

А.Р. Муратов, Г.Л. Фырлин

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНО.  
ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ



ЛОГИЯ  
РАБОТ



626.8  
М-91

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

А.Р. Муратов, Г.Л. Фырлина

# ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

Учебное пособие

Издательство Национального общества  
философов Узбекистана  
Ташкент – 2007

БИБЛИОТЕКА  
Бух. ТИИ и ЛП  
№ 4 568

40.6

M91

УДК 626.8 (075.8)

А.Р. Муратов

Г.Л. Фырлина

Учебное пособие по дисциплине «Организация и технология гидромелиоративных работ»

В учебном пособии даны рекомендации по выбору способов и методов производства работ, рассмотрены порядок и формы проведения расчетов организации работ с учетом структуры организации строительства, применением строительных, мелиоративных машин и оборудования, затрат основных материалов и труда с использованием современных нормативных документов, разработанных в Узбекистане.

Изложены вопросы технического нормирования, технологии земляных, бетонных, железобетонных и специальных работ на гидромелиоративных системах, приведены примеры практического выполнения расчетов организации технологии работ.

Муратов А.Р.

Организация и технология гидромелиоративных работ: Учебное пособие / А.Р. Муратов, Г.Л. Фырлина; Министерство сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан. – Т.: Изд-во Национального общества философов Узбекистана, 2007. – 160 стр.  
Г. Фырлина Г.Л.

ISBN 978-9943-319-32-5

ББК 40.6я7

© Издательство Национального общества философов Узбекистана, 2007

## ВВЕДЕНИЕ

*«Государственная политика в области подготовки кадров предусматривает становление разносторонне развитой личности-гражданина через систему непрерывного образования, неразрывно связанную с интеллектуальным и духовно-нравственным воспитанием человека. Здесь реализуется одно из главных конституционных прав гражданина – право на образование, проявление творческих способностей, интеллектуальное развитие, профессиональный труд».*

Из «Национальной программы по подготовке кадров».

Существенной составляющей второго этапа реализации «Национальной программы по подготовке кадров» является укрепление материально-технической и информационной базы образовательных учреждений, обеспечение их высококачественной учебной литературой и передовыми педагогическими технологиями. Современная учебная литература должна сочетать в себе доступность излагаемого материала для обучаемых с разными способностями, использовать приемы современных педагогических технологий, быть адаптирована к курсу изучаемой дисциплины, быть ориентирована на достижения научно-технического прогресса в рассматриваемой области знаний.

Динамика развития водохозяйственного строительства и реконструкционных работ за последние годы в Республике Узбекистан предусматривает широкое внедрение современных технологий, машин и оборудования, строительных материалов, методов организации производства.

В соответствии с программой предмета «Организация и технология гидромелиоративных работ» предусмотрено изучение технологий наиболее распространенных видов строительных работ, используемых машин и механизмов, методов производства работ. В настоящем учебном пособии больше внимания уделено интенсивным и ресурсосберегающим технологиям, современным машинам и оборудованию. По сравнению с другими аналогичными изданиями увеличено количество расчетных формул, что отражает необходимость повышения умения обучающихся выполнять технические расчеты. Приведены примеры расчетов по основным объектам гидромелиоративного строительства, а также по лабораторно-практическим занятиям.

## ГЛАВА I. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

### § 1. Общие положения по техническому нормированию

Определение потребности в рабочей силе или других ресурсах возможно на основании технических норм. Под нормой принято понимать количество времени или ресурсов, которое необходимо затратить на выполнение единицы объема работ или на единицу готовой продукции. Эти нормы служат основой для организации учета и оплаты труда в строительстве.

Основными задачами технического нормирования являются:

- установление технически обоснованных норм;
- отбор наиболее эффективных методов производства работ для широкого их внедрения;
- выявление условий, способствующих лучшей организации труда.

Рассмотрим основные виды технических норм, принятые в строительстве:

– *норма времени (затраты труда)* – это общее количество времени, затрачиваемое всеми рабочими соответствующей квалификации на выработку единицы доброкачественной продукции или единицы объема работ; выражается в человеко-днях или часах на единицу измерения готовой продукции (чел.-день, чел.-час);

– *норма машинного времени* – это количество времени, в течение которого должна работать машина для того, чтобы выполнить единицу продукции; выражается в сменах или часах на единицу измерения продукции. Если машину обслуживает звено из нескольких человек, то между нормой времени рабочих и нормой машинного времени существует связь: норма времени = норма машинного времени × число рабочих в звене;

– *норма выработки* – это объем работ или количество продукции, которые должны быть выполнены рабочим соответствующей квалификации в единицу времени (за месяц, за смену, за час);

– *норма производительности* – это объем работ или количество продукции, которые должны быть выполнены с помощью машины или механизма в единицу времени (за час, смену и т.д.). Между нормой выработки (производительности) и нормой времени (машинного времени) существует обратно пропорциональная связь:

Производительность (норма выработки) = 1/ норма времени;

– *нормы расхода материалов, энергии и других ресурсов* характеризуют потребное их количество на единицу объема работ или продукции.

Вопросами нормирования, переработкой действующих норм и разработкой технических норм на новые виды работ занимаются норма-

тивно-исследовательские станции (НИС), научно-исследовательские и проектные организации, а непосредственно на стройках — главные инженеры, инженеры по труду, техники-нормировщики, производители работ, строительные мастера. Разработанные нормы были рассмотрены и представлены на утверждение Управлением экономики и организации строительства Государственного комитета по архитектуре и строительству Республики Узбекистан. Технические нормы и расценки, утвержденные Государственным комитетом Республики Узбекистан по архитектуре и строительству, являются едиными и обязательными для всеобщего применения. На работы, которых нет в единых нормах, разрабатываются и утверждаются ведомственные нормы, обязательные только для строек, осуществляемых в системе утвердивших их министерств.

Нормированию подлежат только рационально организованные строительные процессы, которые ведут современными, прогрессивными методами. Разработка норм времени, выработки и производительности ведется в такой последовательности:

- предварительное изучение строительного процесса, подлежащего нормированию;
- установление условий для нормального осуществления строительного процесса;
- установление состава звена;
- учет продолжительности и распределения рабочего времени;
- систематизация, анализ и обработка материалов по изучению затрат рабочего времени на ряде строек;
- проверка норм в условиях производства.

Существуют несколько методов наблюдений для определения затрат времени: хронометраж, фотоучет, фотография рабочего дня, технический учет.

## **§ 2. Структура сметных норм 4 части «Градостроительных норм и правил (КМК, ШНК)»**

Четвертая часть «Градостроительных норм и правил (КМК, ШНК)» содержит элементарные сметные нормы на строительные работы (ШНК 4.02....-04).

Основные сборники элементарных сметных норм на строительные работы, применяемые при расчетах по гидромелиоративным и гидротехническим работам:

- ШНК 4.02.01—04, том 1. Земляные работы;
- ШНК 4.02.36—04, том 36. Земляные конструкции гидротехнических сооружений;
- ШНК 4.02.37—04, том 37. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.

Сметные нормы сгруппированы в таблицы. Каждая таблица, как правило, состоит из нескольких норм на один конструктивный эле-

мент или вид работ, в большинстве с одинаковым составом и характером работ, отличающихся друг от друга размерами конструкций или другими показателями.

Каждый параграф сметных норм состоит из описания состава работ, учтенного в нормах, и таблиц, включающих затраты труда рабочих строителей (чел.-час), затраты труда машинистов (чел.-час), нормы времени строительных машин и механизмов (маш.-час), затраты материалов на определенный объем работ (указанный в таблице как измеритель). Одна из таблиц — ШНК 4.02.01—04, табл. 1. Земляные работы — приведена ниже.

Выписка из ШНК 4.02.01—04, табл. 1-01-013.

Разработка грунта с погрузкой на автомобили-автосамосвалы.

*Состав работ:* 1. Разработка грунта экскаваторами с погрузкой на автомобили-самосвалы. 2. Планировка поверхности забоя и земляного полотна забойной дороги бульдозером. 3. Содержание забойной дороги. 4. Вспомогательные работы, связанные с устройством водоотводных канав и ограждающих валиков, выполняемые вручную, с переходом экскаватора с одного места работы на другое и из забоя в забой и т.д.

Измеритель: 1000 м<sup>3</sup> грунта

Таблица 1.2

Наименование элементов затрат	Единица измерения	С ковшом вместимостью			
		I (1-1.2) м <sup>3</sup>			
		Группа грунтов			
		1	2	3	4
Затраты труда рабочих-строителей	чел.-час	6.4	8.0	9.98	13.11
Затраты труда машинистов	чел.-час	32.72	40.9	50.99	67.08
Экскаваторы одноковшовые	маш.-час	14.16	17.7	21.07	29.03
Бульдозеры	маш.-час	4.4	5.5	6.25	9.02
Щебень	м <sup>3</sup>	0.03	0.04	0.05	0.06

### § 3. Организация нормативных наблюдений и анализ полученных результатов

Методы технического нормирования труда, применяемые для исследования строительно-монтажных процессов, — это нормативные наблюдения. Выбор метода наблюдения зависит: от цели исследования (для проектирования производственных норм, определения уровня выполнения действующих норм, улучшения использования рабочего времени, исследования передовых методов труда); от способа наблюдения и записи времени — фотоучет, хронометраж, технический учет; от характера учета затрат времени — индивидуальный (изучение работы одного исполнителя) и групповой (изучение затрат времени нескольких исполнителей); от точности учета затрат времени — в зависимости от способов наблюдения и записи времени от 0,2 до 10 мин.

Нормаль производственного процесса — это характеристика изучаемого процесса, на основе которой определяют затраты рабочего времени, машинного времени и материалов и проектируют нормы выработки. В нормали отражаются все факторы, характеризующие исследуемый процесс: характеристика применяемых машин, инструмента и приспособлений; характеристика продукции, материалов, изделий и деталей; состав работ; методы производства работы и организации труда; количество рабочих, выполняющих работу, их классификация; система оплаты труда; наличие вредных и опасных производственных факторов; условия труда и т. д.

Для проведения измерений и нормативных наблюдений создается исследовательская группа, количественный состав которой зависит от необходимого объема исследований — числа процессов, подлежащих нормированию.

Исследовательская группа должна иметь видеокамеру, фотоаппарат, рулетки, складные метры, различные секундомеры и другие инструменты и приборы, необходимые для получения объективных характеристик факторов влияния и замера продукции.

Фактором влияния называют условия, в которых осуществляется нормируемый производственный процесс: квалификация рабочих, технические характеристики (эргономическое качество) применяемых машин и механизмов, инструментов и приспособлений, методов производства работ, качество употребляемых в дело и разрабатываемых материалов, формы организации и система оплаты труда, организация рабочего места, метеорологические и другие условия труда, в том числе экстремальные, и особые условия труда, прямо или косвенно вызывающие изменения затрат рабочего времени.

**Фотоучет** — наиболее распространенный способ нормативных наблюдений, при помощи которого фиксируют и анализируют все виды затрат рабочего времени, необходимые для получения исходных данных, а также для составления баланса рабочего времени, включая потери. По числу объектов наблюдений фотоучет подразделяется на индивидуальный и групповой, а по способу записи затрат рабочего времени — на цифровой, графический и смешанный.

*Цифровой фотоучет* применяется тогда, когда при исследовании требуется высокая точность замеров времени (5, 10 и 15 сек.), а также тогда, когда наблюдают работу не более двух рабочих. Элементы затрат рабочего времени записывают в порядке их наблюдения, а продолжительность каждого элемента фиксируют по текущему времени в специальной графе бланка (табл. 1.3.1). Перед началом нормативных наблюдений изучаемый процесс разбивают на отдельные элементы, и в технологической последовательности выполнения их заносят в соответствующую графу 2.

*Графический фотоучет* применяют при наблюдениях не более чем за тремя участниками рабочего процесса или за одной машиной, фиксируя время каждого исполнителя (точность записи — 30 сек. или 1

мин.). Графический фотоучет целесообразен, когда при проектировании нормы возникает необходимость распределения функций между двумя-тремя участниками рабочего процесса.

Таблица 1

Форма 1

НИС	Строительная организация, объект строительства	Дата	Начало	Конец	Продолжительность	Номер наблюдения
			час.-мин.	час.-мин.		

Наименование процесса

Номера элементов	Наименование элементов	Сумма затрат рабочего времени	Номера элементов	Текущее время		Продолжительность	Количество продукции	Примечание	Номера элементов	Текущее время		Продолжительность	Количество продукции	Примечание
				час.-мин.	сек.					час.-мин.	сек.			

Итого \_\_\_\_\_ Наблюдал \_\_\_\_\_ Проверил \_\_\_\_\_

*Смешанный фотоучет* применяют, когда одновременно ведется наблюдение более чем за тремя рабочими. Особенно эффективен этот способ записи времени при обследовании работы комплексных бригад. Точность записи времени — 30 сек. или 1 мин.

Особенность смешанного способа записи заключается в том, что наблюдатель отмечает продолжительность элементов процесса отрезками прямой, а в начале каждого отрезка указывает количество рабочих, занятых выполнением элемента наблюдения. При организации наблюдений способом фотоучета в практике могут быть случаи, когда к концу смены законченной продукции нет или же следующая работа заканчивается раньше окончания смены, наблюдаемые рабочие переходят на выполнение следующего задания. В таком случае наблюдение нужно продолжить, чтобы полностью исследовать все элементы процесса и подсчитать или замерить количество законченной продукции. Если продукция получена до окончания смены, наблюдение продолжают до конца смены с учетом всех затрат времени наблюдаемых рабочих.

Число наблюдений способом фотоучета определяют по приближенным нормативам «Основы методики технического нормирования труда в строительстве» [14].

Таблица 1.3.2

Число наблюдений способом фотоучета

Число одновременно нормируемых разновидностей процесса	Минимальное число наблюдений при значении факторов	
	описательных и смешанных	числовых
1...2	4...5	3
3	5...6	3...4
4	6...7	4...5
5	7...8	5...6

При анализе затрат труда или времени по нециклическому элементу может оказаться, что продолжительность наблюдений по отдельным значениям ряда существенно расходятся по числовому значению, что оказывает влияние на степень достоверности значений ряда. Если расхождения между крайними значениями анализируемого ряда (количество продукции, приходящееся на 60 чел.-мин.) не превышает 30%, то все значения этого ряда можно признать без дальнейшего анализа. Если же эти расхождения превышают 30%, то значения, входящие в ряд, нельзя считать равно достоверными. При анализе таких рядов необходимо тщательно изучить характеристики процессов, соответствующие каждому значению.

Если колебания значений по отдельным наблюдениям или разрыва по объему выполненной продукции по отдельным наблюдениям не превышает 15...20%, то применяют способ средней арифметической, а в остальных случаях — способ средневзвешенной арифметической ряда.

Средневзвешенная арифметическая затрат времени определяется по формуле

$$\bar{a} = \frac{\sum_1^n an}{\sum_1^n n}, \quad (1.3.1)$$

где  $a$  — член арифметического ряда (время наполнения ковша, время выгрузки, время поворота, время набора грунта в отвал бульдозера, время набора грунта в ковш скрепера, время холостого хода бульдозера и т.д.);  $n$  — число членов ряда.

*Пример.* Определить средневзвешенное арифметическое значение продолжительности рабочего цикла экскаватора ЭО-2621В-3 при разработке грунта I группы на вымет по следующим данным:

*Решение.* Средневзвешенная арифметическая затрат времени один рабочий цикл экскаватора равна:

Номер наблюдения	Продолжительность рабочих циклов экскаватора, сек.	Количество рабочих циклов экскаватора за время наблюдения, шт.
1	14,0	150
2	15,2	76
3	14,8	70
4	15,0	56
5	16,0	100
6	15,1	60

$$a = \frac{14,0 \cdot 150 + 15,2 \cdot 76 + 14,8 \cdot 70 + 15,0 \cdot 56 + 16,0 \cdot 100 + 15,1 \cdot 60}{150 + 76 + 70 + 56 + 100 + 60} = 14,91 \text{ сек.}$$

Она дает более точный результат в сравнении со средней арифметической, которая в данном примере составит

$$a = \frac{14 + 15,2 + 14,8 + 15 + 16 + 15,1}{6} = 15,01 \text{ сек.}$$

Средневзвешенное значение продолжительности рабочего цикла экскаватора включают в расчеты проектируемых норм.

**Хронометраж.** Существуют два способа записи времени при хронометраже — непрерывный и выборочный. При хронометраже продолжительность затрат времени измеряют секундомером с точностью до 1 сек.

В техническом нормировании метод хронометражных наблюдений применяют для определения необходимых затрат времени на выполнение основной и вспомогательной работ, технологически прерывов в работе, необходимых затрат времени машины на выполнение полезной и холостой работы, а также для исследования передовых приемов работы.

Способ непрерывного хронометража является выборочным и заключается в наблюдении за продолжительностью затрат времени. Объектом наблюдения служит не продолжительность смены, а некоторая ее часть (выборка). Данные записывают в специальный бланк.

Способом выборочного хронометража исследуют только те элементы процесса, которые интересуют наблюдателя. Фактически затраченное время фиксирует секундомер.

Границы между элементами процесса определяют фиксажными точками. Процесс разделяют на его элементы и устанавливают фиксажные точки во время подготовки к хронометражу.

Коэффициент разбросанности ряда  $K_p$  определяют по формуле

$$K_p = \frac{B_{\max}}{B_{\min}}, \quad (1.3.2)$$

где  $B_{\max}$  и  $B_{\min}$  — максимальное и минимальное значения ряда.

Для проверки правильности исключения из ряда ошибочных значений способом определения предельных значений в хронометражном ряду применяют формулы:

$$A_{\text{наиб}} = a_{\text{ср}} + K_p (a_{\text{макс}} - a_{\text{наим}}), \quad (1.3.3)$$

$$A_{\text{наим}} = a_{\text{ср}} - (a_{\text{наиб}} - a_{\text{наим}}), \quad (1.3.4)$$

где  $A_{\text{макс}}$  и  $A_{\text{наим}}$  — максимально и минимально допустимые значения ряда;  $a_{\text{макс}}$  и  $a_{\text{наим}}$  — соответственно наибольшее и наименьшее значения в ряду.

При проверке значений ряда методом относительной средней квадратической ошибки сравнивают допустимое значение этой ошибки с фактическим.

Фактическую ошибку проверяемого ряда определяют по формуле

$$L_{\phi} = \pm \frac{1}{\sum a_i} \sqrt{\frac{n \sum a_i^2 - (\sum a_i)^2}{n-1}}, \quad (1.3.5)$$

где  $\sum a_i$  — сумма всех значений проверяемого ряда;  $\sum a_i^2$  — сумма квадратов всех значений этого ряда;  $n$  — число значений в ряду.

Допустимые значения относительной средней квадратической ошибки среднего значения ряда  $L_{\phi}$ : при числе циклических элементов состава работы до 5–7% свыше 5–10%.

Если  $L_{\phi} \leq L_{\phi 0}$ , то улучшение ряда не требуется.

**Фотография рабочего дня (ФРД)** — способ изучения всех элементов затрат рабочего времени рабочих и машин непрерывным наблюдением не менее целой рабочей смены.

При индивидуальной фотографии рабочего дня результаты наблюдений можно записать как цифровым, так и графическим способом. Для цифрового способа используется Форма 1. Число рабочих, охватываемых наблюдением, не должно превышать 15 чел. Исследуемые процессы разбивают на укрупненные элементы и вписывают в соответствующие колонки на бланках ФРД.

При проведении ФРД необходимо учитывать: отклонения от нормального течения процесса с указанием причины возникновения этого отклонения (в примечании), число объектов наблюдения в том составе, который был принят в начале наблюдения.

Для получения устойчивых объектных результатов наблюдений необходимо проводить не менее пяти целосменных наблюдений за процессами, протекающими в условиях запроектированной нормы.

В качестве объектов исследования выбирают наиболее характерные для данной организации участки работы. Уровни организации и механизации на этих участках работ должны быть различными, чтобы иметь возможность сопоставить результаты изучения и сделать соответствующие выводы.

Выполнение норм с учетом потерь рабочего времени определяют по формуле

$$B_1 = 100 A/T \quad (1.3.6)$$

Выполнение норм без учета явных внутрисменных потерь рабочего времени — по формуле

$$B_2 = 100 A/(T-\Pi) \quad (1.3.7)$$

Выполнение норм без учета явных потерь и непроизводительной работы — по формуле

$$B_3 = 100 A_v / (T - П - НПЗ) \quad (1.3.9)$$

В формулах приняты обозначения:  $A$  — нормативное время на объем выполненных работ, чел.-ч;  $T$  — общие затраты рабочего времени, чел.-ч;  $П$  — внутрисменные потери рабочего времени, чел.-ч;  $A_v$  — нормативное время на выполнение полезной и вспомогательной работы, чел.-ч;  $НПЗ$  — фактические затраты рабочего времени, чел.-ч.

По фотографиям использования рабочего времени можно определить:

- процент оперативного времени  $N_1 = 100T_7/T$ ;
- процент потерь, зависящих от рабочего,  $N_2 = 100(T_{\text{факт}} - T_{\text{регл.}} + T_7)/T$ ;
- то же, не зависящих от рабочего  $N_3 = 100(T_5 + T_6)/T$ .

Возможное повышение производительности труда за счет устранения потерь, зависящих от рабочего и нерегламентированного отдыха, составляет:

$$M_1 = 100(T_{\text{факт}} - T_{\text{регл.}} + T_7) / (T_1 + T_2 + T_3 + T_{\text{регл.}}) \quad (1.3.10)$$

То же, за счет устранения организационно-технических причин потерь рабочего времени и непроизводительной работы:

$$M_2 = 100(T_5 + T_6) / (T_1 + T_2 + T_{\text{регл.}}) \quad (1.3.11)$$

Общее возможное повышение производительности труда составит

$$M = M_1 + M_2, \quad (1.3.12)$$

где  $T$  — продолжительность фотографии рабочего дня;  $T_1$  — время на подготовительно-заключительную работу;  $T_2$  — время оперативной работы;  $T_3$  — время на обслуживание рабочего места;  $T_{\text{факт}}$  — фактическое время перерывов на отдых и личные надобности;  $T_{\text{регл.}}$  — регламентированное (необходимое время на отдых и личные надобности);  $T_5$  — время потерь на непроизводительную работу;  $T_6$  — время потерь рабочего времени по организационно-техническим причинам;  $T_7$  — продолжительность потерь рабочего времени, зависящих от рабочего.

**Технический учет** — один из наиболее простых методов нормативных наблюдений, широко применяется при наблюдениях, связанных с определением уровня выполнения действующих производственных норм.

Точность учета времени при этом принимается равной 10 мин. Не высокая точность наблюдений не требует непрерывного присутствия наблюдателя. При наблюдениях, связанных с определением уровня выполнения производственных норм, необходимо, чтобы фактический состав работ соответствовал предусмотренному проверяемой нормой.

При определении уровня выполнения нормы следует учесть все поправочные коэффициенты к проверяемой норме, за исключением поправок на работу в зимних условиях при отрицательной температуре.

Метод самофотографирования рабочего дня заключается в том, что сами рабочие фиксируют потери рабочего времени и одновременно вносят предложения по устранению причин, вызвавших эти потери. Его

применяют с целью наиболее полно изучить использование рабочего времени и обеспечить сознательное участие рабочих в улучшении организации труда.

Работники по труду и НИС обобщают и анализируют результаты самофотографирования по профессиям и причины потерь рабочего времени. Предложения, поданные после проведения самофотографирования, должны внедряться немедленно.

Полную норму времени (чел.-ч) на ручные строительно-монтажные процессы проектируют на основании нормативных наблюдений, проведенных в условиях установленной нормы строительно-ного процесса по формуле:

$$H_{\text{п}} = \frac{100 \cdot (H_{\text{в}} - H_{\text{с}})}{60 \cdot (100 - (H_{\text{нр}} + H_{\text{от}} + H_{\text{тн}}))}, \quad (1.3.12)$$

где  $H_{\text{в}}$  — норма времени на измеритель процесса, чел.-ч;  $H_{\text{с}}$  — норма времени на вспомогательную работу, чел.-мин.;  $H_{\text{н}}$  — норма времени на основную работу, чел.-мин.;  $H_{\text{нр}}$  — время подготовительно-заключительной работы, % полной трудоемкости процесса;  $H_{\text{от}}$  — время на отдых и личные надобности, % полной трудоемкости процесса;  $H_{\text{тн}}$  — время технологических перерывов, % полной трудоемкости процесса; 60 — коэффициент перевода минут в часы.

Данные параметры подлежат периодическому контролю и учету, нормированию в связи с научно-техническим прогрессом техники и технологии.

#### § 4. Организация заработной платы рабочих в строительстве

Основными элементами тарифной системы являются: тарифная ставка, тарифная сетка и тарифно-квалификационный справочник. Тарифная система устанавливается и изменяется только соответствующими постановлениями.

*Тарифная ставка* представляет собой заработную плату рабочего, которая полагается ему за единицу времени при выполнении работ, соответствующих уровню квалификации. В зависимости от избранных единиц рабочего времени устанавливаются часовые, дневные или месячные тарифные ставки. Для строительных рабочих основной является тарифная ставка. Правительством устанавливаются разряды и тарифные ставки 0-го разряда квалификации (Постановление № 103 от 18 марта 1996 года).

*Тарифная сетка* представляет собой шкалу, устанавливающую посредством тарифных коэффициентов соотношение в уровне заработной платы в единицу времени между соответствующими разрядами тарифно-квалификационного справочника. Тарифная сетка является практическим средством осуществления дифференциации оплаты труда рабочих в зависимости от их квалификации и сложности выполняемых ими работ. Разрабатывается и утверждается соответствующим

министерством по согласованию с ЦК профсоюзов, министерством финансов и министерством труда.

*Тарифно-квалификационный справочник* используется при организации заработной платы для установления уровня сложности работ и присвоения рабочему тарифного разряда, соответствующего его квалификации.

Заработная плата бригады распределяется между ее членами пропорционально индивидуальным тарифным ставкам и отработанному рабочими времени.

Расчет причитающейся каждому работнику заработной платы осуществляют, выполняя следующие операции: расчет суммы заработной платы по тарифу; определение коэффициента приработка; умножение тарифной заработной платы на коэффициент приработка; учет коэффициента трудового участия (КТУ). Заработную плату по тарифу подсчитывают, умножая часовую тарифную ставку присвоенного разряда на отработанное время.

*Коэффициент приработка* определяют путем деления коллективного сдельного приработка бригады на сумму заработной платы бригады по тарифу. Распределение заработка с учетом КТУ производится на основании решения совета бригады совместно с профсоюзным комитетом. Базовый КТУ принимается равным единице, фактический — каждого работника рассчитывается на основе его вклада в конечный результат. Снижение базового КТУ применяют при нарушениях трудовой дисциплины, невыполнения задания, наличия брака в работе, т.п. Увеличение КТУ производится при достижении высокой производительности труда при хорошем качестве работ по сравнению с другими членами бригады, имеющими одинаковые разряды, за инициативы и применение передовых методов в организации труда и т.п.

Если бригаде начислена премия, то обычно ее распределяют самостоятельно, умножая сдельную плату каждого рабочего на размер премии (%), причитающейся бригаде, с последующим делением результата на 100. Вместе с тем премию можно распределять как и приработок, умножая тарифную заработную плату на коэффициент премии.

*Пример.* Бригада из 7 человек выполнила ремонтные работы по реконструкции сооружения на оросительной сети в Ташкентской области в июле 2006 года. По акту выполненных работ заработная плата составила 516295,71 руб. Разряды указаны по каждому из работающих в таблице 1.4.1 (графа 3), а также приведены значения КТУ (графа 7).

*Решение.*

1. Количество часов работы (графа 4) определяем и указываем в таблице из расчета того, что рабочая неделя составляла 6 дней, продолжительность рабочего дня — 7 часов, в субботу — 5 часов, количество рабочих дней составила — 25 дней из них суббот — 4. Количество чел.-часов =  $21 \cdot 7 + 4 \cdot 5 = 167$  чел.-час.

2. Определение заработной платы с учетом часового тарифного коэффициента производится умножением количества чел.-часов на часовую тарифную ставку и умножением на тарифный коэффициент по каждому рабочему (графа 5).

3. Определение коэффициента приработка  $K_{пр}$ .

$$K_{np} = \frac{516295,72}{235294,65} = 2,19425$$

Заработная плата с учетом коэффициента приработка производится умножением коэффициента приработка на заработную плату, найденную с учетом часового тарифного коэффициента (графа 5).

4. Определение заработной платы с учетом КТУ (графа 8) производится умножением значения КТУ (графа 7) на заработную плату с учетом коэффициента приработка (графа 6).

Таблица 1.4.1

Расчет заработной платы рабочим бригады за июль 2006 года

№	Ф.И.О	Разряд	Количество отработанных чел.-часов	Начислено по тарифу за месяц, сум	Начислено с учетом $K_{np}$ , сум	КТУ	Начислено с учетом КТУ, сум
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Иванов С.П.	5	167	35664,02	78255,78	0,8	62604,63
2	Семснв В.К.	3	167	29609,1	64969,76	1	64969,76
3	Петров К.Л.	6	167	38917,01	85393,65	1,2	102472,38
4	Сидоров Л.Р.	3	167	29609,1	64969,76	1	64969,76
5	Махмудов С.	2	167	26914,39	59055,55	1	59055,55
6	Мирзаев Л.Х	6	167	38917,01	85393,65	0,8	68314,92
7	Пулатов М.Т.	5	167	35664,02	78255,78	1,2	93906,936
	Итого			235294,65	516295,72		516295,72

С учетом Указа Президента Республики Узбекистан о повышении с 1 июля 2006 года размеров заработной платы, пенсий, стипендий и социальных пособий, размер месячной минимальной заработной составил 10800 сум. Учитываемые нижеследующие коэффициенты по разрядам, определена почасовая тарифная ставка.

Коэффициенты: 1 разряд—2,278; 2 разряд—2,507; 3 разряд—2,758; 4 разряд—3,033; 5 разряд—3,322; 6 разряд—3,625.

Почасовая тарифная ставка: 1 разряд—146,443 сум; 2 разряд—161,164 сум; 3 разряд—177,3 сум; 4 разряд—194,979 сум; 5 разряд—213,557 сум; 6 разряд—233,036 сум.

## ГЛАВА II. ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

### § 1. Проектирование организации производства земляных работ

Земляные работы представляют сложный комплекс инженерных решений, выполнение которых следует осуществлять по заранее разработанному и экономически обоснованному проекту производства работ, учитывающему особенности данного объекта.

Проекты организации строительства (ПОС) и проекты производства работ (ППР) должны выполняться индустриальными методами применением наиболее прогрессивных видов машин, обеспечивающих высокую производительность труда; на пусковых объектах должны быть сконцентрированы как строительные машины, так и материальные ресурсы; подготовительные работы должны быть закончены начала основных работ. При проектировании производства земляных работ следует максимально использовать технологические карты.

Проект организации строительства по земляным работам является только частью общего проекта организации строительства, разрабатываемого в виде раздела в составе технического проекта строительства объекта или комплекса объектов.

Проект организации строительства по земляным работам имеет целью:

- установить объемы и сроки производства земляных работ и очередность по площадке в целом и по основным объектам;
- установить объемы и сроки выполнения подготовительных работ;
- дать решения по методам комплексной механизации производства основных видов земляных работ;
- определить потребность в землеройных машинах, а также других средствах механизации и транспорте;
- определить потребность в основных строительных кадрах;
- установить стоимость основных и вспомогательных земляных работ;
- установить объем и стоимость временных сооружений, связанных с выполнением земляных работ;
- дать проектные решения по безопасным методам ведения работ в стесненных условиях и опасных участках строительства объектов.

**Проект организации строительства включает следующие материалы:**

1. Сводный календарный план ведения строительства с указанием сроков ведения работ как по всей стройплощадке, так и по отдельным сооружениям.

