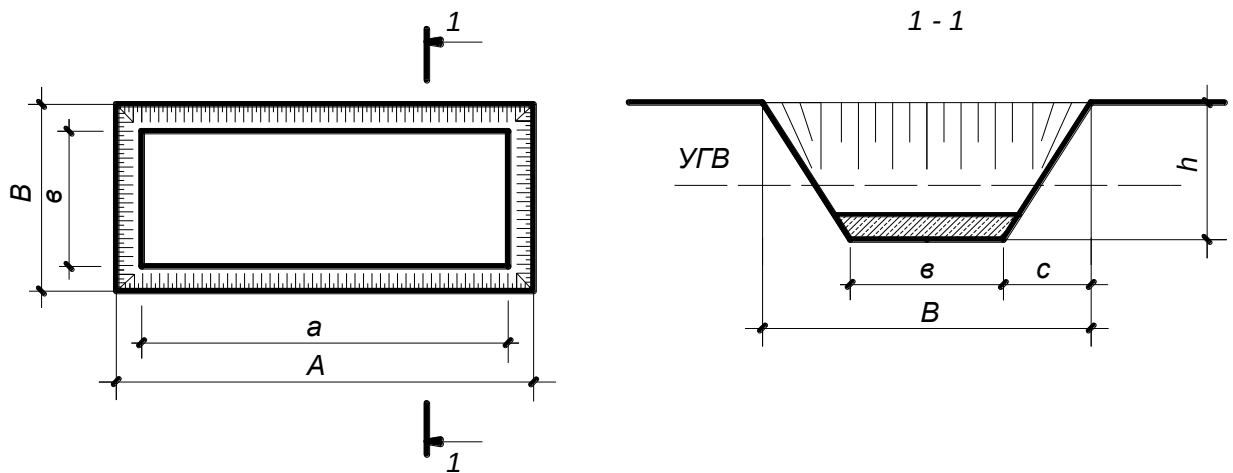


Рисунок 1.1 – Размеры котлована

$a=73$ м; $b=24$ м; $h=3,5$ м; $УГВ = - 2,0$ м

– грунт – глина жирная мягкая без включений, район строительства – г.Ставрополь;

- разработка котлована механизированная, экскаватором – драглайн с выемкой части грунта навывмет (для обратной засыпки) и с погрузкой в а/самосвалы для вывоза в отвал на расстояние 4 – 5 км. остальной части грунта;
 - доработка грунта (недобора) до проектной отметки производится вручную;
 - обратная засыпка выполняется после устройства фундаментов.
- Перемещение грунта в пазухи – бульдозером ящичного типа на расстояние 10 м. Уплотнение грунта слоями по 25 см ручной трамбовкой.

Б. Устройство фундаментов

Фундаменты монолитные железобетонные густоармированные:

- объем фундамента $10,8 \text{ м}^3$;
- количество фундаментов – 39 шт.:
- опалубка из отдельных досок, площадь опалубки фундамента 19 м^2 ;
- арматура: горизонтальные сетки по 160 кг – 2 шт ($\varnothing 16 - 32$), весом по 5 кг – 6 шт; вертикальные сетки до 100 кг – 4 шт (устанавливается частями);
- укладка бетона – краном в бадьях;
- распалубка вручную.

В. Монтаж колонн

Колонны без капителей, массой 4,5 тн. Устанавливаются звеном монтажников. Кран пневмоколесный. Подливка бетоном в стаканах вручную, уплотнение глубинным вибратором, объем бетона $0,15 \text{ м}^3$ на узел.

1.3. Порядок выполнения работы

Объемы работ подсчитываются по рабочим чертежам:

- выполнить план и разрез котлована;
- нанести на чертежи заданные размеры;

- найти неизвестные параметры:
- крутизна откоса $1: m$, м [8, таблица 4]
- недобор грунта t = [8, таблица 4]
- коэффициенты первоначального ($K_{н.р.}$) и остаточного ($K_{о.р.}$) разрыхления грунта, в долях единицы [11, приложение 2];
- заложение откоса $c = h \times m$, м;
- размеры котлована по верху:

$$A = a + 2c; B = b + 2c; \quad (1.1)$$

- объем грунта в плотном теле, подлежащий разработке механизированным способом (по приближенной формуле), м³:

$$V_{мех} = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot (h - t), \quad (1.2)$$

где $S_1 = a \cdot b$; $S_2 = A \cdot B$

- объем недобора (приближенно) м³:

$$V_{дор} = a \cdot b \cdot t; \quad (1.3)$$

- объем мокрого грунта, м³:

$$V_{мокр} = \frac{[b + (1.5 - t)2m][a + (1.5 - t)2m] + a \cdot b}{2} \cdot (1.5 - t); \quad (1.4)$$

- объем (геометрический) обратной засыпки, м³

$$V_{под} = V_{мех} + V_{дор} - V_{фунд}, \quad (1.5)$$

- объем (в плотном теле) грунта на вывоз в отвал (м³)

$$V_{отв} = V_{фунд} \quad (1.6)$$

Остальные объемы подсчитать непосредственно при составлении калькуляции.

5.4 Составление калькуляции трудозатрат и заработной платы

Таблица 1.1 – Калькуляция трудозатрат и заработной платы

№ п/п	Обоснование ЕНиР, ЕРЕР	Наименование работ	Единица измерения	Количество единиц	Затраты труда на единицу измерения		Затраты труда на весь объем		Расценка руб.-коп. рабоч./машин		Состав звена
					чел.-час	маш.-час	чел.- час	маш.-час	на единицу времени	на весь объем	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Е 2 – 1 – 10, т. 2, п. 2 з	Земляные работы Разработка грунта II гр. в котловане экскаватором - драглайн навывмет, емкость ковша 0,5м ³ и. т. д.	100 м ³			2,9			2 – 44		Машинист 6 разряда
		Итого:					Σ	Σ		Σ	

Порядок заполнения калькуляции.

Определяем состав работ:

А) земляные работы:

1. Работа экскаватора навывмет.
2. То же, с погрузкой автосамосвала.
3. То же, мокрого грунта
4. Доработка до проектной отметки вручную.
5. Обратная засыпка.
6. Уплотнение грунта в пазах

Б) Бетонирование фундаментов.

5. Устройство опалубки
6. Установка арматуры.

7. Укладка бетонной смеси с уплотнением

8. Распалубливание.

В) Монтажные работы:

1. Установка колонн

2. Подливка колонн в стаканах бетоном.

Заполнение калькуляции (примеры).

а) Земляные работы [1].

4. Работа экскаватора навывет. Нормируем по [11] § Е 2 – 1 – 10

– в соответствии с исходными условиями таблицы 2 [11] § Е 2 – 1 – 10 составляем описание работы (графа 3 калькуляции).

Разработка грунта . . . группы в котлованах и траншеях одноковшовым экскаватором – драглайн, емкостью ковша . . . м³, навывет;

- единица измерения ... 100 м³ грунта (графа 4);
- количество единиц ... $V_{зас}/100$, (графа 5);
- группа грунта ... [8, таблица 1]; $p=...$;
- экскаватор подбираем по глубине копания в § Е 2 – 1 – 7;
- состав звена по таблице 1 [11];
- $H_{вр}$ и $P_{асц}$ по таблице 2 [11]

5. Разработка грунта с погрузкой в автосамосвалы. В том же порядке, объем работ $(V_{мех} - V_{раз} - V_{мок}) / 100$

6. То же, мокрого грунта. Нормируем в том же порядке. К $H_{вр}$ и $P_{асц}$, применяем коэффициент согласно [11, глава I, п. 7].

б) Бетонные работы и монтаж колонн нормируется по [12].

4. Подсчитаем по калькуляции трудоемкость в чел. – час, переводим в чел. – дн. Продолжительность рассчитывается по времени работы машин, для ручных работ – делением трудоемкости на количество человек в звене.

В зимнее время трудоемкость возрастает. Для расчета используется [12]:

- определяем температурную зону [12, стр. 23];
- группа работ [12, стр. 27, 29];

- коэффициенты [12, таблица 1]
- трудоемкость и продолжительность определяем умножением на найденные коэффициенты.

2. Технологическое проектирование процесса устройства

котлована под фундаменты

Комплексный (сложный) процесс включает в себя простые (рабочие) процессы и отдельные технологические операции. В общем случае процесс устройства котлована включает в себя срезку растительного слоя (бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, экскаваторные комплекты) с транспортировкой и укладкой в отвал; рыхление плотных и скальных грунтов (бульдозерами-рыхлителями, клин-бабой, клин-молотами, буровыми машинами, взрывами); механизированную разработку грунта в котловане с размещением вдоль котлована грунта, предназначенного для обратной засыпки и погрузкой в транспортные средства излишков грунта для вывоза в отвал (бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, экскаваторы); разработку недобора грунта (специальные бульдозеры, экскаваторы-планировщики); зачистку основания (обычно вручную); обратную засыпку пазух с послойным уплотнением после устройства фундаментов (бульдозеры, автогрейдеры, экскаваторы с грейферным оборудованием, пневмотрамбовки, грунтоуплотняющие машины и др.).

Разработка котлованов – один из основных видов земляных работ. В зависимости от запроектированного объема, характера грунтов, условий их перемещения и других факторов котлованы разрабатывают различными способами и комплектами машин. Разработку котлованов ведут с погрузкой в транспортные средства и навывет (в отвал).

В связи с тем, что котлованы имеют значительные размеры (особенно по длине) с целью обеспечения поточного ведения работ его разбивают на участки (захватки), исходя из технологических особенностей. Особое внимание уделяют организации забоя – рабочего места землеройных

машин на каждом участке. Экскаваторный забой – рабочая зона экскаватора, ограниченная радиусом копания и включающая площадку для размещения экскаватора, часть проходки, разрабатываемую с одной стоянки, и площадку для размещения средств транспорта или отвала грунта. Как и проходка, забой носит название лобового (торцевого) или бокового.

Ведущую машину, выбирают для основного процесса, которым является рытье котлована. По этому процессу выполняют увязку всех остальных работ.

При механическом способе разработки грунта пользуются преимущественно экскаваторами, оборудованными различными рабочими органами. При этом следует иметь в виду, что выбор типоразмера одноковшового экскаватора зависит от группы грунта, мощности разрабатываемого слоя (высота забоя), которая должна быть достаточной для хорошего заполнения ковша и объема работ.

2.1. Методика и порядок выполнения работы

Состав задания:

- Подобрать экскаваторный комплект для разработки котлована под фундаменты гражданского здания. Выполнить технологическую схему разработки котлована выбранным экскаватором. При этом разработку котлована экскаватором, оборудованным прямой лопатой, выполнить по транспортной схеме с отгрузкой грунта, вынутого при первой проходке (лобовым забоем), в ближайший резерв для использования в дальнейшем при засыпке пазух; разработку котлована экскаватором, оборудованным драглайном (обратной лопатой), выполнить по смешанной схеме. Грунт, вынутый при первой и последней проходках (боковые забои), разместить в отвалах вдоль котлована, остальной грунт вывезти.

2.2. Определение объемов работ

- Объемы работ определяют по рабочим чертежам.
- а) Выполнить план и разрез котлована, определить и нанести на чертежи все параметры.

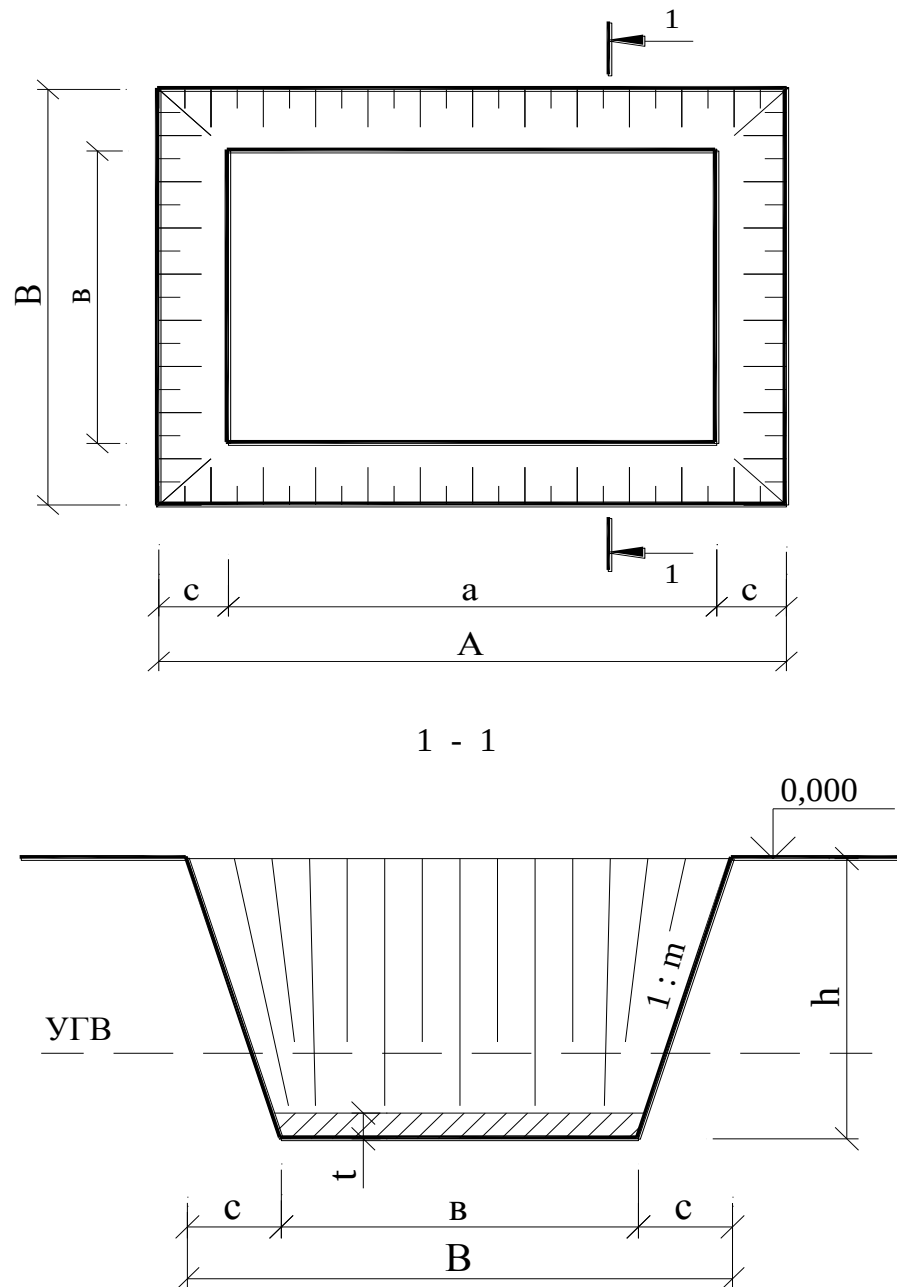


Рисунок 2.1 – План и разрез котлована

- a, b – размеры котлована по дну, м;

- h – глубина котлована, м;
- c – заложение откоса, м; $c = h \cdot m$, $1 : m$ – откос [8];
- УГВ – отметка (глубина) уровня грунтовых вод;
- t – недобор грунта [8, таблица 4]
- $A = a + 2c$ – длина котлована по верху, м;
- $B = b + 2c$ – ширина котлована по верху, м;

Группа грунта по трудности разработки [11, глава I, техническая часть, таблица 1].

V_p – рабочий объем (объем грунта в плотном теле в котловане).

- б) Определить по точной и по приближенное формулам:
- точный объем (по формуле обелиска)

$$V_p = \frac{h}{6} [(2A + a)B + (2a + A)b]; \quad (2.1)$$

- приближенный объем

$$V_p = \frac{F + F_1}{2} \cdot h, \quad (2.2)$$

- где $F = a \cdot b$, $F_1 = A \cdot B$.

- Определить ошибку (в %). В каких случаях можно пользоваться приближенной формулой при допустимой погрешности 3%;
- $K_{n.p.}$ – коэффициент первоначального разрыхления [11, приложение 2];
- $K_{o.p.}$ – коэффициент остаточного разрыхления [11, приложение 2];
- – Объем грунта (в плотном теле) в пазухах

$$V_3 = V_p - (a - 1)(b - 1)h \quad (2.3)$$

- – Объем грунта (в плотном теле), подлежащий вывозу в отвал

$$V_{отв.} = (a - 1)(b - 1)h + V_3(K_{o.p.} - 1), \quad (2.4)$$

- с учетом $K_{n.p.}$ объем грунта, подлежащий погрузке в а/самосвалы для вывоза в отвал

$$V_{погр.} = V_{отв.} \cdot K_{n.p.}; \quad (2.5)$$

– – Объем недобора грунта (приближенно)

$$V_{ned.} = a \cdot b \cdot t \quad (2.6)$$

– – Площадь основания, подлежащего зачистке

$$S_3 = (a-1)(b-1). \quad (2.7)$$

2.3. Выбор варианта ведущей машины

Ведущей машиной является машина, занятая на основном (ведущем) процессе – выемке грунта из котлована.

– Последовательно определить:

– – экскаватор цикличного или непрерывного действия (в зависимости от вида и параметров выемки);

– – тип ковша (по виду и категории грунта);

– – емкость ковша [2, таблица 2.5];

– – вид рабочего оборудования (приложение Б);

– – ходовое устройство (указания ниже).

–

– Указания по выбору ходового устройства экскаватора

– Экскаваторы на гусеничном ходу должны применяться:

– – на сосредоточенных объемах земляных работ, когда не требуются частые перебазировки;

– – при работе на слабых грунтах, когда небольшое удельное давление на грунт и равномерное распределение его на опорной поверхности создают благоприятные условия для устойчивости экскаватора при работе и передвижении;

– – при разработке скальных грунтов, где пневматические шины быстро выходят из строя.

– Экскаваторы на пневмоколесном ходу целесообразно применять:

– – на грунтах с высокой несущей способностью;

- на рассредоточенных объемах работ;
- для работы в городских условиях, где требуется частая перебазировка собственным ходом по асфальтовым покрытиям.
- Экскаваторы на специальном шасси автомобильного типа должны применяться на рассредоточенных работах (дорожные работы, строительство линий электропередач, строительство магистральных трубопроводов и т. п.).
- Экскаваторы навесные на гусеничных и пневмоколесных тракторах, обладающие лучшей проходимостью, чем экскаваторы на гусеничном и пневмоколесном ходу, должны применяться для работы в условиях бездорожья и на рассредоточенных работах.
- Определить привод (принять 2 – 3 варианта).
- Пользуясь системой индексации (рисунок 2.2) определить 3...4 марки одноковшовых экскаваторов. Проверить возможность отрывки котлована и траншеи на всю глубину выбранными экскаваторами по глубине копания при торцевой и боковой проходках (приложения Б, В, Г, Д).
- Выписать основные технические характеристики выбранных экскаваторов.
- Из числа намеченных вариантов выбрать наиболее экономичный (по приведенным затратам).
- Приведенные затраты по i -му варианту:
 - $$Зпр_i = C_i + E_H \cdot K_i,$$
- где $E_H = 0,15$ – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;
- C – себестоимость разработки 1 м^3 грунта, руб.:
 - $$C = 1,08 C_{M-СМ} / П_{Э.СМ};$$
- 1,08 – коэффициент накладных расходов;

– $C_{M-СМ}$ – себестоимость машино-смены экскаватора, руб.:

$$- C_{M-СМ} = 8,2 C_{\text{маш.-час.}};$$

$$- C_{\text{маш.-час.}} = MA / 820 T_{\text{ч.д.}} \cdot \beta + (M_{\text{д}} + T_{\text{р}}) / T_{\text{ч}} + P + B + \Xi + C_{\text{с}} + 3,$$

– $T_{\text{ч.дн.}}$ – число дней работы машины в году (таблицы 2.2 – 2.4);

– β – число смен машины в сутки;

– $T_{\text{ч}}$ – число часов работы машины на объекте

$$- T_{\text{ч}} = (V_{\text{р}} - V_{\text{дор.}}) \cdot t_{\text{СМ}} / \Pi_{\text{Э.СМ}};$$

– $t_{\text{СМ}}$ – продолжительность смены, час;

– $\Pi_{\text{Э.СМ}} = \Pi_{\text{Т}} \cdot K_{\text{В}} \cdot t_{\text{СМ}}$ – сменная эксплуатационная производительность, м³/см;

– $\Pi_{\text{Т}} = 60q \cdot K_{\text{е}} \cdot n$ – техническая производительность, м³/см;

– $K_{\text{В}}$ – коэффициент использования машины по времени [11, приложение 3];

– q – геометрический объем ковша, м³;

– $K_{\text{е}}$ – коэффициент использования объема ковша (приложение Г, таблицы Г.1, Г.2);

– n – число циклов полезной работы за одну минуту (приложение В, таблицы В.1 – В.3);

– K – удельные капитальные вложения на разработку 1 м³ грунта, руб.

$$- K = 1,07 C_{\text{оп}} / (\Pi_{\text{Э.СМ}} \cdot t_{\text{год}}),$$

– где: 1,07 – коэффициент транспортных расходов;

– $C_{\text{оп}}$ – оптовая цена экскаватора, руб. (таблица 2.1);

– $t_{\text{год}}$ – нормативное число смен работы экскаватора в году (таблицы 2.2 – 2.4).

– Окончательный вариант – по min $З_{\text{пр}}$.

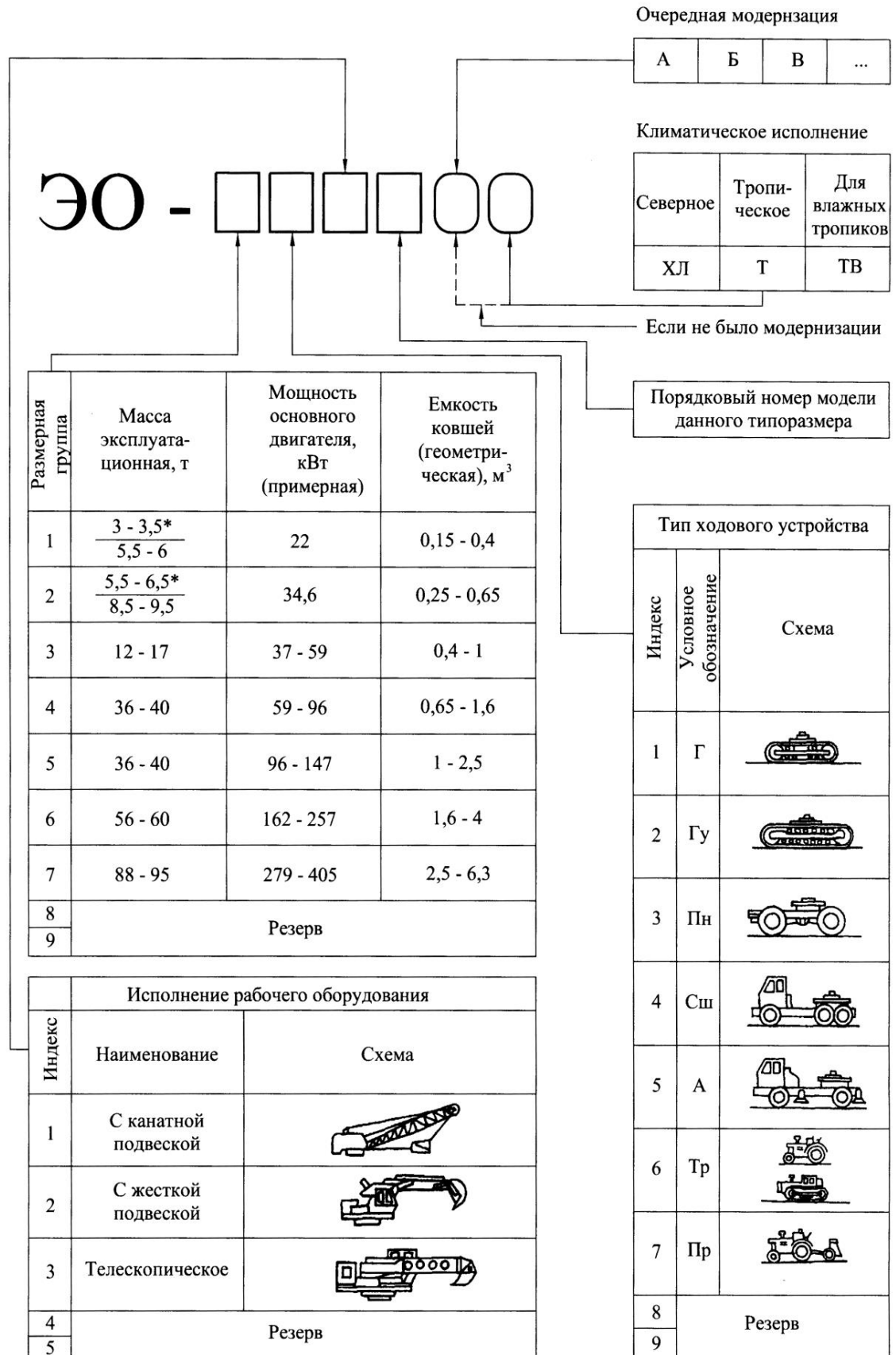


Рисунок 2.2 – Структура индекса одноковшовых экскаваторов

Таблица 2.1 – Данные для определения себестоимости 1 маш.-ч. экскаваторов

Модель экскаватора	Стоимость машины, тыс. руб.		Амортизационные отчисления (реновация + капитальный ремонт) А, %	Число часов работы в год, Т год (для среднего пояса), ч	Стоимость одного монтажа и демонтажа М _д , руб.	Стоимость транспортирования на объект, т. руб.	Эксплуатационные затраты на 1 маш.-ч, руб.				Заработная плата машиниста З, руб.
	оптовая	расчетная					на техническое обслуживание и текущий ремонт, Р	на ремонт и замену сменной оснастки, В	на энергоматериалы, Э	на смазочные материалы, Сс	
Экскаваторы одноковшовые											
Э – 2621 А	6	6,42	28	1950	-	13,6	0,87	0,16	0,55	0,14	0,7
Э – 3311 Г	11,5	12,3	22	3230	-	17,75	0,67	0,22	0,55	0,14	0,7
Э – 304 Г (В)	11,4	12,2	22	3230	-	42,75	0,76	0,04	0,65	0,16	0,7
ЭО – 3112 Б	17,5	18,72	22	3230	-	42,75	0,76	0,05	0,82	0,21	0,7
ЭО – 4111 Б	13,5	17,14	18,5	3275	-	42,75	0,76	0,14	0,9	3,23	1,34
ТЭ – 3 М	10,5	11,24	18,5	3230	-	42,75	0,76	0,14	0,68	0,17	1,34
Э – 10011 Е	20,63	21,96	18,5	3275	-	42,75	1,5	0,22	1,09	0,27	1,34
Э – 10011 АС	23,50	25,14	18,5	3275	-	42,75	1,5	0,22	1,09	0,27	1,34
ЭО – 6111 Б	20,10	21,51	18,5	3275	-	56	1,5	0,37	0,98	0,25	1,34
ЭО – 6112 Б	21,10	25,58	18,5	3275	-	56	1,5	0,37	1,42	0,36	1,34
ЭО – 6112 ВС	23,60	25,25	18,5	3275	-	56	1,5	0,37	1,42	0,36	1,34
Э – 2503	52,4	56,07	14	3275	1590	780,2	2	0,64	1,2	0,3	1,34
Э – 2505	53,5	68,27	14	3275	1590	780,2	2	0,64	1,27	0,32	1,34
Э – 2505 АС	79,3	84,85	14	3275	1590	780,2	2	0,64	1,27	0,32	1,34
ЭО – 5112	23,40	25,04	18,5	3275	-	45,75	1,5	0,22	0,44	0,11	1,34
ЭО – 3322 А (Б)	19,40	20,76	22	3275	-	7,7	0,76	0,05	0,82	0,25	1,34
ЭО – 4321	26,90	28,78	18,5	3275	-	17,75	0,76	0,05	0,82	0,25	1,34
ЭО – 4121 А	21,94	23,47	18,5	3275	-	17,75	0,76	0,05	0,82	0,25	1,34
ЭО – 5122	34,90	37,84	18,5	3275	-	56	1,5	0,37	1,42	0,36	1,34
ЭО – 6122	70	74,9	18,5	32,75	-	56	2	0,64	1,42	0,36	1,34

Таблица 2.2 – Годовой режим работы экскаваторов с ковшом объемом 0,25м³ (при использовании в две смены)

Показатель	Температурные зоны			
	I	II	III	IV
Число нерабочих дней в году	191	240	246	258
В том числе по причинам:				
праздничные и выходные дни	112	112	112	112
перебазировка машин	20	20	19	18
метеорологические причины	47	97	103	117
непредвиденные причины	8	8	8	8
техническое обслуживание и ремонт				
доставка и ожидание ремонта	5	4	4	3
Число дней работы в году	173	125	119	107
Среднесуточное время работы, ч	16,4	16,4	16,4	16,4
Рабочее время в году, ч	2837	2060	1951	1755

Таблица 2.3 – Годовой режим работы экскаваторов с ковшом объемом 0,4 – 0,65 м³ (при работе в две смены)

Показатель	Температурные зоны					
	I	II	III	IV	V	VI
Число нерабочих дней в году	167	167	168	171	174	190
В том числе по причинам:						
праздничные и выходные дни	112	112	112	112	112	112
перебазировка машин	17	14	13	13	12	12
метеорологические причины	6	9	11	14	20	38
непредвиденные причины	7	7	7	7	7	7
техническое обслуживание и ремонт	21	21	21	21	20	18
доставка и ожидание ремонта	4	4	4	4	3	3
Число дней работы в году	201	198	197	194	191	174
Среднесуточное время работы, ч	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
Рабочее время в году, ч	3286	3245	3230	3181	3132	2851

—

—

—

Таблица 2.4 – Годовой режим работы экскаваторов с ковшом объемом более 0,65 м³(при использовании в две смены)

Показатель	Температурные зоны					
	I	II	III	IV	V	VI
Число нерабочих дней в году	161	164	164	166	179	187
В том числе по причинам:						
праздничные и выходные дни	112	112	112	112	112	112
перебазировка машин	5	5	4	4	3	3
метеорологические причины	6	9	11	14	20	38
непредвиденные причины	7	7	7	7	7	7
техническое обслуживание и ремонт	27	27	27	26	26	21
доставка и ожидание ремонта	4	4	3	3	3	3
Число дней работы в году	204	201	201	199	195	178
Среднесуточное время работы, ч	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
Рабочее время в году, ч	3346	3296	3296	3296	3198	2919

2.4 Выбор транспортных средств при устройстве котлованов

- Эффективность работы экскаватора с погрузкой грунта в транспортные средства в значительной степени зависит от правильной организации транспортирования грунта. Основными транспортными средствами являются автосамосвалы и автосамосвальные прицепы. Самосвалы выбираются в зависимости от емкости ковша экскаватора по рекомендациям, приведенным в таблице 2.5. Число транспортных средств (N_{mp}) при работе экскаватора на транспорт:

$$N_{mp} = \frac{T_{ц}}{t_{п}}, \quad (2.8)$$

- где $T_{ц}$ – длительность цикла работы одного а/самосвала, мин;
- $t_{п}$ – длительность погрузки а/самосвала, мин.

Таблица 2.5 – Основные характеристики автомобилей – самосвалов

Параметры	КАЗ – 4540	УРАЛ – 5557	МоАЗ – 75051	ГАЗ – СА3507	САЗ – 3502	ЗИЛ – ММЗ – 4502	МАЗ – 5551	КамАЗ – 55102	КрАЗ – 256 Б1	КрАЗ – 6510	КамАЗ – 5511
Грузоподъемность, т	5,5	7	23	4	3,2	5,8	8	7	12,5	13,5	10
Габаритные размеры, мм											
длина	6810	7693	7520	6170	5810	5280	6000	7570	8110	8290	7140
ширина	2500	2500	3545	2500	2470	2360	2500	2500	2575	2472	2500
высота	3495	2650	3400	3086	2410	2400	2970	2900	2835	2826	2700
Объем кузова (без подставки), м ³	7	7,5	11,5	5	4,25	3,8	5,5	6,0	6	8	7,9
Направление разгрузки	прямо-бортный	прямо-бортный	ковшовый	прямо-бортный	прямо-бортный	прямобортный	прямо-бортный	прямо-бортный	ковшовый	ковшовый	ковшовый
Рекомендуемая емкость ковша экскаватора q, м ³	0,5...0,65	0,65...1,25	2...3	0,35...0,5	0,15.0,35	0,65..1,25	1,0...1,25	0,65..1,25	1,25...2	1,25...2	1,25...2
Время маневрирования при погрузке t _м , мин.	1,33	1,33	2	1	1	1,33	1,33	1,33	2	2	2
Время разгрузки с маневрированием t _{мин} , мин.	1,9	1,9	2	1,2	1,2	1,9	1,9	1,9	2	2	1,9

$$- T_{ц} = t_{п} + \frac{2L}{V_{cp}/60} + t_{p.m.} + t_M; \quad (2.9)$$

- где $t_{п}$ – длительность погрузки а/самосвала, мин;
- L – расстояние от места разработки до места выгрузки, км (таблица 2.5);
- V_{cp} – средняя расчетная скорость движения до места разгрузки и обратно, км/ч (таблица 2.6);
- $t_{p.m.}$ – время разгрузки с маневрированием, мин (таблица 2.5);
- $t_{п}$ – время, необходимое на маневры при погрузке автосамосвала, мин. (таблица 2.5).

Таблица 2.6 – Скорость движения автосамосвалов и дальность перевозки по дорогам с разным видом покрытия

Тип дороги	Средняя скорость движения, км/ч при дальности возки, км				
	0,5	1	2	3	5
Асфальтобетонные, бетонные и из сборных ж/б плит	20	25	35	35	35
Щебеночные и гравийные	18	22	30	30	30
Булыжная мостовая	16	20	27	27	27
Грунтовые дороги	15	17	25	25	25

$$- t_{п} = \frac{M}{n_T \cdot K_T}; \quad (2.10)$$

- где $M = \frac{Q}{q \cdot K_B}$ – число ковшей, загружаемых в кузов машины (принимается целое число, перегрузка допускается не более чем на 10 %);
- Q – грузоподъемность транспортной единицы, м³;
- q – геометрическая емкость ковша, м³;

- K_B – коэффициент использования емкости ковша (таблица 2.7);
- n_T – техническое число циклов экскаваций от погрузки до выгрузки в минуту (таблица 2.7);
- K_T – коэффициент, зависящий от организации работы транспорта (таблица 2.8).

Таблица 2.7 – Коэффициент использования емкости ковша

Категория грунта	K_B
I	0,85...0,9
II	0,8
III	0,65...0,7
IV	0,6...0,65

Таблица 2.8 – Коэффициент, зависящий от организации работ транспорта

Способ разработки и подачи транспортных средств	Кольцевая подача машин при фронтальной разработке		Тупиковая подача одной машины при лобовой разработке		Тупиковая подача двух машин при лобовой разработке	
Число загружаемых ковшей в кузов машины	2...3	4...6	2...3	4...6	2...3	4...6
K_T	0,85...0,89	0,87...0,94	0,55...0,6	0,65...0,75	0,82...0,87	0,87...0,92

- Число транспортных средств при проектировании работ экскаватора попеременно в отвал и на транспорт

$$N_{mp} = \frac{T_{ц}}{t_{п}} \mu; \quad (2.11)$$

$$\text{– где коэффициент } \mu = \frac{K}{\varphi + K}$$

$$\text{– здесь } K = \frac{P_{от}}{P_{тр}} \text{ и } \varphi = \frac{V_{от}}{V_{тр}}.$$

- где Π_{OT} – проектируемая производительность экскаватора при работе в отвал, м³/ч;
- Π_{TP} – то же, при погрузке в транспортные средства, м³/ч;
- где $\Pi_{OT(TP)} = 8,2 \cdot V_0 / H_{M.BP}$;
- здесь $V_0 = 100 \text{ м}^3$ грунта;
- $H_{M.BP}$ – норма машинного времени, маш.-час.;
- V_{OT} – объем грунта, разрабатываемого экскаватором в отвал, м³;
- V_{TP} – то же, в транспортные средства, м³.
- После определения количества транспортных средств необходимо скорректировать величину t_{II} :
- $$t_{II} = \frac{T_{II}}{N_{TP}}, \quad (2.12)$$
- где N_{TP} – число транспортных средств (целое число), шт.