2. Календарный план ведения подготовительных работ. В перечне объектов подготовительного периода строительства должны быть учтены работы по бесперебойному производству земляных работ.

3. Сводную ведомость объемов работ.

4. Ведомость объемов строительных работ, выполняемых в подготовительный период. В проекте приводятся ведомости объемов земляных работ и распределение их по видам основных землеройных машин.

5. Сводный баланс перемещения земляных масс, увязанный с распределением выполнения земляных работ по годам строительства.

6. Строительный генеральный план площадки.

7. Ситуационный план района строительства.

8. Схематические чертежи котлованов и траншей основных зданий и сооружений, разрабатываемых в сложных геологических и гидрогеологических условиях, с вариантами схем механизированного производства земляных работ.

9. Пояснительную записку, содержащую:

— сведения о составе грунтов, геологические и гидрогеологические данные, влияющие на комплексную механизацию производства земляных работ;

— краткое описание и обоснование принятых методов производства земляных работ, способов транспортировки грунта, обоснование выбора землеройного оборудования с указанием объема ковшей и вида сменного оборудования;

— определение оптимального состава парка землеройных машин, транспортных средств, строительного оборудования;

— определение потребности в материалах и рабочих кадрах по годам строительства;

— подсчеты потребности в электроэнергии, воде, сжатом воздухе, а также способы их удовлетворения;

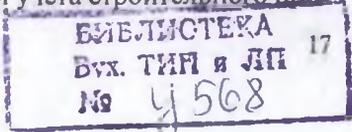
— перечень временных сооружений с обоснованием потребности в них;

— мероприятия по защите котлованов и выемок от притока грунтовых вод;

— технико-экономические показатели: продолжительность строительства, выработка на одного работающего в денежном выражении, выработка на одного работающего в натуральном выражении, уровень механизации земляных работ.

Проект организации строительства служит основанием для планирования капитальных вложений, обеспечения строительства кадрами, механизмами и другими материально-техническими ресурсами.

Строительные нормы и правила запрещают строительство без проекта производства работ (ППР). Проекты производства земляных работ следует разрабатывать в тесной увязке с общими проектами производства работ по объектам с учетом следующих за земляными работами общестроительных и монтажных работ. Проект производства работ и смета к рабочим чертежам являются основой для производственно-оперативного планирования, контроля и учета строительного про-



изводства и расчетов за выполненные строительно-монтажные работы.

**Проект производства работ должен содержать:**

— строительный генеральный план объекта, группы объектов или площадки;

— рабочие чертежи и технологические схемы комплексной механизации производства работ по объектам.

В рабочих чертежах котлованов на плане и разрезах указываются ярусы разработки котлованов, осевые линии проходов мелиоративных и строительных машин и механизмов, пути движения транспортных средств, расположение въездов и выездов, а также методы работ по зачистке откосов выемки.

На рабочих чертежах насыпей даются методы укладки и разравнивания грунта, толщина слоев укладываемого грунта, методы его уплотнения, осевые линии движения транспорта, разравнивающих и уплотняющих механизмов, методы производства работ по зачистке, креплению откосов, показывается расположение резервов и кавальеров.

Кроме того, в рабочих чертежах и технологических схемах производства земляных работ должны быть приведены данные по объемам работ и их комплексной механизации; сведения о типах и количестве в парке необходимых строительных и мелиоративных машин и потребности в рабочих кадрах; указания по технике безопасности.

По данным о наличии грунтовых вод, их притоку, характеристике грунтов обводненных горизонтов и наличии водоупора под ними определяют: методы поверхностного или глубинного водоотлива, границу разработки выемки в сухих и водонасыщенных грунтах, при сооружении плотин и дамб — возможные глубины разработки карьеров грунта и пригодность грунта для укладки в насыпь.

При составлении проектов производства земляных работ по разработке выемок и котлованов фактор наличия грунтовых вод приобретает первостепенное значение, так как крутизна устойчивых откосов при мягких грунтах резко снижается (значение коэффициента заложения откосов увеличивается), что, в свою очередь, ведет к увеличению объемов и усложнению производства земляных работ, удорожающему строительство.

**Проект производства земляных работ должен содержать:**

— сводный календарный план строительства, устанавливающий сроки выполнения земляных работ в целом по строительной площадке с подразделением на отдельные комплексы, крупные объекты и сооружения;

— календарный план работ подготовительного периода строительства с ведомостью объемов работ, выполняемых в подготовительный период;

— сводный баланс перемещения земляных масс по объекту, комплексу или площадке с распределением земляных работ по видам основных землеройных механизмов, принятых в проекте и увязанным распределением объемов земляных работ по годам строительства;

- строительный генеральный план площадки с указанием размещения отвалов, карьеров и резервов грунта, временных землевозвратных дорог, временных складских сооружений и сетей электроснабжения, необходимых для производства земляных работ;
- схематические чертежи котлованов и траншей, разрабатываемых в сложных геологических и гидрогеологических условиях;
- график движения основных землеройных машин;
- краткую пояснительную записку, содержащую обоснования основных решений по производству работ и потребности в землеройных и транспортных машинах со следующими технико-экономическими показателями: уровнем механизации по видам основных земляных работ и среднесменной выработкой в натуральном выражении на одного рабочего. Все остальные пояснения по производству земляных работ даются непосредственно на чертежах.

## § 2. Определение объемов земляных работ

Различают проектные (профильные или геометрические) и производственные (рабочие) объемы работ. Проектные объемы определяются по геометрическим размерам сооружений согласно проекту. Производственные объемы работ соответствуют фактически выполненным с учетом дополнительных объемов, появляющихся в результате повторных переработок грунта, с учетом удаления и замены непригодных грунтов и т.д.

Определять объемы земляных работ необходимо при проектировании производства земляных работ, расчетах с рабочими, составлении смет. Их подсчитывают по рабочим чертежам до начала строительства, а также по натурным замерам в процессе производства работ.

Сложные формы рельефа местности затрудняют точные подсчеты объемов земляных работ. Поэтому условно принимают, что поверхность грунта образована плоскостями. При этом пренебрегают отдельными неровностями, так как они не оказывают существенного влияния на определяемую величину объема. Это позволяет при подсчетах применять формулы элементарной геометрии. При сложной форме сооружения его расчленяют на ряд простых геометрических фигур и суммируют их объемы.

Для каждого вида земляных сооружений применяют соответствующие методы расчета объемов.

Объем котлована прямоугольной формы в плане с откосами  $V_x$  (м<sup>3</sup>) (рис. 2.2.1 а) определяется по формуле для опрокинутой усеченной пирамиды:

$$V_x = h_p \cdot [ab + cd + (a + c)(b + d)] / 6. \quad (2.2.1)$$

Объем квадратного в плане котлована с откосами  $V_x$  (м<sup>3</sup>) будет

$$V_x = h_p \cdot (F_1 + F_2 + \sqrt{F_1 \cdot F_2}) / 3. \quad (2.2.2)$$

Для сооружений цилиндрической или конической формы устраивают круглые в плане котлованы с откосами, чей объем составит  $V_x$  (м<sup>3</sup>) (рис. 2.2.1 б):

$$V_c = 1,05 h_p / (R^2 + r^2 + Rr).$$

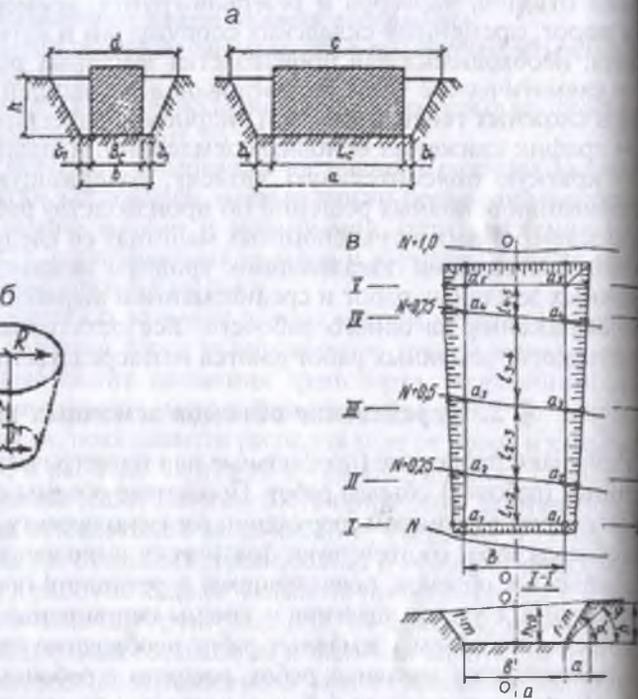


Рис. 2.2.1. Схемы котлованов для определения объемов работ:

а – котлован прямоугольной формы в плане; б – котлован круглой формы в плане. план и разрез котлована к подсчету объемов методом поперечных сечений.

При значительной протяженности котлована и резких перепадах профиля участка применяют *метод поперечных сечений*. Этот метод нован на построении поперечников котлована в характерных для рельефа сечениях, расположенных на определенных расстояниях друг от друга. Общий объем котлована определяют как сумму объемов отдельных участков, заключенных между сечениями. В этом случае (рис. 2.2) котлован рассекают вертикальными плоскостями I-I, II-II и т.д., введенными через точки пересечения горизонталей с продольной осью котлована 0-0. В углах и местах пересечения контура дна котлована горизонтальными вычисляют рабочие отметки  $h$  (м) как разность между проектной отметкой  $H_{np}$  (м) дна котлована и отметкой поверхности площадки (черной отметкой)  $H_c$  (м):

$$h = H_{np} - H_c \quad (2.2)$$

Зная рабочие отметки  $h$  (м) и коэффициент откоса  $m$ , определяют заложения откосов  $a = m h$  и наносят их в соответствующих местах на план. Ломаная линия, соединяющая крайние точки заложений, является очертанием откосов. Объем работ определяют по участкам, на которых

пересекают котлован, а затем суммируют. Объемы между сечениями определяются по формуле:

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} l_{1-2}, \quad (2.2.5)$$

где  $V$  — объем между сечениями,  $m^3$ ;  $F_1$  и  $F_2$  — площади смежных поперечных сечений,  $m^2$ ;  $l_{1-2}$  — расстояние между сечениями,  $m$ .

В торцах котлована участки откосов разбивают на угловые пирамиды и находящиеся между ними призматоиды. Объем призматоидов можно приближенно определить по формуле (2.2.5). Для угловых пирамид применяется формула:

$$V = \frac{m^2 h^3}{3}, \quad (2.2.6)$$

где  $V$  — объем угловой пирамиды,  $m^3$ ;  $m$  — коэффициент откоса;  $h$  — рабочая отметка,  $m$ .

Объемы насыпей вычисляются по тем же формулам, что и для выемок, с учетом их формы.

Все объемы земляных работ подсчитываются по обмеру грунта в плотном (естественном) состоянии. При необходимости возможно определение объема грунта в разрыхленном состоянии по формуле:

$$V_B = \frac{V_H}{K_p}, \quad (2.2.7)$$

где  $V_B$  — объем грунта по выемке в плотном состоянии,  $m^3$ ;  $V_H$  — объем грунта насыпи в разрыхленном состоянии,  $m^3$ ;  $K_p$  — коэффициент первоначального или остаточного разрыхления грунта.

Объемы земляных масс в выемках и насыпях, состоящих из напластований грунтов различных категорий, исчисляют отдельно, учитывая их различную трудоемкость и пригодность к дальнейшему использованию.

Объемы линейных насыпей и выемок обычно определяют по формуле (2.2.5).

При определении объемов оросительных и другого назначения каналов в выемке (рис. 2.2.2 а) пользуются следующими формулами.

При этом индексы у величин, входящих в формулы 2.2.8-2.2.30, обозначают индекс «в» — выемка или вырезка в подушке, «н» — насыпь, «п» — подушка (на рисунке 2.2.2 а индекс «п» обозначает корыто, т.е. обратную подушку, на рисунках 2.2.2 в и г «в» обозначает ширину подготовки основания), «к» — канал, «р» — резерв, «кв» — кавальер, «с» — снятие растительного слоя. Значения всех величин в формулах 2.2.8-2.2.30 указаны на рис 2.2.2 а, б, в, г.

Площадь поперечного сечения корыта  $F_n$  ( $m^2$ ), устраиваемого при  $b \leq 1,2$  м и  $h \leq 0,8$  м:

$$F_n = h_n (b_n + m_1 h_n) \quad (2.2.8)$$

Проектная площадь поперечного сечения корыта  $F'_n$  ( $m^2$ ):

$$F'_n = h_n (b_n + 2m_1 h_n + m_1 h_n) \quad (2.2.9)$$

Площадь поперечного сечения выемки канала  $F_k$  ( $m^2$ ):

$$F_n = h_n (b + m_1 h_n) \quad (2.2.14)$$

Общая площадь поперечного сечения проектной выемки  $F$  (м<sup>2</sup>):

$$F = h_n (b + m_1 h_n) \quad (2.2.15)$$

Ширина полосы планировки (в поперечном направлении) откосов канала  $l_n$  (м):

$$l_n = b + 2 \cdot h_n \sqrt{1 + m_1^2} \quad (2.2.16)$$

Ширина планировки откосов корыта  $l_{n1}$  (м):

$$l_{n1} = 2 \cdot h_n \sqrt{1 + m_2^2} \quad (2.2.17)$$

Площадь поперечного сечения кавальеров  $F_{n1}$  (м<sup>2</sup>):

$$F_{n1} = K_p F \quad (2.2.18)$$

Площадь планировки верха и откосов кавальера определяют принятым его размерам.

При строительстве каналов в насыпи и полунасыпи (рис. 2.2.2. а, б) применяют следующие формулы: для вычисления объема работ формулу 2.2.5; для вычисления площади поперечного сечения выемки канала формулу 2.2.10.

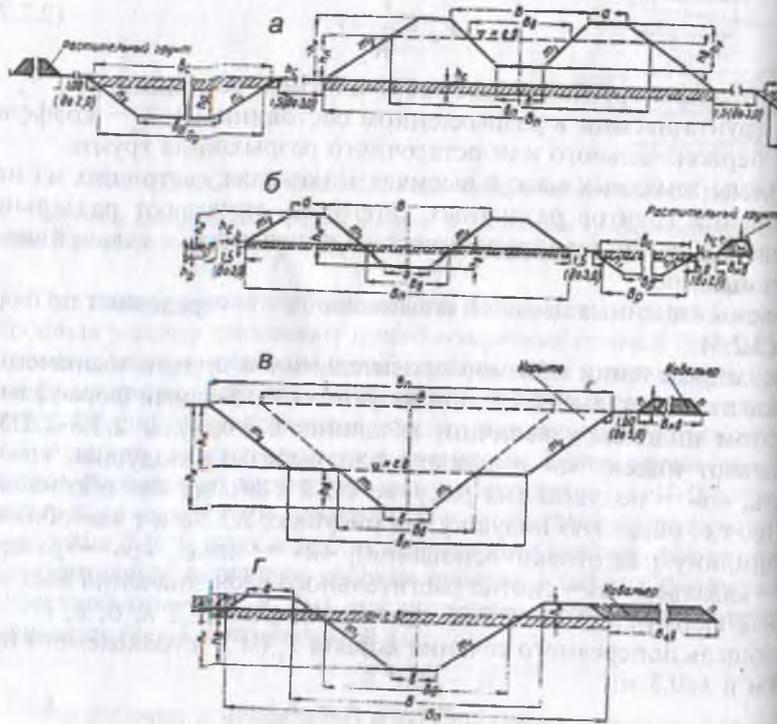


Рис. 2.2.2. Поперечные сечения каналов:

а — канал в выемке; б — канал в насыпи; в — в полунасыпи; г — в полувыемке.

Площадь поперечного сечения подушки  $F_n$  (м<sup>2</sup>):

$$F_n = h_n (b_n + m_2 h_n), \quad (2.2.15)$$

где ширина гребня подушки  $b_n$  (м)

$$b_n = b + 2(m_1 h_n + a) + 2m_2(h_n - h_p) \quad (2.2.16)$$

Площадь поперечного сечения проектной насыпи канала в полунасыпи  $F_n$  (м<sup>2</sup>):

$$F_n = 2h_n [a + 0,5(m_1 + m_2)h_n] \quad (2.2.17)$$

Площадь поперечного сечения проектной насыпи канала в насыпи при отсыпке сплошной подушки  $F_n$  (м<sup>2</sup>):

$$F_n = F_n - F_n + 2(h_n - h_p) [a + 0,5(m_1 + m_2)(h_n - h_p)] \quad (2.2.18)$$

Тоже канала в насыпи при отдельной отсыпке дамб  $F_n$  (м<sup>2</sup>):

$$F = 2h_n [a + 0,5(m_1 + m_2)h_n] + (h_n - h_p) [b + 2(m_1 h_n + a) + m_2(h_n + h_p)] \quad (2.2.19)$$

Площадь рыхления основания канала или подушки  $S_p$  (м<sup>2</sup>):

$$S_p = B_n \cdot l_n \quad (2.2.20)$$

Объем срезы растительного слоя с основания  $V_c$  (м<sup>3</sup>):

$$V_c = B_n \cdot h_c \cdot l_n = F_c \cdot l_n, \quad (2.2.21)$$

где ширина основания канала или подушки  $B_n$  (м)

$$B_n = b + 2(m_1 h_n + a + m_2 h_p) = b_n + 2m_2 h_n, \quad (2.2.22)$$

— длина участка канала.

Ширина планировки гребней и внешних откосов дамб канала  $l_{n1}$  (м)

$$l_{n1} = 2 \cdot (a + h_n \sqrt{1 + m_2^2}), \quad (2.2.23)$$

Площадь поперечного сечения резерва  $F_p$  (м<sup>2</sup>):

— при отдельной отсыпке дамб

$$F_p \approx 1,1(F_n + F_c) - F_n, \quad (2.2.24)$$

— при отсыпке подушки

$$F_p \approx 1,1(F_n + F_c), \quad (2.2.25)$$

Глубину резерва принимают в проекте в зависимости от применяемой техники и технологии (при разработке скрепером рекомендуется принимать  $h_p = 0,3\sqrt{F_p}$ ), ширину его по дну определяют из формулы определения площади резерва  $F_p$  (м<sup>2</sup>):

$$F_p = h_p \left( b_p + \frac{n_1 + n_2}{2} h_p \right) \quad (2.2.26)$$

При двухсторонних резервах левые части формул 2.2.24 и 2.2.25 и обе части формулы 2.2.26 умножают на 2.

Площадь поперечного сечения срезы растительного слоя с поверхности резерва  $F_c$  (м<sup>2</sup>):

$$F_c = h_c \cdot b_c, \quad (2.2.27)$$

где ширина срезы  $b_c$  (м)

$$b_c = b_p + (n_1 + n_2)(h_p + 0,5h_c) \quad (2.2.28)$$

При устройстве оросительных каналов в полувыемке (рис. 2.2.2.г) применяют формулы 2.2.5; 2.2.10; 2.2.14; 2.2.17; 2.2.24. Кроме того,

для вычисления объема срезки растительного слоя с поверхности канала определяют ширину  $b_c$  (м)

$$b_c = b + 2m_1 (h_n + h_c), \quad (2.2.1)$$

а для вычисления площади рыления и объема срезки растительного слоя с оснований дамб определяют их ширину (м)

$$B_n - B_c = 2 [a + 0,5 (m_1 + m_2) (h_n + h_c)] \quad (2.2.2)$$

Для удобства в последующих расчетах объемы работ сводят в таблицы.

При определении объема разработки мокрых грунтов следует учесть, что к мокрым грунтам относятся как грунты, лежащие ниже уровня грунтовых вод, так и грунты, расположенные выше этого уровня: на 0,3 м — для песков крупных, средней крупности и мелких; на 0,5 м — для песков пылеватых и супесей и на 1 м — для суглинков, глин и лессовых грунтов.

Объем излишнего грунта, подлежащего отвозке или планировке на месте, следует принимать по количеству грунта, вытесненного фундаментами, подвалами, трубами и другими заглубленными сооружениями.

*Пример.* Вычислить объем котлована под здание насосной станции с ленточным фундаментом ( $h = 2$  м) и объем обратной засыпки. необходимые данные и размеры приведены на рис. 2.2.3.

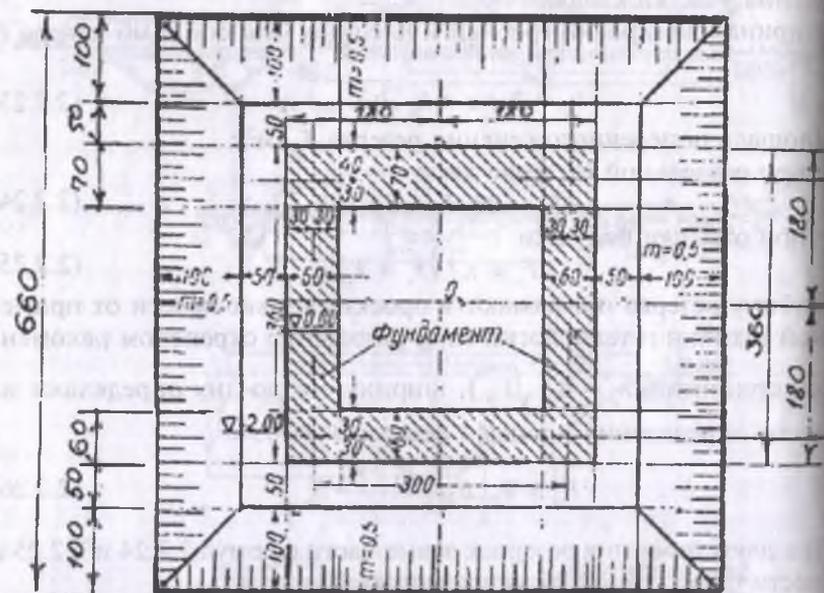


Рис. 2.2.3. План котлована под здание насосной станции

*Решение.*

Объем котлована вычисляется по формуле 2.2.1:

$$V_k = h_p [ab + cd + (a + c)(b + d)] / 6 = \\ = 2 [6,6 \cdot 6,6 + 4,6 \cdot 4,6 + (6,6 + 4,6)(6,6 + 4,6)] / 6 = 2/6 \cdot 190,16 = 63,5 \text{ м}^3$$

Объем обратной засыпки (геометрический) внутри здания вычисляется

$$V = 2,4 \cdot 2,3 \cdot 0,28 = 1,55 \text{ м}^3$$

Объем обратной засыпки  $V_0$  (геометрический) вокруг фундаментов определяется вычитанием части объема котлована, ограниченной наружным контуром фундаментов  $V_1$  из общего объема котлована.

$$V_1 = 3,6 \cdot 3,6 \cdot 2 = 25,9 \text{ м}^3$$

$$V_0 = V - V_1 = 63,5 - 25,9 = 37,6 \text{ м}^3$$

Общий геометрический объем обратной засыпки составляет  $1,55 + 37,6 = 39,15 \text{ м}^3$

Объем грунта обратной засыпки (с учетом уплотнения и осадки) составит  $1,1 \cdot 39,15 = 43,1 \text{ м}^3$ .

### § 3. Баланс грунтовых масс

Баланс грунтовых масс — это проектный документ, отражающий рациональное распределение грунта между выемками и насыпями. Его составляют в виде схем и таблиц. Баланс представляет собой соотношение объемов, подлежащих выемке и транспортировке грунтовых масс с объемами насыпей. Он позволяет установить по проектным объемам выемок и насыпей:

- производственные объемы работ с учетом вторичных переработок грунта;
- направление и дальность перемещения грунта;
- расположение и размеры карьеров, резервов, отвалов, кавальеров грунта.

При составлении баланса грунтовых масс следует сводить к минимуму дополнительные разработки грунта в резервах и карьерах и переработки его во временных отвалах, допуская их только в следующих случаях:

- грунта в деловых выемках не хватает для возведения насыпей;
- транспорт грунта из деловых выемок в насыпи обходится дороже (из-за дальности расположения), чем разработка и транспорт его из близлежащих карьеров;
- по условиям технологической последовательности и плана производства работ не представляется возможным сразу уложить грунт в качественную насыпь и возникает необходимость в промежуточном складировании во временном отвале.

Порядок составления баланса грунтовых масс:

1. Выписываются проектные объемы по деловым выемкам и качественным насыпям. Из объемов деловых выемок выделяют объемы непригодных грунтов и выписывают их в графу «постоянные отвалы».
2. По объемам пригодных грунтов из деловых выемок и требуемых для качественных насыпей, их расположению в пространстве и плану производства работ устанавливают направление перемещения грунта.
3. Сравнивая имеющиеся объемы и анализируя дальности перемещений грунта, определяют объемы резервов или карьеров.
4. По плану производства работ изучают технологическую последовательность производства работ. В случае невозможности совмещения разработки деловой выемки и укладки грунта в качественную на-

сыпь, этот грунт резервируют во временном отвале, а объем вписывают в графу «временные отвалы», и вторично — в графу «выемки повторно записывая этот объем в графу «насыпи».

*Пример.* Проектируем узел гидротехнических сооружений. Объем среза растительного грунта в основании плотины  $800 \text{ м}^3$ , с подводящего канала водосброса  $900 \text{ м}^3$ , с котлована под сопрягающее сооружение  $300 \text{ м}^3$ . Объем насыпи тела плотины  $(15000 + 800) \text{ м}^3$ . Объем выемки подводящего канала водосброса  $8000 \text{ м}^3$ . Объем выемки котлована под сопрягающее сооружение  $3000 \text{ м}^3$ . Геометрический объем насыпи плотины  $V_n = 15800 \text{ м}^3$ . Общий коэффициент  $K_{\text{от}}$  принимаем 1,1 (учитывает осадку основания насыпи, лотнение и потери грунта при его транспортировании, переводит геометрический объем насыпи в производственный объем грунта для строительства).

*Решение.* Потребность грунта для плотного тела плотины

$$V_{\text{н}} = 15800 \cdot 1,1 = 17380 \text{ м}^3$$

В подводящем канале водосброса и котловане под сопрягающее сооружение разрабатываем и перемешаем в насыпь плотины объем грунта  $8000 + 3000 = 11000 \text{ м}^3$ . Недостающий объем грунта  $17380 - 11000 = 6380 \text{ м}^3$  привозим из карьера.

Средняя глубина полезного грунта в карьере составляет 3 м. Тогда площадь, занимаемая карьером, будет равна  $6380/3 = 2127 \text{ м}^2$ .

При глубине срезаемого растительного слоя 0,2 м его объем достигнет  $2127 \cdot 0,2 = 425 \text{ м}^3$ .

Геометрические объемы отвалов растительного грунта определяем с учетом коэффициента первоначального разрыхления  $K_p = 1,25$ .

Все найденные объемы работ сводим в таблицу 2.3.1.

Таблица 2

Ведомость баланса грунтовых масс на строительстве узла гидротехнических сооружений

Вид работ	Объем грунта, м <sup>3</sup>		
	в теле плотины	в отвалах растительного грунта	итого
1	2	3	4
Отсыпание тела плотины:			
$V_n$	15800	2500	18300
$V_{\text{от}}$	17380	2000	19380
Срезка растительного грунта:			
с основания плотины	—	800	800
с трассы подводящего канала	—	900	900
с площади котлована под сопрягающее сооружение	—	300	300
Устройство подводящего канала водосброса	8000		8000
Отрывка котлована под сопрягающее сооружение	3000		3000
Разработка карьера	6380		6380
Всего	17380	2000	19380

#### § 4. Определение продолжительности строительства объекта

Общая продолжительность строительства объекта определяется на основании существующих норм СНиП 1.04.03-85 «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» [21]. Нормы продолжительности строительства устанавливаются (в месяцах от начала строительства) общую продолжительность строительства объектов, продолжительность подготовительного периода, начало и конец передачи оборудования в монтаж, продолжительность монтажа оборудования, включая индивидуальные испытания, а также время на его комплексное опробование с учетом времени на необходимые пусконаладочные работы.

Продолжительность строительства объектов, мощность (или другой показатель) которых отличается от приведенных в Нормах и находится в интервале между ними, определяется интерполяцией, а за пределами максимальных или минимальных значений норм — экстраполяцией.

Если существуют специфические условия строительства, то учитываются специальные коэффициенты к продолжительности строительства объекта, они оговариваются в Общих указаниях рассматриваемых норм.

Продолжительность строительства объектов, возводимых в районах пустынь и полупустынь, характеризуемых средней температурой воздуха в июле более  $27^{\circ}\text{C}$  и количеством осадков менее 300 мм в год, устанавливается с применением коэффициента 1,2 при наличии обоих признаков и коэффициента 1,1 при наличии количества осадков менее 300 мм в год.

Продолжительность строительства объектов, возводимых в районах с сейсмичностью 7 баллов, устанавливается с применением коэффициента 1,05 для объектов производственного назначения, а с сейсмичностью 8 и 9 баллов — 1,1.

Продолжительность строительства мелиоративных систем и водохозяйственных объектов увеличивается до 20% при наличии соответствующего обоснования в проекте организации строительства в следующих случаях:

1) на строительстве оросительных (включая рисовые), обводнительных и осушительных систем:

— при объемах скальных грунтов, плывунов, а также грунтов, подверженных оползневым явлениям, более 25% профильного объема земляных работ;

— при стоимости индивидуальных (нетиповых) сооружений и противофильтрационных мероприятий более 40% сметной стоимости работ по системе;

2) по отдельным крупным коллекторам и селевым руслам при наличии горизонта грунтовых вод на уровне или выше их проектного дна;

3) по каналам, если стоимость работ в скальных грунтах, пластах и грунтах, подверженных оползневым явлениям, составляет более 40% стоимости земляных работ;

4) по отдельным крупным (нетиповым) гидротехническим сооружениям и по водохранилищам (лозам), если затраты на специальные работы при устройстве основания (цементационная завеса, свайное основание, силикатизация и др.) превышают 30% стоимости сооружения.

Продолжительность промывки засоленных мелиорируемых земель определяется по проекту организации промывных работ с учетом совмещения с основными строительными работами и не должна превышать на землях:

- слабозасоленных – 8 мес.;
- средnezасоленных – 12 мес.;
- сильно- и очень сильнозасоленных – 24 мес.

*Пример 1.* Определить продолжительность строительства оросительной системы со строительством головного водозаборного сооружения, насосной станции, магистрального канала, оросительной сети из лотков, коллекторно-дренажной сети. Площадь системы орошения 1,5 тыс. га.

*Решение.* Согласно п. 9 Общих положений Норм [21] для определения продолжительности строительства данного объекта принимается метод линейной интерполяции. Исходя из имеющихся в Нормах значений продолжительности строительства объектов площадью 1 тыс. га и 2 тыс. га с нормами продолжительности строительства соответственно 24 мес. и 36 мес. (п. 1 стр. 368) [21]. Продолжительность на единицу прироста площади равна  $(36 - 24)/(2 - 1) = 12$  мес. Прирост площади равен  $1,5 - 1 = 0,5$  тыс. га.

Продолжительность строительства  $T_{\text{общ}}$  с учетом интерполяции будет равна  $T_{\text{общ}} = 12 \cdot 0,5 + 24 = 30$  мес.

*Пример 2.* Определить продолжительность строительства дюкера с объемом бетонных и железобетонных работ 1,5 тыс. м<sup>3</sup>. Строительство ведется в районе с сейсмичностью 8 баллов, средняя температура воздуха в июле 30°C, количество осадков 200 мм в год.

*Решение.* Согласно п. 9 Общих положений Норм [21] для определения продолжительности строительства данного объекта принимается метод линейной интерполяции. Исходя из имеющихся в Нормах значений продолжительности строительства объектов объемом 1 тыс. м<sup>3</sup> и 2 тыс. м<sup>3</sup> с нормами продолжительности строительства соответственно 5 мес. и 6 мес. (п. 23 стр. 386) [21]. Продолжительность строительства на единицу прироста объема равна  $(6 - 5)/(2 - 1) = 1$  мес. Прирост объема равен  $1,5 - 1 = 0,5$  тыс. м<sup>3</sup>. Продолжительность строительства  $T_{\text{общ}}$  с учетом интерполяции будет равна  $T_{\text{общ}} = 1 \cdot 0,5 + 5 = 5,5$  мес. Однако необходимо учесть специфические условия района строительства.