2.5 Составление технологической схемы экскаваторной разработки котлована

2.5.1 Установить технические характеристики выбранного экскаватора (приложение В, таблицы В.1, В.3):

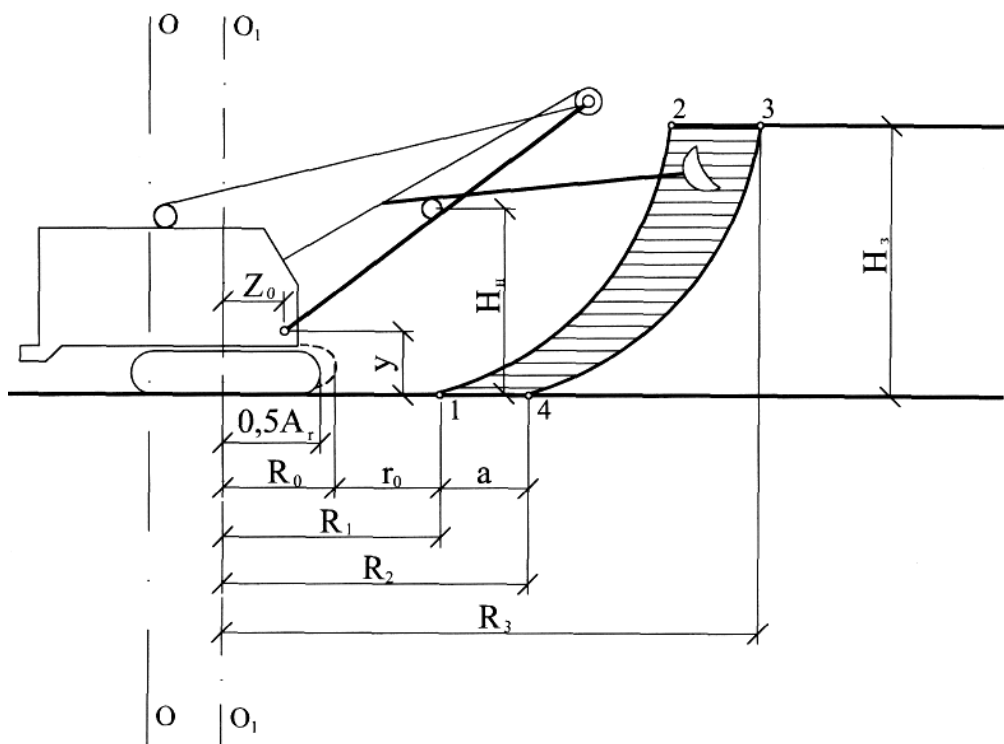
-
- а) для прямой лопаты:
- – наибольший радиус копания ... R_{max} ;
- – наибольшая высота копания ... H ;
- – длина гусеничного хода ... A ;
- – ширина гусеничного хода ... B ;
- – радиус, описываемый хвостовой частью платформы ... r ;
- – наибольшая высота нагрузки ... H_B ;
- – наибольший радиус выгрузки ... R_B ;

- б) для обратной лопаты и драглайна:
 - – наибольший радиус копания ... R_{max} ;
 - – наибольшая глубина копания ... H_T ;
 - – то же, при боковой проходке ... H_B ;
 - – длина гусеничного хода ... A ;
 - – ширина гусеничного хода ... B ;
 - – радиус, описываемый хвостовой частью платформы ... r ;
 - – наибольший радиус выгрузки ... R_B ;
 - – наибольшая высота выгрузки ... H_B ;
- **2.5.2 Технологические параметры рабочего места (забоя) экскаватора для заданных выемки и вида проходок:**
 - а) для прямой лопаты (рисунок 2.3):
 - – радиус установки экскаватора в забое $R_0 = \sqrt{(0,5A)^2 + (0,5B)^2}$;
 - – минимальный радиус копания на уровне стоянки $R_{min}^{CT} = R_1 = R_0 + r_0$,
 - где $r_0 = 0,5 \div 1,5 м$ - расстояние, необходимое для установки ковша;
 - – наибольший радиус копания (рабочий радиус), определяемый положением откоса.
 - $R_p = R_3 = R_{max} \cdot 0,9$;
 - – наибольший радиус копания на уровне стоянки
 - $R_{max}^{CT} = R_2 = R_p - d_{отк}$,
 - где $d_{отк} = (h-t)m$ – заложение откоса;
 - – расстояние передвижки экскаватора
 - $l_{II} = a = R_{max}^{CT} - R_{min}^{CT}$;
 - – наименьший радиус разгрузки ковша в автосамосвал
 - $R_{pm} = r + 0,5Ba + d$
 - (для ковшей с открывающимся днищем),

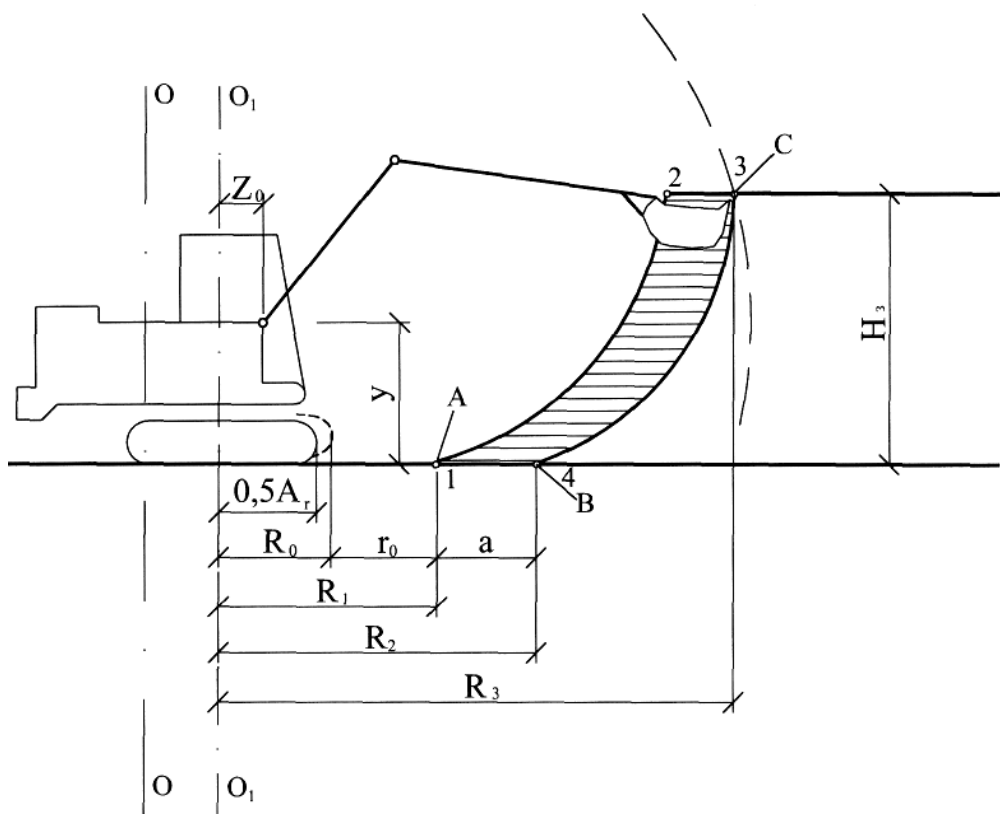
– где Ba – ширина кузова а/самосвала, для поворачивающихся ковшей

$$- R_{pm} = r + 0,3Ba = d ;$$

a)



б)



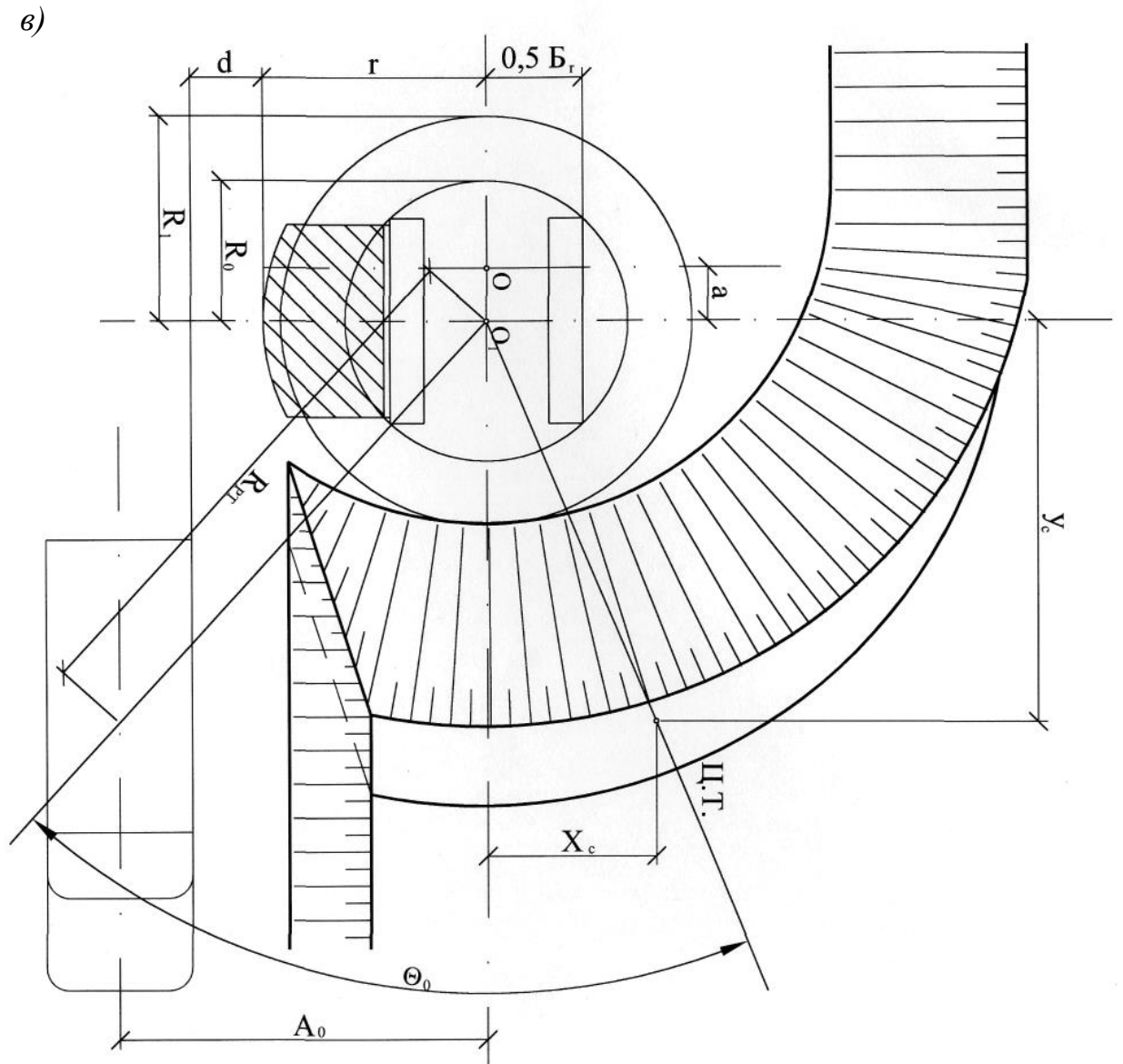


Рисунок 2.3 – Унифицированные параметры рабочего места экскаватора, оборудованного прямой лопатой: а) механического; б) гидравлического; в) в плане

- – высота разгрузки ковша в а/самосвал определяется высотой борта кузова от уровня стоянки и необходимым зазором между верхом борта и ковшом при его повороте на разгрузку

$$H_{Rr} = H_K + 0,2.$$

- б) Для обратной лопаты и драглайна (рисунок 2.4, 2.5):
- – радиус габаритной установки экскаватора в забое

$$- R_o = \sqrt{(0,5A)^2 + (0,5B)^2} ;$$

- – наименьший радиус копания на уровне стоянки

$$- R_{\min}^{CT} = R_1 = R_o + d ,$$

- где $d = 1m$;

- – наименьший радиус на уровне подошвы забоя

$$- R_{\min}^{II} = R_2 = R_1 + H \cdot m ,$$

- где $H = h - t$;

- – наибольший радиус копания на уровне стоянки

$$- R_p = R_1 = 0,9R_{\max} ;$$

- – наибольший радиус копания на уровне подошвы забоя

- $R_{\max}^{II} = R_3 = R_p - H \cdot m$ – для обратной лопаты

- $R_{\max}^P = R_3 = R_p - H \cdot m + (H_p + H) \operatorname{tg} \beta$ – для драглайна, $\beta = 7^\circ$ (угол заброса);

- – расстояние передвижки экскаватора

$$- l_{II} = a = R_{\max}^{II} - R_{\min}^{II} ;$$

- – наименьшее расстояние от оси вращения экскаватора до продольной оси движения а/самосвала

$$- A_T = r + d_1 + 0,5Ba, \quad d_1 = 1m ;$$

- – высота разгрузки ковша в а/самосвал (см. прямая лопата);

- – радиус разгрузки ковша в а/самосвал (по схеме забоя, при принятом угле поворота).

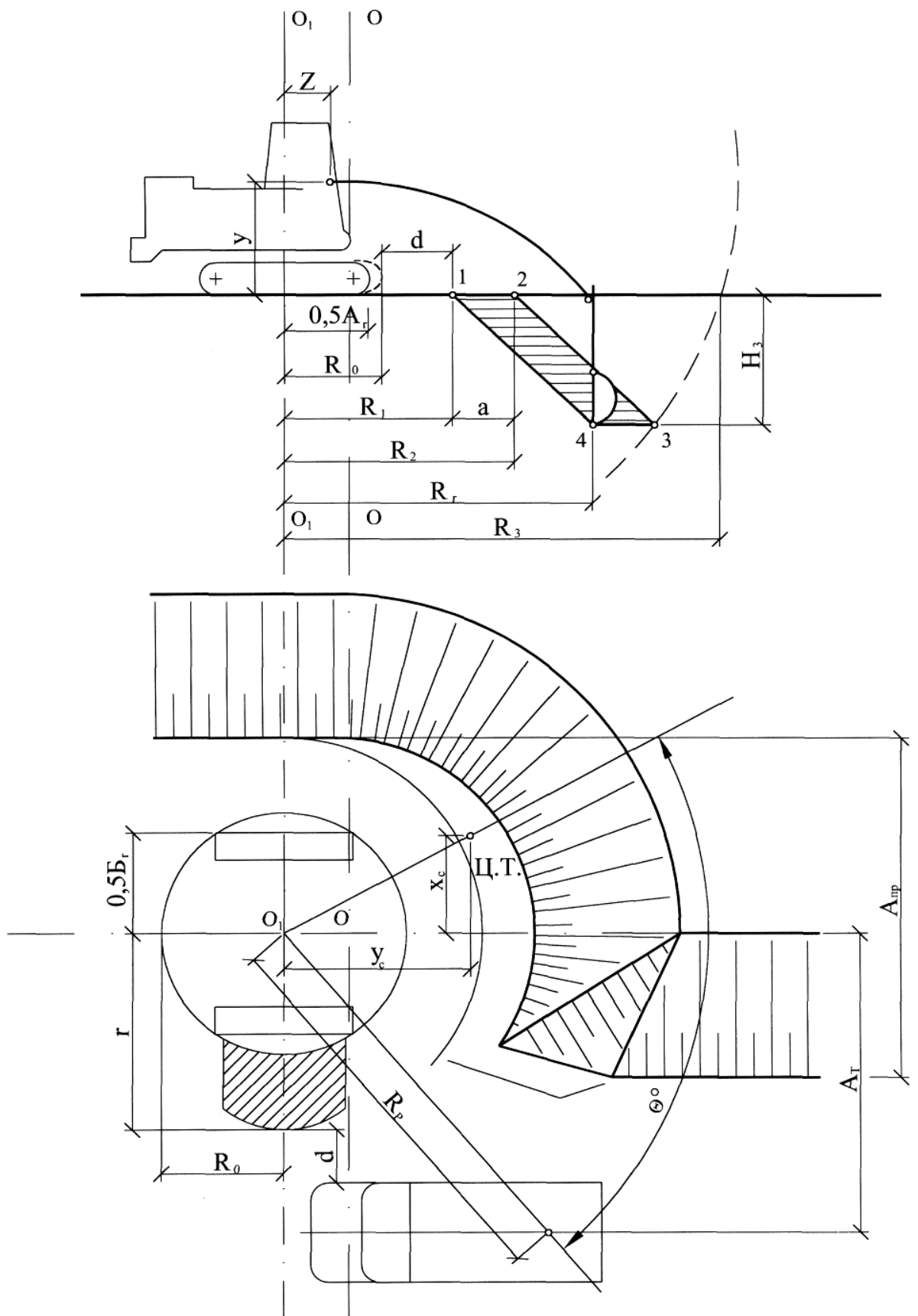


Рисунок 2.4 – Унифицированные технологические параметры рабочего места экскаватора, оборудованного обратной лопатой

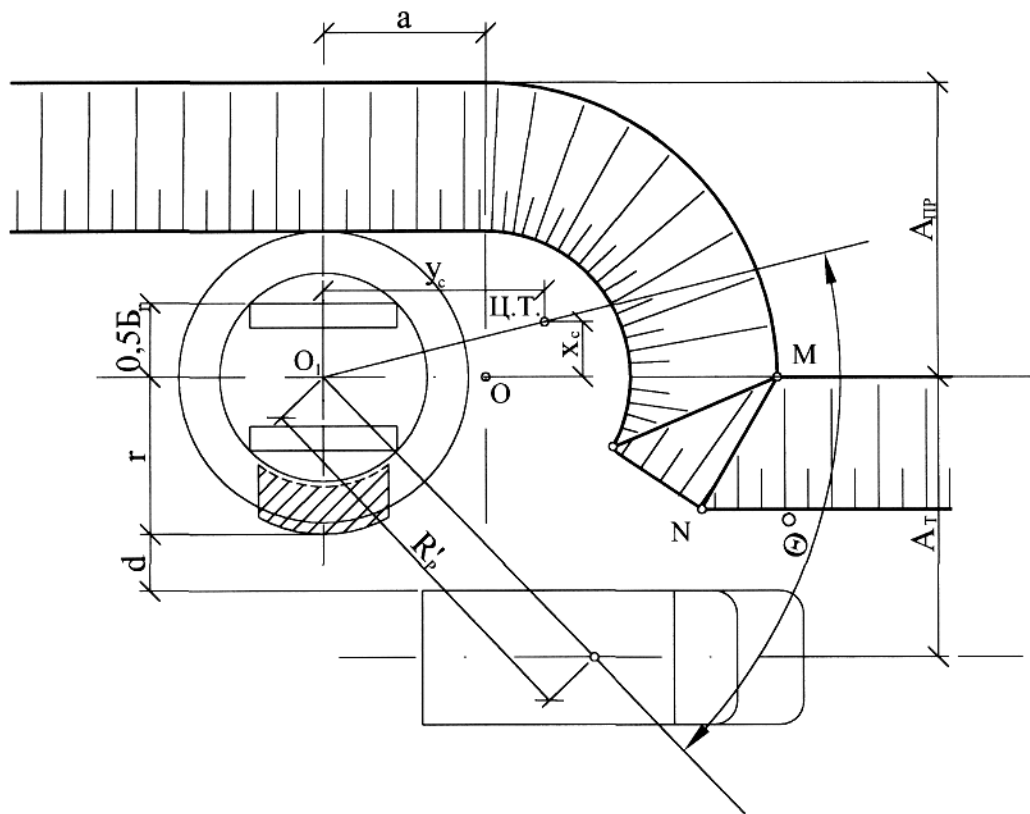
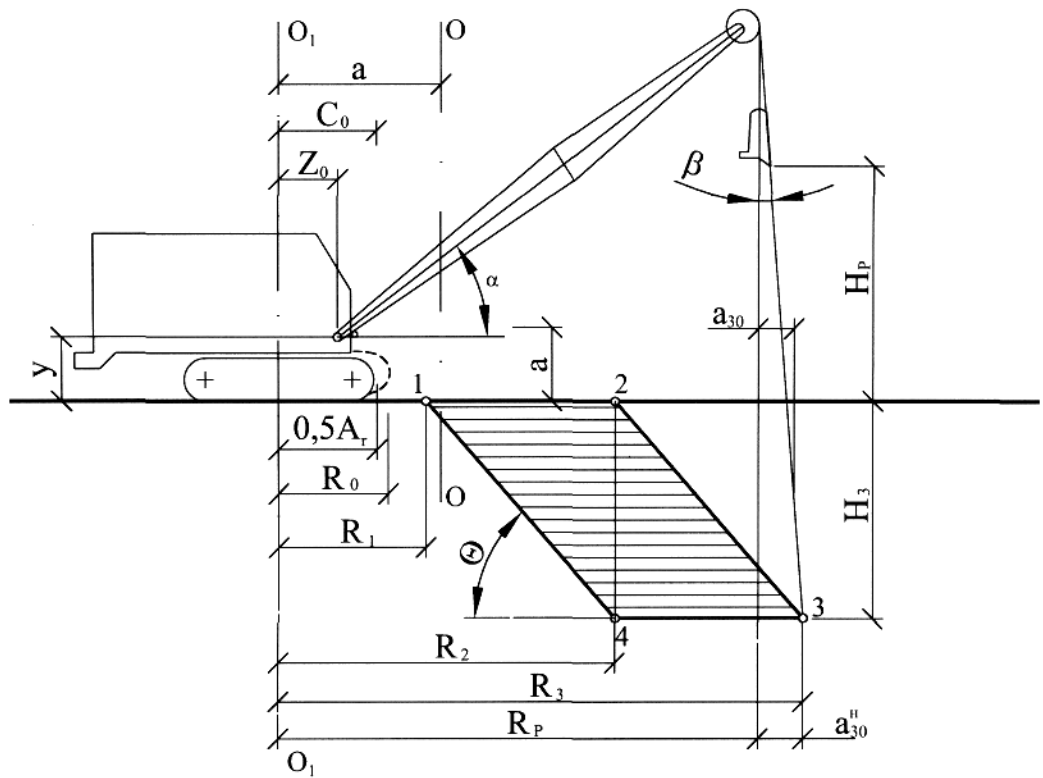


Рисунок 2.5 – Унифицированные технологические параметры рабочего места экскаватора, оборудованного драглайном

2.5 Составление технологической схемы экскаваторной разработки котлована

- а) Экскаватором, оборудованным прямой лопатой:
- – в соответствии с заданием и рисунком 2.5 принять общую схему проходок экскаватора;
- – определить параметры въездной траншеи;
- – необходимая длина въезда в забой

$$L = \frac{h}{i}, \quad i = 0,01;$$

- – ширина по дну при одностороннем движении 3 – 3,5м;
- – объем въездной траншеи

$$V_{TP.} = \frac{h^2}{6} \left(3b + 2mh \frac{m' - m}{m'} \right) (m' - m), \quad m' = 1/i;$$

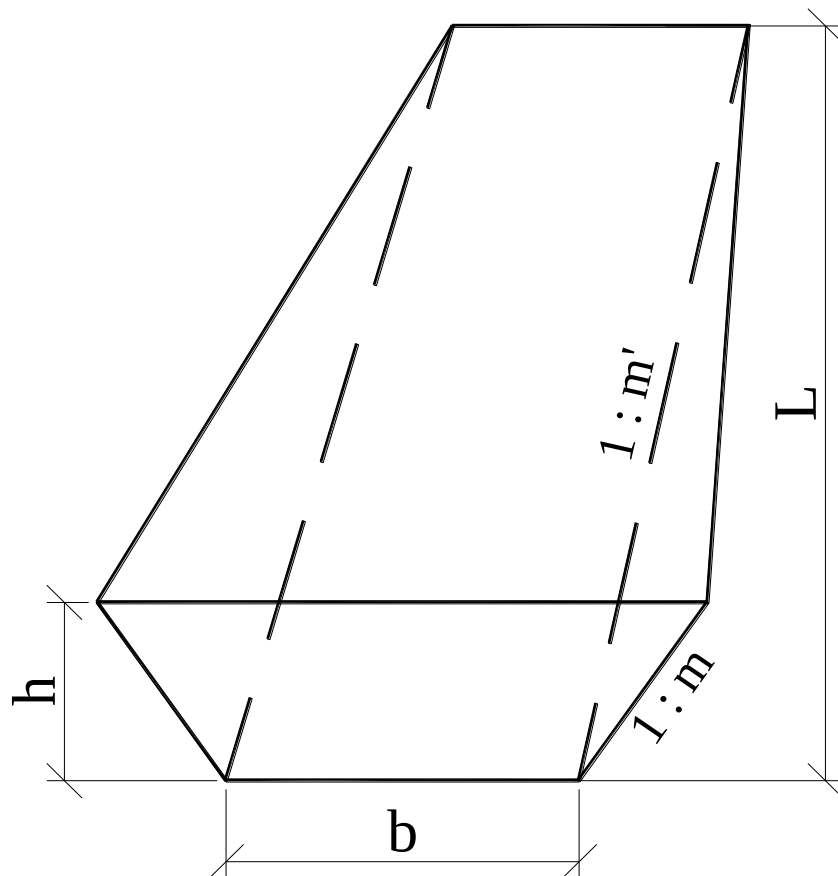


Рисунок 2.6 – К определению параметров въездной траншеи

- определение параметров первой проходки. Выполняется из условия, что грунт из траншеи, разрабатываемой лобовым забоем, должен быть вывезен в резерв для последующего использования при обратной засыпке;
- объем грунта, необходимый для обратной засыпки (в плотном теле)

$$- V_{\text{наз.}}^{\text{геом.}} = V_p - V_{\text{фунд.}} ;$$

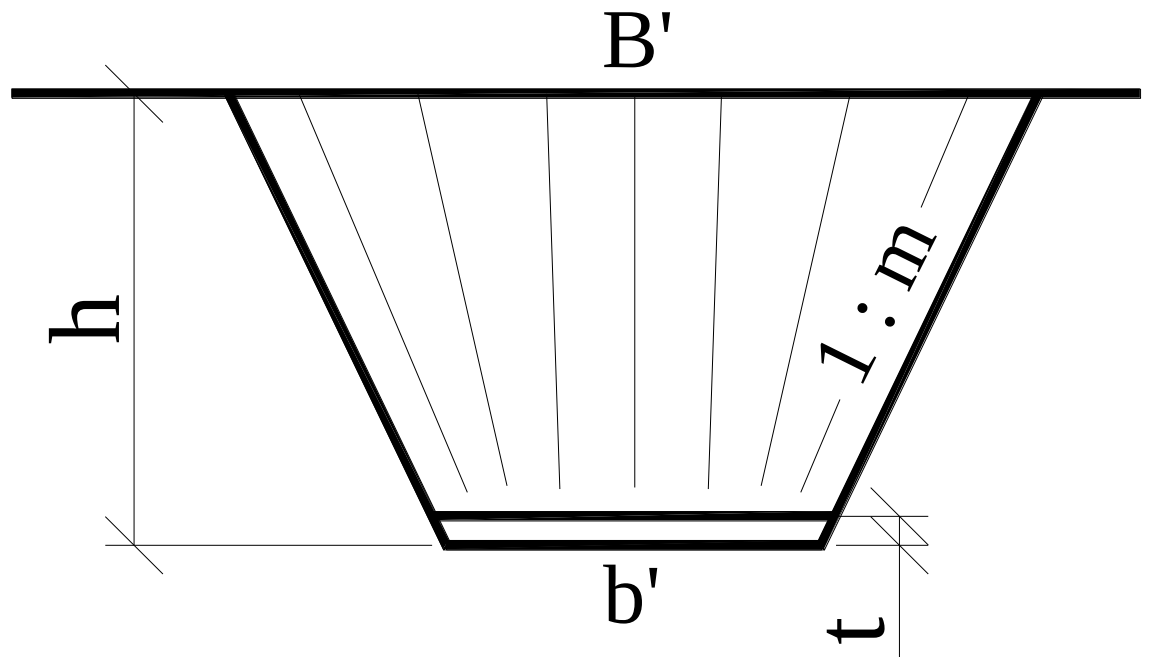


Рисунок 2.7 – Поперечник к определению въездной траншеи

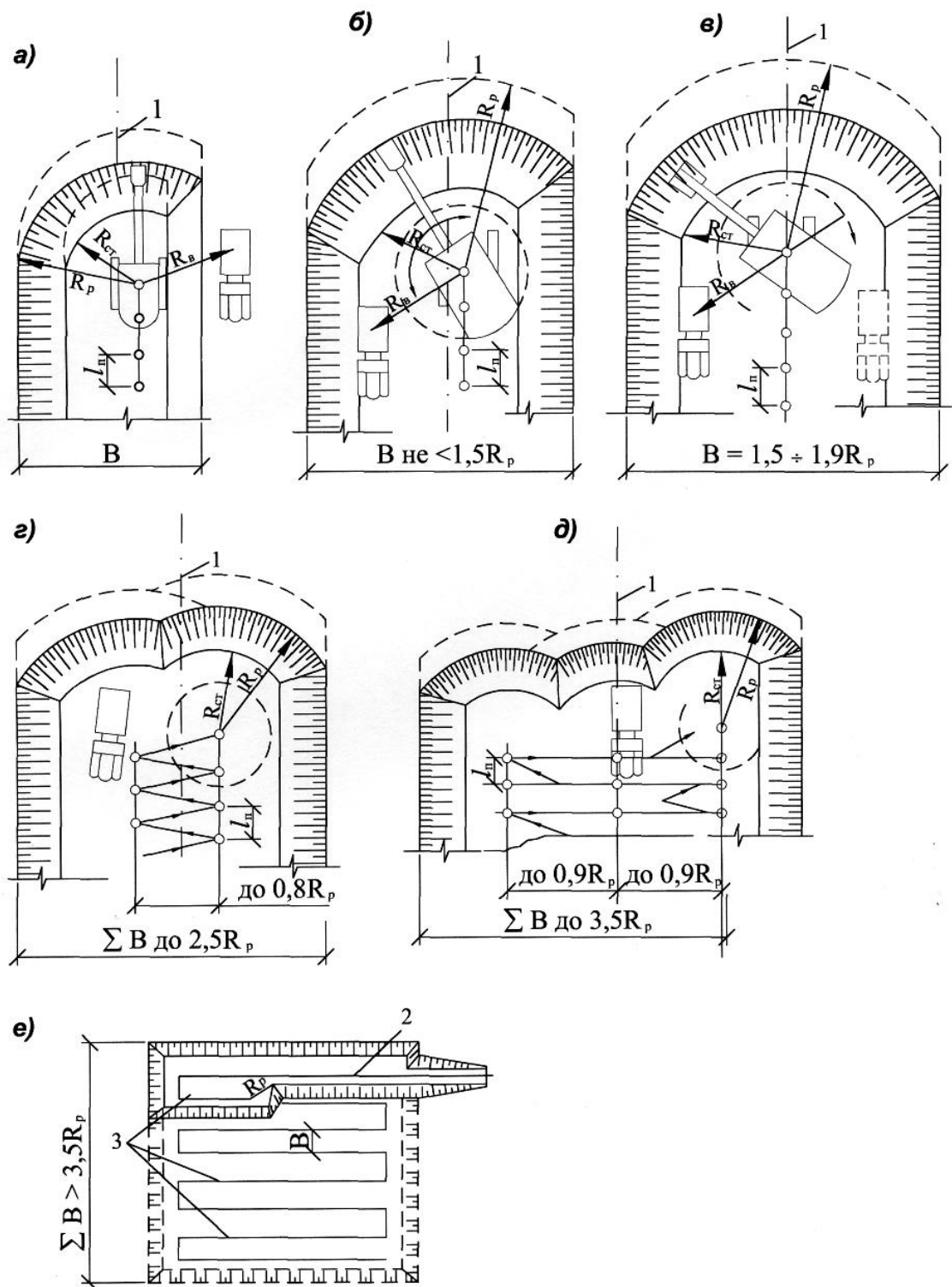


Рисунок 2.8 – Лобовые забои экскаватора с прямой лопатой при разработке котлованов: а) при движении транспорта за бровкой котлована;

б) при подаче транспортных средств в котлован по одну сторону экскаватора; в) то же, на обе стороны; г) при перемещении экскаватора по зигзагу; д) при поперечном перемещении экскаватора; е) при широких

котлованах более $3,5R$; 1 – ось котлована; 2 – лобовая проходка (первая); 3 – боковая проходка (последующие); В – ширина проходки поверху.

– с учетом $K_{O.P.}$ объем траншеи $V_{TP.} = V_{наз.}^{зем.} / K_{O.P.}$;

– находим ширину траншеи по дну и по верху из приближенной формулы для объема грунта в траншее:

$$V_{TP.} = \frac{a \cdot b' + A \cdot B'}{2} (h - t),$$

– где $B' = b' + 2m(h - t)$;

– по B' определить вид и параметры лобового забоя при первой проходке (рисунок 2.5);

– определить параметры последующих проходок, выполняемых боковыми забоями (рисунок 2.8);

– ширина бокового забоя поверху

$$B = B_{O.СТ.} + B_{Т.СТ.},$$

– где $B_{Т.СТ.} = 0,7R_{СТ.}$ – ширина части забоя от оси проходки экскаватора до подошвы внешнего откоса, $R_{СТ.} = R_{min}^{CT}$;

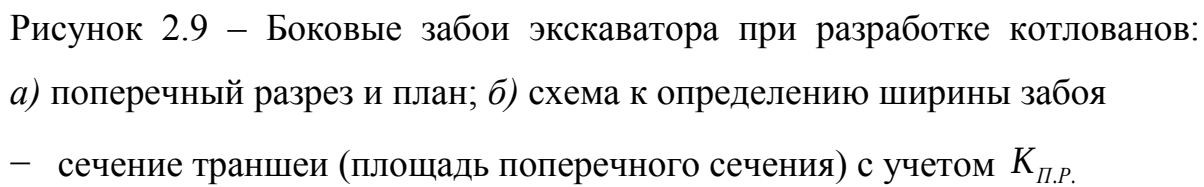
– $B_{P.СТ.} = \frac{B_{O.П.} \cdot R_{СТ.}}{R_p}$ – ширина части забоя от оси проходки до подошвы внешнего откоса;

– $B_{O.П.} = \sqrt{R_p^2 - \ell_{П.}^2}$ – ширина части забоя поверху от оси проходки до бровки внутреннего откоса;

– по результатам расчетов выполнить технологическую схему разработки котлована экскаватором прямой лопаты (общую схему проходок, планы и разрезы лобового и бокового забоя со всеми параметрами).

–

– б) Экскаватором, оборудованным драглайном (обратной лопатой):



$$- S_{TP.} = \frac{V_3}{2A \cdot K_{П.Р.}}; A - \text{длина траншеи};$$

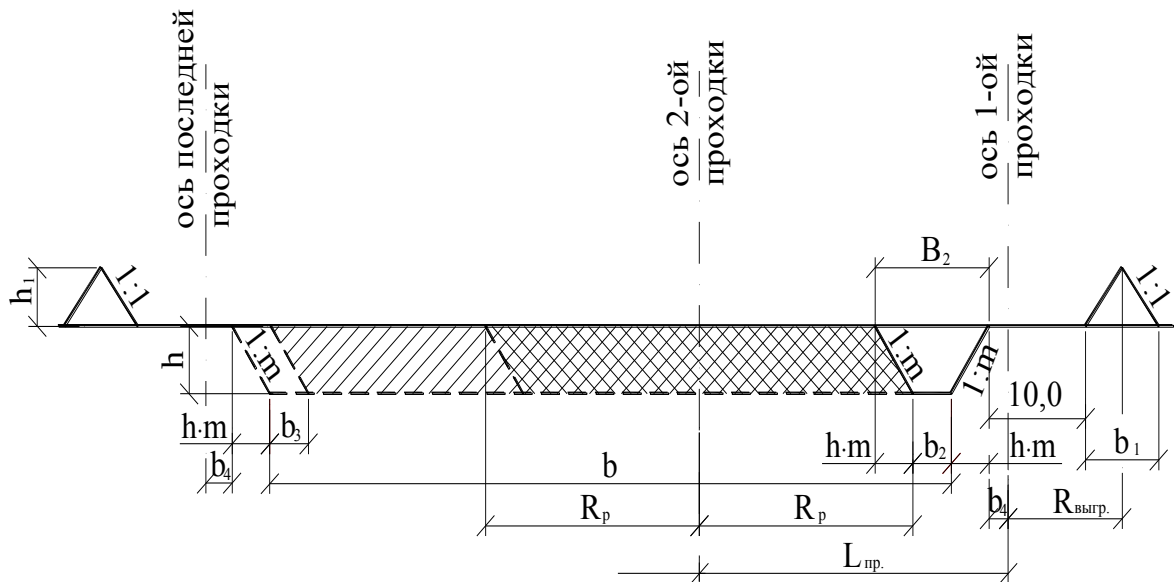


Рисунок 2.10 – Схема к расчету параметров разработки котлована экскаватором-драглайн.