Согласно п. 16 Общих положений принимаем коэффициент 1,2, так как имеются в наличии количество осадков менее 300 мм в год и средняя температура воздуха в июле более 27°C.

Согласно п. 17 Общих положений принимаем коэффициент 1,1 для района с сейсмичностью 8 баллов.

С учетом всех коэффициентов продолжительность строительства объекта составит  $T_{\text{общ}} = 5,5 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 7,26$  мес.

## § 5. Основные положения по комплексной механизации земляных работ

Машины для выполнения земляных работ делят на три группы:

- землеройные (одноковшовые и многоковшовые экскаваторы, землеройно-транспортные машины, оборудование для гидромеханизации);
  - машины для разрыхления и уплотнения грунтов;
  - машины для подготовительных и культуртехнических работ.
- Экскаваторы различают циклического (одноковшовые) и непрерывного (многоковшовые) действия.

Землеройно-транспортные машины включают бульдозеры, скреперы, грейдеры, землеройно-фрезерные, земленосные установки и т.п.

Машины для разрыхления и уплотнения грунтов по принципу действия разделяют на две группы – статического и динамического действия. К первым относятся навесные рыхлители, самоходные и прицепные катки, ко вторым – самоходные и прицепные вибрационные катки, виброплиты и трамбовочные машины, ударные и виброударные рыхлители и т.п.

К машинам для выполнения вспомогательных работ относятся кусторезы, корчеватели, машины для удаления растительности, камнеуборочные машины, планировщики.

Рекомендуется определять технологические комплекты машин в такой последовательности:

1. Составляется перечень технологических операций, необходимых для выполнения конкретных работ по объектам строительства.
2. Устанавливаются основные производственные факторы, определяющие выбор средств механизации.
3. Разрабатывается структура работ, выполняемых строительными и мелиоративными машинами.

На условия производства земляных работ механизированным способом существенное влияние оказывает сосредоточенность и географический район строительства, его климатические, геологические и гидрогеологические условия, наличие производственной базы.

Указанные факторы влияют на выбор типоразмеров землеройных и транспортных машин, их производительность и количество.

В перечень технологических операций, в зависимости от типа сооружений, входят: разрыхление, разработка грунта, его транспортировка, укладка в сооружение, разравнивание, уплотнение и др.

К технологическому фактору относится разработка грунта в отвал или на транспорт.

В производственные факторы входят: сосредоточенность строительства, объем работ, типы земляных сооружений, геометрические размеры, последовательность и продолжительность работ. Эти факторы определяют взаимодействие машин, количество машин, входящих в комплект, и расположение относительно сооружений.

К характеру земляных работ к отдельным группам отнесены: засыпка котлованов и траншей, погрузка и разгрузка сыпучих материалов.

В реальных условиях для расчета потребности в землеройных машинах определяют рабочий объем земляных работ, который в отличие от профильного объема вычисляют по суммарным объемам котлованов, насыпей, согласно проектам работ засыпки траншей, котлованов, разработки грунта, находящегося в отвалах, перекидывание грунта и т.п. Рабочий объем измеряется в кубометрах грунта в полном теле, при этом объем грунта при транспортировке, рыхлении, разравниванию и уплотнению в этот объем не включается.

## § 6. Экскаваторные работы

**Рабочее оборудование** одноковшовых экскаваторов используется в зависимости от характера выполняемых работ:

*прямая лопата* — для разработки грунтов, расположенных выше уровня стоянки экскаватора;

*обратная лопата* — для разработки грунтов, которые находятся ниже уровня стоянки экскаватора, преимущественно при рытье траншей и небольших котлованов;

*драглайн* — для разработки грунтов, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора. В отечественной практике экскаваторы, оборудованные драглайном, получили широкое распространение. Их используют преимущественно при устройстве выемок, насыпей, разработке и расчистке русел ирригационных и мелиоративных каналов, отрывке котлованов и т.д.;

*грейфер* — для рытья колодцев, узких глубоких котлованов, траншей и тому подобных работ, особенно в условиях разработки грунтов ниже уровня грунтовых вод, добыча песка и гравия из-под воды.

**Телескопическое оборудование** — для планировки откосов, зачистки дна колодцев, котлованов и траншей, очистки бетонированных каналов.

Одноковшовые экскаваторы выпускают с механическим и гидравлическим приводами, а также с гибкой подвеской рабочего оборудования (драглайн). Экскаваторы по массе, вместимости ковша параметрам имеют семь размерных групп. Система индексации одноковшовых универсальных экскаваторов (ЭО) предусматривает структуру индекса машины, показанную на рис. 2.6.1.

В ирригационном и мелиоративном строительстве получили наибольшее распространение универсальные полноповоротные гидравлические экскаваторы.

В технической документации заводов-изготовителей «инструкции по эксплуатации», поставляемой вместе с экскаватором, имеется раздел под названием «Основные технические данные и характеристики», в котором приводятся сведения о рабочем месте (забое) экскаватора (рис. 2.6.2).

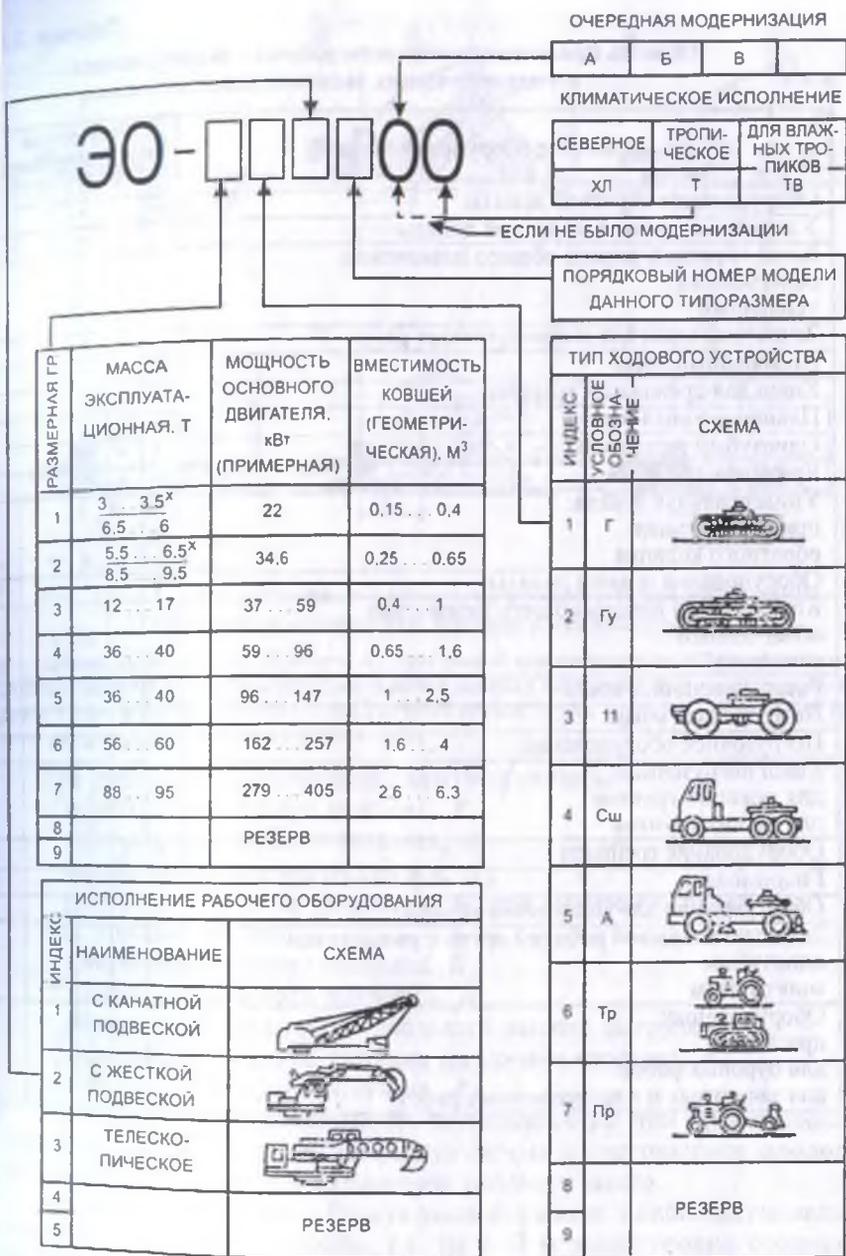


Рис. 2.6.1. Структура индекса одноковшовых экскаваторов.

## Область применения сменного рабочего оборудования гидравлических экскаваторов

Сменное оборудование	Размерная группа машин			
	2	3	4	5
Оборудование обратной лопаты	+	+	+	+
Удлиненная рукоять обратной лопаты		+	+	+
Ковш обратной лопаты общего назначения: облегченный		+	+	+
усиленный		+	+	+
Зачистной ковш для мелиоративных работ	+	+	+	
Профильный ковш	+	+	+	
Ковш для дренажных траншей	+	+	+	
Планировочный отвал		+		
Однозубый рыхлитель	+	+	+	+
Крюковая подвеска	+	+	+	
Универсальная лопата: прямого копания	+			+
обратного копания	+	+	+	+
Оборудование прямой лопаты	+	+	+	+
Ковш прямой лопаты общего назначения: облегченный			+	+
усиленный			+	+
Раскрывающийся ковш			+	+
Погрузочный ковш	+	+	+	
Погрузочное оборудование		+	+	+
Ковш погрузочный: для тяжелых грунтов			+	+
для легких грунтов	+		+	+
Оборудование грейфера	+	+	+	+
Гидромолот	+	+	+	+
Оборудование для уплотнения грунта	+	+		
Захватно-клешевой рабочий орган с рыхлителем: однозубым	+	+	+	+
многозубым			+	+
Оборудование: драглайна	+	+	+	+
для буровых работ	+	+	+	+
для зачистных и планировочных работ	+	+	+	+

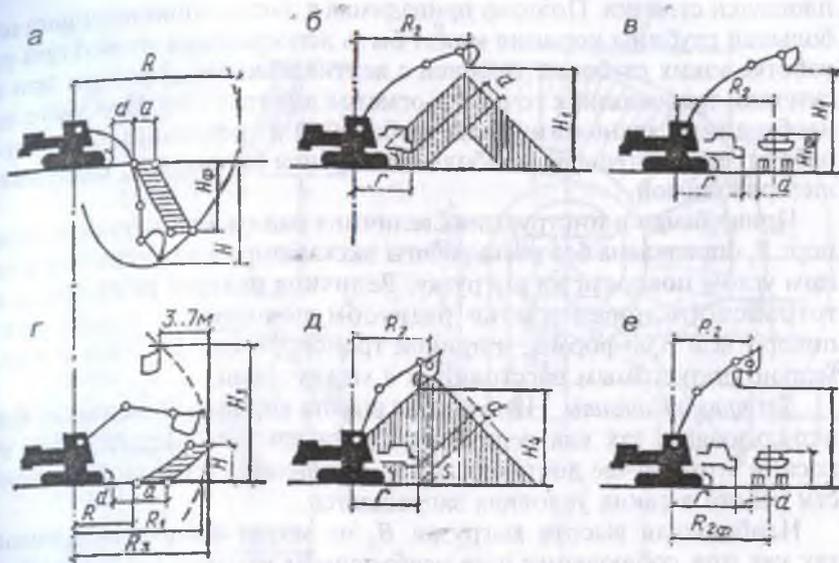


Рис. 2.6.2. Схема построения параметров рабочего места экскаватора по данным инструкций заводов-изготовителей:

а – глубины копания обратной лопаты; б – наибольшей высоты разгрузки обратной лопаты в отвал; в – наибольшей высоты разгрузки обратной лопаты в автотранспорт; г – высоты копания прямой лопаты; д – наибольшей высоты разгрузки прямой лопаты в отвал; е – наибольшей высоты разгрузки прямой лопаты в автотранспорт.

Для рабочего оборудования обратной лопаты:

- наибольший радиус копания,  $R$ ;
- наибольшая глубина копания,  $H$ ;
- наибольшая высота разгрузки,  $H_1$ ;
- радиус выгрузки в транспорт,  $R_2$ , при высоте выгрузки 3 м.

Для прямой лопаты:

- наибольшая высота копания,  $H_1$ ;
- наибольшая высота выгрузки,  $H_2$ ;
- радиус выгрузки при наибольшей высоте выгрузки,  $R_2$ ;
- наибольший радиус копания на уровне стоянки,  $R$ ;
- наибольший радиус копания,  $R_1$ .

Проанализируем возможность использования при проектировании технологии работ данных, приводимых в инструкциях заводов-изготовителей, величин параметров рабочего места.

**Для обратной лопаты.** Радиус копания имеет наибольшую величину на уровне пяты стрелы, т.е. на 2...3 м выше уровня стоянки, поэтому на уровне стоянки машины радиус копания будет на 0,5...0,7 м меньше приводимой величины.

Величина наибольшей глубины копания  $H$  приводится без учета работы при допустимом угле откоса разрабатываемого грунта, без учета необходимого по правилам техники безопасности расстояния от опор экскаватора до верхней бровки откоса  $d$ , без учета величины радиуса

площадки стоянки. Поэтому приводимая в инструкциях величина  $H_0$  большей глубины копания может быть использована только при работе узких глубоких траншей с вертикальными стенками при отсутствии требований к точности отметок дна траншеи. При учете необходимых технологических требований и требований безопасности работы действительная наибольшая глубина копания  $H_0$  будет меньше приводимой.

Приводимая в инструкциях величина радиуса разгрузки в транспорт  $R_2$  определена без учета работы экскаватора с наименьшим углом поворота на выгрузку. Величина радиуса разгрузки в транспорт определяется радиусом поворота  $r$  задней части поворотной платформы, шириной транспортного средства и минимально допустимым расстоянием  $d$  между ними.

*Для прямой лопаты.* Наибольшая высота копания  $H$ , не может быть использована, так как величина «kozyрька» (наивысшей части кочерга) в этом случае достигает 3,7 м. Правилами техники безопасности работа в таких условиях запрещается.

Наибольшая высота выгрузки  $H$ , не может быть использована, так как при соблюдении всех необходимых условий безопасной работы получаемый отвал засыпает экскаватор. Возможная же величина отвала (площадь  $S$ ) столь мала, что прямой лопатой в отвал работают. При работе с погрузкой грунта в транспортное средство приводимая величина  $H$ , также не может быть использована, так как при этом уже отмечалось, возникают поломки самосвала, кроме того, схема на рисунке 2.6.2.е показывает, что радиус разгрузки  $R_2$  меньше допустимой величины  $R_{доп}$ , определяемой известным способом.

Необходимым условием создания типовых технологических карт производства земляных работ является *унификация показателей методов измерения технологических параметров рабочего места землеройной машины*, учитывающих конструктивные особенности машины, ее линейные размеры, вид рабочего оборудования, грунтовые условия и правила безопасного ведения работ.

На примере одноковшового экскаватора показаны основные технологические параметры рабочего места машины. Рабочее место одноковшового экскаватора включает в себя: площадку, на которой установлен экскаватор; поверхность местности, с которой производится разработка грунта; площадку, на которой размещается землевозное транспортное средство или отвал грунта.

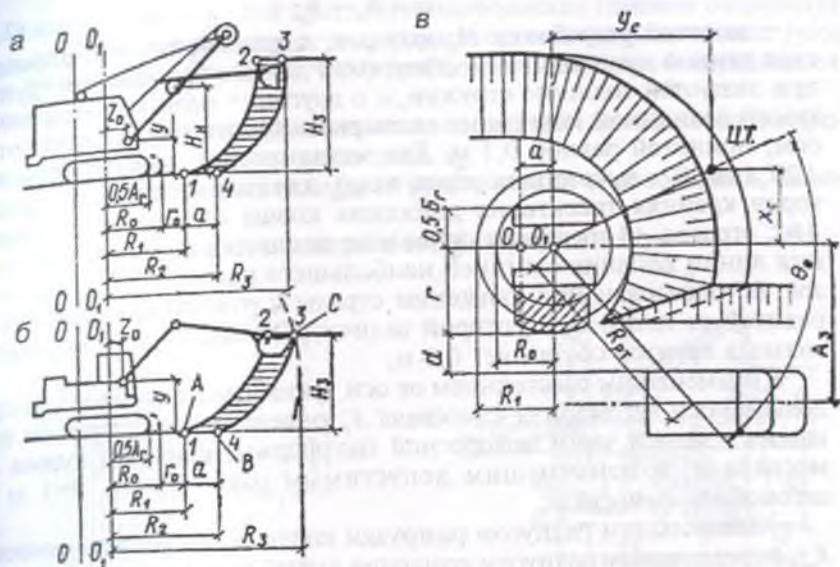


Рис. 2.6.3. Унифицированные технологические параметры рабочего места экскаватора, оборудованного прямой лопатой:

а — механического; б — гидравлического; в — в плане.

Рабочее место одноковшового экскаватора, оборудованного прямой лопатой, характеризуется следующими основными технологическими параметрами (рис. 2.6.3):

— радиусом  $R_0$  установки экскаватора, определяемым величиной диагонали, соединяющей наиболее удаленную точку опоры нижней тележки с осью вращения экскаватора. Величина определяется выражением  $R_0 = \sqrt{(0,5A)^2 + (0,5B)^2}$ , где  $A$  и  $B$  — длина и ширина нижней тележки;

— наименьшим радиусом копания на уровне стоянки  $R_1$ , определяемым величиной  $R_0$  и расстоянием  $r_0$ , необходимым для установки ковша в нижней части откоса при разработке боковой или лобовой проходки. Величина этого параметра обеспечивает равномерную разработку откоса во всех направлениях; наибольшим радиусом копания на уровне стоянки  $R_2$ , определяемым для механических экскаваторов возможной величиной движения ковша по горизонтали до упора нижней части его передней стенки на грунт. На гидравлических экскаваторах величина ограничивается необходимой высотой разработки;

— наибольшим радиусом копания  $R_3$ , определяемым предельным положением откоса. На механических экскаваторах  $R_3$  определяется на высоте напорного вала, на гидравлических — на высоте пяты стрелы;

— наибольшей длиной передвижки  $a$ , которая определяется как разность между наибольшим и наименьшим радиусами копания на уровне стоянки:

$$a = R_3 - R_1;$$

— высотой разработки  $H_3$ , которая, с одной стороны, определяется длиной пути ковша, необходимой для его заполнения грунтом при заданной толщине стружки, а с другой — минимальной допустимой величиной нависания «kozyрька» грунта над рабочим местом, принятой равной 0,1 м. Для механических экскаваторов  $1,2H_2$  (где  $H_2$  — высота напорного вала), для гидравлических экскаваторов крайняя траектория движения ковша определяется линией  $ABC$ : отрезок  $AB$  соединяет основание площадки с местом пересечения линии копания с линией наибольшего радиуса копания. Отрезок  $BC$  образован при движении стрелы с рукоятью и ковшом радиусу до точки  $C$ , в которой величина козырька при разработке связных грунтов составляет 0,1 м;

— наименьшим расстоянием от оси вращения экскаватора до продольной оси автомобиля-самосвала  $A_2$ , определяемым радиусом поворота  $r$  задней части поворотной платформы, шириной кузова самосвала  $B_2$  и наименьшим допустимым расстоянием  $d=1$  м от автомобиля-самосвала;

— наименьшим радиусом разгрузки ковша в автомобиль-самосвал  $R_{pm}$ , определяемым радиусом вращения задней части поворотной платформы, шириной кузова самосвала  $B_2$ , наименьшим допустимым расстоянием между экскаватором и самосвалом  $d=1$  м и конструкцией ковша экскаватора:

для ковшей с открывающимся днищем  $R_{pm} = r + 0,5B_2 + 1$ ,

для поворачивающихся ковшей  $R_{pm} = r + 0,3B_2 + 1$ ;

— высотой разгрузки ковша в автомобиль-самосвал  $H_{Rr}$ , определяемой высотой верха борта кузова от уровня стоянки  $H_k$  и необходимым зазором между верхом борта и ковшом при его повороте на разгрузку

$$H_{Rr} = H_k + 0,2. \quad (2)$$

Рабочее место одноковшового экскаватора, оборудованного обратной лопатой (рис. 2.6.4.а) или драглайном (рис. 2.6.4.б), характеризуется следующими технологическими параметрами:

— радиусом габаритной установки экскаватора  $R_0$ ;

— наименьшим радиусом копания на уровне стоянки  $R_1$ , определяемым величиной  $R_0$  и допустимым расстоянием от опоры крайней точки экскаватора до верхней бровки откоса ( $d=1$  м);  $R_1 = R_0 + d$ ;

— наибольшим радиусом копания на уровне стоянки  $R_2$ , определяемым величиной  $R_0$ , допустимым расстоянием от крайней точки опоры до верхней бровки откоса  $d=1$  м и передвижкой  $a$ :  $R_2 = R_0 + 1 + a$ ;

— наибольшим радиусом копания на уровне стоянки  $R_3$ , определяемым линейными размерами элементов оборудования;

— наибольшей длиной передвижки  $a$ , зависящей от глубины разработки;

— глубиной разработки  $H_3$ , зависящей от характера разрабатываемого грунта (допустимого угла  $\theta$  наклона рабочего откоса). Для обратной лопаты наибольшая глубина разработки определяется точкой пересечения траектории наибольшего радиуса копания и откоса и допустимой для данного грунта угла  $\theta$  при наименьшей длине пе

движки, равной 1 м, для драглайна наибольшая глубина разработки определяется точкой пересечения траектории движения ковша (угол  $\theta = 70^\circ$ ) с линией откоса ( $\theta = 45^\circ$ ) при наименьшей длине передвижки, равной 1 м;

- наименьшим расстоянием от оси вращения экскаватора до продольной оси автомобиля-самосвала  $A_m$ ;
- наименьшим радиусом разгрузки ковша в автомобиль-самосвал  $R_p$ ;
- высотой разгрузки ковша в автомобиль-самосвал  $H_p$ .

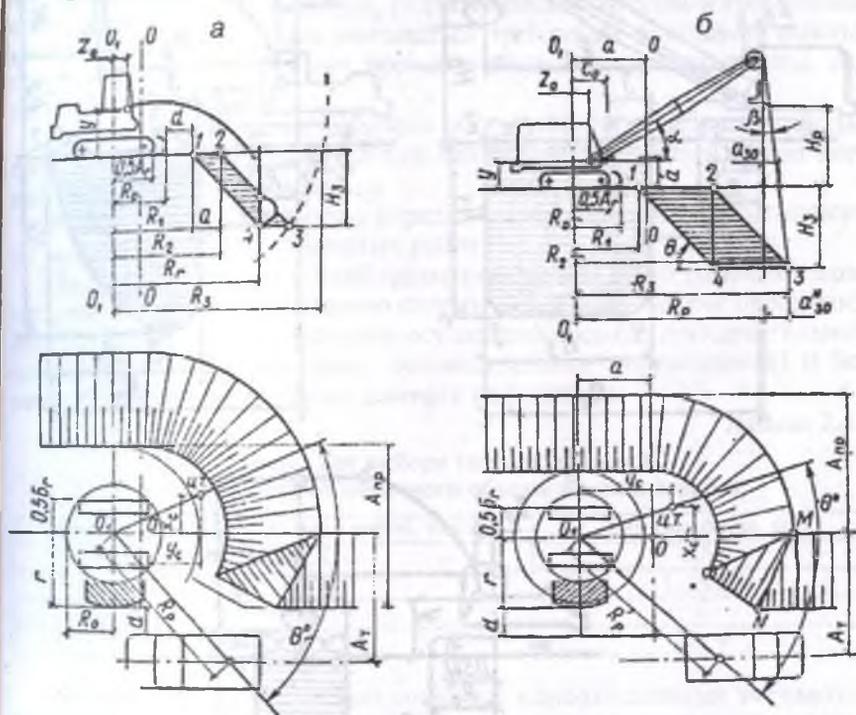


Рис. 2.6.4. Унифицированные технологические параметры рабочего места экскаватора, оборудованного:

а) обратной лопатой; б) драглайном.

При работе в отвал наименьшее расстояние от оси вращения экскаватора до центра отвала, определяемым характером разрабатываемого грунта, радиусом вращения задней части платформы  $r$ , наименьшим допустимым расстоянием между откосом отвала и задней частью поворотной платформы и высотой отвала  $H_0$ . Высота отвала  $H_0$  определяется, с одной стороны, возможной высотой подъема ковша, а с другой — обеспечением между откосом отвала и задней частью платформы при ее повороте безопасного расстояния  $d = 1$  м;

- радиусом разгрузки  $R_p$ , определяемым возможной величиной  $A_p$ ;
- высотой разгрузки  $H_p$ , определяемой возможной высотой отвала

и требуемым зазором (0,1 м) между отвалом и ковшом при его повороте на выгрузку.

Площадь разрабатываемого грунта определяется контуром 1-2-

Рабочее место экскаватора, оборудованного грейфером, характеризуется следующими технологическими параметрами (рис. 2.6.5).  $R_0$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $H_3$ ,  $R_p$ ,  $H_p$ , определение которых приведено выше.

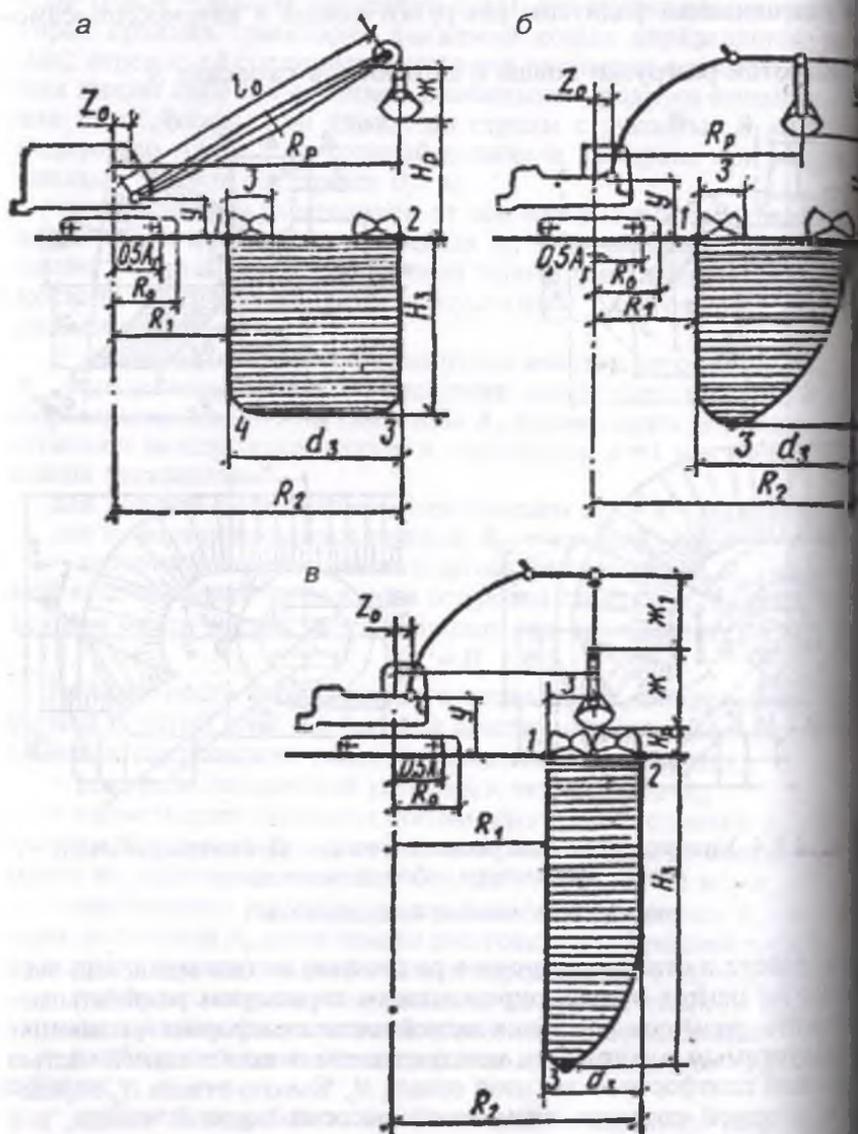


Рис. 2.6.5. Унифицированные технологические параметры рабочего места экскаватора, оборудованного грейфером:

а — механического; б — гидравлического; в — гидравлического с удлинителем.

Эти параметры зависят, кроме того, от длины (высоты)  $J$  ковша, длины удлинителя (штанги)  $J_1$ , ширины раскрытого ковша  $3$ . Ширина разработки  $d$ , определяется как разность  $R_2 - R_1$ .

Площадь разрабатываемого участка грунта ограничивается для механического экскаватора контуром 1-2-3-4, для гидравлического экскаватора при ковше со штангой (удлинителем) контуром 1-2-3.

Величины перечисленных выше технологических параметров рабочего места экскаваторов с различными видами оборудования определяются либо аналитическим, либо графоаналитическим способом, для чего используется техническая документация, разрабатываемая заводом-изготовителем машин. При этом должны учитываться требования безопасной работы, приведенные в строительных нормах и правилах, характер работы, вид рабочего оборудования.

Помимо выбора типа рабочего оборудования экскаватора, большое значение имеет определение оптимального объема ковша экскаватора (его типоразмера).

Выбор типа экскаватора с определенным объемом ковша зависит от месячного объема земляных работ.

На следующем этапе подбирают механизмы по их рабочим параметрам. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы перемещение грунта из выемки в насыпь осуществлялось без дополнительной его переработки (перекидка, дополнительное перемещение) и без использования предельных рабочих параметров.

Таблица 2.6.2

Данные для выбора типа экскаватора  
в зависимости от месячного объема земляных работ

Месячный объем земляных работ, тыс.м <sup>3</sup>	Объем ковша, м
Не менее 20	0,65
20 – 60	1...1,25
60 – 100	2
Свыше 100	2...4

Все земляные работы, выполняемые одноковшовыми экскаваторами, разделяются на две группы: бестранспортные и транспортные. Бестранспортными схемами называются такие схемы, при которых экскаватор разрабатывает грунт и укладывает его в отвал (насыпь), кавальер или в земляное сооружение. При простой бестранспортной схеме разработки грунт укладывается в отвал или кавальер без последующей его перевалки (перезекскавации), при сложной – во временный (первичный) отвал и подлежит частичной или полной перезекскавации. Транспортными являются схемы, при которых грунт грузится экскаватором в автосамосвалы и отвозится в заданное место. При этом возможны различные схемы движения транспорта: тупиковые (автосамосвалы подъезжают к экскаватору и возвращаются по тому же пути) и сквозные (автосамосвалы подъезжают к экскаватору без маневрирования и после погрузки уезжают по дороге, являющейся продолжением въездного пути). Схема производства работ зависит от особенностей строительства.

При работе экскаватора с прямой лопатой применяют транспортные схемы. Грунт при этом разрабатывается лобовыми и боковыми проходками (рис. 2.6.6). При выборе схем разработки гидравлическим экскаватором с оборудованием для прямой лопаты необходимо учитывать возможность копания двумя способами: интенсивным горизонтальным внедрением зубьев ковша в нижнюю, среднюю и даже в верхнюю часть забоя с последующим поворотом относительно рукоятки (раздельное копание) или ступенчатым внедрением ковша в забой с небольшим поворотом его относительно рукоятки (совмещенное копание).