– с другой стороны сечение траншеи

$$- S_{TP.} = \frac{b_2 + B_2}{2} h = (b_2 + h \cdot m) \cdot h;$$

– приравниваем эти два уравнения и находим b_2 ;

– сечение призмы – $S_{ПР.} = S_{TP.}$;

– или $S_{ПР.} = b_3 \times h$; находим b_3 ;

– – определяем размеры отвалов:

– откосы 1:1;

– высота отсыпки $h_1 = \frac{b_1}{2}$;

– по схеме (рисунок 2.9):

$$- \frac{b_1}{2} = R_{\text{выгр.}} + b_4 - 10,$$

– где b_4 складывается из половины ширины гусеничного хода и безопасного расстояния до бровки (1 м):

$$- \quad b_4 = \frac{B_{\Gamma.X.}}{2} + 1;$$

– Если $h_1 > H_{\text{вызр.}}$, то принять $h_1 = H_{\text{вызр.}}$, рассчитать $R_{\text{вызр.}}$ и b_4 .

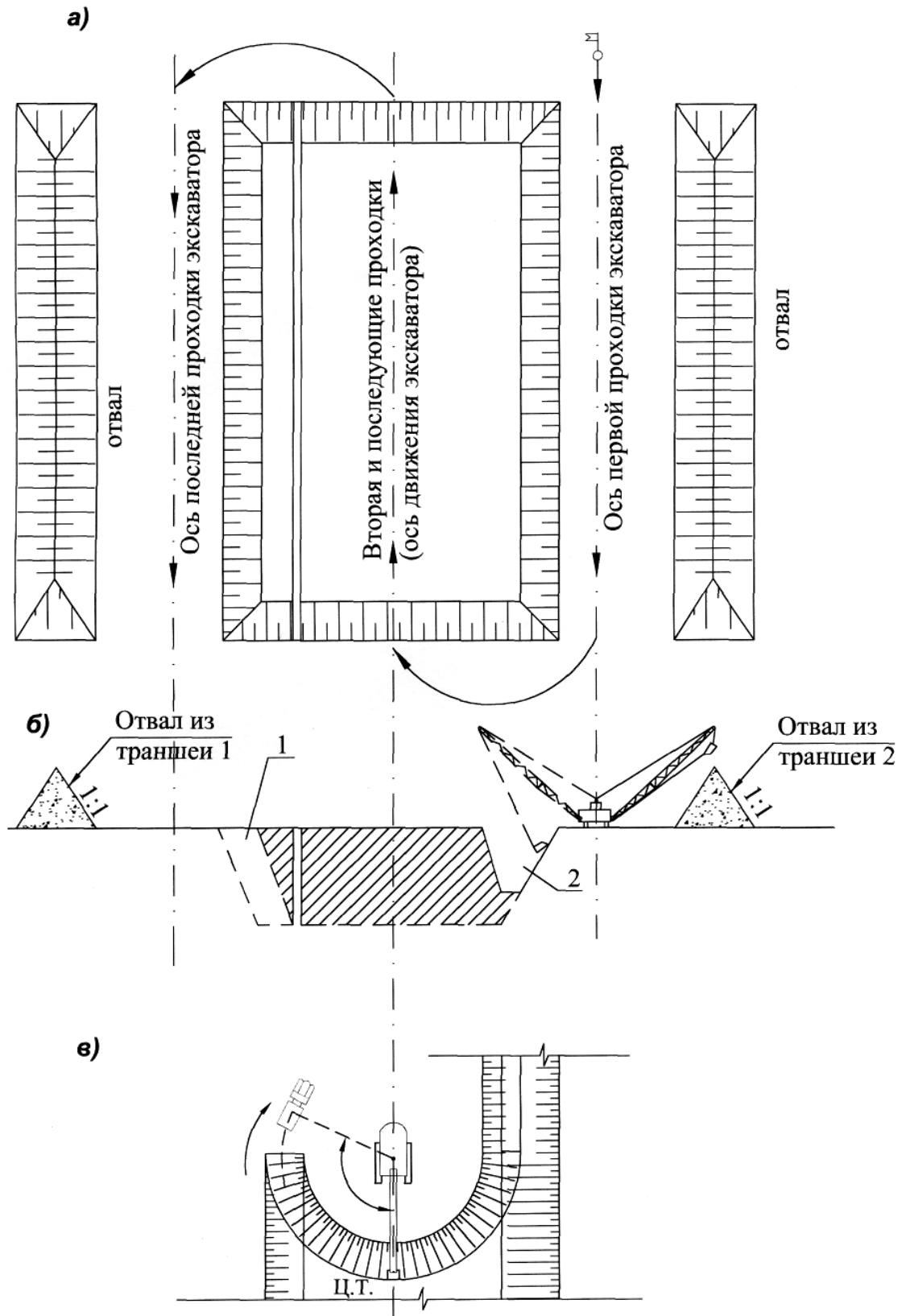


Рисунок 2.11 – Схема разработки котлована экскаватором – драглайн:
 а) план котлована и отвалов; б) поперечный разрез; в) план забоя второй проходки

- Затем определяем расстояние между проходками, количество проходок и их параметры.

3. Проектирование технологического процесса переработки грунта при планировке площадей

Вертикальная планировка площадок – комплексно-механизированный технологический процесс, включающий в себя простые процессы и операции по разработке грунта в выемке, транспортирование грунта в насыпь, укладке, разравниванию и уплотнению грунта в насыпи, вывозу излишков грунта в отвал, доставке недостающего грунта из резервов в насыпь, окончательной планировке площадки.

Работы выполняются комплектом машин, состоящим из ведущей машины, выполняющей основной процесс и машин, занятых на вспомогательных процессах. Вспомогательные машины увязываются с ведущей по производительности. Вид и количество ведущих машин комплекта зависит от объема работ, грунтовых условий, дальности транспортировки грунта. В зависимости от перечисленных факторов на планировке площадок могут быть заняты экскаваторные, бульдозерные или скреперные комплекты.

3. Методика и порядок выполнения работы

3.1. Анализ исходных данных, определение расчетных величин

Исходные данные:

- номер варианта площадки по приложению Ж задается руководителем;
- грунты – из работы № 2;
- период производства работ – летний;
- толщина растительного слоя $\delta = 0,75$ м.

Объем работ:

- по снятию растительного слоя, м^3 $V^P = S_{\text{платц}} \cdot \delta$

– по разработке грунта в выемке, м³ $V^6 = \sum V_j^6$

– по перемещению грунта в насыпь, м³ $V^H = \sum V_i^H$

Сделать вывод по балансу земляных масс. Указать процессы, составляющие комплексный процесс планировки площадки.

Выделить ведущий процесс, перечислить комплекты, применяемые для выполнения ведущего процесса.

Определить среднюю дальность перемещения грунта из выемки в насыпь графическим методом, (рисунок 3.1).

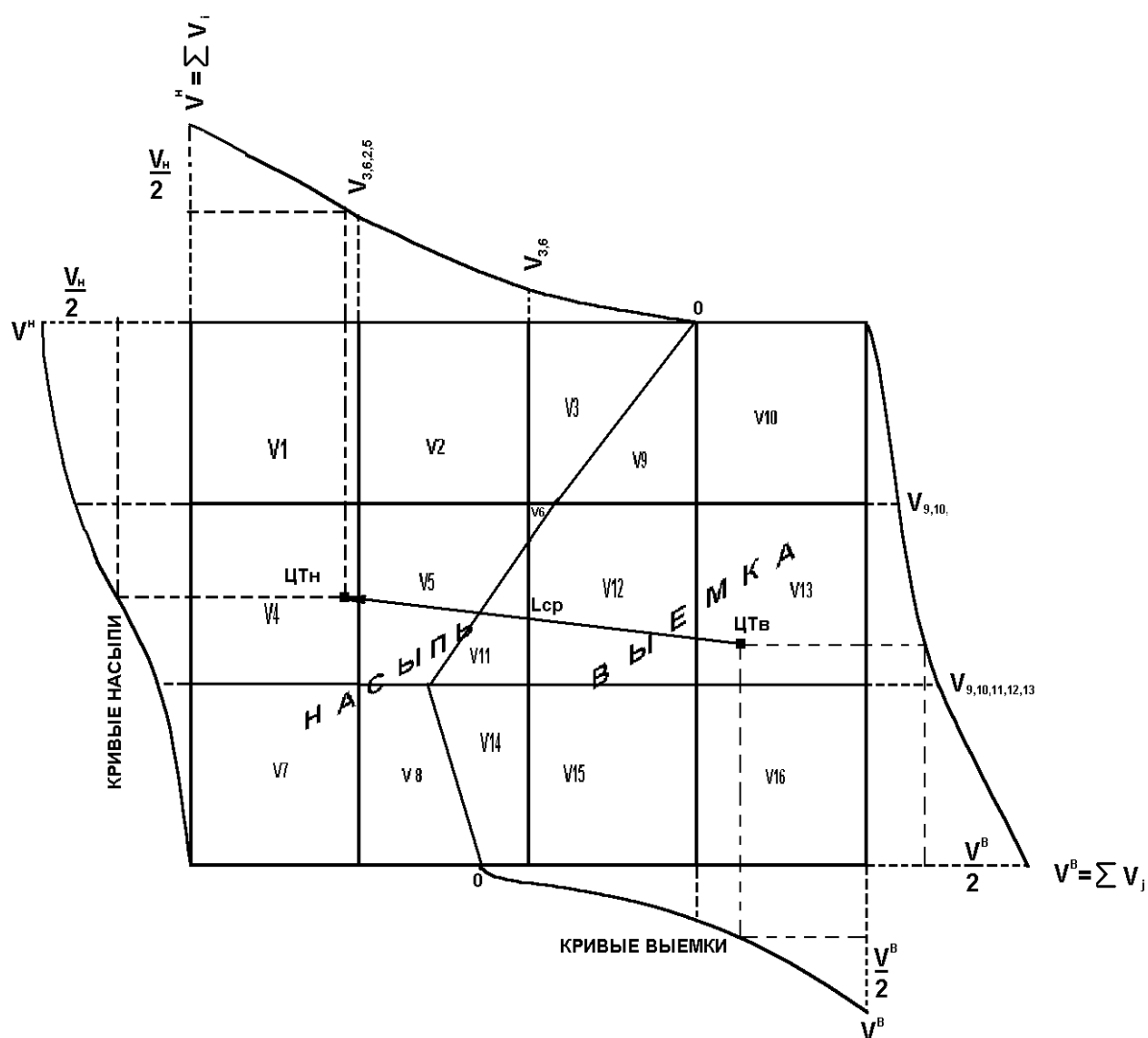


Рисунок 3.1 – Определение L_{cp} графическим методом

- в избранном масштабе выполнить план площадки, разбитой на квадраты, нанести линию нулевых работ, выписать объемы;
- построить кривые объемов насыпи и выемки, откладывая ординаты и абсциссы, соответствующие объемам в квадратах, нарастающим итогом;
- разделить пополам абсциссы и ординаты конечных объемов V^H и V^B ;
- найти проекции $ЦТ$ насыпи и выемки на пересечении перпендикуляров, проведенных к середине ординат и абсцисс V^H и V^B , с кривыми объемов насыпи и выемки;
- построить $ЦТ_H$ и $ЦТ_B$, определить L_{cp} .

Обосновать рациональность применения скреперного комплекта. Определить группу грунта [11, таблица 1].

3.2 Выбор варианта ведущей машины комплекта

В работе необходимо рассмотреть два варианта:

- комплект прицепных скреперов с толкачом или без;
- вариант самоходных скреперов с толкачом.

Без толкача могут работать прицепные скрепера на мягких грунтах без включений (I – II групп).

Выбор варианта выполнить, используя приложения Ж, Е в следующем порядке:

Принять емкость ковша скрепера прицепного и самоходного (указания руководителя, приложение Е, таблица Е.1).

Определить количество скреперов в комплектах (приложение Е, таблица Е.3).

Определить мощность трактора-толкача (приложение Е, таблица Е.3).

Установить марки скреперов и их технические характеристики (приложение Е, таблица Е.9).

Выбрать способ набора грунта и определить толщину срезаемой стружки (приложение Е, таблицы Е.2, Е.3).

Рассчитать длины путей набора и разгрузки (отсыпки) грунта в соответствии с принятыми толщинами срезаемой стружки и отсыпаемого слоя:

– путь набора грунта

$$L_n = \frac{VK_n}{haK_p}; \quad (3.1)$$

– путь разгрузки

$$L_p = \frac{VK_n}{h_1a}; \quad (3.2)$$

где V – объем ковша скрепера, м^3 ;

K_n – коэффициент наполнения ковша (приложение Е, таблица Е.4);

h – толщина срезаемой стружки, м;

a – ширина захвата ковша, м;

K_p – коэффициент разрыхления грунта в ковше (приложение Е, таблица Е.5);

h_1 – толщина отсыпаемого слоя.

3.3 Определение эксплуатационной производительности скреперов

Сменная эксплуатационная производительность:

$$\Pi_{э.см} = \Pi_T K_e K_\phi, \quad (3.3)$$

где Π_T – сменная техническая производительность:

$$\Pi_T = \frac{60Nq}{(T_n + T_p + T_m + \frac{L}{V_n} + \frac{L}{V_r})}; \quad (3.4)$$

$$L = \frac{L_T - (L_n + L_\phi)}{2}; \quad (3.5)$$

где L_T – расстояние транспортирования грунта;

L_n – путь набора;

L_ϕ – путь выгрузки;

N – число часов в смену;

q – геометрический объем ковша, м³;

L – расчетное расстояние возки грунта, м;

T_n, T_p, T_m, V_r, V_n (приложение Е, таблицы Е.7 – Е.9);

K_e – коэффициент наполнения ковша;

K_g – коэффициент использования скрепера по времени, принимаемый 0,8 – для прицепного скрепера, 0,75 – для самоходного скрепера.

Часовая производительность.

Определить производительность комплектов по вариантам. Более производительный принять в качестве основного варианта.

3.4 Выполнить схему организации технологического процесса планировки площадки выбранным комплектом (скреперным)

Выбрать схему движения скреперов, руководствуясь [2] и следующими указаниями:

- набор и разгрузка грунта должны производиться на одной прямой;
- не допускается разворот скрепера с наполненным ковшом;
- набор грунта желательно производить при движении скрепера под уклон (5 – 22 %);
- разворот скрепера желательно выполнять попеременно вправо и влево;

Схему разработки грунта принять в соответствии с рекомендациями [2].

К схеме сделать указания о порядке работы скреперов в комплекте и толкача.

3. Общие требования к написанию расчётно-графической работы

Пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист;
- задание;

- содержание;
- основную часть в соответствии с утвержденным заданием;
- список используемой литературы.

Оформление пояснительной записки должно соответствовать требованиям ГОСТ

4. Рекомендации по организации работы над расчётно-графической работой, примерный календарный план её выполнения

Студент, получивший задание на расчётно-графическую работу, должен приступить к ее выполнению, согласно установленному графику. Если нет четко установленных сроков выполнения данного задания, то подразумевается параллельное выполнение всех необходимых работ и заданий в течение семестра. Студент должен представить полностью выполненную работу за три-четыре недели до начала сессии с тем, чтобы за этот период у него была возможность исправить по замечаниям руководителя найденные ошибки.

5. План-график выполнения задания

Примерный план-график выполнения расчетно-графической работы представлен в таблице 5.

Таблица 5. – Примерный план- график выполнения расчетно-графической работы

Наименование раздела	Недели
1. Выдача задания	1 – 2
2. Выполнение необходимых расчетов	3 – 6
3. Подготовка	7 – 8
4. Написание и редактирование пояснительной записки	9 – 10
5. Оформление работы	11 – 12
6. Сдача задания на проверку	13 – 14
7. Окончательная доработка и защита расчетно-графической работы	15 – 16

6. Критерии оценивания работы

Положительная оценка выставляется при предоставлении и соответствующей защите выполненной, по всем необходимым требованиям, расчетно-графической работы в составе пояснительной записки и графического листа (А3) в установленном объеме.

7. Порядок защиты работы

При защите студент должен кратко изложить содержание расчетных положений и обосновать принятые решения. После краткого изложения студенту задаются вопросы по теме задания.

При положительных ответах, с учетом самостоятельности работы, правильности и обоснованности принятых решений и расчетов, оформления пояснительной записки, студенту выставляется оценка.

За выполнение расчетно-графической работы и представление ее к защите в установленные сроки студент несет ответственность самостоятельно.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**Основная**

1. Радионенко В.П. Технологические процессы в строительстве [Электронный ресурс] : курс лекций / В.П. Радионенко. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 251 с.
2. Михайлов, А.Ю. Технология и организация строительства. Практикум : учебно-практическое пособие / А.Ю. Михайлов. - Москва-Вологда : Инфра-Инженерия, 2017. - 197 с.

Дополнительная

3. Технология возведения полносборных зданий. Учебник под общей редакцией А. А. Афанасьева. – М.: АСВ, 2000 г.
4. Рейш А. К. и др. Машины для земляных работ: справочн. пособие. – М.: Стройиздат, 1981.
5. Руководство по производству земляных работ одноковшовыми экскаваторами / ЦНИИОМТП. – М. : Стройиздат, 1999.
6. Бетонные и железобетонные работы / К. И. Башлай, В. Я. Гендин, Н. И. Евдокимов и др.; под ред. В. Д. Топчия. - 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1987. – 320 с. : ил. – (справочник строителя).
7. Афанасьев А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона. – М. : Стройиздат, 1990.- 384с.
8. СНиП 3.02.01 – 87. Земляные сооружения, основания и фундаменты.
9. СНиП 12 – 04 – 2002. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.
10. ЕНиР. Общая часть.
11. ЕНиР. Сборник 2 – 1. Механизированные и ручные земляные работы. – М. : Стройиздат, 1988.
12. ЕНиР. Сборник 4 – 1. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. – М. : Стройиздат, 1987.