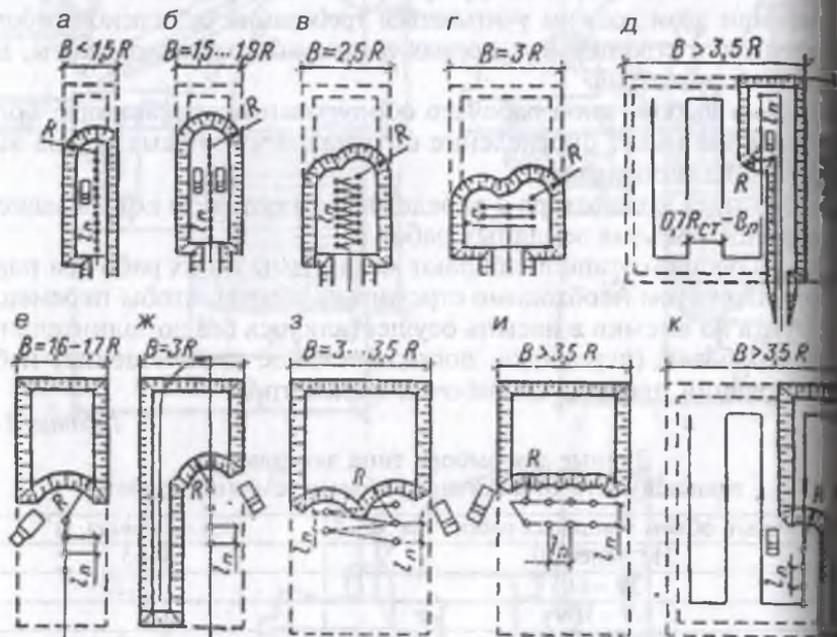


Рис. 2.6.6. Разработка котлованов одноковшовыми экскаваторами: а — лобовая проходка прямой лопаты с односторонней погрузкой грунта в забой; б — то же, с двухсторонней погрузкой; в — то же, с зигзагообразным перемещением экскаватора; г — поперечно-торцевая проходка; д — боковая проходка торцевая проходка обратной лопаты или драглайна при перемещении по прямой; е — то же, с двумя проходками экскаватора; з — то же, при зигзагообразном перемещении экскаватора; и — поперечно-торцевая проходка; к — продольно-торцевая проходка.

**Драглайны** применяются для разработки грунта ниже уровня стоянки экскаватора лобовыми (рис. 2.6.7) или боковыми проходками в отвал или в транспортные средства.

При работе в отвал (навывет) угол поворота стрелы принимают при сооружении выемок —  $90 \dots 120^\circ$ ; при возведении насыпных сооружений — не св.  $90^\circ$ .

При погрузке грунта в транспортные средства, находящиеся на уровне стоянки экскаватора, угол поворота экскаватора принимают

0...180°. Наибольшая производительность драглайна достигается при средних углах поворота в забое 70...90°. Поэтому рекомендуемая ширина проходки обычно составляет 70...80% максимальной.

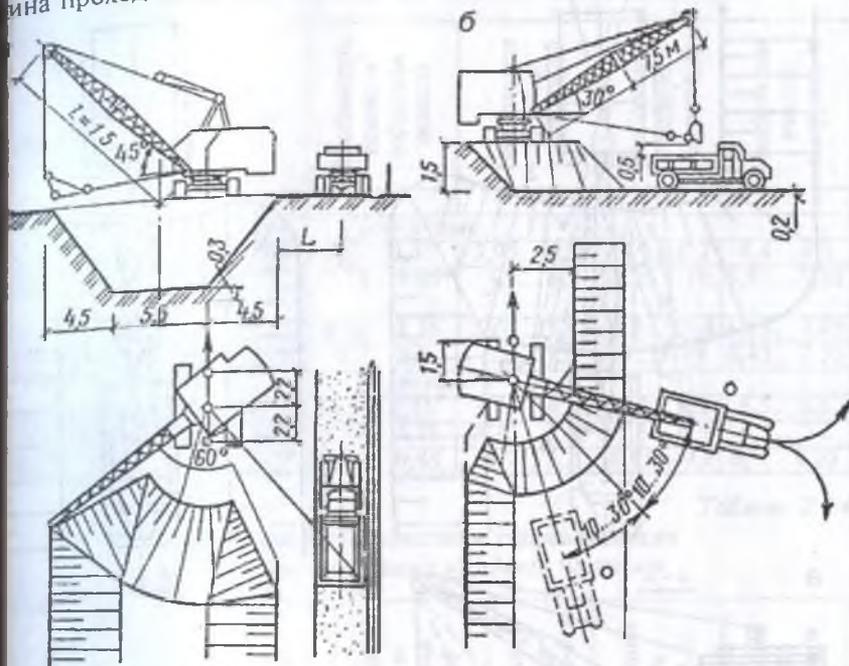


Рис. 2.6.7. Схемы работы драглайна:  
а — лобовая проходка; б — боковая проходка.

Автотранспорт в зависимости от условий работы может располагаться по верху разработки (рис. 2.6.7.а) или по подошве котлована (рис. 2.6.7.б).

Во всех случаях, когда состояние грунта и размеры подошвы проходки драглайна позволяют подавать автосамосвалы по дну проходки, применяют поперечно-челночный или продольно-челночный способ погрузки (рис. 2.6.8).

При поперечно-челночном способе углы поворота экскаватора превышают 150, сокращается время на разгрузку ковша и на реверсирование поворотного движения после его разгрузки.

При продольно-челночном способе грунт набирают перед задней стенкой кузова самосвала и, подняв ковш, разгружают его над кузовом. В этом случае поворотные движения экскаватора практически отсутствуют.

В последнее время в гидромелиоративном строительстве все чаще используют экскаваторы фирм-производителей из дальнего зарубежья. Ниже приведены некоторые из них с основными характеристиками и параметрами.

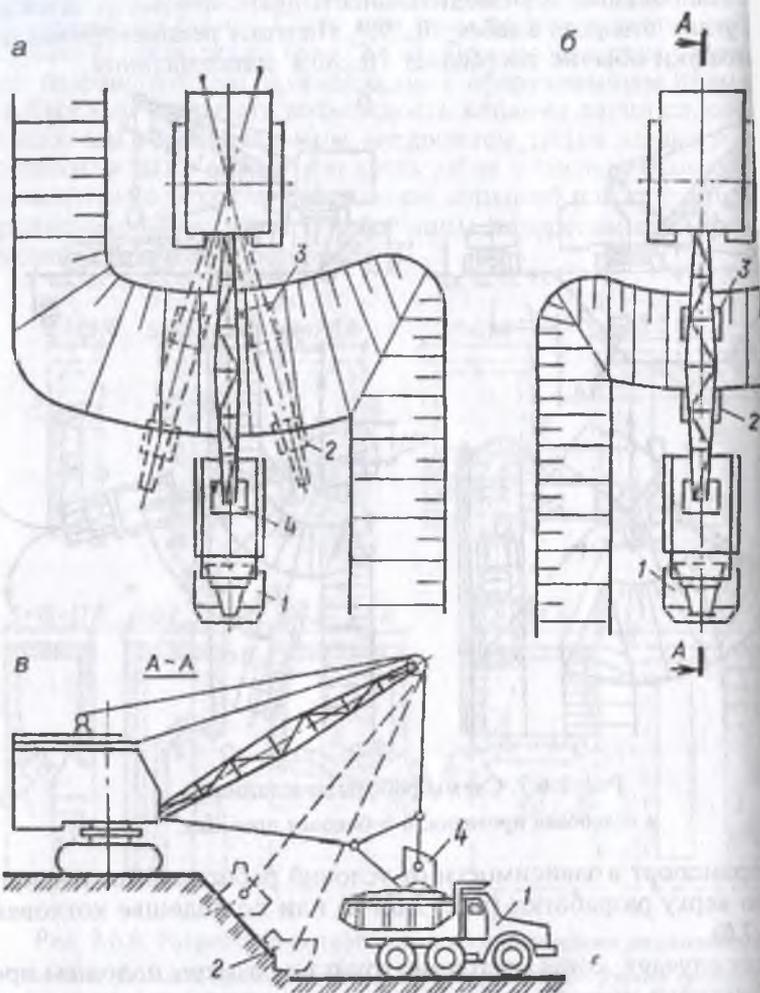


Рис. 2.6.8. Схемы разработки забоя драглайном:

а — поперечно-челночная; б, в — продольно-челночная; 1 — самосвал; 2 — опускание и набор грунта; 3 — окончание набора и подъем ковша; 4 — разгрузка ковша.

Таблица 2.6.3

Технические характеристики гидравлических экскаваторов концерна «Либхерр» Швейцария

Марка	Мощность двигателя, кВт/л.с	Рабочая масса, т	Вместимость ковша, м <sup>3</sup> (обратная лопата)	Наибольшая глубина копания, м	Наибольший радиус копания, м	Наибольшая высота выгрузки, м
1	2	3	4	5	6	7
Гусеничные						
Э10В	58/79	13,5...15,3	0,1...0,45	3,95...4,35	7,9...8,2	6,4...6,5
Р-900	70/95	17,6...19	0,14...0,85	4,8...6,3	8,15...10,8	6,85...7,85
Р-912	96/130	22,1...23,1	0,15...1,15	5,65...7,45	8,8...10,4	6,15...7,05
Р-932	120/162	25,6...26,8	0,3...2,0	5,8...7,8	9...10,9	6,45...7,35
Колесные						
Э10В	58/79	11,1...11,6	0,1...0,45	3,85...4,25	7,9...8,2	6,5...6,6
К-312	65/78	12,5...13,2	0,14...0,75	4,35...5,35	7,5...8,5	6,5...7,2
К-900	70/95	14,3...15,6	0,14...0,85	4,7...5,2	8,15...9,6	6,9...8,05

Таблица 2.6.4

Технические характеристики гидравлических экскаваторов компании «Richter» Франция

Марка	Мощность двигателя, кВт/л.с	Рабочая масса, т	Вместимость ковша, м <sup>3</sup> (обратная лопата)	Наибольшая глубина копания, м	Наибольший радиус копания, м	Наибольшая высота выгрузки, м
1	2	3	4	5	6	7
Колесные						
Р-42	51/70	12,1	0,3...0,5	3,7	7,1	4,4
Р-44	68/92	14	0,3...0,65	4,2	7,5	5,9
Гусеничные						
Н-97	64/86	16,3	0,3...0,9	4,5	7,6	4,6
Н-56	121/164	25,5	0,6...1,1	5,4	9,1	6,5

Технические характеристики гидравлических экскаваторов фирм «Като» Япония и «Fiat-Allis» Италия

Марка	Мощность двигателя, кВт/л.с	Рабочая масса, т	Вместимость ковша, м <sup>3</sup> (обратная лопата)	Наибольшая глубина копания, м	Наибольший радиус копания, м	Наибольшая
1	2	3	4	5	6	
«Като» гусеничные						
HD-1100	108/146	24,5	0,15...1,2	6,7	9,8	5
HD-1500	133/180	38,0	1,0...2,0	7,7	11,6	7
«Fiat-Allis» гусеничные						
SL-9	56/79	15,4	0,85	6,0	9,0	5
JCB-820	83,5/112	15,6	0,6...1,2	6,2	8,9	5

Таблица

Технические характеристики гидравлических экскаваторов фирмы «Хинда» Южная Корея

Марка	Мощность двигателя, кВт/л.с	Рабочая масса, т	Вместимость ковша, м <sup>3</sup> (обратная лопата)	Наибольшая глубина копания, м	Наибольший радиус копания, м	Наибольшая вы-
1	2	3	4	5	6	шая вы-
ROBEX колесные						
130	75/100	12,5	0,25...0,7	5,1	7,9	5
200	96/130	19,4	0,5...1,2	6,5	9,2	6
ROBEX гусеничные						
130	75/100	13,8	0,25...0,7	5,6	8,3	6
210	96/130	21,0	0,5...1,2	6,7	9,9	7
320	166/225	31,6	0,9...2	7,5	11,1	8
450	206/280	44,4	1,5...2,8	7,8	12,0	8

Технические характеристики гидравлических экскаваторов компании «Orenstain &amp; Koppel» Германия

Марка	Мощность двигателя, кВт/л.с	Рабочая масса, т	Вместимость ковша, м <sup>3</sup> (обратная лопата)	Наибольшая глубина копания, м
1	2	3	4	5
MH2,5c	34/46	4,9	0,135	3,5
MH2,10	58/79	9,9	0,235	3,7
MH4CS	49/67	12,6	0,6	4,5
MHC PLUS	53/72	15,6	0,8	4,7
MH SPMS	70/96	18,4	0,95	4,9
RH-2,12	58/79	11,6	0,45	4,8
RHCITY	49/67	14,3	0,6	4,9
RH-5 PMS	70/95	16,7	0,95	5,1
RH-8 PMS	125/170	25,1	1,3	5,8
RH-9 PMS	125/170	29,8	1,6	6,2
RH-16 PMS	156/225	36	1,85	6,3
RH-20 PMS	198/269	43,4	2,3	6,4

Таблица 2.6.8

Технические характеристики гидравлических экскаваторов корпорации «Кейс» США

Марка	Мощность двигателя, кВт/л.с	Рабочая масса, т	Вместимость ковша, м <sup>3</sup> (обратная лопата)	Наибольшая глубина копания, м	Наибольший радиус копания, м	Наибольшая высота выгрузки, м
1	2	3	4	5	6	7
колесные						
788	58/79	8,5...9,9	0,25...0,65	4,3...3,8	8,2...7,9	6,6...6,5
1188	104/140	18,7...20,4	0,46	6,2...4,2	10,3...8,1	8,6...6,1
1488	151/203	31...31,6	1,05	7,4...5,8	11,6...10	9,7...6,6
Гусеничные						
788	58/79	11,6...14,3	0,25...0,65	4,4...4	8,2...7,9	6,5...6,4
1188	104/140	21,3...23,4	1,2	6,4...4,4	10,3...8,1	8,4...5,9
1488	151/203	33,6...36,6	1,85	7,6...6	11,6...10	9,5...6,4

Технические характеристики экскаваторов, производимых в Российской Федерации

Марка	Мощность двигателя, кВт/л.с	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Наибольшая глубина копания, м	Наибольший радиус копания, м	Наибольшая высота
1	2	3	4	5	6
ЭО-2621В-3	45,6/60	0,25	4,15	5	
ЭО-3332А	59/80	0,4	5,4	8,9	
ЭО-3326	57/78	0,5	4,8	8,5	
ЭО-3122	56,6/78	0,63	5,2	8,2	
ЭО-4112А-1	66/90	0,65	4,5	10,2	
ЭО-4121В	96/130	1,0	6,0	9,2	
ЭО-4225	95,6/130	1,25	6,0	10,5	
МПП-71В (торфян.)	99/134	1,25	5,8	12	
ЭО-5221	125/170	1,6	6,5	10,4	

Таблица

Технические характеристики экскаваторов, производимых в Республике Узбекистан

Марка	Мощность двигателя, кВт/л.с	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Наибольшая глубина копания, м	Наибольший радиус копания, м	Наибольшая высота
1	2	3	4	5	6
ЭО-4111	59/82	0,8	6,6	14,3	5,3
ЭО-4225А	147/200	0,6-1,42	7,3	10,3	5,4

## § 7. Скреперные работы

Скрепер является высокопроизводительной землеройно-транспортной машиной и предназначен для послойной разработки и перемещения грунта с укладкой его в насыпи или отвалы слоями заданной толщины, с разравниванием и предварительным частичным уплотнением. Скреперы широко используются в комплексе с бульдозерами и другими землеройными машинами. Скреперы широко применяют на земляных работах:

- при снятии растительного слоя и перемещения его в кавальеры;
- при выполнении вскрышных работ в карьерах нерудных материалов;

- при возведении насыпей и выемок различного назначения с транспортировкой грунта;
  - при выполнении планировочных работ, со срезкой возвышенных мест и укладкой грунта в низкие места.
- Выбирая для производства работ скреперы необходимо учитывать:
- грунтовые условия (не применять в грунтах с крупными каменистыми включениями, плохо работают в сухих сыпучих и тяжелых глинистых грунтах);
  - влажность грунтов (не применять при наличии грунтовых вод, во влажных и липких грунтах коэффициент наполнения ковша снижается);
  - дальность перемещения грунта (для прицепных — 400 м, для самоходных до 3000 м);

- уклоны пути по местности и выездов из выемки и на насыпь;
- габаритные размеры выемки и насыпи (скрепер должен иметь ширину режущей кромки не более ширины разрабатываемой выемки по дну и свободно перемещаться по ширине насыпи, имея запас не менее 0,5 м с каждой стороны);
- достаточность места для маневрирования скрепера в пределах выемки и на насыпи с учетом практической величины радиуса поворота;
- общий объем работ и объем работ, приходящийся на один скрепер в условиях работы на рассматриваемом объекте.

В зависимости от темпов производства земляных работ (месячного объема переработки грунта, тыс. м<sup>3</sup>) можно рекомендовать к применению следующие типоразмеры скреперов:

- до 60 тыс. м<sup>3</sup> в месяц — объем ковша скрепера 2,75...6 м<sup>3</sup>;
- свыше 60 тыс. м<sup>3</sup> в месяц — объем ковша скрепера 6...15 м<sup>3</sup>.

Применение скреперов при разработке и транспортировке грунта более экономично по сравнению с экскаваторами.

Таблица 2.7.1

Длина пути набора грунта при работе с толкачом, м

Заполнение ковша	Объем ковша, м <sup>3</sup>		
	6...7	8...10	15
Геометрическое «шапкой»	9...13,5	10...12,5	15
	11,5...16	11...16	18

Лучшее наполнение ковша грунтом происходит при движении скрепера под уклон. При разработке связных грунтов целесообразно применять в процессе набора грунта трактор-толкач. При этом увеличивается наполнение ковша и сокращается время набора.

Средняя толщина стружки, см

Схема работы	Объем ковша, м <sup>3</sup>	Грунт		
		песок	супесь	суглинок
Без толкача	6...7	20	15	12
	10	30	20	18
	15	35	25	21
С толкачом	6...7	30	25	20
	10	30	30	25
	15	35	35	30

Мощность толкача должна быть в 1,5...2 раза больше мощности тягача скрепера. Длина набора грунта зависит от характера разрабатываемого грунта, типоразмера скрепера и принятой схемы работы. Потребное число толкачей зависит от дальности транспортировки грунта и типоразмера скрепера.

Таблица

Число скреперов на один толкач

Дальность транспортировки, м	Объем ковша, м <sup>3</sup>		
	6	10	15
100	2	—	—
300	3	3	2
500	4...5	4	2
1000	—	6	3
2000	—	11	6
3000	—	16	9

Применение скреперов позволяет комплексно механизировать процессы, особенно при возведении земляных сооружений местного характера.

Скреперы — мобильные машины, имеющие при наполнении ковше большую массу, поэтому для успешной работы их к качеству грунтово-возных дорог предъявляют особые требования. Дороги должны быть хорошо спланированы, иметь большие радиусы на поворотах, уклоны должны быть минимальными.

Таблица

Состав комплектов машин для механизмуемых процессов

Отрывка грунта, транспортировка и разгрузка его с разравниванием и уплотнением в местах укладки	Подталкивание скрепера для лучшего заполнения ковша	Дополнительное уплотнение грунта
Скреперы прицепные с ковшом объемом 6 м <sup>3</sup> с тракторами с тяговым усилием 100 кН	Трактор-толкач с тяговым усилием 100 кН	Катки прицепные, кулачковые массой 18 т с трактором с тяговым усилием 100 кН

Таблица 2.7.4 (продолжение)

Скреперы самоходные с ковшом объемом 8 м <sup>3</sup> в комплекте с тягачами мощностью 176 кВт	То же, с тяговым усилием 150 кН	Катки полуприцепные на пневмошинах массой 36 т с тягачом мощностью 176 кВт
То же, с ковшом объемом 15 м <sup>3</sup> в комплекте с тягачом мощностью 264 кВт	То же, с тяговым усилием 250 кН	То же, массой 56,7 т с тягачами мощностью 264 кВт

*Примечание.* Для всех процессов рыление грунта выполняют рылителем на тракторе с тяговым усилием 150 кН; содержание дорог в исправном состоянии для движения скреперов от забоя до места осуществляют автогрейдером.

Таблица 2.7.5

Наибольшие уклоны грунтовозных дорог для скреперов, %

Скрепер	Ковш нагруженный		Ковш порожний	
	подъем	спуск	подъем	спуск
Прицепной	0,15	0,25	0,17	0,3
Самоходный	0,12	0,2	0,15	0,25

В зависимости от размеров земляного сооружения, расположения выемок, насыпей, кавальеров или отвалов при работе скреперов наиболее часто используют следующие схемы их движения: эллиптическая, «восьмерка», спиральная, по зигзагу, челночно-поперечная, челночно-продольная (рис. 2.7.1).

Работа «по эллипсу» и «восьмерке» применима при возведении насыпей (высота 4–6 м) из одно- и двухсторонних резервов, при устройстве выемок с укладкой грунта в насыпи, дамбы и кавальеры, при планировочных работах. При работе «восьмеркой» за один проход скрепер совершает две операции загрузки ковша и две операции его разгрузки, что сокращает путь холостого пробега и, как следствие, повышает производительность скрепера. Также при «восьмерке» движение скреперного агрегата в правую, а потом в левую сторону в каждом цикле способствует устранению одностороннего износа его ходовой части.

Спиральную схему используют при возведении широких насыпей из двухсторонних резервов или широких выемок высотой или глубиной до 2,5 м. При этом работы ведут без устройства выездов и съездов.

Работу «по зигзагу» производят при возведении насыпей высотой до 6 м из резервов при длине захватки 200 м и более. Высота возводимой насыпи 2,5–6 м.

Челночно-поперечная схема применяется чаще при возведении насыпей и дамб высотой менее 1,5 м при работе из двухсторонних резервов или при устройстве каналов и выемок до 1,5 м с укладкой грунта в дамбы или кавальеры. Производительность работы скрепера по зигзагу выше на 15%, а при челночно-поперечной – на 30% по сравнению с эллиптической схемой.

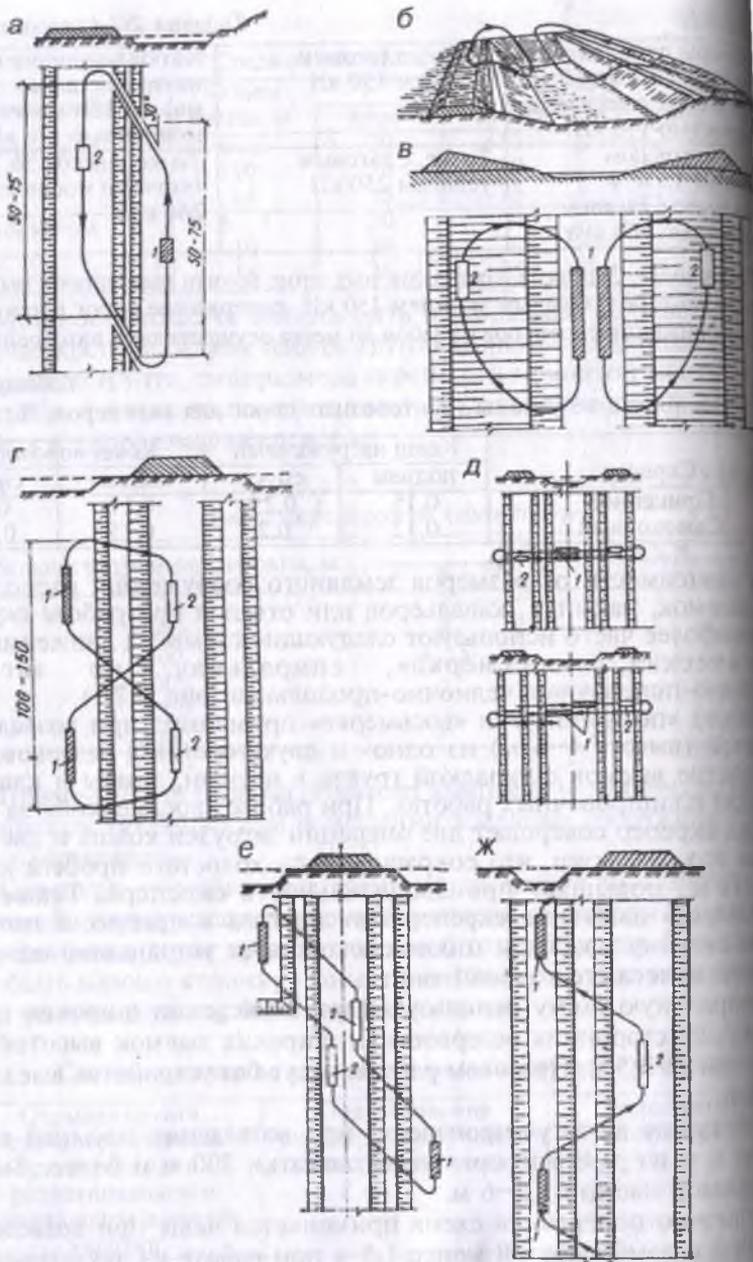


Рис. 2.7.1. Схемы движения скрепера при разработке грунта:  
 а-в – по продольному эллипсу; г – по восьмерке; д – по челочно-поперечной  
 схеме; е – по челочно-продольной схеме; ж – по зигзагу; 1 – наполнение котлована  
 – разгрузка.

Челночно-продольная схема движения скреперов применяется при возведении насыпей высотой 5...6 м с заложением откосов не круче 1:2 с транспортировкой грунта из двухсторонних резервов.

Схему движения для каждого конкретного случая следует выбирать с учетом местных условий так, чтобы пути движения были наименьшими.

## § 8. Бульдозерные работы

Бульдозеры предназначены для землеройно-планировочных работ, послойного разравнивания привозного грунта и перемещения его к голове отвала или насыпи, срезки растительного слоя и уборки его во временный склад, возведения насыпей из выемок или из боковых резервов высотой до 2 м и устройства полунасыпей-полувыемков на косогорах. Бульдозеры широко используют в комплексе с экскаваторами, скреперами и другими землеройными машинами (рис. 2.8.1).

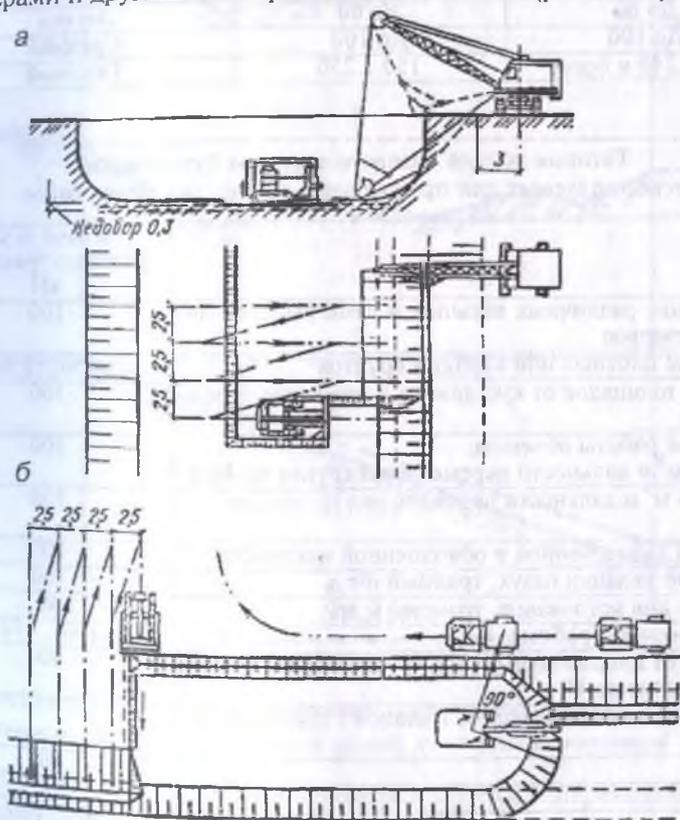


Рис. 2.8.1. Работа бульдозера в комплексе с экскаватором (стрелками показано направление рабочего хода):

а — перемещение грунта к месту разработки котлована драглайном; б — перемещение грунта к месту последующей разработки прямой лопатой.

По мощности двигателя базового тягача бульдозеры делят на малогабаритные, легкие, средние, тяжелые и особо тяжелые (табл. 2.8.1). Рекомендации по выбору той или иной группы бульдозера основаны на анализе тяговых усилий базового трактора (табл. 2.8.2).

Рациональная дальность перемещения грунтов I—III категории бульдозерами зависит в основном от мощности бульдозеров: на тракторах мощностью 40—55 кВт — до 30...50 м, 59—80 кВт — до 50 м, 118—132 кВт — до 100 м, 228—243 кВт — до 150...160 м.

Цикл работы бульдозера состоит из набора, перемещения, выравнивания грунта и обратного хода.

Таблица 2.8.2

Основные группы бульдозеров

Мощность двигателя базового тягача, кВт	Тяговое усилие, кН	Группа бульдозера
До 20	До 40	Малогабаритный
До 60	До 60	Легкий
До 100	До 100	Средний
120...240 и более	150...250	Тяжелый

Таблица 2.8.3

Тяговые усилия базового трактора бульдозеров, рекомендуемых для производства различных видов работ

Работы	Тяговое усилие базового трактора, кН
Возведение различных насыпей и дамб высотой до 2 м из резервов	100
Рыхление плотных или мерзлых грунтов	150...250
Очистка площадок от кустарника и пней диаметром до 20 см	100
Земляные работы объемом: до 3000 м <sup>3</sup> и дальности перемещения грунта до 40 м	100
до 50000 м <sup>3</sup> и дальности перемещения грунта до 70 м	100
Работы в заболоченной и обводненной местности	100
Обратные засыпки пазух, траншей и т.д.	100
Зачистка дна котлованов, траншей и др.	40
Планировочные работы	100...150
Разработка плодородного слоя грунта с дальностью перемещения до 40 м	40
Разработка выемок каналов, траншей с шириной по дну	
— 2 м	40
— 2-3 м	100
— 3-3,5 м	60...100
— 3,5-4 м	100...150
— 4-4,5 м	150...250

Набор (копание) грунта может производиться следующими способами:

– **клиновыи способ** – стружкой переменной толщины, переходя от наибольшей стружки к более тонкой. Так разрабатывают обычно грунты с малым сопротивлением копанию (рис. 2.8.2 а);

– **гребенчатый способ** – стружкой переменной толщины, с поперечным заглублением отвала. Так разрабатывают плотные и сухие грунты (рис. 2.8.2 б);

– **стружкой постоянной толщины**. Так разрабатывают все виды грунтов I...III групп при наборе их на подъеме или грунты со значительным сопротивлением копанию (рис. 2.8.2 в).

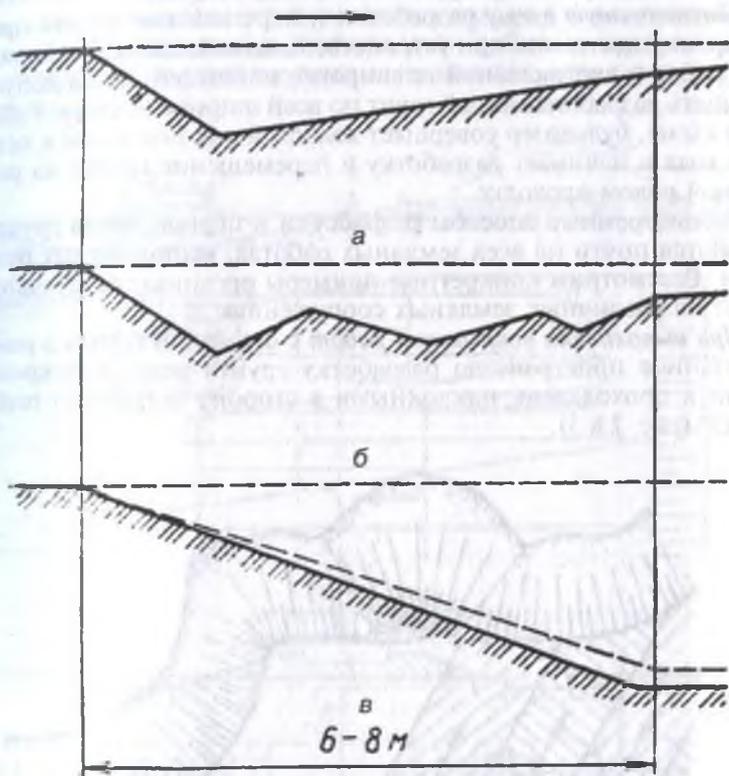


Рис. 2.8.2. Схема внедрения отвала в грунт и набор призмы волочения:

а – клиновыи способ; б – гребенчатый способ; в – стружкой постоянной толщины.

Различают три основные схемы разработки и перемещения грунта бульдозерами: прямую, боковую и ступенчатую.

**Прямую схему** применяют при рытье траншей и выемок, ширина которых незначительно превышает ширину отвала бульдозера; при устройстве въездов, когда допускается отсыпка грунта в одно место.

Работая по этой схеме, бульдозер при разработке и перемещении грунта передвигается по прямой линии, совершая возвратно-пательное движение без поворотов. Эту схему движения бульдозера нередко называют маятниковой.

**Боковую схему** работы бульдозера применяют при перемещении ранее разработанного грунта из отвалов или сыпучих материалов бункеров, при разработке легких грунтов, срезаемых толстыми ямами, а также при работе на косогорах. При этом разрабатываемый грунт располагается сбоку от пути, по которому бульдозер транспортирует его к месту отсыпки. Бульдозер захватывает отвалом грунт, делает поворотное движение, перемещая грунт на транспортный путь, а затем транспортирует его к месту отсыпки.

**Ступенчатую схему** разработки и перемещения грунта применяют преимущественно при устройстве насыпей, выполнении вскрышных работ и вертикальной планировке площадей, когда допустимо отсыпать разрабатываемый грунт по всей ширине выемки. Работая по этой схеме, бульдозер совершает холостой ход под углом к оси движения и начинает разработку и перемещение грунта на расстоянии рядом проходке.

Рассмотренные способы разработки и перемещения грунта меняются почти на всех земляных работах, выполняемых бульдозерами. Рассмотрим конкретные примеры организации бульдозерных работ на различных земляных сооружениях.

**При выполнении вскрышных работ** с отсыпкой грунта в ранее разработанное пространство карьера разработку грунта ведут перекрещивающимися проходками, наклонными в сторону выработки под углом  $10...12^\circ$  (рис. 2.8.3).

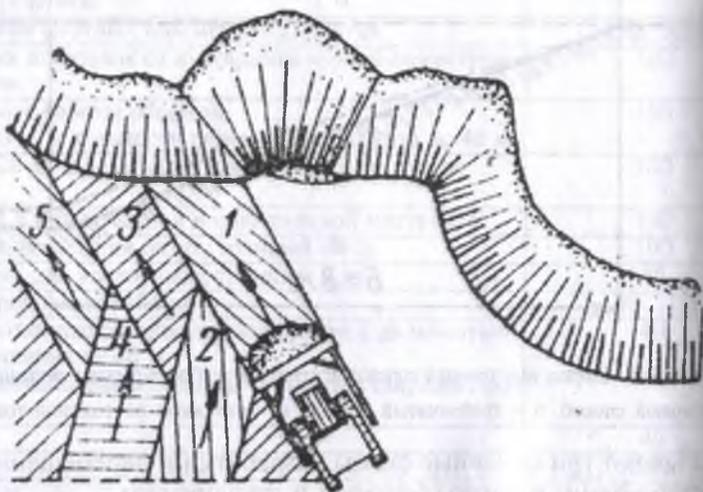


Рис. 2.8.3. Вскрышные работы бульдозерами при отсыпке грунта в выработанное пространство карьера (цифры показывают последовательность проходков).

Разработку грунта начинают на участках, расположенных в непосредственной близости от верхней бровки откоса старой выработки. При этом толщину срезаемого слоя грунта увеличивают по мере приближения бульдозера к выработке с тем, чтобы у ее откоса она была максимальной.

**Вертикальную планировку площадей** с помощью бульдозеров осуществляют после разбивки всей площади с указанием глубины снятия грунта на высоких участках и высоты отсыпки его в выемках. Грунт разрабатывается параллельными проходками. В этом случае целесообразно применять комбинированную схему разработки и перемещения грунта, сочетающую прямую и ступенчатые схемы.

**Возведение насыпей** бульдозерами без применения других машин (катков, поливочных машин) допускается только в тех случаях, когда техническими условиями на производство работ не предусмотрено уплотнение грунта и местные данные позволяют использовать грунт из резервов.

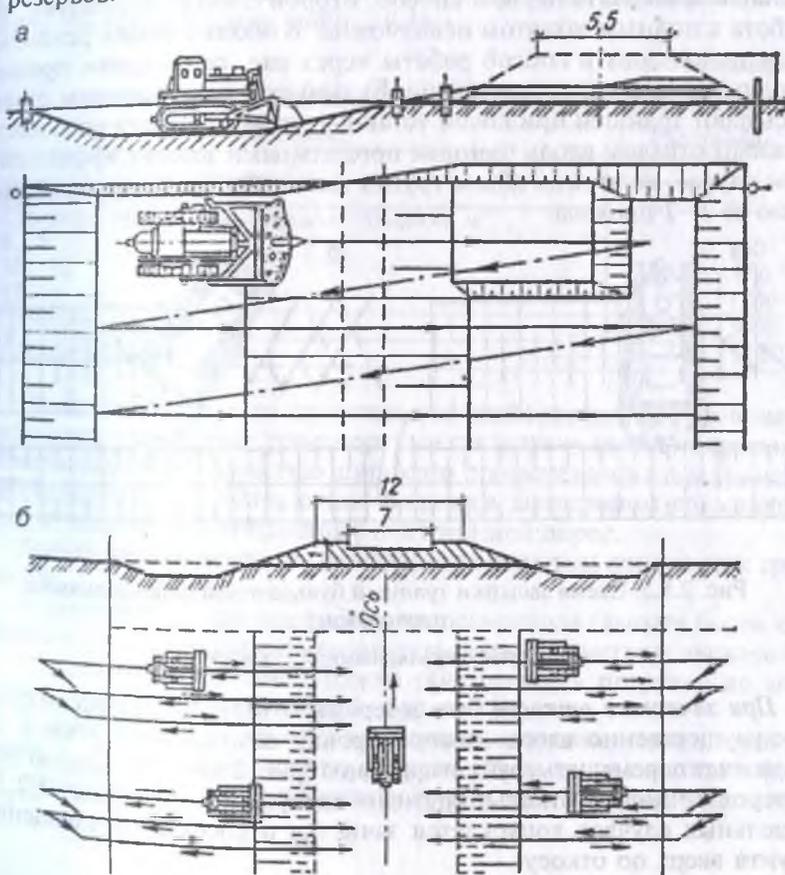


Рис. 2.8.4. Возведение насыпи бульдозерами:

а — из одностороннего резерва; б — из двухсторонних резервов.

В зависимости от ширины насыпи разработку грунта ведут или двухсторонних боковых резервах (рис. 2.8.4). Возводят на следующей технологической последовательности. Перед началом производят геодезическую разбивку насыпи и боковых резервов, целью которой является наметить ось и границы основания насыпи, границы бермы и резервов. Резервы закладывают преимущественно на нагорной стороне насыпи с поперечным двухсторонним уклоном дна 0,02 к середине резерва. Продольный уклон резерва должен составлять не менее 0,002 и не более 0,008. Для начала работы отсыпку ведут захватками длиной 50...100 м.

**Обратная засыпка траншей** бульдозером производится главным образом из отвала (рис. 2.8.5), расположенного вдоль траншеи двумя способами: перпендикулярными траншее параллельными проходами и косыми параллельными проходами. Если бульдозер может сделать один проход столкнуть грунт при полном захвате, то предпочтительнее применять первый способ. Второй способ используют, когда работа с полным захватом невозможна. В обоих случаях рекомендуется использовать способ работы через вал, если одним проходом столкнуть грунт затруднительно. Бульдозеры с поворотным отвалом засыпают траншеи при косо установленном отвале. Работа косо установленным отвалом вдоль траншеи продольными ходами эффективна в том случае, если весь объем грунта может быть перемещен в шее за 1-2 прохода.

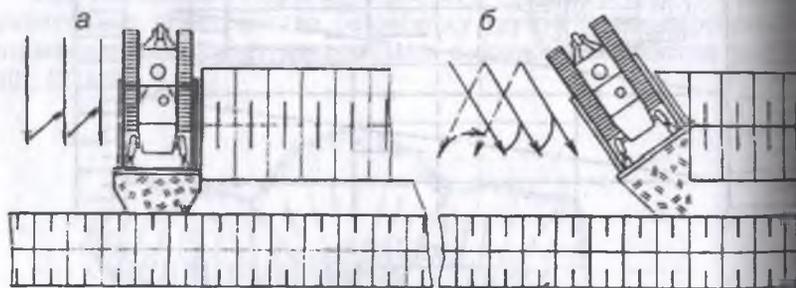


Рис. 2.8.5. Схема засыпки траншей бульдозером параллельными проходами:

а — перпендикулярными; б — косыми.

**При зачистке откосов** бульдозерами отвалы грунта расположены преимущественно вдоль нижней бровки зачищаемого откоса, что позволяет перемещать грунт сверху вниз (рис. 2.8.6). С помощью бульдозеров зачищают откосы, крутизна которых не превышает 1:1. В отдельных случаях допускается зачистка откосов с перемещением грунта вверх по откосу.

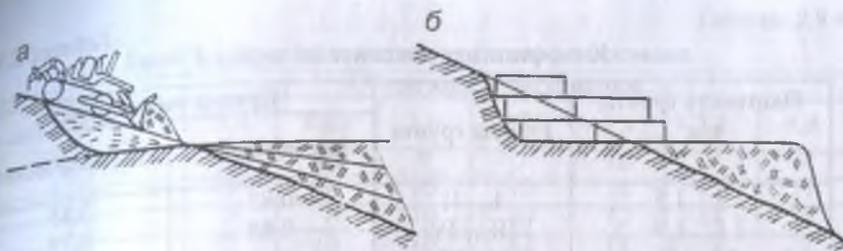


Рис. 2.8.6. Схема разработки бульдозером террас и полок на косогорах:  
а – поперечными; б – продольными проходами.

## § 9. Транспортирование грунта

Транспортировка грунта производится различными транспортными средствами, каждое из которых имеет свою оптимальную дальность транспортировки (табл. 2.9.1).

Таблица 2.9.1

Рациональные расстояния перемещения грунта машинами

Машины	Расстояние, м
1	2
Бульдозеры	10...70
Скреперы прицепные с ковшем объемом, м <sup>3</sup>	
6...8	50...60
10...12	50...600
15	50...1200
Скреперы самоходные	50...3000
Автомобили-самосвалы	500...5000

В водохозяйственном строительстве наиболее распространены безрельсовые цикличные транспортные средства – автосамосвалы. Это объясняется возможностью широкого применения их для транспортирования разных материалов, большим диапазоном грузоподъемности, сравнительно простой конструкцией дорог.

Выбор автосамосвалов производится с учетом следующих требований:

- технологические параметры автосамосвала (высота борта кузова и его размеры) должны соответствовать параметрам экскаватора;
- вместимость кузова должна обеспечивать погрузку не менее трех ковшей грунта (обычно 3–6 ковшей).

В зависимости от плотности в кузове самосвала помещается различный объем грунта, в свою очередь объем грунта в ковше экскаватора также зависит от плотности грунта и наполнения ковша (табл. 2.9.2).

Коэффициент наполнения ковша  $K_e$ 

Таблица

Плотность грунта, $\tau/\text{м}^3$	Группа грунта	Привод экскаватора	
		механический	гидравлический
1,2...1,5	I... II	0,85	0,85
1,6...1,9	III... IV	0,68	0,77
2...2,3	V... VI	0,45	0,68

Количество ковшей экскаватора  $n$ , необходимое для загрузки самосвалов различной грузоподъемности (при полном ее использовании), зависит от грузоподъемности самосвала  $G$  (тн), плотности грунта  $\gamma$  (тн/м<sup>3</sup>), вместимости ковша  $q$  (м<sup>3</sup>), коэффициента использования емкости ковша  $K_e$  и определяется:

$$n = \frac{G}{E \cdot K_e \cdot \gamma}$$

Количество циклов экскаватора, необходимое для погрузки самосвалов, представлено в таблице 2.9.3.

В зависимости от объема ковша экскаватора и дальности перемещения грунта, в таблице 2.9.4 приведена рациональная грузоподъемность автосамосвалов. Наименьшая грузоподъемность автосамосвалов в зависимости от объема ковша экскаватора при транспортировке грунта указана в таблице 2.9.5.

Таблица

Количество циклов экскаватора, необходимое для погрузки самосвалов

Грузоподъемность самосвала, т	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Группа грунта		
		I... II	III... IV	V... VI
3,5...4	0,4	9	7	10
	0,65	6	5	7
	1	4	3	4
	1,25	4	3	3
6	0,5	10	9	11
	0,65	9	7	8
	1	5	5	4
	1,25	4	4	3
	1,6	3	3	3
10	1	9	7	11
	1,25	7	6	5
	1,6	5	5	4
	2	4	4	3

Таблица 2.9.4

## Рациональная грузоподъемность автосамосвалов

Дальность перемещения грунта, км	Объем ковша экскаватора, м <sup>3</sup>						
	0,4	0,65	1,0	1,25	1,6	2,5	4,6
0,5	4,5	4,5	7	7	10	-	-
1,0	7	7	10	10	10	12	27
1,5	7	7	10	10	12	18	27
2	7	10	10	12	18	18	27
3	7	10	12	12	18	27	40
4	10	10	12	18	18	27	40
5	10	10	12	18	18	27	40

Таблица 2.9.5

## Наименьшая грузоподъемность автосамосвалов

Показатель	Значение показателя			
Объем ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	0,4...0,65	1...1,6	2,5	4,6
Минимальная грузоподъемность автосамосвала, т	4,5	7	12	18

## § 10. Уплотнение грунтов

Одна из важнейших операций на строительстве любого земляного сооружения – уплотнение грунта. Основные требования к процессу уплотнения грунтов: оптимальная влажность грунта, толщина отсыпаемого слоя, выбор оптимальной массы уплотняющих машин.

Достигнутое уплотнение грунта оценивается коэффициентом уплотнения. На практике необходимая плотность и оптимальная влажность устанавливается при привязке проекта к местным условиям.

Для уплотнения грунтов применяют грунтоуплотняющие машины как статического действия на грунт, так и динамического (рис. 2.10.1). Грунтоуплотняющие машины могут быть прицепными, навесными и самоходными, имеющими различные рабочие органы.

Основанием для выбора той или иной уплотняющей машины служат такие ее показатели: возможность применения в тех или иных грунтах, толщина уплотняемого слоя, производительность и стоимость единицы работы.

Эти показатели при уплотнении до плотности  $0,95\delta_{\text{макс}}$  приведены в таблице 2.10.1. Наиболее производительными машинами, обеспечивающими наименьшую стоимость уплотнения грунта, являются катки. К положительным качествам этих машин относятся также простота устройства и ухода за ними, высокая надежность и долговечность.

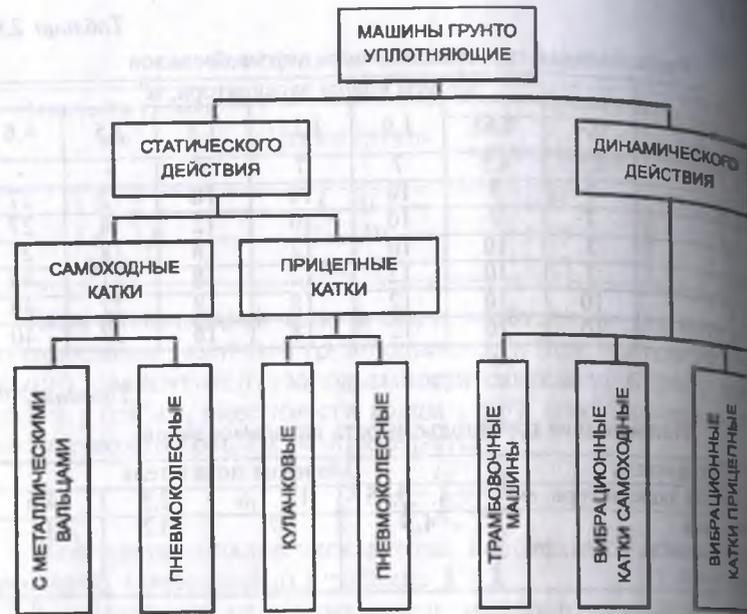


Рис. 2.10.1. Классификация выпускаемых грунтоуплотняющих машин

Технико-экономические показатели уплотняющих машин (по данным Н.Я. Хархуги)

Тип машины	Уплотняемые грунты	Оптимальная толщина слоя, см.	Производительность м <sup>3</sup> /ч	Относительная
1	2	3	4	5
Катки на пневматических шинах	Связные и несвязные	30-40	100-300	
Катки кулачковые	Связные	15-25	130-170	
Катки прицепные решетчатые	Связные и несвязные	15-35	100-200	
Трамбующие плиты на экскаваторах	То же	60-120	40-110	
Трамбующие машины	То же	40-70	130-200	
Вибротрамбующие плиты самоходные	Несвязные	35-40	20-50	
Вибрационные катки прицепные	То же	30-40	200-300	

Однако катками могут уплотняться слои сравнительно малой толщины, и кроме того необходимо наличие значительного фронта работ (длина захватки не менее 50-100 м при ширине уплотняемой полосы не менее 10-12 м). Поэтому применение катков наиболее рационально при уплотнении насыпей плотин, дамб и подобных сооружений.

Наиболее эффективны и универсальны катки на пневматических шинах. Катки с решетчатыми барабанами целесообразно использовать на комковатых и мерзлых грунтах.

Трамбующие машины эффективны при значительной толщине уплотняемых слоев как связных, так и несвязных грунтов. Для уплотнения несвязных грунтов (песков, обломочных пород) наиболее целесообразными, а часто и единственно пригодными, являются виброкатки. Виброплиты являются эффективными, в том числе и виброкатки. Виброплиты рациональны при меньших объемах работ, особенно в стесненных условиях (например, обратная засыпка траншей и пазух у стен зданий и сооружений).

Уплотнение грунтов в насыпях. В основе технологии укладки и уплотнения грунтов лежит разбивка насыпи на карты - участки небольшой длины, на которых последовательно производят операции по разгрузке грунта, его разравниванию и уплотнению. Число участков, одновременно используемых для укладки грунта, зависит от объема работ, наличия оборудования, сезона производства работ и может меняться в пределах от 4 до 2. В летнее время наибольшей производительности можно достигнуть, если работы вести на 4-х участках. В зимнее время число участков следует принимать не более 2-х. Размеры карт определяют конкретными условиями проекта сооружения, применяемыми механизмами и условиями производства работ, однако их длина не должна быть не менее 200 м.

Рекомендуются следующие размеры участков: для кулачковых катков 25-300 м; для катков на пневматических шинах - 200 м; для виброкатков - 200-250 м; для виброуплотняющих и трамбующих машин при уплотнении лессовых, просадочных и гравелистых грунтов не менее 50 м (табл. 2.10.2).

При дальнейшем увеличении длины участка производительность катков возрастает, но при этом появляется опасность высушивания грунта до его окончательного уплотнения.

Таблица

Основные технологические показатели для выбора  
грунтоуплотняющих машин

Масса катка, т	Тяговое усилие тягача, т	Рабочая скорость, м/с	Толщина уплотняемого слоя грунта, см		Ширина уплотняемой полосы, м	Ширина насыпи, м	
			связного	несвязного		из условий ТБ	из условий разворота
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Прицепные катки статического действия</b>							
5	30	1...1,75	15...2	—	1,5	2,7	13
5x2	60	0,65...1,8	0	—	3	3,7	20
9	30	1,25...1,8	15...2	—	1,8	2,7	15
9x2	60	5	0	—	3,6	4,3	20
17,3	60	0,66...1,8	20...2	—	2,6	3,6	15
29	150	0,66...1,8	2	—	2,73	3,7	20
		0,8...1,8	20...2				
			2				
			30...3				
			5				
			50				
<b>Прицепные катки на пневмошинах</b>							
12,5	30	1,25...1,8	15...2	20...25	2,2	3,2	15
25	60	5	0	35...40	2,64	3,6	15
		0,66...1,8	30...3				
			5				
<b>Полуприцепные катки на пневмошинах</b>							
34	100	0,7...2	35...4	40...45	2,8	3,8	30
			0				
<b>Самоходные катки на пневмошинах</b>							
16	—	0,7...2	20...2	25...30	1,62	2,6	2,6
30	—	0,7...2	5	35...40	2,14	2,1	2,1
			30...3		г		
			5				
<b>Самоходные гладкие катки статического действия</b>							
6,4	—	0,67...0,9	—	10...15	1,8	2,8	2,8
10	—	7	—	15	1,8	1,8	2,8
12,2	—	0,52...0,7	—	15	1,3	2,3	2,3
15,5	—	5	—	15	1,3	2,3	2,3
		0,78...1,7					
		0,78...1,7					
<b>Самоходные вибрационные катки с гладкими вальцами</b>							
0,67	—	0,39...0,7	10	10...15	0,66	1,25	1,25
1,5	—	8	15	20	0,73	1,5	1,5
1,7	—	0,39...1	15	20	0,85	1,5	1,5
4	—	0,44...0,7	20	30	1	2	2
8	—	0,5...1,8	25	35	1	2	2
		0,6...1,94					
<b>Прицепной вибационный каток с гладкими вальцами</b>							
3	30	0,33...0,4	30	40	1,4	2,5	12

Ширину насыпи, как и ширину участков, принимают из условия безопасного ведения работ уплотняющей машиной, которая должна находиться от бровки насыпи на расстоянии, предотвращающем ее сползание на откос.

При недостатке воды и отсутствии возможности поливать уплотняемый грунт для создания оптимальных условий производства работ отсыпку и разравнивание грунта следует производить в максимально короткий срок, не допуская его высыхания.

Для уплотнения грунтов, влажность которых отличается от оптимальной более чем на 5%, следует увеличить число грунтоуплотняющих машин или принять меры для уменьшения отклонения влажности грунта от оптимальной.

Число проходов катка или других средств уплотнения определяется опытным уплотнением.

Необходимое число проходов катка или ударов трамбующей плиты зависит от удельной силы трения, толщины уплотняемого слоя и ряда других факторов и определяется по формулам:

$$\text{для катков} \quad n = (A_{\text{д}} H_{\text{д}}) / (q f);$$

$$\text{для плит} \quad n = (A_{\text{д}} H_{\text{д}}) / (q_{\text{д}} h),$$

где  $A_{\text{д}}$  — удельная работа уплотняющих машин, Дж;  $H_{\text{д}}$  — толщина уплотняемого слоя в плотном теле, м;  $q$  — линейное давление катка, МПа,  $q = m/B$ ;  $q_{\text{д}}$  — статическое давление трамбующего органа машины МПа,  $q_{\text{д}} = m/F$ ;  $m$  — масса катка или трамбовки, кг;  $B$  — ширина рабочей площади катка, см;  $F$  — площадь основания трамбовки, см<sup>2</sup>;  $f$  — коэффициент сопротивления катка;  $h$  — высота падения трамбуемого груза, см.

При уплотнении слоя рыхлого грунта, отсыпанного, например, драглайном или грейдером-элеватором, следует производить сначала укатку катком легкого типа без загрузки его балластом. Эта операция не требуется в тех случаях, когда слой грунта отсыпается автомобилями-самосвалами, тракторными тележками или скреперами. В этом случае грунт уплотняется до требуемой нормы плотности грунтоуплотняющими машинами.

При укатке прицепными катками первый и второй ход катка выполняют на расстоянии 2...2,5 м от бровки насыпи, а затем, смещая ходы на 1/3...1/4 ширины катка в сторону бровки, уплотняют края насыпи. После этого укатку продолжают круговыми проходками от края к середине насыпи с перекрытием каждого прохода на 1/3...1/4 ширины катка.

Число проходов катка на пневмоколесном ходу по одной полосе ориентировочно принимают: для песчаных грунтов 2...3, для супесчаных 3...4 и для суглинистых и глинистых 5...6.

**В стесненных условиях** для уплотнения связных, маловлажных, а также несвязных грунтов (засыпка пазух у фундаментов зданий и сооружений и т.д.) можно использовать малогабаритные вибрационные катки, пневмо- или электротрамбовки. Также широкое приме-

нение в данных условиях нашли трамбуемые машины и трамбовочные плиты на экскаваторах. Эти машины обеспечивают эффективное уплотнение всех разновидностей грунтов. Уклон поверхности грунта, уплотняемого трамбуемой машиной, не должен превышать в поперечном направлении 9% и в продольном 18%.

Вибрирование следует применять для уплотнения несвязных и полусвязных грунтов, содержащих не более 6% глинистых фракций, также песчано-гравелистых грунтов. Грунт уплотняют вибрационными катками по круговой схеме движения или челночным способом.

Грунты с толщиной слоя 0,4...0,5 м следует уплотнять вибрационными катками с величиной возмущающей силы 50...100 кН. Число проходов вибрационного катка по одному следу ориентировочно можно принять равным 2, 3, 4 и 5 при толщине грунта соответственно 0,5; 0,75; 1 и 1,25 м.

Песчаные грунты на глубину до 1,5 м можно уплотнять вибрационными катками с величиной возмущающей силы 180...280 кН. Число проходов вибрационного катка по одному следу ориентировочно можно принять равным 2, 3, 4 и 5 при толщине грунта соответственно 0,5; 0,75; 1 и 1,25 м.

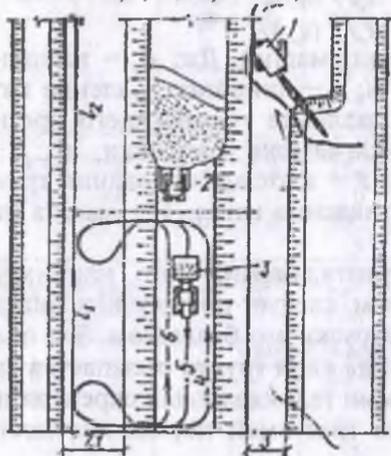


Рис. 2.10.2. Возведение насыпи из резерва:

- 1 — экскаватор;
- 2 — бульдозер;
- 3 — каток;
- 4, 5, 6 — проходы.

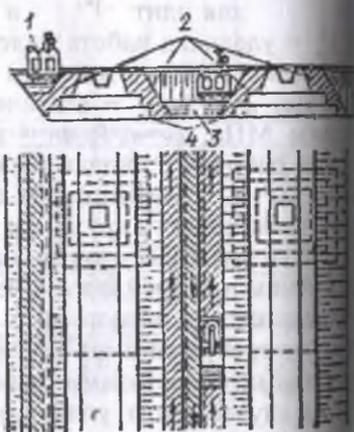


Рис. 2.10.3. Уплотнение грунта в стесненных условиях:

- 1 — каток;
- 2 — зоны уплотнения электровибрировки;
- 3 — слой отсыпаемого грунта;
- 4 — фундамент.

Самопередвигающиеся машины применяют при уплотнении связных грунтов, отсыпаемых слоями до 0,8 м на прямолинейных участках небольшой длины, захватками 50...100 м, с продольным уклоном уплотняемой поверхности не более 10% и поперечными уклонами не более 5%.

Следует учитывать силу воздействия грунтоуплотняющего оборудования и в местах примыкания грунта к элементам зданий и сооружений.

жений производить уплотнение с большой осторожностью на расстоянии, определяемом проектом производства работ.

### § 11. Определение производительности машин по нормативным документам. Определение трудоемкости строительного-монтажных работ

Производительность строительных машин разделяют на теоретическую или конструктивную, техническую и эксплуатационную.

Эксплуатационной называется производительность машины за рабочее время в конкретных условиях с учетом всех предусмотренных сменным режимом работы машины неизбежных простоев, вызываемых техническими, технологическими и организационными причинами. Эксплуатационная производительность отличается от технической лишь коэффициентом использования машины по времени смены  $K_{\text{в}}$ , который определяется сменным режимом работы.

Таким образом, рассматриваемая производительность машины является нормой выработки, с помощью которой устанавливают производственные нормы главным образом для оплаты труда рабочих и планирования фонда заработной платы. Эти нормы определяют качество и количество труда, необходимого для обеспечения эффективной работы рабочих в течение смены при полном использовании технических возможностей машины, установленных сменным режимом работы.

Сметная производительность — выработка машин, отнесенная ко времени смены с учетом внутрисменных простоев (неподготовленность фронта работ, задержка поставки горючего, смазочных материалов, запасных частей, аварийные ремонты, прогулы и опоздания на работу обслуживающего персонала и другие причины), не являющихся неизбежными, но обычно встречающихся на практике. Известно, что для получения сметной нормы выработки машины необходимо производственные нормы выработок умножить на переходной коэффициент  $K_{\text{пр}}$ , величина которого для ведущих машин находится, как правило, в пределах 0,75—0,85.

Производительность техники, установленная с учетом перечисленных выше внутрисменных простоев, приводится в ШНК и служит для определения необходимого числа машино-часов при составлении проекта производства работ и сметной стоимости строительства. Поэтому сметные нормы выработки нужно рассматривать как самостоятельный вид производительности, чтобы в результате изучения и анализа факторов, определяющих его, наметить пути снижения или полного устранения простоев, вызываемых организационными неполадками.

Определение часовой производительности машин и трудоемкости работ производится по соответствующим сборникам элементарных сметных норм на строительные работы. Так расчеты по производству земляных работ производятся по ШНК 4.02.01—04 Сборник 1. Земляные работы.



Определяем трудоемкость работ по формуле:

$$3T_{\text{ср.об}} = \frac{3T_{\text{раб.стр}} + 3T_{\text{нав}}}{\text{измеритель}} = \frac{7,91 + 34,46}{1000} = 0,04237 \text{ чел.} \cdot \text{час}$$

## § 12. Определение количества машин и механизмов, уточненного срока их работы. Определение потребности в рабочей силе

Определение количества машин и продолжительность их работы производится, исходя из объема работ и средневзвешенной нормативной производительности. Если экскаватор разрабатывает грунт на транспорт и навывет, то количество экскаваторов и уточненный срок их работы определяется через средневзвешенную производительность экскаватора на этих работах. Тогда количество экскаваторов  $N_{\text{экс}}$  (шт.) при разработке грунта (сухого, мокрого, навывет или на транспорт) составит:

$$N_{\text{экс}} = \frac{V \cdot 12}{D \cdot P_{\text{ср.вз}}^{\text{час}} \cdot T \cdot K_{\text{в}}}, \quad (2.12.1)$$

где  $V$  — объем работ, выполняемый экскаватором,  $\text{м}^3$ ;  $P_{\text{ср.вз}}^{\text{час}}$  — часовая средневзвешенная производительность экскаватора, при разработке сухого и мокрого грунта навывет и на транспорт,  $\text{м}^3/\text{час}$ .

$$P_{\text{ср.вз}}^{\text{час}} = \frac{P_{\text{ср.вз}}^{\text{час нав}} \cdot V_{\text{нав}} + P_{\text{ср.вз}}^{\text{час тр}} \cdot V_{\text{тр}}}{V_{\text{нав}} + V_{\text{тр}}}, \quad (2.12.2)$$

где  $P_{\text{ср.вз}}^{\text{час нав}}$  — часовая средневзвешенная производительность экскаватора при разработке сухого и мокрого грунта навывет,  $\text{м}^3/\text{час}$ ;  $P_{\text{ср.вз}}^{\text{час тр}}$  — часовая средневзвешенная производительность экскаватора при разработке сухого и мокрого грунта с погрузкой на транспортное средство,  $\text{м}^3/\text{час}$ ;  $V_{\text{нав}}$ ,  $V_{\text{тр}}$  — соответственно объемы работ, разрабатываемые экскаватором навывет и с погрузкой на транспортное средство,  $\text{м}^3$ ;  $K_{\text{в}}$  — коэффициент использования внутрисменного времени.