Таблица А.1 – Варианты задания к расчетно-графической работе

№ вар.	a , м	b , м	h , м	Тип дороги	Грунт	ρ_0 , кг/м ³	Расстояние. до отвала, км
1	32,0	30,0	2,7	асфальт	песок	1600	2,5
2	35,0	32,0	2,8	щебень	песок	1700	2,6
3	64,0	35,0	2,9	булыжник	щебень	1800	2,7
4	52,0	36,0	3,0	бетон	гравий	1750	2,8
5	48,0	40,0	3,1	грунт	супесь	1650	2,9
6	36,0	25,0	3,2	асфальт	супесь	1850	3,0
7	41,0	28,0	3,3	грунт	суглинок	1700	3,1
8	75,0	33,0	3,4	бетон	сугл.с прим.	1700	3,2
9	45,0	26,0	3,5	щебень	суглинок	1750	3,3
10	33,0	29,0	3,6	булыжник	суглинок	1950	3,4
11	50,0	31,0	3,7	асфальт	лесс мягк.	1600	3,5
12	80,0	33,0	3,8	бетон	лесс	1800	3,6
13	65,0	37,0	3,9	грунт	лесс тверд.	1800	3,7
14	54,0	42,0	4,0	щебень	глина	1800	3,8
15	78,0	24,0	4,1	булыжник	глина	1750	3,9
16	70,0	26,0	4,2	асфальт	глина	1900	4,0
17	92,0	27,0	4,3	бетон	глина	1950	4,1
18	40,0	34,0	4,4	щебень	вариант 1		4,2
19	58,0	38,0	4,5	булыжник	вариант 2		4,3
20	76,0	39,0	4,6	грунт	вариант 5		4,4
21	65,0	41,0	4,7	асфальт	вариант 10		4,5
22	56,0	43,0	4,8	щебень	вариант 11		4,6
23	82,0	44,0	4,9	бетон	вариант 15		4,7
24	90,0	45,0	5,0	грунт	вариант 7		5,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Область применения различного оборудования экскаваторов

Вид рабочего оборудования экскаватора	Вид выполняемых работ	Условия производства работ					
		гидрогеологические	вид забоя		высота или глубина забоя		наибольшая ширина разработки
			лобовой (продольный)	боковой (поперечный)	наибольшая	наименьшая	
Прямая лопата	Разработка разрезных и пионерных траншей, выемок при дорожном и гидротехническом строительстве магистральных каналов, траншей для коллекторов и фундаментов зданий, а также котлованов в плотных и предварительно разрыхленных скальных и мерзлых грунтах, расположенных выше уровня стоянки экскаваторов.	Уровень грунтовых вод ниже уровня стоянки экскаватора. (При высоком уровне грунтовых вод и водонасыщенных грунтах должно быть предусмотрено водопонижение или водоотливов).	Применяется в случаях крайней необходимости при разработке въездов и отъездов выемок, а также при разработке разрезных и пионерных траншей.	Предпочтителен во всех случаях.	Не больше максимальной высоты резания, используемого экскаватора.	Не менее трехкратной высоты ковша используемого экскаватора.	<i>Для лобового забоя.</i> В зависимости от наибольшего радиуса резания используемого экскаватора: узкая – 0,8–1,5 радиуса; нормальная – 1,5– 1,8 радиуса; широкая – более 2 радиусов. Более 3 радиусов – лишь при необходимости обеспечить фронт для последующих работ. <i>Для бокового забоя.</i> Не должна превышать удвоенного наибольшего радиуса резания грунта используемого экскаватора.
Драглайн	Разработка карьеров, выемок в транспортном и гидротехническом строительстве, осушительных и оросительных каналов с шириной по дну более 1,5 м, траншей под газовые магистрали, водопроводные, канализационные и тепловые сети, возведение дамб и насыпей из одно- и двух сторонних резервов, вскрышные и планировочные работы. Разработка грунта, расположенного ниже уровня стоянки экскаватора или когда работа с подошвы забоя затруднена.	Независимо от уровня грунтовых вод. Допускается разработка из-под воды (при притоке воды, препятствующей производству работ должно быть предусмотрено водопонижение или водоотлив)	Применяется при разработке выемок шириной 1,5 – 2 наибольших радиуса резания грунта используемым экскаватором с перемещением в выемке под углом 70-80° к ее оси. При проходке по оси разрабатывает узкие траншеи.	Широко применяется на вскрышных работах, рытье широких выемок различного назначения, при возведении насыпей и дамб из боковых резервов. Используется при разработке выемок шириной не менее 0,7-0,8 наибольшего радиуса резания грунта используемого экскаватора.	<i>Для лобового забоя</i> Глубина и ширина забоя зависят от радиуса резания, применяемого экскаватора, длины его стрелы, угла ее наклона к горизонту, вида грунтов и крутизны откосов разрабатываемых выемок, при погрузке в транспорт определяются по табл. 12. Траншеи с откосами крутизной более 1:0,75 разрабатываются на глубину наибольшего радиуса резания применяемого экскаватора. <i>Для бокового забоя</i> Глубина забоя и ширина разработки зависят от марки экскаватора, длины его стрелы, угла наклона стрелы и крутизны откосов разрабатываемых выемок и при погрузке в автотранспорт определяются по табл. 13.		

Продолжение таблицы приложения Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Обратная лопата	Разработка траншей с откосами и вертикальными стенками для различных коммуникаций, котлованов под отдельно стоящие фундаменты в грунтах I – IV группы, предварительно разрыхленных скальных и мерзлых грунтах, разработка каменных банкетов, временных перемычек в гидротехническом строительстве.	Независимо от уровня грунтовых вод (при притоке воды, препятствующем производству работ, должно быть предусмотрено водопонижение или водоотлив.	Применяется преимущественно при разработке траншей осевой проходкой.	Используется при разработке небольших котлованов.	При разработке траншей 0,5-0,6 наибольшей глубины копания используемого экскаватора. При разработке котлованов 0,3-0,4 наибольшего радиуса копания.	Не менее трехкратной высоты ковша применяемого экскаватора.	При отсыпке грунта в отвал применяется 0,7-0,8 от наибольшего радиуса резания применяемого экскаватора. при погрузке грунта в транспорт принимается 1,2-1,3 наибольшего радиуса резания.
Грейфер	Разработка котлованов отдельно стоящих сооружений, сложного профиля, котлованов под опускные колодцы, фундаменты силосных башен, опор линий электропередач. Разработка глубоких траншей под защитой глинистых суспензий для устройства противofильтрационных завес и других сооружений по методу "стена в грунте". Обратная засыпка грунтом траншей, пазух котлованов после укладки трубопроводов и устройства фундаментов. Погрузка сыпучих грунтов и материалов.	Независимо от уровня грунтовых вод. Допускается разработка грунтов под водой.	С вертикальными стенками.		Наибольшая глубина копания применяемого экскаватора.	-	-
Экскаваторы-планировщики	Разработка траншей, небольших каналов и выемок в стесненных условиях, разработка грунта в местах пересечений, коммуникаций обратная засыпка траншей с разравниваем, очистка русел каналов от ила и растительности, планировка откосов насыпей, выемок и горизонтальных поверхностей, зачистка недоборов грунта в котлованах и траншеях, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора.	Уровень грунтовых вод ниже уровня стоянки экскаваторов.	Ширина и глубина выемок, разрабатываемых продольным и боковым забоями приведены в табл. 17. Размеры стесненных мест, при которых возможна работа экскаваторов-планировщиков приведены в табл. 16. Глубины выемок и высота насыпей, откосы которых планируются экскаваторами-планировщиками со стоянки у верхней бровки приведены в табл. 18, а при стоянке у подошвы откоса – в табл. 19.				

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Технические характеристики и рабочие параметры одноковшовых экскаваторов с жесткой подвеской рабочего оборудования

Марка экскаватора	Мощность двигателя, л.с.	Наибольшая скорость передвижения, км/ч	Преодолеваемый угол подъема, град	Среднее удельное давление на грунт, кг/см ³	Масса машины	Сменное рабочее оборудование						
						Прямая лопата						
						Емкость ковша, м ³	Наибольший радиус копания, м	Наибольшая высота копания, м	Наибольшая высота выгрузки, м	Радиус выгрузки при заданной высоте выгрузки в транспорт, м	Заданная высота выгрузки в транспорт, м	Продолжительность рабочего цикла, с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Э-5015А	75	1,85	22	0,39	12,1	-	-	-	-	-	-	-
ЭО-3322А	75	22	-	-	14	0,5*; 0,8*	5,95	5,7	3,2	4,8	2,9	15
ЭО-4123	80	2,1	23	0,58	19	0,8	7,45	7,6	5,37	5,2	3,3	14,9
ЭО-4321	80	19,5	-	-	19,3	0,8	7,45	7,9	5,67	5,4	3,3	14,9
ЭО-4121	130	2,8	22	0,65	20,9	0,65; 1; 1,5*	7,25; 7,15; 6,55	7,5; 7,45; 6,39	5,03; 4,45; 3,85	5,3; 5,25	3,3	17
ЭО-5122	170	2,4	20	0,81	36	1,35; 1,66; 2,8*	8,98	9,7	5,15; 4,75	5,36; 6	3,8	20; 25
ЭО-6121	300	1,4	20	1,03	56	1,85; 2,34; 4*	10,2	10,7; 10,5	5,2; 5,4	7,5; 6,4	4,3	23; 28

Продолжение таблицы В.1

Марка экскаватора	Мощность двигателя, л.с.	Сменное рабочее оборудование											Изготовитель
		Обратная лопата							Грейфер				
		Емкость ковша, м ³	Наибольший радиус копания, м	Наибольшая глубина копания, м	Наибольшая высота выгрузки, м	Радиус выгрузки при заданной высоте выгрузки в транспорт, м	Заданная высота выгрузки в транспорт, м	Продолжительность рабочего цикла, с	Емкость ковша, м ³	Наибольший радиус копания, м	Наибольшая глубина копания, м	Наибольшая высота выгрузки, м	
1	2	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Э-5015А	75	0,5	7	4,5	3,9	5,7	2,5	16	0,5	8,75	5,8	2,25	Киевский завод "Красный экскаватор"
ЭО-3322А	75	0,4; 0,5	8,3; 7,5	5; 4,2	5,2; 5	7,3; 6,5	2,5	16	0,35	7,4	5,8	3,45	Ленинградский, Калининский и Галичский экскаваторные заводы
ЭО-4123	80	0,4; 0,65; 1	10,1; 8,95; 6,9	7; 5,8; 4,3	5,88; 5,3; 4,7	7,5; 6,7; 4,7	3	16	0,65	7,26	7,1	3,8	Киевский завод "Красный экскаватор"
ЭО-4321	80	0,4; 0,65; 1	10,1; 8,95; 6,9	6,7; 5,5; 4	6,18; 5,6; 5	7,5; 6,7; 4,7	3	16	0,65	7,26	6,8	4,1	Киевский завод "Красный экскаватор"
ЭО-4121	130	0,65; 1	10; 9,2	7; 5,8	5	6,7	3	22	0,65	8,9	7,9	3,2	Ковровский экскаваторный завод
ЭО-5122	170	1,25; 1,6	10,9; 10	7,36; 6,25	5,58; 5,36	7,5; 5,35	3,6	24	1	10,2	11,8	3,6	Воронежский экскаваторный завод
ЭО-6121	300	1,6; 2,5	12,7; 11,8	8,3; 7,2	6,55; 6,5	10,8; 9,9	4,3	29	-	-	-	-	Воронежский экскаваторный завод

* Погрузочное оборудование.

Таблица В.2 – Техническая характеристика экскаваторов-планировщиков на пневмоколесном и гусеничном ходу

Марка экскаватора	Двигатель (дизель)		Скорость передвижения, км/ч	Радиус, описываемый хвостовой частью, м	Преодолеваемый угол подъема, град	Дорожный просвет, мм	Пневмоколес- ный ход, мм		Гусеничный ход, мм		Число оборотов поворотной платформы, об/мин	Габаритные размеры экскаваторов в транспортном положении, мм		
	марка	номинальная мощность, л.с.					база	колея	длина	ширина		длина	ширина	высота
ЭО-2131А*	Д – 50	55	2	2,4	22	315	-	-	3,05	2,53	6	6380	2643	2675
Э-4010**	СМД – 14А	75	6 – 47,5	–	20	290	4780	1820	–	–	5,16	8450	2630	3650
ЭО-3332***	СМД – 14А	75	1,81 – 18,4	2,82	22	293	2800	2042	–	–	6,8	7200	2600	3200

Таблица В.3 – Технические характеристики и рабочие параметры одноковшовых экскаваторов на гусеничном ходу с гибкой подвеской рабочего оборудования

Показатели	Единица измерения	Марка экскаватора													
		ЭО-3111 (Э-303А)	ЭО-3111Б (Э-303Б)	ЭО-3211Б (Э-304Б)	ЭО-3211В (Э-304В)	ЭО-4111А (Э-652А)	ЭО-4111Б (Э-652Б)	ЭО-4111БС (Э-652БС)	ЭО-5111Д (Э-10011Д)	ЭО-5111АС (Э-10011АС)	ЭО-6111Б (Э-1251Б)	ЭО-6112Б (Э-1252Б)	ЭО-6112БС (Э-1252БС)	ЭО-7111 (Э-2503) ЭО-7111С (Э-2505)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Двигатель: тип	-	Дизель									Электро- двигатель	Дизель		Сетевой двигатель	
марка	-	Д-48ЛС				Д-108-1			Д-108		МА146-214	АМ-03		МА-94-71/16	
номинальная мощность	л.с.	50				75-82			108		90	130		218	
Скорость передвижения	км/ч	1,12 – 2,77; 5,45		0,83 – 3,73	1,15 – 5,15		1,7 – 3			2		1,5		0,23	
Радиус, описываемый хвостовой частью	мм	2600	2700	2600		2900	3280	2900	3500		3600		5000		
Преодолеваемый гол подъема	град	22								20					
Просвет под ходовой тележкой	мм	310	326	450		300			360		270		345		
Гусеничный ход: длина А		2400		4200		3420			3860	3980	4000		5175		
ширина В		2080		3200		2825	2880	2825	3000		3200		4150		
Число оборотов поворотной платформы	об/мин	2,99 – 6,91		3,2 – 7,3	3,2 – 7,4	3,45 – 6			6,3	1,5 – 7,15	4,75		4,53		
Среднее удельное давление на грунт	кгс/см ²	0,63	0,5	0,18	0,2	0,72	0,65	0,67	0,82		0,85	0,88		1,25	
Продолжительность рабочего цикла: - прямая лопата	сек.	15				17					21		24		
- обратная лопата	сек.	15		21		23			17		26		24		
- драглайн	сек.	18		28		23			17		24		32		
Габаритные размеры экскаваторов в транспортном положении: длина	мм	4100	4200	4700		4990			5430		5540		5600	7588	
ширина	мм	2490		3200		2825			3100		3200		4290		
высота	мм	2900		3030		3500			3420		4100	4200		6300	
Масса машины: с прямой лопатой	т	10,8	12	-	-	21,2		21,6	35	36,5	41,1	41	42	94	
с обратной лопатой	т	10,8	11,6	13,7	13,4	20,7		20,9	33,5		39,4	38,3	39,4	-	
Прямая лопата: емкость ковша	м ³	0,4	0,4; 0,5	-	-	0,65			1		1,25		2,5		
наибольший радиус копания	м	5,9	6,35; 6,15	-	-	7,8			9,2; 8,4		9,9; 9,1	9,9	9,9; 9,1	12	

Продолжение таблицы В.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
наибольшая высота копания	м	5,96	6,4; 6,2	-	-	7,9			6,5; 8,2		7,8; 9,3	9,3	9,8; 9,3	10
наибольшая высота выгрузки	м	4	3,93	-	-	5,6			6,6		5,1; 6,6	6,6	6,6	7
наибольший радиус выгрузки	м	5,4	5,6; 5,4	-	-	7,1	7,2	7,2	8,3; 7,4		8,9; 8,3	8,9	8,9; 8,3	10,8
Обратная лопата: емкость ковша	м³	0,4				0,65			1		1,4			-
наибольший радиус выгрузки	м	6,8	5,5	6,8		8,1			7,8		10,3; 9,3			-
наибольшая высота выгрузки	м	5,36	4,28	5,44	2,9	6,14	5,6		4,3		5,5; 7,3			-
наибольшая глубина копания: траншеи	м	4,4	4,3	4,2		5,56	5,8		6,9		7,3			-
котлована	м	3	2,6	2,8		4,4			6,1		6			-
наибольший радиус копания	м	7,8				9,2			10,4		11,6			-
Драглайн: емкость ковша	м³	0,4				0,8		0,5	1; 0,75		1,5			3; 1,5
длина стрелы	м	10,5				10; 13			12,5; 15		12,5			17,5; 25
наибольшая высота выгрузки	м	6,06	6	6,3		5,5; 8			4,1; 8,4		4; 6,5			10,5; 103
наибольший радиус выгрузки	м	10	9,5	10		10; 12,5	8,3; 10,4		12,2; 12		12,4; 104			14; 23,8
глубина копания: при боковом проходе	м	5,3	3,6	5,3		4,4; 6,6	3,8; 5,9		5,5; 5,7		6; 5,1			6,5; 14
при концевом проходе	м	7,6	5,9	7,6		7,2; 10	5,5; 7,8		9,4; 9,2		9,5; 7,5			10,2; 205
Грейфер: емкость ковша	м³	0,35				0,65			1		-	1,5	-	-
длина стрелы	м	10,5				10			12,5; 15		-	12,5; 15	-	-
наибольший радиус выгрузки	м	6				4			12,2; 6,5		-	10	-	-
наибольшая высота подъема	м	8,26		8,5		7,6; 5,8	5,8		4,3; 10,7		-	8,4; 8,3	-	-
Кран: длина стандартной стрелы	м	7,5; 12; 15				10; 18			12,5; 15; 25		-	12,5; 20; 25		15; 30; 40
грузоподъемность	т	5; 3; 2				10; 7,5			16; 12,8; 5,3		-	20; 9; 7		60; 20; 12
вылет крюка	м	3; 4; 5				10			12; 14,1; 22,8		-	10; 15,5; 19		4,36; 8,7; 9,5
высота подъема крюка	м	7,2; 11,7; 14,5		7,5; 12; 14,8		9,2; 17,2			9,2; 12,5; 24		-	10,1; 17,5; 20		12,6; 28; 38,1
Изготовитель		Кентаусский экскаваторный завод		Калининский экскаваторный завод	Ташкентский экскаваторный завод	Ковровский экскаваторный завод			Костромской экскаваторный завод "Рабочий металлист"		Воронежский экскаваторный завод им. Ктминтерна			

* При угле наклона стрелы 45 и 60°.