Часовая средневзвешенная производительность экскаватора при разработке сухого и мокрого грунта навывет определяется по формуле:

$$P_{\text{ср.вз}}^{\text{час нав}} = \frac{P_{\text{час.сух}}^{\text{нав}} \cdot V_{\text{сух}} + P_{\text{час.мокр}}^{\text{нав}} \cdot V_{\text{мокр}}}{V_{\text{сух}} + V_{\text{мокр}}}, \quad (2.12.3)$$

где  $P_{\text{час.сух}}^{\text{нав}}$ ,  $P_{\text{час.мокр}}^{\text{нав}}$  — часовые производительности экскаватора при разработке сухого и мокрого грунта навывет,  $\text{м}^3/\text{час}$ ;  $V_{\text{сух}}$  — объем сухого грунта,  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{мокр}}$  — объем мокрого грунта,  $\text{м}^3$ .

Часовая средневзвешенная производительность экскаватора при разработке сухого и мокрого грунта с погрузкой на транспорт определяется по формуле:

$$P_{\text{час тр}}^{\text{вз}} = \frac{P_{\text{час.сух тр}}^{\text{вз}} \cdot V_{\text{сух}} + P_{\text{час.мокр тр}}^{\text{вз}} \cdot V_{\text{мокр}}}{V_{\text{сух}} + V_{\text{мокр}}},$$

где  $P_{\text{час.сух тр}}^{\text{вз}}$ ,  $P_{\text{час.мокр тр}}^{\text{вз}}$  — часовые производительности экскаватора при

разработке сухого и мокрого грунта с погрузкой на транспортное средство, м<sup>3</sup>/час;  $P^{\text{час.сух}}$  — часовая производительность экскаватора при разработке сухого грунта (м<sup>3</sup>/час).

$$P^{\text{час.мокр}} = \frac{P^{\text{час.сух}}}{K_{\text{в.гр.в}}}, \quad (2.11)$$

где  $P^{\text{час.мокр}}$  — часовая производительность экскаватора при разработке мокрого грунта (м<sup>3</sup>/час);  $K_{\text{в.гр.в}}$  — коэффициент, учитывающий влияние грунтовых вод на производительность экскаватора (определяется по ШНК 4.02.01–04 табл.1–1, стр. 6–12);  $T$  — продолжительность периода выполнения рассматриваемых работ, сут.;  $F$  — годовой фонд времени экскаватора в году, час.

Годовой фонд времени экскаватора в году определяется путем исключения из календарного времени года дней, в которые были перерывы в работе экскаватора по всем причинам:

$$D = 8760 - (D_{\text{п}} + D_{\text{пер}} + D_{\text{м}} + D_{\text{т}} + D_{\text{ос}} + D_{\text{рем}}) \text{ час} \quad (2.12)$$

Таблица 2.12

Годовой режим работы экскаваторов

Показатели	q = 0,4-0,65 м <sup>3</sup>	q > 0,65
Всего:	8760	8760
праздничные и выходные дни $D_{\text{п}}$	2688	2688
перебазировка машин $D_{\text{пер}}$	75	75
метеорологические причины $D_{\text{м}}$	60	60
техническое обслуживание и ремонт $D_{\text{т}}$	1172	1386
внесменное время $D_{\text{ос}}$	1471	1471
непредвиденные причины $D_{\text{н}}$	120	120
рабочее время $D$	3174	2960

Полученное по формуле значение количества машин округляется до целого значения и уточняем продолжительность работы  $T_{\text{уточ}}$  (мес) для полученного количества машин:

$$T_{\text{уточ}} = \frac{V \cdot 12}{P^{\text{час.сух}} \cdot K_{\text{в.гр.в}} \cdot D \cdot N_{\text{маш}}} \quad (2.13)$$

Потребность в рабочей силе определяется с учетом выполняемого объема работ и затрат труда на единицу объема. Количество рабочих, занятых на рассматриваемой работе  $N_{\text{раб}}$  (чел.) определяется

$$N_{\text{раб}} = \frac{3T_{\text{ед.об}}^{\text{сп}} \cdot V}{T_{\text{раб}}}, \quad (2.14)$$

где  $3T_{\text{ед.об}}^{\text{сп}}$  — средневзвешенная трудоемкость работ, чел.-час;

$$3T_{\text{ед.об}}^{\text{сп}} = \frac{3T_{\text{ед.об}}^{\text{сух}} \cdot 3T_{\text{ед.об}}^{\text{мокр}} \cdot (V_{\text{мокр}} + V_{\text{сух}})}{3T_{\text{ед.об}}^{\text{сух}} \cdot V_{\text{сух}} + 3T_{\text{ед.об}}^{\text{мокр}} \cdot V_{\text{мокр}}}, \quad (2.15)$$

$3T_{\text{ед.об}}^{\text{сух}}$  — затраты труда при разработке сухого грунта экскаватором на вымет, чел.-час;  $3T_{\text{ед.об}}^{\text{мокр}}$  — затраты труда при разработке мокрого

грунта экскаватором на вымет (определяется с учетом  $K_{\text{в.гр.в}}$ ), чел.-час;  $T_{\text{раб}}^{\text{уточ}}$  — уточненная продолжительность работы машины, час.

### § 13. Контроль качества земляных работ

Качество земляных работ должно контролироваться непосредственно в процессе их выполнения, после окончания работ на отдельном объекте или на участке крупного объекта, при приемке работ от исполнителей.

В ходе выполнения и при сдаче земляных работ контролируются:

- положение выполненных выемок и насыпей в пространстве (плановое и высотное);

- геометрические размеры земляных сооружений и ровность поверхностей;

- свойства грунтов, используемых для возведения насыпных сооружений и залегающих в основании сооружений;

- качество укладки грунтов в профильные насыпи (плотины, дамбы, насыпи) и обратные засыпки (пазухи сооружений, траншей).

Заданное в пространстве положение выемок и насыпей обеспечивается правильной геодезической разбивкой, выполняемой перед началом работ в соответствии с проектным положением сооружения.

До начала земляных работ геодезическими методами проводят привязку и разбивку осей выемок и насыпей. Положение границ выемок и насыпей обычно находят более простыми измерениями на местности по отношению к осевым линиям. Аналогичным способом проверяют плановое расположение сооружений после их возведения.

Проверка соответствия действительных геометрических параметров проектным производится с помощью геодезических замеров. Нормативными материалами установлены допустимые отклонения геометрических размеров (табл. 2.13.1).

Таблица 2.13.1

Допустимое отклонение геометрических параметров основных земляных сооружений

Параметр	Допустимое отклонение	Способ проверки
Отметка бровки или оси сооружения, м	±0,05	Нивелировка
Продольный уклон дна выемки	0,005	То же
Уменьшение минимально допустимых уклонов дна канав и дренажей	Не допускается	То же
Отметка дна котлована после доработки, м	0,05	То же
Сужение земляного полотна	Не допускается	Промером через 50 м
Ширина верха сливной призмы, м	0,1	То же

Таблица 2.13.1 (продолжение)

Параметр	Допустимое отклонение	Способ проверки
Крутизна откосов, % Увеличение	Не допускается	Промером на каждом шаге
Уменьшение	5...10	То же
Ширина насыпных берм, м	0,15	Промером на 50 м
Ширина канав, м	0,1	То же
Уменьшение поперечных размеров кюветов	Не допускается	То же

В ряде случаев для проведения таких контрольных работ используются приборы, изготовленные строителями. Так, для контроля углов откосов применяют маятниковый прибор, корпус которого закреплен на деревянной рейке длиной 2 метра. Прибор закреплен на верхнем конце рейки, поэтому замеры можно выполнять, находясь на насыпи у бровки откоса выемки.

Принцип действия этого прибора основан на том, что при изменении угла наклона корпуса маятник всегда занимает нижнее положение, а рейка вертикален, поэтому указатель фиксирует на шкале угол наклона корпуса, а следовательно, и угол откоса.

Основным критерием оценки качества земляных работ является плотность грунта. Работы по контролю качества грунта осуществляются специальной лабораторией генподрядчика.

При возведении сооружений I и II классов, кроме основных характеристик систематически контролируются естественная плотность и влажность грунтов в карьерах и периодически проводятся более полные исследования физико-механических свойств укладываемого грунта в сооружения.

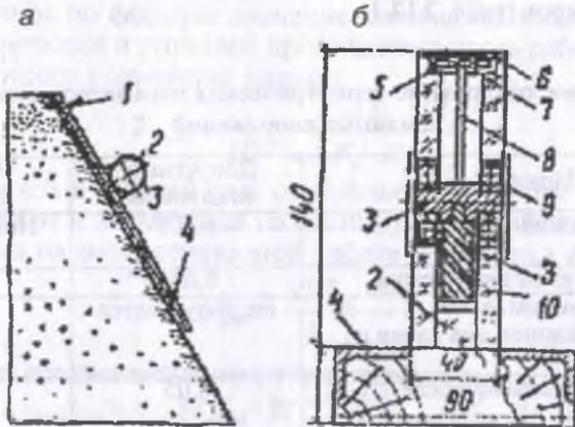


Рис. 2.13.1. Прибор для контроля крутизны откосов.  
Установка прибора на откосе (а); схема прибора (б):

1 — ручка рейки; 2 — корпус прибора; 3 — прибор; 4 — деревянная рейка; 5 — радиальный диск; 6 — указатель; 7 — рычаг; 8 — ось; 9 — подшипник оси; 10 — боковые стенки.

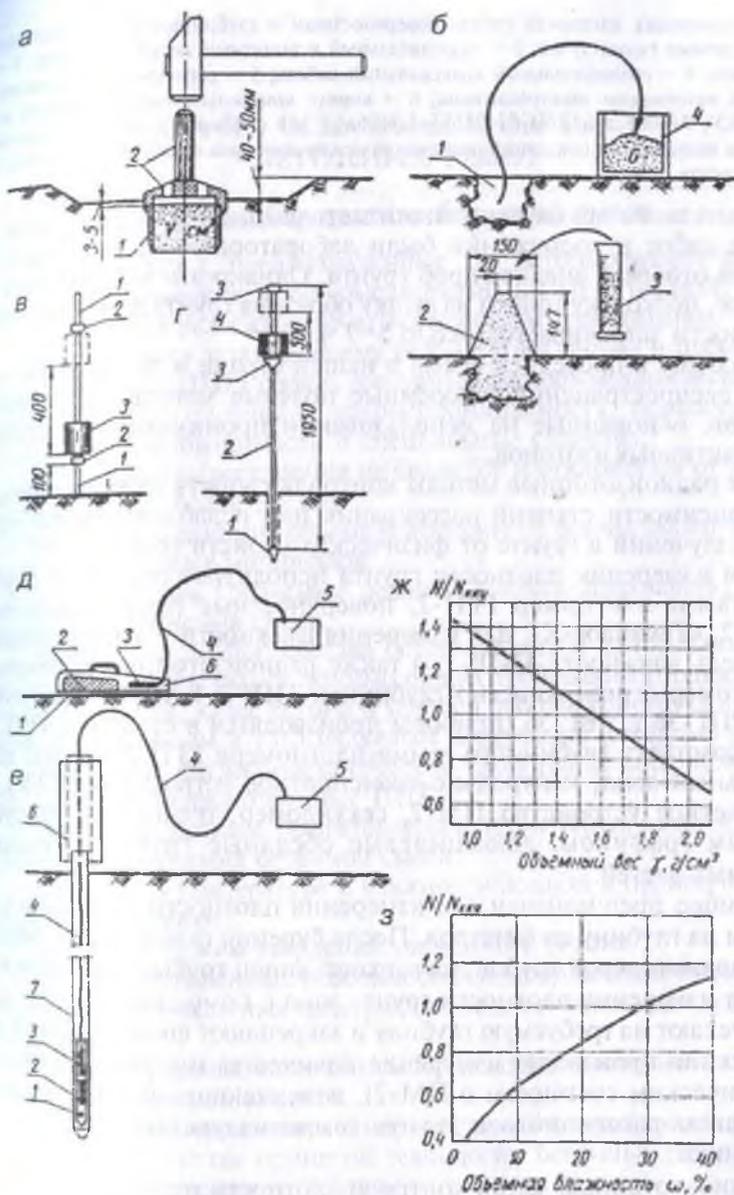


Рис. 2.13.2. Методы контроля плотности грунта:

а — отбор пробы режущим кольцом (1 — кольцо; 2 — приспособление для забивки колец после расчистки поверхности на 40-50 мм); б — отбор пробы для определения плотности методом шурфика (1 — шурфик; 2 — конус, устанавливаемый над шурфиком; 3 — мерный цилиндр с просеянным одномерным сухим песком; 4 — коробка-ящик для грунта из шурфика); в — ударник плотномер ДорНИИ (1 — рабочая часть плотномера; 2 — упоры; 3 — груз массой 2,5 кг, сбрасываемый между упорами); г — пенетромтр ДИИТ-4 (1 — рабочая часть в виде конуса с углом заострения 30°; 2 — стальная трубка с делениями через 10 см; 3 — упоры; 4 — груз массой 3,2 кг, сбрасываемый между упорами); д, е —

схемы измерения плотности грунта поверхностным и глубинным гамма-плотномером (1 — источник гамма-лучей; 2 — разделительный и защитный экран из свинца; 3 — счетчик; 4 — соединительный коаксиальный кабель; 5 — регистратор импульсов с источником электропитания; 6 — корпус контрольно-калибровочного устройства ККУ; 7 — обсадная труба из дюралюминия для скважины); ж. з — тарировочные графики зависимости показаний радиометрических приборов от объемной массы и плотности грунта.

Длительное время основными методами контроля качества земляных работ и сооружений были лабораторные методы, основанные на отборе и анализе проб грунта. Однако эти методы неоптимальные, поскольку только на сушку образцов грунта для определения влажности затрачивается около 5—7 часов.

Поэтому в последнее время в нашей стране и за рубежом получили распространение ускоренные полевые методы исследования грунтов, основанные на использовании проникающих излучений радиоактивных изотопов.

Все радиоизотопные методы контроля свойств грунтов основаны на зависимости степени рассеивания или ослабления ионизирующих излучений в грунте от физических свойств грунта.

Для измерения плотности грунта используют приборы: глубинный гамма-плотномер ГПП-2, поверхностные гамма-плотномер ППП-2, «Технолог-К», для измерения влажности — нейтронный меритель влажности НИВ-2, а также радиоизотопные плотномер и влагомеры: поверхностно-глубинные ППГР-1, ВПГР-1 и глубинные РПГ-36 и РВГ-36 (приборы производятся в странах СНГ).

В комплект глубинного гамма-плотномера ГПП-2 входят: измерительный зонд, контрольно-транспортное устройство (КТУ), пересчетное устройство ПМ-2, секундомер, планшет с градуированным графиком, алюминиевые обсадные трубы и комплект запасных частей.

Прибор предназначен для измерения плотности грунта по скважинам на глубину до 6 метров. После бурения скважины ее обсаживают алюминиевой трубой; на верхний конец трубы помещают КТУ.

Для измерения плотности грунта зонд с помощью мерного кабеля опускают на требуемую глубину и закрепляют фиксатором. В этом положении производят измерение количества импульсов (электронным счетчиком в ПМ-2), возникающих в детекторе под действием рассеянного в грунте гамма-излучения от основного источника.

Радиоизотопный метод контроля плотности отсыпаемых грунтов (с применением гамма-плотномеров и нейтронных влагомеров) является высокооперативным методом контроля, и его целесообразно применять при большой интенсивности работ по послойной уплотнению грунтов, где традиционные методы контроля могут вызвать вынужденную задержку земляных работ.

## ГЛАВА III. ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ

### § 1. Подбор состава бетонной смеси

Бетонные смеси, предназначенные для бетонирования монолитных гидротехнических и гидромелиоративных конструкций, должны к моменту своей укладки отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать затвердевшему бетону в указанные в проекте производства работ (ППР) сроки, требуемые физико-механические свойства (прочность, плотность, водонепроницаемость, морозостойкость и т.п.), а при необходимости и специальные свойства;
- иметь степень расслоения не более 5% и отклонения от заданной подвижности не более  $\pm 1$  см;
- содержать в единице объема уплотненного бетона заданный объем или массу исходных материалов;
- обеспечивать требуемые режимы транспортирования, подачи, укладки и уплотнения смеси.

В задание на подбор состава бетонной смеси для бетонирования монолитных конструкций помимо общих требований (подвижность к моменту укладки, класс бетона и условия работы конструкций, требования к материалам и т.п.) включают следующие исходные данные:

- требуемые физико-механические свойства бетона, приобретаемые в сроки, предусмотренные ППР;
- способ и режимы приготовления, транспортирования, подачи, укладки и уплотнения бетонной смеси;
- сведения о температуре и влажности воздуха в период производства бетонных работ;
- условия и режим твердения уложенного бетона.

С учетом приведенных особенностей подбор состава смеси для бетонирования монолитных конструкций осуществляют в следующем порядке:

- предварительная оценка и выбор исходных материалов для приготовления бетонной смеси;
- расчет и назначение исходного состава бетонной смеси для опытных замесов с учетом принятой технологии бетонных работ, а также температуры и влажности воздуха;
- приготовление опытных замесов, испытание контрольных образцов, обработка полученных результатов и назначение рабочего состава бетонной смеси;
- проверка рабочего состава бетонной смеси в производственных условиях и его корректирование, а при необходимости — оптимизация в зависимости от условий бетонирования;
- составление таблиц дозировок материалов и режимов приготовления бетонной смеси.

## § 2. Приготовление бетонной смеси

Главной исходной величиной, лежащей в основе расчетов новых вопросов производства бетонных работ, является поток тона — объем укладки в единицу времени, соответствующий интенсивности бетонирования.

Определим интенсивность бетонных работ, учитывая объем бетона и сроки выполнения работ. Часовая эксплуатационная производительность бетонного завода или бетоносмесительной установки (БСУ) составит  $\Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}}$  ( $\text{м}^3/\text{час}$ ):

$$\Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}} = \frac{Q_{\text{бет}} \cdot K_{\text{мес}} \cdot K_{\text{час}}}{T_{\text{осн}} \cdot m \cdot n}, \quad (3.2.1)$$

где  $Q_{\text{бет}}$  — производственный объем бетона ( $\text{м}^3$ ), принятый с учетом возможных потерь бетона при выполнении различных технологических операций и объема бетонных работ по сооружению  $V_{\text{б.р}}$  ( $\text{м}^3$ ).

$$Q_{\text{бет}} = V_{\text{б.р}} (1,01-1,02), \quad (3.2.2)$$

$K_{\text{мес}} = 1,2-2,0$  — коэффициент, учитывающий неравномерность выполнения работ по месяцам;  $K_{\text{час}} = 1,25-1,5$  — коэффициент, учитывающий неравномерность выполнения работ по часам;  $T_{\text{осн}}$  — продолжительность периода работ по укладке бетона (мес.);  $m = 22-24$  сут. — количество рабочих дней в месяце;  $n = 8; 16; 24$  час. — количество рабочих часов в сутки при 1-, 2- или 3-сменной работе.

Полученную производительность бетонного завода проверяют по максимальной площади строительного блока (или нескольких блоков). Для этого производительность бетонного завода должна быть такой, чтобы можно было уложить один слой за то время, пока начнется схватывание бетонной смеси. Тогда производительность бетонного завода  $\Pi_{\text{час}}^1$  ( $\text{м}^3/\text{час}$ ) определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{час}}^1 = \frac{F \cdot h}{K_1(t_1 - t_2)}, \quad (3.2.3)$$

где  $F$  — максимальная площадь бетонируемого блока или одновременно бетонируемых блоков,  $\text{м}^2$ ;  $h$  — толщина укладываемого слоя, зависящая от средств уплотнения, м;  $K_1$  — коэффициент, учитывающий случайные задержки в пути, равный 0,7–0,8;  $t_1$  — время от начала гидратации цемента до начала схватывания бетона, которое зависит от характеристик бетонной смеси, температуры и влажности воздуха, час;  $t_2$  — время на приготовление, транспортировку, выгрузку в блок, разравнивание, укладку и уплотнение бетонной смеси, час.

Для предварительных расчетов значение  $t_2$  (час) можно определить по формуле:

$$t_2 = L|V + 0,2 \quad (3.2.4)$$

где  $L$  — расстояние от объекта до бетонного завода, км;  $V$  — скорость транспортирования бетонной смеси, км/час; 0,2 час — условно принимаемое время на приготовление бетонной смеси и ее укладку в блок, включая уход за ней.

Полученное значение  $\Pi_{\text{час}}^1$  сравнивается с ранее полученным значением  $\Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}}$ . При этом сравнении возможны три случая:

1)  $\Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}} = \Pi_{\text{час}}^1$  — производительность бетонного завода соответствует условию непрерывности укладки бетонной смеси в блоки площадью  $F$ ;

2)  $\Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}} > \Pi_{\text{час}}^1$  — количество одновременно бетонируемых блоков должно быть увеличено;

3)  $\Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}} < \Pi_{\text{час}}^1$  — при разности более 25% максимальная площадь бетонируемого блока должна быть уменьшена (или уменьшено количество одновременно бетонируемых блоков).

По полученному значению  $\Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}}$  и капитальности строительства условно принимаем схему БСУ (по вертикальной компоновке оборудования): если  $\Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}} > 15 \text{ м}^3/\text{час}$ , то возможная схема компоновки — одноступенчатая; если  $\Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}} < 15 \text{ м}^3/\text{час}$ , то — двухступенчатая.

Существуют следующие типовые конструкции БСУ:

- одноступенчатые БСУ с 2, 4 или 6 бетоносмесителями по 500, 750, 1200, 2400 литров (литраж по загрузке сухих составляющих);
- двухступенчатые БСУ с 1 или 2 бетоносмесителями по 100, 250, 500 и 1200 литров.

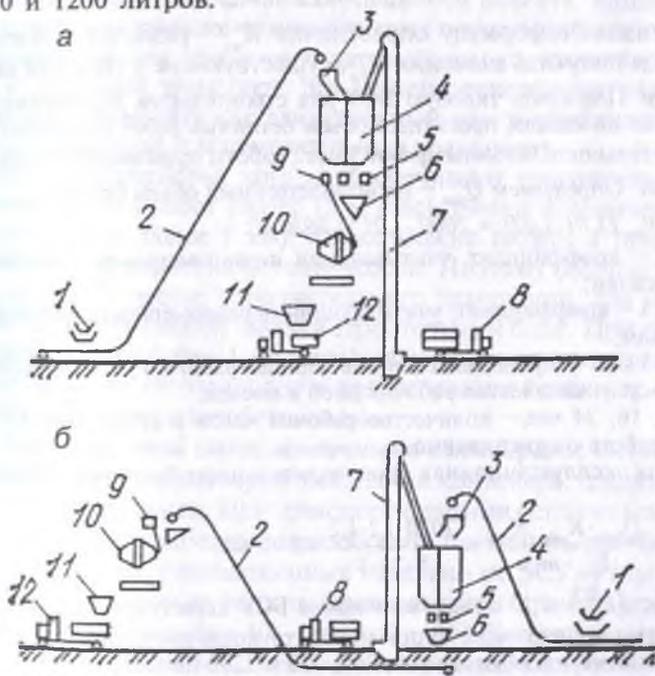


Рис. 3.2.1. Схемы технологической компоновки бетонных заводов:  
а — одноступенчатая; б — двухступенчатая.

1 — транспортер со склада заполнителей; 2 — транспортеры на завод; 3 — поворотная воронка; 4 — наддозаторные бункера; 5 — дозаторы; 6 — воронка сухой смеси; 7 — элеватор; 8 — цементовоз; 9 — дозатор воды; 10 — бетоносмеситель; 11 — бункер готовой смеси; 12 — автобетоновоз.

Производительность бетоносмесителя  $\Pi_{\text{час}}^{\text{б.м.}}$  ( $\text{м}^3/\text{час}$ ) определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{час}}^{\text{б.м.}} = 3,6 \frac{LK_{\text{выл}}}{T_{\text{ц.б.}}}, \quad (3.2.5)$$

где  $L$  – литраж бетоносмесителя по загрузке сухих составляющих;  $K_{\text{выл}}$  – коэффициент выхода бетонной смеси (0,65 – 0,70);  $3,6$  – переводной коэффициент;  $T_{\text{ц.б.}}$  – продолжительность одного цикла бетоносмесителя, сек.

$$T_{\text{ц.б.}} = T_z + T_{\text{пер}} + T_g, \quad (3.2.6)$$

где  $T_z = 10-20$  сек. – продолжительность загрузки бетоносмесителя (зависит от типа дозатора, геометрического объема бетоносмесителя);  $T_{\text{пер}} = 40-270$  сек. – продолжительность перемешивания бетонной смеси (зависит от объема бетоносмесителя, его типа, подвижности бетонной смеси);  $T_g = 10-20$  сек. – продолжительность выгрузки бетонной смеси из бетономешалки (типа бетоносмесителя, его объема, подвижности бетонной смеси).

Количество бетоносмесителей на БСУ:

$$N_{\text{б.м.}} = \Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}} / \Pi_{\text{час}}^{\text{б.м.}} \quad (3.2.7)$$

Подставляя в формулу определения  $\Pi_{\text{час}}^{\text{б.м.}}$  различные значения, стремимся получить значения  $N_{\text{б.м.}}$ , существующие в типовом варианте.

**Пример.** Подобрать типовую БСУ для строительства перегораживающего сооружения на канале, проектный объем бетонных работ составляет 2000  $\text{м}^3$ , продолжительность бетонных работ 5 мес., работы производятся в одну смену.

**Решение.** Определяем  $Q_{\text{бет}}$  – производственный объем бетона:

$$Q_{\text{бет}} = V_{\text{бр}} (1,01-1,02) = 2000 \cdot 1,01 = 2020 \text{ м}^3;$$

$K_{\text{мес}} = 2$  – коэффициент, учитывающий неравномерность выполнения работ по месяцам;

$K_{\text{час}} = 1,5$  – коэффициент, учитывающий неравномерность выполнения работ по часам;

$T_{\text{осн}} = 5$  мес. – продолжительность периода работ по укладке бетона;

$m = 24$  сут. – количество рабочих дней в месяце;

$n = 8, 16, 24$  час. – количество рабочих часов в сутки, при 1-, 2- и сменной работе соответственно.

Часовая эксплуатационная производительность бетонного завода составит:

$$\Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}} = \frac{Q_{\text{бет}} \cdot K_{\text{мес}} \cdot K_{\text{час}}}{T_{\text{осн}} \cdot m \cdot n} = \frac{2020 \cdot 1,2 \cdot 1,2}{5 \cdot 24 \cdot 8} = 3 \text{ м}^3/\text{час}$$

Так как  $\Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}} < 15 \text{ м}^3/\text{час}$ , то искомая БСУ двухступенчатая.

Существуют следующие типовые конструкции двухступенчатых БСУ с 1 или 2 бетоносмесителями по 100, 250, 500 и 1200 литров.

Производительность бетоносмесителя определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{час}}^{\text{б.м.}} = 3,6 \frac{LK_{\text{выл}}}{T_{\text{ц.б.}}} = 3,6 \frac{250 \cdot 0,65}{110} = 5,31 \text{ м}^3/\text{час},$$

где  $L = 100$  л – литраж бетоносмесителя по загрузке сухих составляющих.

$K_{\text{выл}} = 0,65$  – коэффициент выхода бетонной смеси;  $3,6$  – переводной коэффициент;  $T_{\text{ц.б.}} = T_z + T_{\text{пер}} + T_g = 20 + 60 + 10 = 90$  сек. – продолжительность одного цикла бетоносмесителя.

где  $T_z = 20$  сек. – продолжительность загрузки бетоносмесителя;  $T_{\text{пер}} = 60$  сек. – продолжительность перемешивания бетонной смеси;  $T_g = 30$  сек. – продолжительность выгрузки бетонной смеси из бетоносмесителя.

Количество бетоносмесителей на БСУ:

$$N_{\text{б.м.}} = \Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}} / \Pi_{\text{час}}^{\text{б.м.}} = 3/5,31 = 0,56 \approx 1$$

Искомая БСУ – по вертикальной компоновке оборудования двухступенчатая с 1 бетоносмесителем литражом 250 литров (по загрузке сухих составляющих).

### § 3. Транспорт бетонной смеси

К средствам доставки предъявляются требования по обеспечению заданного качества (сохранение подвижности и постоянного состава, однородность, температура) транспортируемой бетонной смеси, а также по исключению ее потерь в процессе перевозки от места приготовления на строительную площадку. Транспортные средства выбирают, исходя прежде всего из условий строящегося объекта, однако не исключая сравнения технико-экономических показателей самих средств. На бетонных работах применяют автомобильный, конвейерный, насосный и крановый транспорт. Все вышеперечисленные виды транспорта можно применять как единственный или в комбинации с другим видом (основной и вспомогательный транспорт).

Ленточные конвейеры, хотя и обеспечивают сравнительно высокую интенсивность работ (более 15  $\text{м}^3/\text{час}$ ), имеют ограниченный радиус действия (не более 1 км). То же можно видеть и при анализе технических характеристик бетононасосов. Поэтому обычно эти виды используются в качестве дополнительного транспорта, для непосредственной подачи бетонной смеси в строительный блок. При дальности транспортирования более 1 км применяют современные специализированные средства автотранспорта для перевозки бетонных смесей – автобетоносмесители и автобетоновозы.

**Транспорт бетонной смеси ленточными конвейерами.** Основные параметры ленточных конвейеров: тип, длина конвейера, ширина ленты, скорость движения ленты. При транспортировании бетонной смеси ленточные конвейеры наиболее целесообразно применять при бетонировании конструкций, расположенных недалеко от БСУ. Углы наклона ленточных конвейеров не должны превышать при транспортировании подвижной бетонной смеси  $10^\circ$ , жесткой –  $15^\circ$ . Бетонную смесь обычно транспортируют лентой лоткового очертания. Скорость ленты не должна превышать 1 м/с.

Производительность ленточных конвейеров  $\Pi$  ( $\text{т}/\text{час}$ ) при перемещении бетонной смеси с учетом формы ленты, угла наклона ленты и других показателей:

$$\Pi = 3600 \cdot F \cdot V \cdot P \cdot K_c \cdot K_c, \quad (3.3.1)$$

где  $F$  — площадь поперечного сечения материала,  $m^2$ ;  $V$  — скорость движения ленты,  $m/c$ ;  $P$  — насыпная (или средняя) плотность материала,  $t/m^3$ ;  $K_\phi$  — коэффициент формы ленты (для плоской ленты  $=1$ , лотковой — 2);  $K_c$  — коэффициент, учитывающий снижение производительности конвейера от угла его наклона.

Таблица 1

Коэффициент,  $K_c$

Показатели	Значение показателей				
Угол наклона, град.	4	8	12	16	20
Коэффициент $K_c$	0,99	0,97	0,93	0,89	0,85

**Пример.** Тяжелая бетонная смесь транспортируется от БСУ в сооружение горизонтальным конвейером с лентой лоткового очертания шириной 100 мм. Площадь поперечного сечения слоя бетонной смеси на ленте конвейера составляет 0,185  $m^2$ . Определить производительность ленточного конвейера.

**Решение.** Средняя плотность тяжелой бетонной смеси принимаем 2300  $kg/m^3$ . Скорость движения конвейерной ленты 1  $m/c$ .

$K_\phi = 2$  — лента лотковая.

$K_c = 1$  — конвейер горизонтальный. Следовательно производительность

$$P = 3600 \cdot 0,185 \cdot 1 \cdot 2,3 \cdot 2 \cdot 1 = 3063,6 \text{ т/час.}$$

**Транспорт бетонной смеси автомобильным транспортом.** Транспортирование бетонной смеси должно быть организовано так, чтобы на месте укладки она имела заданную подвижность, температуру и однородность, а изготовленный из нее бетон должен иметь проектный класс по прочности и, при необходимости, морозостойкости, водонепроницаемости, истираемости и другим требующимся характеристикам.