Примечание: Экскаваторы ЭО – 3111А (Э – 303А) и ЭО – 4111А (Э – 652А) сняты с производства, но еще имеются в эксплуатации в строительных организациях.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 – Коэффициент использования ковша (K_0) одноковшового экскаватора при разработке грунта в котлованах и траншеях

Группа грунта	В котлованах							В траншеях					
	Тип ковша												
	обратная лопата					драглайн			обратная лопата				
	с зубьями		со сплошной режущей кромкой			с зубьями		со сплошной режущей кромкой	с зубьями		со сплошной режущей кромкой		
	Емкость ковша, м ³												
	0,15	0,25 – 0,4	0,5-0,65	0,4	0,65-0,8	0,25-0,4	0,5-1	0,4-1,1	0,15	0,25-0,4	0,5-0,65	0,4	0,65-0,8
I	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9	0,9	0,85	0,85	0,85	0,85	0,86
II, IIм	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
III, IIIм	0	0,65	0,7	0,65	0,7	0,65	0,7	0,7	-	0,65	0,7	0,65	0,7
IV	-	-	0,6	-	-	-	0,65	-	-	-	0,6	-	-
V, IIIм	-	-	0,5	-	-	-	0,5	-	-	-	0,5	-	-
VI	-	-	0,5	-	-	-	0,5	-	-	-	0,5	-	-

Примечание. I м, II м, III м – группы разрыхленного мерзлого грунта.

Таблица Г.2 – Коэффициенты использования емкости ковша (K_e) одноковшового экскаватора при устройстве выемок и насыпей

Группа грунта	Тип ковша								
	Прямая лопата с зубьями				Драглайн с зубьями			Прямая лопата со сплошной режущей кромкой	Драглайн со сплошной режущей кромкой
	Емкость ковша, м ³								
	0,15 – 0,3	0,5 – 1,5	2	3 – 4	0,35	0,5 – 1,5	2	0,4 – 1,5	0,5 – 1,1
I	0,9	0,9	0,85	0,85	0,9	0,9	0,7	0,9	0,9
II, Iм	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
III, IIм	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7
IV	-	0,65	0,65	0,6	-	0,65	0,6	-	-
V, IIIм	-	0,55	0,55	0,45	-	0,5	0,5	-	-
VI	-	0,55	0,55	0,5	-	0,5	0,5	-	-

Примечание. I м, II м, III м – группы разрыхленного мерзлого грунта

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д.1 – Число циклов экскаваций в минуту

Емкость ковша, м ³	Способ разработки грунта											
	С погрузкой в транспортные средства						Навымет					
	Группа грунта											
I	II, IIм	III, IIIм	IV	V, Vм	VI	I	II, IIм	III, IIIм	IV	V, Vм	VI	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Прямая лопата (ковш с зубьями)												
0,15	2,06	1,68	1,36	-	-	-	2,28	1,93	1,53	-	-	-
0,25	2,49	2,14	1,75	-	-	-	2,88	2,45	2,03	-	-	-
0,3	2,57	2,19	1,82	-	-	-	2,88	2,53	2,07	-	-	-
0,5	3,03	2,5	2,38	1,87	1,78	1,55	3,14	2,81	2,54	2,08	1,97	1,69
0,65	2,88	2,44	2,19	1,89	1,81	1,56	3,03	2,91	2,6	2,05	2,06	1,73
0,8	2,81	2,36	2,21	1,78	1,74	1,49	2,95	2,64	2,53	1,9	2	1,67
1	2,45	2,16	1,97	1,55	1,53	1,33	2,62	2,31	2,24	1,8	1,67	1,43
0,25	2,5	2,14	2,07	1,6	1,75	1,25	2,78	2,5	2,31	1,86	1,82	1,66
1,5	2,53	2,13	2,03	1,55	1,61	1,5	2,74	2,5	2,28	1,8	1,81	1,5
2	2,22	1,91	1,71	1,33	1,4	1,2	2,37	2,02	1,88	1,48	1,53	1,33
3	1,81	1,55	1,4	1,19	1,41	1,05	1,9	1,71	1,5	1,33	1,48	1,17
4	1,64	1,33	1,18	1,01	1,15	0,94	1,75	1,45	1,32	1,17	1,31	0,99
Драглайн (ковш с зубьями)												
0,25	2,33	2,05	1,82	-	-	-	2,47	2,14	1,89	-	-	-
0,35	2,22	1,9	1,71	-	-	-	2,28	1,98	1,77	-	-	-
0,5	2,43	2,17	1,92	1,49	1,63	1,35	2,47	2,22	1,98	1,61	1,73	1,4
0,65	2,28	2,07	1,91	1,49	1,64	1,36	2,37	2,14	1,95	1,62	1,74	1,4
0,75	2,25	2,03	1,83	1,48	1,61	1,35	2,27	2,08	1,92	1,61	1,72	1,4
1	1,96	1,74	1,6	1,3	1,43	1,21	1,98	1,95	1,67	1,41	1,54	1,25
Обратная лопата (ковш с зубьями)												
0,15	1,89	1,57	-	-	-	-	2,1	1,7	-	-	-	-
0,25	2,42	2,02	1,87	-	-	-	2,67	2,13	1,9	-	-	-
0,3	2,42	2,07	1,87	-	-	-	2,67	2,17	1,91	-	-	-

Продолжение таблицы приложения Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,5	2,61	2,27	1,98	1,78	1,85	1,47	2,88	2,45	2,06	1,86	1,84	1,51
0,65	2,52	2,16	1,96	1,74	1,9	1,46	2,69	2,32	2,13	1,83	1,87	1,49
Драглайн (ковш с режущей кромкой)												
0,4	2,1	1,83	1,5	-	-	-	2,13	1,88	1,56	-	-	-
0,65	2,22	1,98	1,79	-	-	-	2,3	2,08	1,85	-	-	-
0,8	2,05	1,79	1,65	-	-	-	2,13	2,03	1,73	-	-	-
1,1	1,97	1,8	1,55	-	-	-	1,95	1,87	1,6	-	-	-
Обратная лопата (ковш с режущей кромкой)												
0,4	2,15	1,84	1,65	-	-	-	2,33	1,93	1,68	-	-	-
0,65	2,18	1,94	1,72	-	-	-	2,46	2,05	1,82	-	-	-
0,8	2,09	1,84	1,68	-	-	-	2,19	1,93	1,72	-	-	-

Таблица Е.1 – Число скреперов на один толкач

Дальность перемещения грунта, м	Прицепные		Самоходные	
	Объем ковша, м ³			
100	3	2	—	—
200	3	4...3	3	3
300	4	3	3	2
400	4	4...3	3	3
500	4	4...5	4	2
1000	—	—	6	3
2000	—	—	11	6
3000	—	—	16	9

Таблица Е.2 – Способы срезания стружки грунта скреперами

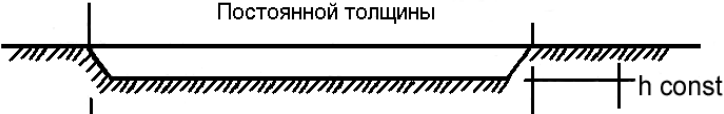
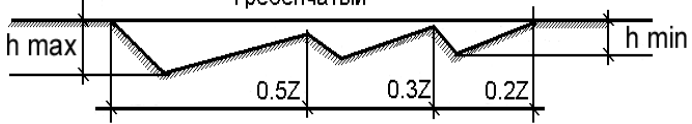
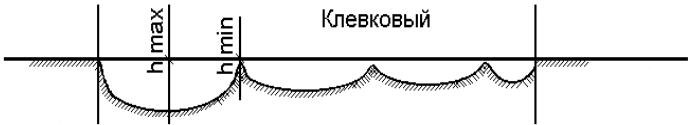
Способы срезания стружки грунта скреперами	Условия применения
	На любых связных грунтах
	Любые связные грунты на горизонтальных участках
	При разработке сухих суглинистых и глинистых грунтов на горизонтальных участках
	Сухие песчаные и супесчаные грунты на горизонтальных и наклонных участках

Таблица Е.3 – Рекомендуемая толщина стружки, см.

Объем ковша, м ³	Мощность трактора, кВт		Средняя толщина в грунтах, см			
	тягача	толкача	песке	супеси	суглинке	Глине
3	55	–	12/–	12/–	10/–	7/–
6...7	73	58 – 72	20/30	15/25	12/20	9/14
10	102	73	30/30	20/30	18/25	14/18
15	175	102	35/35	25/35	21/30	16/22
Примечание: В числителе – толщина стружки при работе без толкача, в знаменателе – с толкачом.						

Таблица Е.4 – Коэффициент наполнения ковша скрепера

Условия работы скрепера	Сухой рыхлый песок	Супесь и средний суглинок	Тяжелый суглинок и глина
Без толкача	0,5...0,7	0,8...0,95	0,65...0,75
С толкачом	0,8...1	1...1,2	0,9...1,2

Таблица Е.5 – Коэффициенты разрыхления грунта в ковше скрепера

Грунт	Влажность, %	Объемная масса грунта естественного залегания, т/м ³	K_p
Песок сухой	-	1,5...1,6	1...1,2
Песок влажный	12...15	1,6...1,8	1,1...1,2
Легкая супесь	7...10	1,5...1,7	1,1...1,2
Супесь и суглинки	4...6	1,6...1,8	1,2...1,4
Суглинок средний	15...18	1,65...1,8	1,2...1,3
Суглинок сухой пылевой	8...12	1,7...1,8	1,3...1,4
Суглинок тяжелый	17...19	1,6...1,8	1,2...1,3
Сухая глина	-		1,2...1,3

Таблица Е.6 – Минимальный радиус поворота скреперов, м

Тип тягача	Объем ковша скрепера, м ³	Радиус поворота
Гусеничный	4	5
	5...10	10
	11...15	12
Колесный	8...10	12
	25	15

Таблица Е.7 – Эксплуатационные показатели работы прицепных скреперов

Показатель	Класса 10 т		Класса 15 т	
	Группа грунта			
	I	II	I	II
Время набора ковша T_n , мин.	1,33	1,73	1,6	2,11
Время разгрузки ковша T_p , мин.	0,34	0,37	0,4	0,43
Скорость скрепера, м/с:				
С грунтом $V_г$	1,45	1,45	1,36	1,36
Порожняком V_n	1,63	1,63	1,84	1,84
Время поворота T_n , мин.	0,31	0,31	0,31	0,31

Таблица Е.8 – Эксплуатационные показатели работы самоходного скрепера

Показатель	Группа грунта	
	I	II
Время набора грунта T_n , мин.	1,42	1,77
Время разгрузки грунта T_p , мин.	0,71	0,81
Скорость скрепера с грунтом V_g , км/ч:		
При движении до 300 м	5,3	5,3
При движении > 300 м	11,3	11,3
Скорость скрепера порожняком V_n , км/ч:		
При движении до 100 м	8,4	8,4
При движении > 100 м	11,3	11,3
Время поворота скрепера T_n , мин.	0,39	0,39

Таблица Е.9 – Техническая характеристика скреперов

Наименование показателей	Марки скреперов												
	Прицепные								самоходные				
	Д-75	Д-569	Д-541	Д-697	Д-374	Д-498	Д-374Б	Д-523	Д-213А	Д-511	Д-357Г	Д-567	Д-392
Тип трактора	Т-75	Т-74	Т-74	ТП-4	С-100	Т-100 МГС	Т-100 М	Т-140	Т-180	ДЭТ-250	МАЗ-529	МОА 3-546	Бел АЗ-531
Мощность тягача, кВт	55	55	55	67	78	78	78	104	132	222	132	178	278
Вместимость ковша, м³:													
Геометрическая	3	3	3	4,5	8	7	7	10	10	15	9	10	15
С шапкой	3,5	3,5	3,5	5,5	10	9	10	12	12	18	11	12	18
Ширина резания, м	1,9	2,1	1,96	2,42	2,59	2,65	2,62	2,8	2,82	2,9	2,72	2,9	2,9
Длина пути разгрузки, м	6-10							12-18			12-20		

Таблица Е.10 – Дальность транспортировки грунта скреперами

Тип скрепера			
Прицепной		Самоходный	
Объем ковша скрепера, м ³	Пределы дальности перевозки грунта, м	Объем ковша скрепера, м ³	Пределы дальности перевозки грунта, м
До 6	100...350	До 8	300...1500
8	150...550	9...10	400...2500
10	300...800	15	До 3000
15	500...1500	25	До 5000

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Вариант 1

Н	2230	1450	2300	3370
3360				
4170	2220	910	1870	2930
4300	2730	780	2140	2660
3200	1870	350	2180	3490
1980	730	1030	2700	4200
				В

Вариант 2

6100	5700	3450	1920	840	2150
4790	4900	2170	1100		5430
3210	2600	1350			7240
2640	2210				8700

Вариант 3

7450	5900	6150	7400	9900
3320	1920	2250	2500	4450
1630				1760
1900				1980
4920	8080	8050	7180	6280

Вариант 5

Вариант 4

1650	1520	840		1790	3270
2060	1300	740		1600	2010
2200	1370	960		1520	2940
2100	1340	830		870	2200

Вариант 6

500	980	1970	2320	В
390	20			4200
700	1270	590	1430	2100
		140		
2250	2380	830	530	2980
			150	
3200	3200	1720	390	3130
			790	
Н	3630	1280	120	3120
4700			1830	

40	1100	3190	6600	9180	12000
2460	490				
4780	4480	180	1430	4500	7900
		1630	170		
5000	5100	4430	2320	650	3460
				380	
6450	5230	4750	4000	1550	2180
					30

Рисунок Ж.1 – Варианты площадок

Примечания: 1) Сторона квадрата 100 м;
 2) Объемы в квадратах в м³.

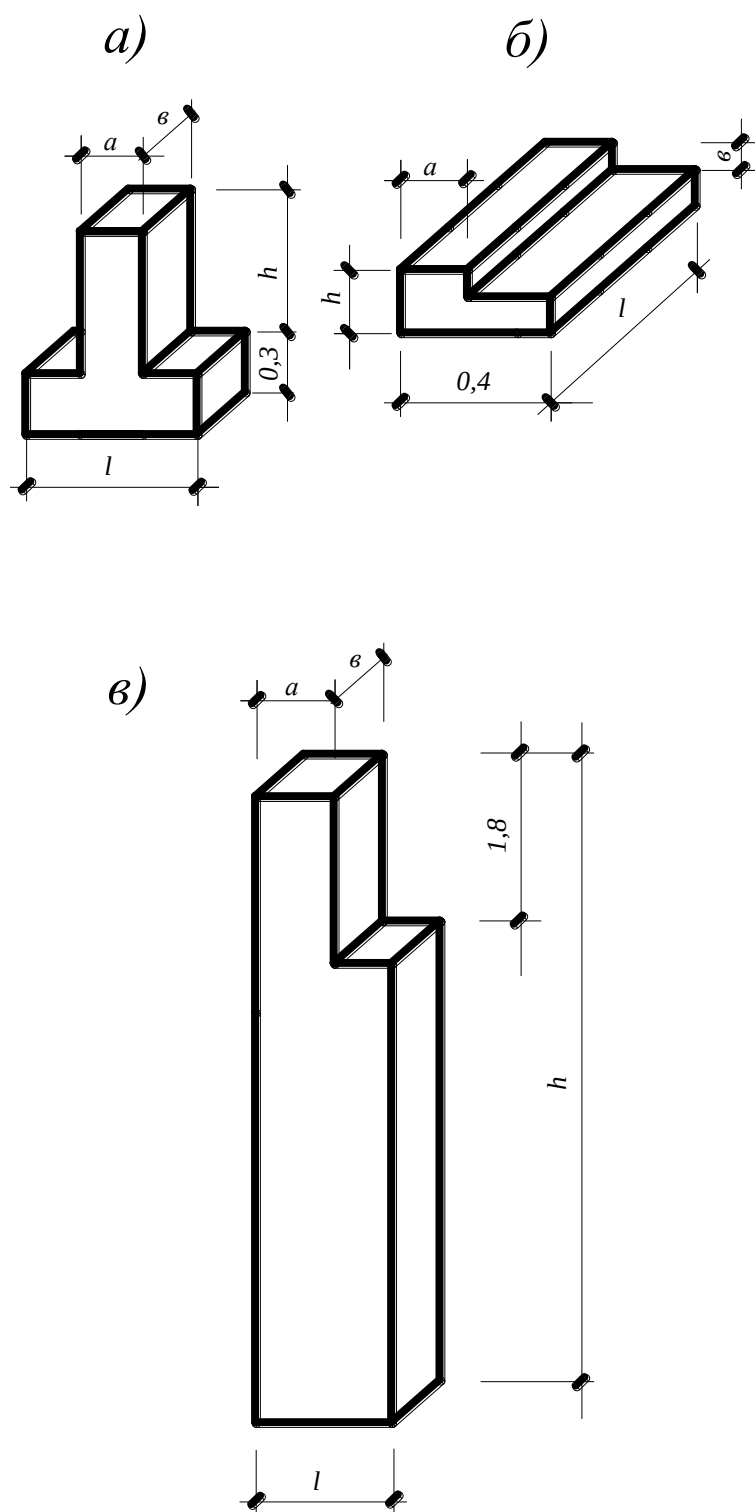


Рисунок И.1 – Варианты бетонируемых конструкций: а) столбчатый фундамент Ф 1 ÷ Ф 4; б) балка Б 1 ÷ Б 4; в) колонна К 1 ÷ К 4

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по организации самостоятельной работы
по дисциплине**

**Технологические процессы в строительстве с использованием аддитивных
технологий
для студентов**

направления подготовки 08.03.01 Строительство

Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Технологические процессы в строительстве с использованием аддитивных технологий».