Бетонные смеси представляют собой упруговязкопластичную массу с изменяющимися во времени и в процессе различных операций свойствами. При этом в целях качественного строительства необходимо, чтобы показатели свойств и температура бетонной смеси и приготовленных из нее бетонов после всех операций находились на определенном допустимом уровне, а общая продолжительность всех операций  $T_{\Sigma}$  (час), включающая продолжительность загрузки смеси в автомобиль  $T_z$ , ее доставки в нем, в том числе порционной  $T_p$ , и разгрузки  $T_r$ , выдерживания на объекте до укладки  $T_a$ , внутряк объектной подачи  $T_n$  и укладки  $T_y$ , а также допускаемого технологического резерва времени  $T_{m.p.}$ , не должна превышать сроков начального схватывания смеси, ее жизнеспособности  $T_x$ , предопределяемых как свойствами смеси, так и ее податливостью к переработке, подготовке, укладке и уплотнению имеющимися средствами

$$T_{\Sigma} = (T_z + T_d + T_p + T_a + T_n + T_y + T_{m.p.}) \leq T_x$$

В целях предотвращения расслоения и сохранения технологических свойств перевозимой бетонной смеси рекомендуется следующие

— перевозку бетонной смеси осуществлять по дорогам и полупроходным путям, покрытым жестким покрытием, не имеющим выбоин и других дефектов;

— транспортирование бетонной смеси организовать так, чтобы максимально сократить количество перегрузочных операций и по возможности осуществлять разгрузку смеси непосредственно в бетонируемую конструкцию или бетоноукладочное оборудование, что может быть обеспечено устройством подъездных путей к месту ее укладки;

— ограничить высоту свободного падения бетонной смеси при выгрузке ее из автотранспортных средств 1,5 м. В противном случае автотранспорт должен быть снабжен специальными лотками для подачи смеси к месту укладки (рис.3.3.1);

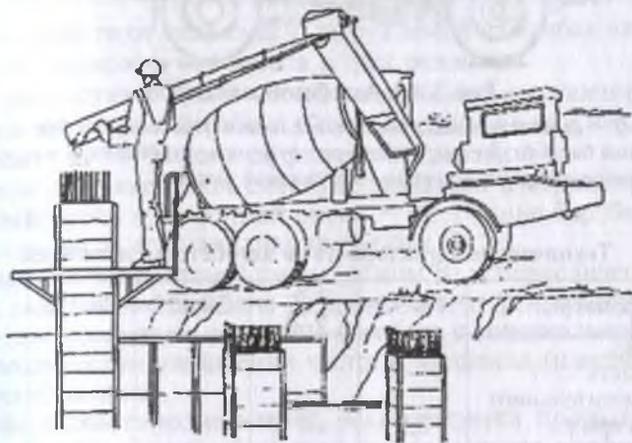


Рис.3.3.1. Автобетоносмеситель со специальным лотком.

— перевозку бетонных смесей в зимних условиях или в условиях сухого и жаркого климата рекомендуется осуществлять согласно специальным организационно-техническим мероприятиям по предохранению смесей от переохлаждения или от перегрева;

— при транспортировании бетонных смесей в зимних условиях пункты перегрузок смеси защищать от ветра и снега.

Емкости, в которых перевозится бетонная смесь, должны систематически очищаться и промываться. Не рекомендуется в процессе очистки кузова подвергать его ударному воздействию ручным инструментом.

**Транспортирование автобетоносмесителями.** Автобетоносмесители — специализированные машины для перевозки сухих бетонных смесей и приготовления в пути следования готовых бетонных смесей (рис. 3.3.2). Автобетоносмесители могут быть использованы для перевозки готовых смесей с побуждением их в пути, а также частично приготовленной смеси. Загрузка автобетоносмесителей сухой смесью и водой или готовой смесью производится на специализированных заводах товарного бетона.

Для доставки бетонных смесей при низких отрицательных температурах используются автобетоносмесители с подогреваемым водяным баком, а для доставки при высоких положительных и отрицательных температурах — с термоизолированным водяным баком и бетоносмесительным барабаном.

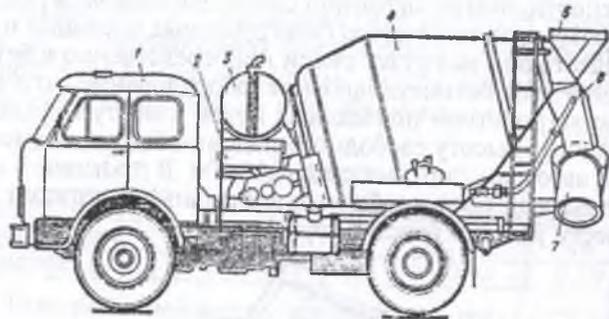


Рис. 3.3.2. Автобетоносмеситель:

1 — шасси; 2 — двигатель вращения смесительного барабана; 3 — бак для воды; 4 — смесительный барабан; 5 — загрузочно-разгрузочное устройство; 6 — трубопровод; 7 — оборудование для распределения выгружаемой смеси.

Технические характеристики автобетоносмесителей

Параметры	СБ-92	СБ-92А	СБ-127	СБ-130	АМ6SH
Полезная вместимость бетоносмесительного барабана при $\gamma$ :	3,5	4	5	8	4,6
2,9 т/м <sup>3</sup>	—	5	6	9	5
1,9 т/м <sup>3</sup>	—	—	—	10	6,8
1,75 т/м <sup>3</sup>					
Геометрический объем бетоносмесительного барабана, м <sup>3</sup>	6,1	8	10	14	10,1
Вместимость водяного бака, л	850	750	1000	1500	400
Скорость вращения барабана автобетоносмесителя, об/мин.	До 14,5	До 14,5	16	До 14	До 20
Высота загрузки, мм	3520	3620	3650	3700	3675
Масса технологического оборудования, кг	3650	3550	4600	6900	—
Общая масса автобетоносмесителя с грузом, т	22,2	22,6	19,15	36	14
Тип базового шасси	КрАЗ-258	КрАЗ-258-Б1	КрАЗ-6506	МАЗ-999Б	КрАЗ-257К1
Число осей базового шасси, шт.	3	3	3	5	3
Мощность двигателя барабана, кВт	37	40	57	57	—

Таблица 3.3.2 (продолжение)

Параметры	СБ-92	СБ-92А	СБ-127	СБ-130	АМ6SH
Тип двигателя барабана	Автономный				Двиг. шасси
Вид привода барабана	Механ.	Механ.	Гидрав.	Механ.	Гидромех.
Длина, мм	8030	8030	7500	11720	9680
Ширина, мм	2650	2650	2500	2500	2630
Высота, мм	3520	3620	3380	3650	3675

В зависимости от вида смеси, загружаемой в барабан автобетоносмесителя, возможна его работа в трех режимах:

1 — при доставке сухой смеси, содержащей высушенные заполнители, — включение барабана в пути следования или на строительном объекте за 10–20 мин. до разгрузки (режим А);

2 — при доставке сухой смеси, содержащей влажные заполнители, или частично затворенной смеси — включение барабана непосредственно после его наполнения (режим Б);

3 — при доставке готовой смеси (режим В) — периодическое включение и выключение барабана во время транспортирования смеси до объекта или постоянное вращение барабана с минимальной частотой при периодическом увеличении частоты вращения (пластифицирующее перемешивание).

Кузова автобетоносмесителей рекомендуется промывать водой после каждой перевозки бетонной смеси и после каждой рабочей смены.

**Транспортирование автобетоновозами.** Автобетоновозы — специализированные машины, предназначенные для перевозок готовых бетонных смесей и растворов на расстояния до 45 км. Они имеют высокие кузова каплевидной формы, расположенные в зоне минимальной вибрации рамы базового автомобиля (зона комфорта), благодаря чему обеспечивается сохранность перевозимой бетонной смеси от расслоения и разбрызгивания (рис. 3.3.3). Для предохранения смеси от воздействия атмосферных осадков и ветра кузов имеет крышку, а для предохранения смеси от воздействия отрицательных и положительных температур — двойную обшивку с пространством между ее листами, которое позволяет снабдить кузов специальным термоизолятором. Некоторые автобетоновозы снабжены термоактивными кузовами, позволяющими осуществлять подогрев смеси без ее пригорания выхлопными газами автомобиля.

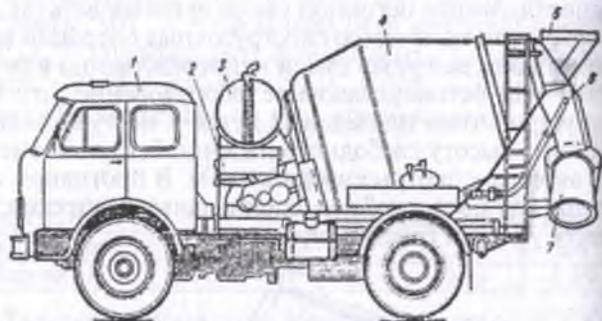


Рис. 3.3.2. Автобетоносмеситель:

1 — шасси; 2 — двигатель вращения смесительного барабана; 3 — бак для воды; 4 — смесительный барабан; 5 — загрузочно-разгрузочное устройство; 6 — трубопроводное оборудование для распределения выгружаемой смеси.

Таблица

Технические характеристики автобетоносмесителей

Параметры	СБ-92	СБ-92А	СБ-127	СБ-130	АМ
Полезная вместимость бетоносмесительного барабана при $\gamma$ :					
	2,9 т/м <sup>3</sup>	4	5	8	4
	1,9 т/м <sup>3</sup>	5	6	9	6
	1,75 т/м <sup>3</sup>	—	—	10	10
Геометрический объем бетоносмесительного барабана, м <sup>3</sup>	6,1	8	10	14	10
Вместимость водяного бака, л	850	750	1000	1500	40
Скорость вращения барабана автобетоносмесителя, об/мин.	До 14,5	До 14,5	16	До 14	До
Высота загрузки, мм	3520	3620	3650	3700	367
Масса технологического оборудования, кг	3650	3550	4600	6900	
Общая масса автобетоносмесителя с грузом, т	22,2	22,6	19,15	36	24
Тип базового шасси	КрАЗ-258	КрАЗ-258-Б1	КрАЗ-6506	МАЗ-999Б	КрАЗ-257К
Число осей базового шасси, шт.	3	3	3	5	3
Мощность двигателя барабана, кВт	37	40	57	57	

Таблица 3.3.2 (продолжение)

Параметры	СБ-92	СБ-92А	СБ-127	СБ-130	АМ6SH
Тип двигателя барабана	Автономный				Двиг. шасси
Вид привода барабана	Механ.	Механ.	Гидрав.	Механ.	Гидромех.
Длина, мм	8030	8030	7500	11720	9680
Ширина, мм	2650	2650	2500	2500	2630
Высота, мм	3520	3620	3380	3650	3675

В зависимости от вида смеси, загружаемой в барабан автобетоносмесителя, возможна его работа в трех режимах:

1 — при доставке сухой смеси, содержащей высушенные заполнители, — включение барабана в пути следования или на строительном объекте за 10–20 мин. до разгрузки (режим А);

2 — при доставке сухой смеси, содержащей влажные заполнители, или частично затворенной смеси — включение барабана непосредственно после его наполнения (режим Б);

3 — при доставке готовой смеси (режим В) — периодическое включение и выключение барабана во время транспортирования смеси до объекта или постоянное вращение барабана с минимальной частотой при периодическом увеличении частоты вращения (пластифицирующее перемешивание).

Кузова автобетоносмесителей рекомендуется промывать водой после каждой перевозки бетонной смеси и после каждой рабочей смены.

**Транспортирование автобетоновозами.** Автобетоновозы — специализированные машины, предназначенные для перевозок готовых бетонных смесей и растворов на расстояния до 45 км. Они имеют высокие кузова каплевидной формы, расположенные в зоне минимальной вибрации рамы базового автомобиля (зона комфорта), благодаря чему обеспечивается сохранность перевозимой бетонной смеси от расслоения и разбрызгивания (рис. 3.3.3). Для предохранения смеси от воздействия атмосферных осадков и ветра кузов имеет крышку, а для предохранения смеси от воздействия отрицательных и положительных температур — двойную обшивку с пространством между ее листами, которое позволяет снабдить кузов специальным термоизолятором. Некоторые автобетоновозы снабжены термоактивными кузовами, позволяющими осуществлять подогрев смеси без ее пригорания выхлопными газами автомобиля.

## Технические характеристики автобетоновозов

Параметры	СБ-113	СБ-113М	СБ-113А	СБ-124	СБ-128
1	2	3	4	5	6
Полезная вместимость кузова, м <sup>3</sup>	1,6	3	2,5	4	6
Форма кузова	Каплевидный двойной		Каплевидный с термоакт. кузовом	Каплевидный двойной	
Геометрический объем кузова, м <sup>3</sup>	2,8	4,3	7,3	9,5	5
Теплоизоляция кузова	Пассивная		Активная	Пассивная	
Высота загрузки, мм	2600	2675	2650	2880	3200
Высота выгрузки, мм	1600	1600	1000	1200	1500
Угол наклона разгрузочной части днищ, град.	60	60	60	60	60
Угол наклона кузова, град.	100	100	85	90	85
Возможность выгрузки	Назад				
Масса технологического оборудования, т	1,2	1,5	1,2	3,2	3,6
Масса снаряженного автобетоновоза, т	5,2	7,8	5,2	10,5	12,8
Полная масса бетоновоза с грузом, т	9,3	14,2	11	19,1	23,3
Габариты в транспортном положении, мм:					
Длина	5730	5850	5850	6790	7980
Ширина	2500	2600	2500	2880	2500
Высота	2675	2640	2700	2850	3160
Тип базового шасси	ЗИЛ-13СД1	МАЗ-504Г	ЗИЛ-ММЗ-555К	КамАЗ-5511	КрАЗ-6505

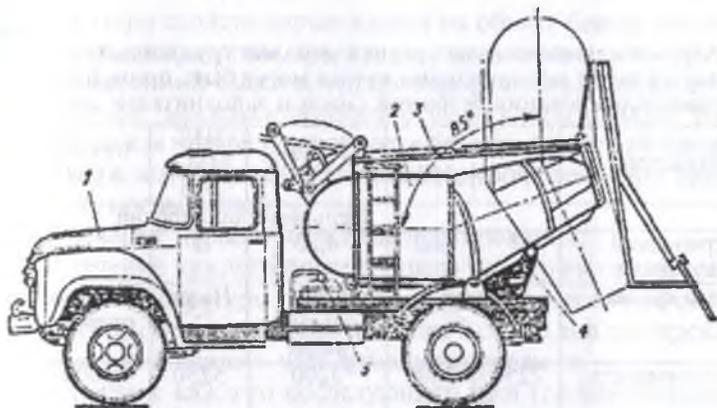


Рис. 3.3.3. Автобетоновоз с термоактивным кузовом:

1 — шасси; 2 — кузов; 3 — крышка кузова; 4 — опорное устройство кузова; 5 — устройство для ввода выхлопных газов автомобиля в кузов.

**Транспортирование автосамосвалами.** В условиях отсутствия специального транспорта допустимо применение автосамосвалов при транспортировании бетонных смесей лишь на короткие расстояния и только при осуществлении следующих мероприятий (табл. 3.3.4):

- в целях уменьшения потерь бетонной смеси в результате ее выплескивания в момент уменьшения или увеличения скорости, а также при резком торможении или начале движения рекомендуется наращивать борта его кузова не менее чем на 40 см;

- для ликвидации утечки растворной части бетонной смеси рекомендуется уплотнять место примыкания заднего борта к кузову прокладками из листовой резины, транспортерных лент или шлангов. Может быть также сделан неоткрывающийся наклонный задний борт аналогично конструкциям автобетоновозов;

- в целях сохранения температуры бетонной смеси, перевозимой автосамосвалами при температурах наружного воздуха выше  $+10$  и ниже  $-5^{\circ}\text{C}$ , рекомендуется устраивать термоизоляцию кузова аналогично термоизоляции автобетоновоза;

- в отдельных случаях при перевозке смеси зимой на расстояния до 5 км возможно применение автосамосвалов с кузовами, обогреваемыми выхлопными газами.

Автомобили-самосвалы средней и малой грузоподъемности, которые после модернизации кузова могут быть применены для транспортирования бетонной смеси и заполнителей для нее

Параметры	САЗ-3504	САЗ-3503	САЗ-3502	ЗИЛ-ММЗ-555	КамАЗ-55102	КрАЗ-25651
Кузов	Цельнометаллический					
Геометрический объем кузова, м <sup>3</sup>	2	3,2	4,25	3	-	6
Разгрузка кузова	Назад		Назад с подъемом вверх	Назад	На три стороны	Назад
Грузоподъемность, кг	2250	2400	3200	5250	7000	12000
Собственная масса, кг	2900	2750	4030	4570	8480	10850
Полная масса, кг	5300	5300	7380	10045	15630	23085
Угол подъема кузова, град.	48	48	58	55	50	60
Время подъема кузова с грузом, сек.	15	15	15	15	18	20
Максимальная скорость, км/ч	70	70	-	90	80	68

Для облегчения и сокращения времени выгрузки бетонной смеси из кузовов автосамосвалов рекомендуется использовать вибропобудители, имеющиеся в гидроцилиндрах некоторых автосамосвалов; для этой же цели может быть также использован обычный автомобильный стартер с навешенным на его якорь дебалансом. В этих же целях рекомендуется увеличить угол подъема кузова автосамосвала до 85–90°.

**Выбор средств, способов и режимов доставки бетонных смесей.** Выбор способов, средств и режимов доставки бетонных смесей определяется условиями сохранения их качества, их исходным составом и подвижностью, возможностями строительных организаций и конкретных объектов, бетонных заводов, автопарка, дорожными и погодными условиями, необходимым темпом загрузки и выгрузки смеси, наличием и видом внутриобъектного бетоноприемного и бетоноукладывающего оборудования, возможным временем простоя под этими операциями, приведенными затратами на процессы доставки и общий процесс возведения сооружения. Все эти соображения интегрируются в технико-экономическом обосновании, по которому и принимается конкретное решение о выборе той или иной технологии доставки. При этом критериями выбора могут быть экономические, энергетические, трудовые и другие показатели.

Технологические критерии устанавливаются строительными лабораториями. Наиболее важным технологическим критерием, как правило, является допустимое расстояние транспортирования смеси  $L_{\text{тех}}$ , которое устанавливается экспериментально. При этом определяются все необхо-

димые показатели свойств перевезенных на объект бетонных смесей и проверяется их соответствие проектным показателям.

Доставка бетонной смеси и определение технологически допустимого расстояния перевозки должны осуществляться таким образом, чтобы фактическая потеря подвижности бетонной смеси не превышала 2 см, а общие изменения температуры бетонной смеси при транспортировании не превышали:

5°C — в течение первого часа транспортирования;

3°C — в течение каждого последующего часа транспортирования.

Изменение температуры пристенных слоев перевозимой смеси, замеренной в слое смеси толщиной не более 2 см, не должно превышать:

7°C — в течение первого часа транспортирования;

5°C — в течение каждого последующего часа транспортирования.

Ориентировочные технологически допустимые расстояния транспортирования  $L_{\text{тех}}$  различных тяжелых бетонных смесей (кроме сухих смесей, содержащих влажные заполнители) представлены в таблице 3.3.5, те же расстояния для сухих смесей, содержащих влажные заполнители, представлены в таблице 3.3.6.

Расстояние транспортирования готовых бетонных смесей, содержащих предварительно увлажненные до значения влагонасыщения заполнители, может быть увеличено для смесей на плотных заполнителях на 10–15%, для смесей на пористых заполнителях — 15–25%.

Таблица 3.3.5

Ориентировочные технологически допустимые расстояния транспортирования тяжелых бетонных смесей

Подвижность бетонной смеси, см	Дорожное покрытие	Скорость транспортирования, км/ч	Расстояние, км						
			Автобетоносмеситель		Автобетоновоз	Автосамосвал	Автобетоновоз	Автосамосвал	
			Режим транспортирования						
			А	Б	В	Г	Д		
1-3	Жесткое асфальтовое, асфальтобетон	30	Не ограничено	Переменное (см. табл. 3.3.6)	До 100	До 45	30	90	45
4-6					80	30	20	60	30
7-9					60	20	15	40	22
10-14					45	15	—	30	15
1-3	Мягкое грунтовое, улучшенное	15	Применение не рекомендуется ввиду возможности быстрого выхода из строя		12	7	20	10	
4-6					6	5	15	7	
7-9					5,4	3,7	9	5	
10-14					4	4	7	—	

Ориентировочные технологически допустимые расстояния транспортирования сухих смесей, содержащих влажные заполнители

Исходная влажность, % собственной массы,					
Песок	до 1,5	до 2	до 3	до 7	до 12
Щебень	до 1	до 3	до 4	до 5,5	до 5
Расстояние, км, при скорости 30 км/ч	до 300	до 210	до 90	до 30	до 15

Общее время нахождения смеси в пути и выдерживания на заводе до транспортирования и на объекте до момента укладки  $T_x$  (время жизнеспособности) не должно превышать величин, вычисленных на основании данных таблицы 3.3.5, увеличенных не более чем на 30 мин. — для обычных смесей и не более чем на 15 мин. — для смесей, содержащих быстросхватывающееся вяжущее. Таблица 3.3.5 охватывает следующие температурные условия доставки: температура воздуха от +20 до +30°C, температура смеси от +15 до +25°C. Допустимое расстояние доставки сухих смесей, содержащих влажные, плотные и пористые заполнители, определяется по таблице 3.3.6.

Применение выбранной технологии доставки является возможным, если расстояние  $L_{i,x}$  (км) доставки не превышает допустимого  $L_{i,x,доп}$

$$L_{i,x} = L_{i,x,доп} \cdot k_0, \quad (3.3.3)$$

где  $x$  — индекс показателя качества смеси (например подвижности, прочности, плотности, однородности и т.д.);  $i$  — индекс показателя типа покрытия дороги (твердое, мягкое и т.д.);  $k_0$  — коэффициент технологии, принимается равным 1 для обычных и 0,7–0,8 — ответственных тонкостенных конструкций, а также при применении бетононасосов.

При перевозках готовых смесей по дорогам с различным покрытием неизменным условием является ограничение приведенного по контролируемому свойству расстояния их транспортирования  $L_{x,прив}$  (км), которое не должно превышать допустимого по дорогам с жестким покрытием  $L_{x,доп}$

$$L_{x,прив} = \sum_{i=1}^n L_{i,x} \cdot k_{дi} \leq L_{x,доп} \cdot k_0, \quad (3.3.4)$$

где  $k_{дi}$  — коэффициент дорожного покрытия (таблица 3.3.7);  $n$  — количество отрезков дорог с различным дорожным покрытием (асфальт, бетон, грунт и т.д.).

Таблица 3.3.7

## Коэффициент дорожного покрытия

Покрытие дороги	Скорость перевозки, км/ч	Коэф-т дорожного покрытия для	
		автосамосвала	автобетоновоза
		Тяжелая бетонная смесь	
Жесткое (асфальт, бетон, асфальтобетон и т.д.)	30	1	1
Мягкое (грунтовое улучшенное)	15	4	3,7

Если приведенное расстояние доставки смесей превышает допустимое, то необходимо: выбрать другой способ, режим, средство доставки, другой маршрут или при наличии возможности применить дополнительное оборудование (перегрузатели — смесители и т.д.).

Рекомендуется применять автобетоновозы на расстояниях до 20 км, а автобетоносмесители свыше 20 км, в исключительных случаях возможно применение автосамосвалов, при этом рекомендуется ограничивать дальность транспортировки (5 км).

При необходимости постепенной и порционной выгрузки из бетонотранспортного средства (применение бетононасосов, рассредоточенное строительство и т.д.) рекомендуется применять автобетоносмесители вне зависимости от удаленности строительного объекта от бетонного завода.

При отсутствии автобетоносмесителей, а также при значительной сконцентрированности бетонных работ, рациональным является применение автобетоновозов совместно с перегрузателями-смесителями, восстанавливающими однородность и подвижность смеси и позволяющими осуществлять равномерную загрузку бетононасосов, бетоноукладчиков и другого внутрипостроечного оборудования.

**Покомпонентная доставка, беззаводское приготовление и укладка смесей.** Технология предусматривает следующий порядок работ. Отдозируемые в карьерах и цементном заводе песок, цемент и щебень доставляются порознь самостоятельными грузопотоками на стройку, где они одновременно прямо из автомобилей загружаются в приобъектный мобильный бетоносмеситель-перегрузатель, автобетоносмеситель с конвейером и т.д., откуда приготовленная в нем смесь подается во внутриобъектное бетоноукладывающее оборудование (насосы, бадьи и т.д.) или непосредственно в конструкцию. При этом автомобили каждого грузопотока подбираются из условия равенства или кратности грузоподъемности каждого из них массе компонента, необходимой на приготовление одной порции бетонной смеси. При необходимости состав смеси может быть подкорректирован в соответствии с грузоподъемностью автомобилей (рис. 3.3.4.).

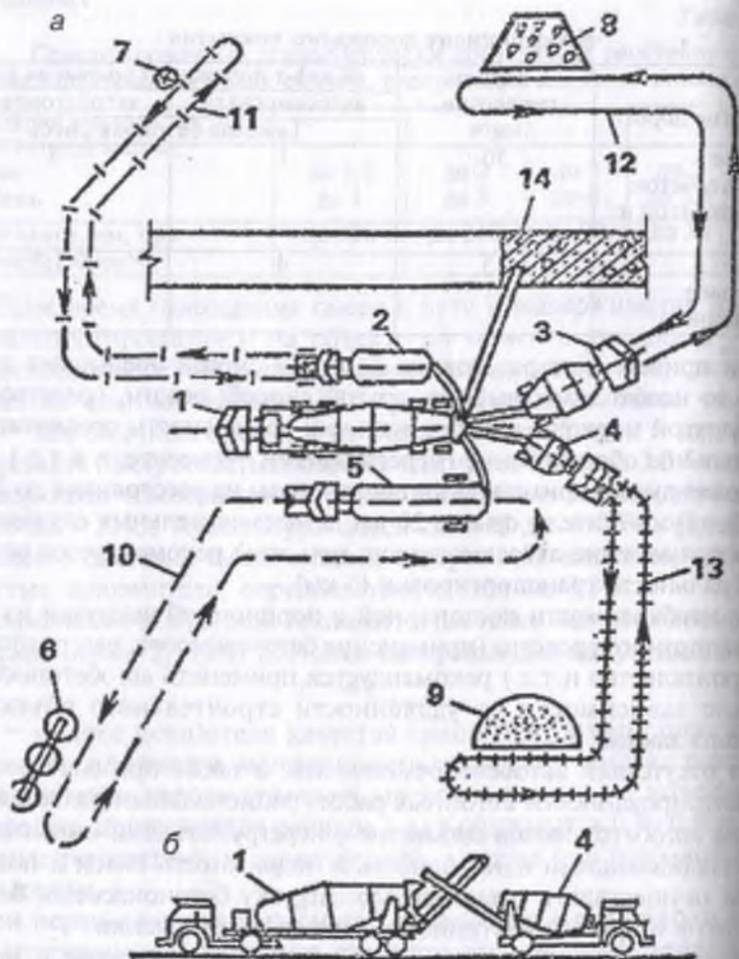


Рис. 3.3.4. Технологическая схема покомпонентной доставки, беззаводского приготовления и совмещенной с ними укладки бетонной смеси:

а - план; б - разрез; 1 - смеситель-укладчик (автосмеситель с транспортером); 2 - цистерна для воды; 3 - автобетоносмеситель со щебнем; 4 - автобетоносмеситель с песком; 5 - автоцементовоз; 6 - склад цемента; 7 - водозаборный пункт; 8 - карьер щебеночный; 9 - карьер песчаный; 10-13 - направление грузопотоков цемента, воды, щебня и песка; 14 - бетонизируемая конструкция.

В качестве автомобилей, доставляющих отдозированный песок и щебень, рекомендуется применять автобетоносмесители, по возможности оснащенные конвейерами. Цемент рекомендуется доставлять цементовозами, а воду - специальными цистернами.

**Определение необходимого количества автотранспортных средств.** Выбор вместимости применяемого автотранспортного средства должен

обуславливаться ее (вместимостью) кратностью объема одного замеса, приготавливаемого в заводском бетоносмесителе.

В случае отсутствия кратности, что ведет к недоиспользованию транспортного средства, желательнее применение другого автомобиля.

Ориентировочное определение парка автомобилей, обслуживающих районный бетонный завод, может быть установлено на основании обобщенной эпюры распределения объемов потребляемой в обслуживаемом регионе бетонной смеси в зависимости от дальности их транспортирования в радиусе обслуживаемой заводом территории.

Необходимое для перевозки смесей количество автомашин в смену  $\sum N$  (шт.) при соблюдении заданного темпа бетонирования  $Q/S = P$ , определяется из условия

$$\sum_{i=1}^n N = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i \gamma_b l_{mp,i}}{\omega_i S}, \quad (3.3.5)$$

где  $i$  — количество автомашин на перевозке бетонных смесей;  $Q$  — общий объем укладываемой бетонной смеси;  $Q_i$  — объем смеси, перевозимой с данного завода в данном типе автомашин;  $l_{mp,i}$  — расстояние маршрута от завода до объекта, по которому производится перевозка смеси в данном типе автомашин;  $\omega_i$  (т-км) — выполняемая одним автомобилем полезная работа в тонно-километрах при перевозке бетонной смеси с данного завода на данный объект;

$$\omega_i = n_i q_i \beta_i l_{mp,i}, \quad (3.3.6)$$

где  $n_i$  — число оборотов данного автомобиля в смену;  $q_i$  — вместимость автомашины;  $\beta_i$  — коэффициент использования грузоподъемности, обусловленной некрatностью вместимости автомобиля емкости заводского смесительного барабана;  $S$  — количество смен, в течение которых должно быть произведено бетонирование;  $P$  — объем перевозимой автомашиной смеси;  $\gamma_b$  — объемная масса бетонной смеси, равная 2,4 т/м<sup>3</sup>;

$$n_i = T / t_{об}, \quad (3.3.7)$$

где  $T$  — время одной смены;  $t_{об}$  — время одного оборота автомобиля (час);

$$t_{об,i} = t_{н,i} + t_{р,i} + t_{м,i} + t_{пер,i} + l_{р,i} / V_{р,i} + l_{пор,i} / V_{пор,i}, \quad (3.3.8)$$

где  $t_{н,i}$  — время загрузки;  $t_{р,i}$  — время разгрузки;  $t_{м,i}$  — время маневрирования до разгрузки;  $t_{пер,i}$  — дополнительное время для перемешивания смеси (для автобетоносмесителей);  $l_{р,i}$  — расстояние маршрута перевозки бетонной смеси от данного завода до данного объекта;  $l_{пор,i}$  — расстояние маршрута порожнего рейса от данного объекта до данного завода;  $V_{р,i}$  — скорость автомашины с грузом;  $V_{пор,i}$  — скорость автомашины без груза.

#### § 4. Разбивка сооружения на строительные блоки

Из-за неравномерности осадки отдельных частей бетонных и железобетонных частей сооружений, вызываемой различием веса этих частей или неоднородностью основания, а также из-за температурных изменений линейных размеров конструкций необходимо устраивать конструктивных деформационных швов (температурно-осадочных).

В небольших гидротехнических сооружениях бетонную смесь достаточной мощности бетонного завода можно укладывать сразу конструкцию или ее часть, отделенную конструктивно-деформационным швом от других частей сооружения. Но в крупных сооружениях размер этих частей так велик, что мощности бетонного завода не хватит для укладки сразу одного слоя в границах ее контура. Поэтому возникает необходимость разрезать временными строительными швами такие части сооружения на более мелкие элементы — строительные блоки. Строительным блоком называется часть элемента сооружения, ограниченная строительными швами, в которую бетонная смесь укладывается непрерывно.