Цель изучения дисциплины: освоение студентами теоретических основ методов выполнения отдельных строительных процессов, формирование системы знаний, умений и навыков в области современных наиболее совершенных способов (методов) их выполнения, базирующихся на применении эффективных строительных материалов и конструкций, современных технических средствах, прогрессивной организации труда, теоретических основах инженерных расчетов, проектировании и выполнении строительно-монтажных работ, ведущих к созданию конечной строительной продукции требуемого качества. Формируется набором из одной компетенции (профессиональных) будущего бакалавра по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Задачи дисциплины:

- формирование знаний теоретических основ производства основных видов строительно-монтажных работ и основных законов строительного производства;
- изучение основных понятий проектно-технологической документации и формирование навыков ее разработки;
- формирование знаний основных технических средств строительных процессов и навыков рационального выбора технических средств (комплектов строительных машин, средств механизации, оборудования, инструмента, технологической оснастки и т.п.);
- формирование умения обобщать отдельные операции в единый технологический процесс и формирование знаний о технологической последовательности выполнения отдельных операций и процессов;
- изучение основных методов и способов выполнения отдельных строительных операций и процессов с учетом требований качества, техники безопасности и охраны труда.

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-8. Способен осуществлять и контролировать технологические процессы строительного производства и строительной индустрии с учетом требований производственной и экологической безопасности,	ИД-1 _{ОПК-8} . Контроль результатов осуществления этапов технологического процесса строительного производства и строительной индустрии ИД-2 _{ОПК-8} . Составление нормативно-методического	Уметь осуществлять контроль технологического процесса строительства; уметь составлять нормативно-методическую документацию, регламентирующую технологический процесс; соблюдать все нормы

применяя известные и новые технологии в области строительства и строительной индустрии	документа, регламентирующего технологический процесс ИД-3 _{ОПК-8} Контроль соблюдения норм промышленной, пожарной, экологической безопасности при осуществлении технологического процесса ИД-4 _{ОПК-8} Контроль соблюдения требований охраны труда при осуществлении технологического процесса ИД-5 _{ОПК-8} Подготовка документации для сдачи/приёмки законченных видов/этапов работ (продукции)	промышленной, пожарной, экологической безопасности, а также требования охраны труда в строительстве; уметь подготавливать документацию для сдачи/приёмки законченных видов/этапов строительных работ.
--	--	---

Дисциплина осваивается студентами в течение 180 часов. Часть этого времени (72 часов) отводится на аудиторные формы работы (лекционные и практические занятия), которые организуются непосредственно преподавателем. Часть установленных стандартом часов (108 часов) отводится для самостоятельной, или внеаудиторной.

Коды реализованных компетенций	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
				СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
ОПК-8	Самостоятельная работа	Самостоятельное изучение литературы по темам 2,3,8,17,19,20	собеседование	40	1	41
ОПК-8	Подготовка к лекционным занятиям	Конспект лекции	собеседование	14	1	15
ОПК-8	Подготовка отчета к практическим занятиям	Отчет по практическим работам	Защита практических работ	20	2	22
ОПК-8	Выполнение расчетно-графической работы	Расчетно-графическая работа	Задание на РГР, РГР	24	6	30
Итого за семестр				98	10	108
Итого				98	10	108

Под *самостоятельной работой студентов* понимается планируемая учебная, учебно-исследовательская, а также научно-исследовательская работа студентов, которая выполняется во внеаудиторное время по инициативе студента или по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы является изучение тем, не рассмотренных в течение аудиторных занятий.

Задачи самостоятельной работы:

- сформировать и развить навыки ведения самостоятельной работы и овладения методикой исследования при решении разрабатываемых в учебно-научной деятельности проблем и вопросов;
- сформировать и закрепить умение правильно, логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь.

Выполнение заданий по самостоятельной работе позволяет студенту закрепить знания и приобрести практические навыки в области технологических процессов в строительстве.

Для достижения высоких результатов усвоения учебного материала по курсу «Технологические процессы в строительстве с использованием аддитивных технологий» бакалаврам необходимо осознанно подходить к выполнению заданий для самостоятельной работы, внимательно ознакомиться с рекомендованной основной и дополнительной литературой.

Бакалаврам необходимо помнить, что целью практических занятий по дисциплине «Технологические процессы в строительстве с использованием аддитивных технологий» является обобщение и систематизация теоретических знаний, полученных на лекциях, а также приобретение практических умений и навыков. В этой связи на семинарах должно быть организовано сотрудничество бакалавров и преподавателя, их взаимопомощь, каждый бакалавр должен осознавать, что имеет право на интеллектуальную активность, быть заинтересованным в достижении общей цели практических занятий, должен принимать участие в коллективной выработке выводов и решений, в условиях совместной работы занимать активную позицию.

В ходе подготовки к занятиям бакалаврам следует учиться точно выражать свои мысли в докладе, или выступлении по вопросу, активно отстаивать свою точку зрения, аргументировано возражать, опровергать ошибочную позицию.

План-график выполнения самостоятельной работы

№ Темы	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание; вид самостоятельной работы	Объем часов	Сроки сдачи (по неделям)
1	<i>Тема 1. Основные сведения о технологии строительных процессов. Использование аддитивных технологий.</i> 1. Основные понятия и положения 2. Участники строительства 3. Строительные процессы и работы. Инженерная подготовка площадки 4. Трудовые ресурсы строительных технологий 5. Материальные элементы строительных технологий 6. Методы производства строительно-монтажных работ 7. Нормативная и проектная документация строительного производства 8. Качество строительной продукции 9. Использование аддитивных технологий. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1. Подготовка к лекционным занятиям 2. Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	1
2	<i>Тема 2. Производство земляных работ</i> 1. Производство земляных работ 2. Виды земляных сооружений 3. Состав технологического процесса разработки грунта 4. Строительные свойства грунтов 5. Подготовительные процессы при производстве земляных работ 6. Производство земляных работ в зимних условиях 7. Предохранение грунта от промерзания 8. Метод оттаивания грунта с разработкой его в талом состоянии 9. Разработка грунта в мерзлом состоянии с предварительным рыхлением 10. Непосредственная разработка мерзлого грунта 11. Контроль качества земляных работ. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1. Подготовка к лекционным занятиям 2. Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	2
3	<i>Тема 3. Технология устройства фундаментов</i> 1. Технология устройства фундаментов. Общие положения 2. Виды ленточных фундаментов и технология их устройства 3. Конструкции забивных свай и шпунта 4. Технология погружения забивных свай. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1. Подготовка к лекционным занятиям 2. Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	3
4	<i>Тема 4. Технология устройства набивных свай.</i> 1. Виды набивных свай и технология их	5,4	3

	устройства 2.Способы устройства буронабивных свай (изготовление свай сухим способом, с применением глинистого раствора, с креплением скважин обсадными трубами) 3. Методы виброштампования и виброформирования 4. Грунтобетонные и бурозавинчивающие сваи 5. Технология устройства ростверков 6.Вспомогательные процессы при производстве земляных работ (временное укрепление стенок выемок). <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1.Подготовка к лекционным занятиям 2.Подготовка отчета к практическим занятиям		
5	<i>Тема 5. Технология монолитного бетона и железобетона</i> 1. Общие положения технологии монолитного бетона 2. Опалубка. Опалубочные работы 3. Классификация опалубки 4. Производство опалубочных работ 5. Основные виды опалубочных систем 6. Очистка, восстановление и монтаж опалубки 7. Выбор опалубочных систем. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1.Подготовка к лекционным занятиям 2.Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	4
6	<i>Тема 6. Технология армирования и бетонирования строительных конструкций.</i> 1. Назначение и виды арматуры 2. Состав арматурных работ 3. Изготовление арматурных изделий 4.Соединение арматурных элементов. Способы сварки 5. Производство арматурных работ на объекте. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1.Подготовка к лекционным занятиям 2.Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	4
7	<i>Тема 7. Специальные методы бетонирования</i> 1. Вакуумирование бетона 2. Торкретирование 3.Укладка бетонной смеси под водой(Метод вертикально перемещаемой трубы-(ВПТ и метод восходящего раствора -ВР) 4. Метод втрамбовывание бетонной смеси. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1.Подготовка к лекционным занятиям 2.Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	5
8	<i>Тема 8. Технология бетонирования в зимних условиях</i> 1.Общие сведения при бетонировании в зимних условиях 2.Приготовление и транспортировка бетонных смесей в зимних условиях 3. Бетонирование с применением противоморозных химических добавок	5,4	6

	4. Метод термоса 5. Электропрогрев бетонной смеси в конструкциях 6. Бетонирование в термоактивной опалубке 7. Обогрев бетона инфракрасными лучами 8. Охрана труда при производстве бетонных работ. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1. Подготовка к лекционным занятиям 2. Подготовка отчета к практическим занятиям		
9	<i>Тема 9. Технология каменной кладки</i> 1. Назначение каменных работ. Виды и элементы каменной кладки 2. Материалы для каменной кладки 3. Правила резки каменной кладки 4. Системы перевязки и типы кладки 5. Возведение каменных конструкций в зимних условиях 6. Особенности кладки арок и сводов 7. Контроль качества каменной кладки. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1. Подготовка к лекционным занятиям 2. Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	7
10	<i>Тема 10. Виды каменной кладки и организация труда каменщиков</i> 1. Кладка из керамических, бетонных и природных камней правильной формы 2. Бутовая и бутобетонная кладка 3. Кладка «под залив» 4. Кладку «под лопатку» 5. Организация рабочего места и обеспечение материалами каменщика 6. Транспортирование материалов для кладки 7. Организация труда каменщиков 8. Леса и подмости. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1. Подготовка к лекционным занятиям 2. Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	8
11	<i>Тема 11. Основные принципы технологии монтажа строительных конструкций</i> 1. Общие положения 2. Организационные принципы монтажа 3. Технологическая структура монтажных процессов 4. Способы и средства транспортирования конструкций 5. Приемка и складирование сборных конструкций 6. Подготовка элементов конструкций к монтажу. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1. Подготовка к лекционным занятиям 2. Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	9
12	<i>Тема 12. Монтаж сборных железобетонных и бетонных конструкций (часть 1)</i> 1. Общие указания по монтажу 2. Установка блоков фундаментов и стен подземной части зданий 3. Установка колонн и рам 4. Установка ригелей, балок, ферм, плит перекрытий	5,4	10

	и покрытий 5. Установка панелей стен 6. Установка вентиляционных блоков, объемных блоков шахт лифтов и санитарно-технических кабин 7. Возведение зданий методом подъема перекрытий 8. Сварка и антикоррозионное покрытие закладных и соединительных изделий 9. Замоноличивание стыков и швов 10. Водно-,воздухо- и теплоизоляция стыков наружных стен полносборных зданий. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1. Подготовка к лекционным занятиям 2. Подготовка отчета к практическим занятиям		
13	Тема 13. Монтаж сборных железобетонных конструкций (часть 2) 1. Методы монтажа конструкций зданий и сооружений по степени укрупнения конструкций, по последовательности установки элементов 2. Способы установки монтажных элементов в проектное положение 3. Выверка элементов 4. Постоянное закрепление конструкций 5. Технологическое обеспечение точности монтажа конструкций 6. Геодезические средства обеспечения точности монтажа конструкций: <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1. Подготовка к лекционным занятиям 2. Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	11
14	Тема 14. Монтаж металлических конструкций. Технологические особенности. 1. Монтаж металлических конструкций одноэтажных промышленных зданий. Общие положения 2. Монтаж колонн 3. Монтаж подкрановых балок 4. Монтаж ферм и покрытий из стального профилированного настила 5. Сварные соединения металлических конструкций 6. Болтовые соединения металлических конструкций. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1. Подготовка к лекционным занятиям 2. Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	12
15	Тема 15. Производство кровельных работ 1. Кровли. Основные виды 2. Рулонные и мастичные кровли 3. Листовые кровельные материалы 4. Наборные или штучные кровельные материалы 5. Мембранные покрытия 6. Комплектующие, необходимые при монтаже кровельных материалов. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1. Подготовка к лекционным занятиям	5,4	13

	<i>2.Подготовка отчета к практическим занятиям</i>		
16	<i>Тема 16. Технология устройства гидроизоляционных покрытий</i> 1. Виды и способы устройства гидроизоляции 2. Окрасочная (обмазочная) гидроизоляция 3. Оклеечная гидроизоляция 4. Штукатурная гидроизоляция 5. Асфальтовая гидроизоляция 6. Сборная (облицовочная) гидроизоляция 7.Специфика гидроизоляционных работ в зимних условиях 8. Контроль качества гидроизоляционных работ. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1.Подготовка к лекционным занятиям 2.Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	14
17	<i>Тема 17. Технология устройства теплоизоляционных покрытий</i> 1. Виды теплоизоляции 2. Засыпная теплоизоляция 3. Мастичная теплоизоляция 4. Литая теплоизоляция 5. Обволакивающая теплоизоляция 6. Сборно-блочная теплоизоляция 7. Контроль качества теплоизоляционных работ 8. Устройство антикоррозионных и отделочных покрытий. Конструкции и способы их защиты от коррозии 9. Технология основных антикоррозионных покрытий 10. Основные виды отделочных покрытий и их определения 11.Технология процессов остекления. Основные положения и материалы для стекольных работ. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1.Подготовка к лекционным занятиям 2.Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	15
18	<i>Тема 18. Производство штукатурных работ</i> 1. Конструктивные элементы, виды и классификация штукатурок 2. Материалы для штукатурных работ 3. Основные слои штукатурного намета 4. Виды обыкновенной штукатурки 5. Подготовка поверхностей к оштукатуриванию 6. Оштукатуривание поверхностей 7. Требования к качеству штукатурки. Основные дефекты. <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1.Подготовка к лекционным занятиям 2.Подготовка отчета к практическим занятиям	5,4	16
19	<i>Тема 19. Технология производства малярных работ. Материалы, подготовка поверхностей.</i> 1. Малярные работы. Общие сведения 2.Малярные составы и их свойства 3. Подготовка поверхностей под окраску 4. Окраска поверхностей	5,4	17

	5. Отделка фасадов 6. Нанесение окрасочных составов на поверхность. Инструменты, оборудование, технология 7. Виды применяемых обоев 8. Наклейка бумажных обоев <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1. Подготовка к лекционным занятиям 2. Подготовка отчета к практическим занятиям		
20	<i>Тема 20. Технология устройства покрытий полов</i> 1. Конструктивные элементы и виды полов 2. Устройство монолитных полов 3. Устройство покрытий из штучных и плиточных материалов 4. Сухой способ устройства основания под напольные покрытия 5. Устройство покрытий из поливинилхлоридных плиток 6. Устройство пола из рулонных материалов 7. Устройство пола из древесины <i>Вид самостоятельной работы:</i> 1. Подготовка к лекционным занятиям 2. Подготовка отчета к практическим занятиям 3. Выполнение расчетно-графической работы	5,4	18
	Итого за 4 семестр	108	-
	Итого	108	-

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Тема 1. Основные сведения о технологии строительных процессов. Использование аддитивных технологий в строительстве.

Цель: изучить основные понятия и положения технологии строительных процессов.

Форма контроля СРС: опрос, проверка конспекта.

Задания для СРС: изучить вопросы: основные понятия и положения технологии строительных процессов; технологическое проектирование строительных процессов; использование аддитивных технологий в строительстве.

Тема 2. Производство земляных работ

Цель: изучить технологию процессов переработки грунта.

Форма контроля СРС: опрос, проверка конспекта.

Задания для СРС: изучить вопросы: технология процессов переработки грунта; технологическое проектирование строительных процессов; подготовительные и вспомогательные процессы; методы разработки грунта.

Тема 3. Технология устройства фундаментов.

Цель: изучить технологию устройства различных видов фундаментов.

Форма контроля СРС: опрос, проверка конспекта.

Задания для СРС: изучить вопросы: технологии устройства фундаментов.

Тема 4. Технология устройства набивных свай

Цель: изучить технологию устройства набивных свай.

Форма контроля СРС: опрос, проверка конспекта.

Задания для СРС: изучить вопросы: виды набивных свай и технология их устройства.

Тема 5. Разработка грунта в зимних условиях (часть 2).

Цель: изучить технологию разработки грунта в зимних условиях.

Форма контроля СРС: опрос, проверка конспекта.

Задания для СРС: изучить вопросы: техника безопасности и охрана окружающей среды при производстве земляных работ; технология погружения свай и устройство набивных свай.

Тема 6. Зимние методы бетонирования.

Цель: изучить зимние методы бетонирования.

Форма контроля СРС: опрос, проверка конспекта.

Задания для СРС: изучить вопросы: зимние методы бетонирования; бетонирование в условиях сухого жаркого климата; контроль качества.

Тема 7. Монтаж конструкций промышленных зданий с железобетонным каркасом.

Цель: изучить монтаж конструкций промышленных зданий с железобетонным каркасом. **Форма контроля СРС:** опрос, проверка конспекта.

Задания для СРС: изучить вопросы: монтаж конструкций промышленных зданий с железобетонным каркасом; монтаж металлических конструкций; монтажные работы в экстремальных условиях.

Тема 8. Технология процессов каменной кладки и деревянных работ.

Цель: изучить технологию процессов каменной кладки и деревянных работ.

Форма контроля СРС: опрос, проверка конспекта.

Задания для СРС: изучить вопросы: технология процессов каменной кладки и деревянных работ; материалы для каменной кладки; виды и элементы кладок; процесс и способы каменной кладки.

Тема 9. Процессы устройства защитных и изоляционных покрытий.

Цель: изучить процессы устройства защитных и изоляционных покрытий.

Форма контроля СРС: опрос, проверка конспекта.

Задания для СРС: изучить вопросы: технология процессов устройства защитных и изоляционных покрытий; технология процессов устройства отделочных покрытий.

Тема 10. Технологическое проектирование процесса устройства котлована под фундаменты.

Цель: изучить технологическое проектирование процесса устройства котлована под фундаменты.

Форма контроля СРС: опрос, проверка конспекта.

Задания для СРС: изучить вопросы: организация и технология земляных работ при устройстве котлована под фундаменты.