Из известной уже формулы 3.2.3 определения производительности бетонного завода можно определить максимальную величину блока  $F_{\max}$  (м<sup>2</sup>):

$$F_{\max} = \frac{P_{\text{зав}} \cdot (t_1 - t_2) \cdot K_3}{h}, \quad (3.4)$$

Основные рекомендации по разбивке сооружений на строительные блоки:

1. Для равномерности работ рекомендуется разбивку сооружений или его частей производить на строительные блоки, приблизительно равные по площади.

2. Высота строительного блока и темпы ее роста не должны создавать недопустимых напряжений на нижние слои уложенного бетона.

3. Высота строительного блока должна быть увязана с размерами опалубочных щитов, способом крепления опалубки и плоскостными изменениями размеров конструктивного блока по высоте.

Для средних по размерам сооружений высоту блока принимают 1,5–4,0 м, если, исходя из производственной мощности завода и возможной площади строительного блока, не потребуется брать меньшую высоту.

4. Положение строительного шва должно быть увязано с расположением арматуры, чтобы вертикальный или наклонный строительный шов не пересекал строительную арматуру.

5. Строительный шов обязательно совмещают с конструктивным швом и, таким образом, блок сооружения, отделенный конструктивными швами, может быть в целом строительным блоком или его делить на строительные блоки.

6. При укладке бетона в крупные блоки в условиях высокой температуры воздуха размеры блока должны способствовать остыванию бетона.

после укладки его в дело, поэтому лучше, если блоки будут иметь вытянутую форму с размерами по одной из сторон не более 10 м.

7. Для лучшего сопряжения бетона двух соседних блоков в строительных швах устраивают штрабы — выступы или выемы в теле блока, особенно в горизонтальных плоскостях для конструкций, работающих на сдвиг. Штрабы не должны иметь острых углов и сложных форм, плохо доступных для обработки поверхностей.

Существуют различные приемы разбивки массивных блоков:

1. Разбивка с перевязкой швов и устройством штрабов наиболее надежна, но сложна в производстве работ и требует широкого фронта, так как каждый вышележащий блок располагается на нескольких нижних.

2. Столбчатая разбивка хотя и упрощает организацию процессов по укладке бетонной смеси, но требует омоноличивание вертикальных швов глубиной цементацией.

3. При разбивке с замыкающим бетоном между строительными блоками оставляют полости шириной 1–2 м с тем, чтобы в них можно было выполнить подготовку поверхностей к омоноличиванию. В дальнейшем их заполняют бетоном одновременно с вышележащим блоком, чем и обеспечивается надежное сопряжение и перевязка швов.

*Пример.* Плотина имеет такие основные конструктивные блоки: фундаментную плиту, бычок, водобойную плиту. Поток бетона 15 м<sup>3</sup>/час. Разбить сооружение на строительные блоки.

*Решение.* В соответствии с принятыми условиями максимальная площадь строительного блока будет:

$$F_{\max} = \frac{15(1,5 - 0,38) \cdot 0,8}{0,3} = 44,8 = 45 \text{ м}^2$$

$$t_{\text{сп}} = 5 + 2 + 6,4 + 4,7 + 5 = 23 \text{ мин.} = 0,38 \text{ час}$$

Объем бетона, выдаваемый за две смены по 7 часов, исходя из потока 15 м<sup>3</sup>/час равен 210 м<sup>3</sup>.

Разбивка дана без учета закруглений бычков, зубьев фундаментной и водобойной плит.

Таблица 3.4.1

Расчеты по разбивке сооружения на строительные блоки

Наименование конструктивных блоков	Данные о конструктивных блоках					Число блоков	
	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Площадь, м <sup>2</sup>	Объем, м <sup>3</sup>	По площади	По объему
Фундаментная плита	17,5	9	2,0	157,5	15	4	2
Плита понура	15,0	6	0,5	90,0	45	2	1
Плита водобоя	20,0	6	1,25	120,0	150	3	1
Фундамент бычка	17,5	3	2,0	52,5	105	2	1
Верхняя часть	15,0	2	8,0	30,0	240	1	2

Наименование конструктивных блоков	Данные о конструктивных блоках					Число блоков по площади
	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Площадь, м <sup>2</sup>	Объем, м <sup>3</sup>	
Фундаментная плита	9,0	4,4	2	39,4	78,25	1
Плита понура	7,5	6	0,5	45	22,5	1
Плита водобоя	6,7	6	1,25	40	50	1
Фундамент бычка	8,75	3	2	26,25	52,5	1
Верхняя часть	15	2	2	30	60	4

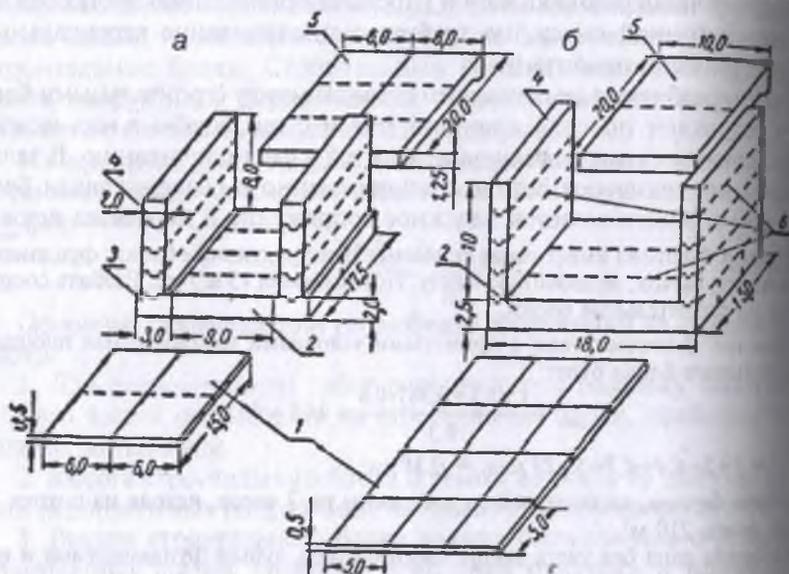


Рис. 3.4.1. Разбивка конструктивных блоков на строительные:

1 — понурная плита; 2 — фундаментная плита; 3 — фундамент бычка; 4 — бычок; 5 — водобойная плита; 6 — строительные швы.

### § 5. Укладка бетонной смеси

Укладка бетонной смеси включает: подготовку основания и поверхности ранее уложенного бетона, подачу бетонной смеси к месту укладки, прием, разравнивание и уплотнение бетонной смеси, уход за уложенным бетоном.

Перед укладкой бетонной смеси следует проверить и принять все конструктивные элементы и выполненные работы, которые закрываются слоем бетона: подготовка основания, гидроизоляция, армирование, закладные детали. Наряду с этим проверяют правильность установки и закрепления опалубки, наличие смотровых окон.

Арматуру и опалубку до укладки бетонной смеси следует очистить от мусора и грязи, а арматуру и от ржавчины. Подготовленное основание для укладки бетонной смеси должно быть очищено от мусора, грязи, масел, снега и льда, промыто и не иметь на поверхности воды. Бетонное основание и рабочие швы по горизонтальным и наклонным поверхностям должны быть очищены от цементной пленки без повреждения бетона. Наиболее целесообразно удалять цементную пленку сразу после окончания схватывания цемента (через 6–8 часов после окончания укладки в жаркую погоду, через 12–24 часа — в прохладную). При очистке поверхности прочность бетона должна быть не менее:

- 0,3 МПа — при очистке водяной или воздушной струей;
- 1,5 МПа — при очистке механической металлической щеткой;
- 5,0 МПа — при гидропескоструйной очистке или очистке механической фрезой.

Подготовленные поверхности затвердевших рабочих швов рекомендуется покрывать непосредственно перед бетонированием цементным раствором толщиной 20–50 мм или слоем пластичной бетонной смеси. Бетонируемый участок должен быть защищен от попадания в бетонную смесь осадков. Случайно размывтый бетон следует удалить.

Внутренние поверхности инвентарной деревянной и металлической опалубки необходимо покрыть смазкой, а поверхности бетонной, железобетонной и армоцементной опалубок — облицовок должны быть смочены водой.

При укладке бетонной смеси следует стремиться к тому, чтобы она подавалась на все участки бетонируемой конструкции механизмами и затраты на ее разравнивание были минимальными.

Подача бетонной смеси в армированные конструкции путем ее свободного сбрасывания допускается с высоты не более 2 м. При большей высоте для спуска бетонной смеси применяют наклонные лотки, желоба и хоботы, а также виброточки, виброжелоба. Применение оборудования для вибрационного транспортирования — эффективное средство механизации процессов подачи и распределения бетонной смеси. Вибрационный транспорт применяют для транспортирования бетонной смеси на расстояние не более 20–30 м под уклоном 5–20°.

Виброточки представляют собой корытообразную конструкцию из листовой стали. Колебания вибропитателя и лотка создаются с помощью установленных на них вибраторов, как с круговыми, так и с направленными колебаниями. Если применяется вибратор с круговыми колебаниями, его устанавливают на расстоянии 1/3 длины от конца. Вибратор с направленными колебаниями устанавливают на торце лотка. Виброточки устанавливают на опорные конструкции при помощи подвесок с пружинными амортизаторами. Наибольшая скорость движения бетонной смеси обеспечивается при транспортировании ее слоем толщиной 10–25 см. Чтобы исключить перепады высоты лотков, их соединяют встык элементами из листовой резины. В зависимости от производственных требований лотки могут иметь люки с затворами для промежуточной разгрузки.

При высоте более 10 м бетонную смесь спускают по виброхоботам, снабженным промежуточными и нижними гасителями скорости. При глубине 2–10 м применяют звеньевые хоботы, при глубине 10–80 м – виброхоботы.

Вибролотки

Таблица 3.5

Длина, мм	Расстояние от конца вибролотка до оси вибратора, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Радиус закругления, мм	Толщина листа, мм	Масса, кг
С круговыми колебаниями						
6000	1500	280	290	140	3	234
4000	1000	290	290	140	3	181
С направленными колебаниями						
6000	Вибратор крепится с загрузочного торца	280	290	140	2	203
4000		280	290	140	2	160

Виброхоботы

Таблица 3.5.1

Параметр	Единица измерения	Значения параметров для виброхоботов		
		T-165Д	C-696	C-579A
1	2	3	4	5
Глубина опускания бетонной смеси	м	До 40	До 40	До 80
Возможный радиус обслуживания	м	–	15	20
Максимальная крупность заполнителя бетонной смеси	мм	120	120	120
Подвижность бетонной смеси	см	3	2–6	2–6
Емкость виброхобота при максимальной длине	м³	–	5,7	9
Возможное отклонение от вертикали	%	16	–	15
Емкость загрузочной воронки	м³	1	1,6	1,6
Количество секций:	шт.			
– верхних с тросом диам. 32		–	1	1
– средних с диам. 32		–	–	–
– нижняя шарнирная точка без облегченных звеньев		–	2	5
		–	1	1

Виброхоботы собраны из цилиндрических звеньев 1000–1500 мм с раструбным соединением. Хоботы устанавливают вертикально, допускается оттягивание в сторону не более чем на 0,25 м на каждый метр высоты.

При бетонировании неармированных конструкций высоту свободного сбрасывания бетонной смеси в опалубку устанавливает строительная лаборатория на основании производственного опыта.

Бетонную смесь укладывают в опалубку горизонтальными слоями одинаковой толщины без разрывов с направлением укладки на одну сторону во всех слоях. При укладке бетонной смеси надо непрерывно наблюдать за состоянием опалубки. При появлении деформации или смещения отдельных элементов опалубки и креплений следует немедленно приостановить работы и вернуть опалубку в проектное положение.

Толщину слоя бетонной смеси при ее укладке определяют в зависимости от вида вибрационного уплотнения (внутреннего или поверхностного). Выбор типа вибратора зависит от вида конструкции. Для уплотнения бетонной смеси внутри массивных конструкций применяют внутренние (глубинные) вибраторы, при бетонировании оснований покрытий, плит – поверхностные (площадочные) вибраторы и виброрейки, а при бетонировании густоармированных колонн, стенок – наружные вибраторы, которые прикрепляют к опалубке снаружи. При уплотнении тяжелыми вибраторами, расположенными вертикально, толщину слоя принимают на 5–10 см меньше длины рабочей части вибратора. При уплотнении ручными глубинными вибраторами толщина слоя бетонной смеси не должна превышать 1,25 длины рабочей части вибратора. При уплотнении поверхностными вибраторами толщина слоя бетонной смеси не должна превышать: в неармированных конструкциях и конструкциях с одиночной арматурой 25 см, в конструкциях с двойной арматурой – 12 см. При толщине покрытий более 25 см смесь уплотняют глубинными вибраторами с последующим использованием поверхностных вибраторов для уплотнения верхних слоев, выравнивания и заглаживания поверхности.

Бетонную смесь уплотняют с соблюдением правил:

– шаг перестановки глубинного вибратора не должен превышать полуторного радиуса его действия, а глубина погружения этого вибратора в бетонную смесь должна обеспечивать углубление его в нижележащий слой на 5–15 см, чтобы получить надежную связь между отдельными слоями;

– шаг перестановки поверхностных вибраторов на смежную позицию должен перекрывать на 10 см уже уплотненную позицию.

Каждый слой бетонной смеси укладывается, как правило, до начала схватывания предыдущего слоя бетона. В ряде случаев при бетонировании массивов большой площади невозможно успеть перекрыть предыдущий слой бетона до начала его схватывания. Тогда бетонную смесь укладывают ступенями с одновременной укладкой 2–3 слоев. При этом отпадает необходимость перекрывать слои по всей площади массива.

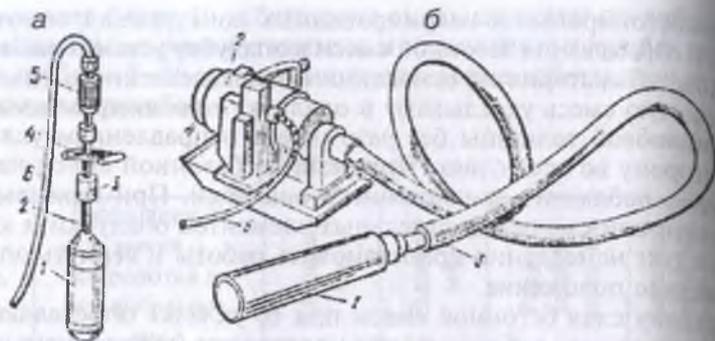


Рис. 3.5.1. Вибраторы:

а) внутренний (глубинный) вибратор с жесткой штангой (булава): 1 — корпус вибромотором; 2 — штанга; 3 — упругая муфта (амортизатор); 4 — рукоятка; 5 — выключатель; 6 — питающий кабель; б) вибратор с гибким валом: 1 — рабочий наконечник с эксцентриком; 2 — электродвигатель; 3 — гибкий вал; 4 — подставка для электродвигателя; 5 — питающий кабель.

Время перекрытия устанавливается лабораторией и зависит от температурно-влажностных условий окружающей среды, свойств применяемого цемента, состава бетона. Если время укладки слоя превысило установленный лабораторией срок, то при виброуплотнении последующего слоя возникает угроза нарушения монолитности предыдущего. В таких случаях бетонирование прекращается и возобновляется только при достижении прочности на сжатие не менее  $15 \text{ кг/см}^2$ . Продолжительность перерывов при бетонировании, требующихся для устройства рабочих швов, определяется лабораторией. Опираие вибраторов во время их работы на арматуру, закладные части и элементы крепления опалубки не допускается.

Бетонную смесь можно считать достаточно уплотненной, если прекращена ее осадка, а на ее поверхности появилось равномерно тонким слоем цементное молоко и прекратилось всплывание на поверхности пузырьков воздуха. После вибрирования бетонная смесь становится однородной, хорошо заполняет форму, увеличивается на 20–25% прочность бетона.

Таблица 3.5.1

Техническая характеристика глубинных вибраторов со встроенным электродвигателем

Показатели	Единица измерений	Значения показателей для вибраторов			
		ИВ-55	ИВ-56	ИВ-59	ИВ-60
Наружный диаметр корпуса	мм	51	76	114	133
Система вибрационного механизма	—	Дебалансовая			
Длина рабочей части	мм	410	510	520	520
Частота колебаний	кол./мин.	11000	11000	5700	5700
Возмущающая сила	кН	25	55	50	80
Масса	кг	10	19	22	30

Таблица 3.5.4

## Техническая характеристика подвесных глубинных вибраторов

Показатели	Единица измерений	Значения показателей для вибраторов	
		ИВ-34	ИВ-11
Наружний диаметр корпуса	мм	133	194
Частота колебаний	кол./мин.	8000	5500
Возмущающая сила	кН	200	270
Длина рабочей части	мм	800	1000
Масса	кг	130	230

Таблица 3.5.5

## Техническая характеристика глубинных вибраторов с гибким валом

Показатели	Ед. изм.	Значения показателей для вибраторов				
		ИВ-17	ИВ-27	ИВ-47	ИВ-66	ИВ-67
<b>Вибронаконечник</b>						
Наружний диаметр корпуса	мм	36	51	76	38	51
Система вибрационного механизма		планетарная				
Частота колебаний	кол./мин.	20000	15000	10000	20000	16000
Возмущающая сила	кН	13,5	22	40	15	30
Длина рабочей части	мм	350	400	440	360	410
<b>Гибкий вал</b>						
Тип		В-122	В-122	В-126	В-127	В-128
Длина	мм	3300	3300	3010	3300	3280
Диаметр сердечника	мм	13	13	16	98	31
Допускаемый радиус изгиба	мм	30	300	350	250	280
Общая масса вибратора	кг	25,8	28,2	39	26	29

Таблица 3.5.6

## Техническая характеристика виброреек

Показатели	Единица измерений	Значения показателей для вибраторов	
		СО-131	СО-132
Тип вибровозбудителя		ИВ-70А	ИВ-21А
Возмущающая сила	кН	2,5	4,0
Техническая производительность	м <sup>3</sup> /час	80	120
Масса	кг	46	65

Таблица 3.5.7

## Техническая характеристика поверхностного вибратора ИВ-91

Показатель	Единица измерений	Значение
Вынуждающая сила	кН	40; 50; 63; 80
Частота колебаний	с <sup>-1</sup>	47
Мощность электродвигателя	кВт	0,6
Масса	кг	60

Требуемое количество вибраторов определяется по формуле  $\Pi$  (шт.):

$$\Pi = \frac{\Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}}}{\Pi_{\text{час}}^{\text{вibr}}} 1,5, \quad (3.5.1)$$

где  $\Pi_{\text{час}}^{\text{БСУ}}$  — часовая производительность бетоносмесительной установки, м<sup>3</sup>/час;  $\Pi_{\text{час}}^{\text{вibr}}$  — производительность вибратора, м<sup>3</sup>/час; 1,5 — коэффициент, учитывающий резерв вибраторов.

$$\Pi_{\text{час}}^{\text{вibr}} = \frac{3600 \cdot L^2 \cdot \delta}{t_1 + t_2 + t_3}, \quad (3.5.2)$$

где  $L = \sqrt{2} R_{\text{вibr}}$  — шаг расстановки вибратора, м;  $R_{\text{вibr}} = (10-12) d$  — радиус действия вибратора, м;  $d$  — диаметр рабочего органа, м;  $t_1 = 10-20$  сек. — время установки вибратора в рабочую позицию;  $t_2 = 60-120$  сек. — время вибрирования;  $t_3 = 10-20$  сек. — время отъема вибратора с рабочей позиции.

Проверяем полученное количество вибраторов  $\Pi$  (шт.) по формуле:

$$\Pi = \frac{V_{\text{б.р.}}}{\Pi_{\text{час}}^{\text{вibr}} \cdot t_{\text{с}}}, \quad (3.5.3)$$

где  $V_{\text{б.р.}}$  — объем бетонных работ по сооружению, м<sup>3</sup>;  $t_{\text{с}}$  — срок работы вибратора до полного его износа, час.

Принять большее количество вибраторов, полученное по формулам 3.5.1 и 3.5.3.

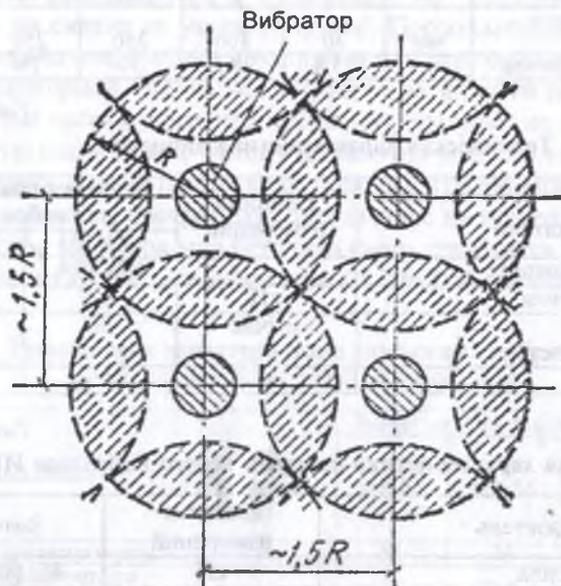


Рис. 3.5.2. Схема перестановки внутренних (глубинных) вибраторов.

В целях экономии бетонной смеси при возведении массивов рекомендуется укладывать в бетон отдельные камни «изюм». Прочность уклад-

дываемого «изюма» должна быть не менее прочности крупного заполнителя в бетонной смеси, а размеры не менее 150 мм и не более одной трети наименьшего размера конструкции, бетонируемой без перерыва. Расстояние между укладываемыми камнями должно быть не менее 200 мм и от опалубки до камней — не менее 300 мм. Камни должны быть без трещин и прослоек и очищены от грязи струей воды под напором.

## § 6. Уход за бетоном

*Технология ухода за бетоном, твердеющим при положительной температуре.* Показатели физико-механических свойств бетона во многом зависят от условий его твердения. Трудно сказать, что в большей мере определяет высокое качество бетона — хорошие материалы, правильно подобранный состав, тщательное приготовление, укладка и уплотнение бетонной смеси или условия его твердения. Устройство бетонной конструкции — комплексный процесс и следует представлять, что любой упущенный при производстве работ фактор может оказать решающее влияние на качество бетона. Однако, поиску мероприятий, обеспечивающих наилучшие условия твердения бетона в зависимости от характера воздействия внешней среды, необходимо придавать особое значение хотя бы потому, что свойства затвердевшего бетона практически не поддаются улучшению. С другой стороны, такие важные свойства бетона, как водонепроницаемость и морозостойкость можно успешно формировать целенаправленным изменением условий твердения.

Бетон, уложенный в конструкцию и твердеющий при положительной температуре, интенсивно набирает прочность. Поэтому в летнее время уход за бетоном во многих случаях производится стандартно, без учета сложившихся температурно-влажностных условий. Это часто приводит к формированию низкокачественного цементного камня, особенно у открытой поверхности конструкций, и в дальнейшем значительно сказывается на показателях долговечности бетона.

Особо опасные условия создаются при твердении бетона в условиях высокой температуры и низкой влажности. Бетон, твердеющий на солнце без ухода при температуре 34–42° С, достигает в 28-суточном возрасте только 54–56% проектной прочности.

В нормальных условиях — температура 18°С и относительная влажность 95% — водопотери бетона отсутствуют. В условиях сухого жаркого климата они достигают 37,5% от начального водосодержания. Если количество физически связанной воды в бетоне нормального твердения в суточном возрасте 50%, то в бетоне естественного твердения в жарком сухом климате — всего лишь 13–15%.

Создание наиболее благоприятных условий твердения бетона должно начинаться с приготовления бетонной смеси. При температуре воздуха до 20–25°С особые требования к этому процессу не предъявляются. Однако, при более высокой температуре необходимо

предусматривать охлаждение бетонной смеси, а точнее — заполнителей и воды затворения. Дело в том, что прочность бетона после длительного твердения очень сильно зависит от температуры бетонной смеси в момент укладки.

Таблица 3.6.1

Влияние температуры бетонной смеси на уменьшение конечной прочности бетона

Первоначальная температура бетонной смеси, град. С	Прочность, % от классной в возрасте			
	суток			
	7	28	90	1 (год)
23	100	100	100	100
32	105	98	84	96
40	101	94	87	90
49	93	87	79	82

Для снижения температуры заполнителей рекомендуется защищать их от солнечных лучей тентами и щитами, смачивать поверхность разбрызгиваемой водой, погружать перед приготовлением бетонной смеси в холодную воду или охлаждать холодным воздухом. Температуру воды целесообразно снижать, добавляя в нее дробленый или строганный лед. При эксплуатации бетонных заводов в условиях жаркого климата трубопроводы для подачи воды и накопительные резервуары должны быть заблаговременно покрыты изоляцией или окрашены в белый цвет.

Транспортирование бетонной смеси, как уже отмечалось, необходимо организовать таким образом, чтобы в момент укладки ее удобоукладываемость была не ниже требуемой. Снижение удобоукладываемости происходит из-за схватывания бетонной смеси и потери ею влаги в процессе транспортировки.

Нежелательно добиваться получения необходимой удобоукладываемости бетонной смеси за счет введения дополнительного количества воды затворения. Рекомендуется введение добавок замедлителей твердения, в том числе поверхностно-активных веществ, уменьшающих водопотребность бетонной смеси без снижения прочности. Вид и количество добавок должны быть определены лабораторией и проверены экспериментально.

За бетоном, твердеющим при положительной температуре, организуют влажностный уход или уход с помощью пленкообразующих веществ.

Влажностный уход, осуществляемый путем полива непосредственно бетона или водоудерживающих материалов — песка, опилок и других материалов, уложенных на его открытых поверхностях, препятствует потере влаги и охлаждает поверхностный слой бетона. Этот способ трудоемок и требует для ухода большого количества воды, которой во многих случаях в это время недостаточно. Влажностный уход условно делится на три этапа, каждый из которых соответствует определенному периоду структурообразования бетона. Поэтому на каждом этапе ухода проводят различные мероприятия.

Первый этап начинается с окончания отделки поверхности бетона и завершается после начала схватывания. Последний момент определяется визуально по признакам исчезновения влаги с поверхности, когда при соприкосновении ладони с поверхностью к ней не прилипают частицы раствора. Длительность этого этапа ухода зависит от температуры окружающего воздуха, свойств цемента, показателей удобоукладываемости бетонной смеси и достигает 2–3 часов.

На первом этапе ухода за свежеложенным бетоном основная задача состоит в том, чтобы прекратить или значительно замедлить испарение воды затворения с целью предотвращения образования усадочных трещин и снижения качества конструкции. С другой стороны, поверхность должна быть защищена и от дождя. Поэтому поверхность бетона в зависимости от вида конструкции укрывают тентами, шитами или водонепроницаемыми материалами. Тщательное укрытие бетона полиэтиленовой пленкой позволяет свести количество испарившейся воды примерно до 6%.

Попадание воды в свежеложенный бетон в период развития контракции и связанного с ней роста внутриобъемного вакуума приводит к серьезным последствиям независимо от температурных условий твердения. Вследствие расклинивающего действия воды происходят необратимые нарушения структуры и в дальнейшем имеет место недобор бетоном проектной прочности. Поэтому в начальный период ухода до набора бетоном критической прочности необходимо производить полив осторожно и смачивать только влагоудерживающее покрытие (мешковина или маты). Вода может распыляться с помощью обычного краскопульта в количестве 80–150 г на 1 м<sup>2</sup> поверхности при одном распылении. Поливы зависят от температуры воздуха, скорости ветра и могут повторяться 3–4 раза в час.

Второй этап — от начала схватывания до набора бетоном 60–70% проектной прочности. В этот период можно, не повредив поверхности конструкции, наносить водоудерживающее покрытие и увлажнять его. Длительность этого этапа составляет 8–15 суток. На втором этапе укрытие убирают.

Для устройства покрытия используют опилки, песок, мешковину, соломенные или камышовые маты и др. Если применяется песок, из него должны быть удалены частицы крупнее 10 мм. Толщина засыпки зависит от вида материала и погодных условий. Песок насыпают слоем не менее 6 см, а в районах с жарким климатом — 10–12. Опилки можно насыпать слоем вдвое меньшей толщины. Влагоудерживающее покрытие поливают с помощью переносных резиновых шлангов, подключаемых к временному водопроводу.

Третий этап продолжается до приобретения бетоном проектной прочности и, как правило, длится 12–15 суток. На этом этапе поливать бетон не обязательно. Однако, в целях гарантии долговременного твердения бетона и его высокого качества, и на этом этапе следует поливать, в несколько раз сократив интенсивность поливов.

Оптимальные режимы полива бетона

Таблица 3.4

Температура воздуха, град.С°	25	30	35	40
Продолжительность ухода, сутки	20	17	14	11
Количество поливов в сутки	3	4	5	6

Для сухого и жаркого климата представляет интерес влажный уход способом «покрывающих бассейнов». После проведения первого этапа ухода горизонтальные поверхности бетонных сооружений ограничивают инвентарными металлическими вертикальными бортиками высотой 4–5 см и заливают водой слоем 1–3 см.

Водяная пленка на поверхности бетона в 1,2 раза увеличивает поглощение тепла радиации, но потери тепла за счет испарения составляют около 65% всего поглощаемого тепла. За счет этого бетон твердеет при умеренной температуре и в короткий срок обеспечивается получение бетона высокого качества.

В условиях сухого и жаркого климата пленкообразующие материалы для ухода за бетоном применяют в сочетании с устройством 5 см термозащитного слоя песка или супеси, не содержащих зерен крупнее 5 мм.

Для ухода за свежееуложенным бетоном в качестве пленкообразующих материалов применяют светлый материал лак-помароль (ПМ-86), а также темные материалы: битумные эмульсии, лак-этиноль, реже разжиженные битумы, лак ФЛ-1, латекс синтетического каучука, дегтевые эмульсии.

Пленкообразующий материал наносят на поверхность свежееуложенного бетона за один или два прохода машины-распределителя. Лучшее качество достигается при двух проходах машины. Первый слой наносят немедленно после того, как поверхность бетона станет матово-влажной.

Удовлетворительное качество ухода обеспечивается при следующем расходе материалов, г/м<sup>2</sup>: лака-помароля — 400–600; битумной эмульсии — 600–1000; битума, разжиженного бензином — 600–1000; лака-этиноля — 600–1000; лака ФЛ — 500–700.

При нанесении жидкости в два слоя норма пленкообразующего материала для каждого слоя равна половине общей. Нанесение жидкости в два слоя способствует формированию паронепроницаемого покрытия более высокого качества. Второй слой наносят через определенное время после нанесения первого в зависимости от вида пленкообразующего вещества, температуры воздуха и т.д.

Ориентировочные интервалы в нанесении слоев пленкообразующих материалов

Пленкообразующий материал	Интервал времени между нанесением первого и второго слоев, мин., при температуре воздуха, град. С <sup>о</sup>	
	15-20	20-30
Лак-этиноль	30-25	20
Раствор лака ФЛ-1	50	30
Битумная эмульсия	30-40	40-50
Латекс синтетического каучука	20	15
Разжиженный битум	120-60	70-30

Технология ухода за бетоном, твердеющим при отрицательной температуре, в данном пособии не рассматривается, так как большое внимание ей уделено в основном учебнике «Организация и технология гидромелиоративных работ» (авторы В.Г. Ясинецкий, Н.К. Фенин) [8].

## § 7. Контроль качества бетонных работ

Контроль организуется на всех стадиях производства бетона и изделий из него и включает контроль свойств исходных материалов, приготовление бетонной смеси и ее уплотнение, структурообразование и твердение бетона и свойств готового материала. Для контроля используют различные способы и приборы. В последние годы разработан ряд механических и физических методов, позволяющих определять прочность и однородность бетона в различных местах железобетонных и бетонных конструкций и изделий без их разрушения. По полученным результатам вносят коррективы в состав бетона, в параметры и режимы технологических операций на основе закономерностей, учитывающих влияние на свойства готового бетона различных факторов.

**Физические методы контроля качества бетона.** К ним относят электронно-акустические методы испытания, которые в свою очередь можно разделить на импульсные и вибрационные. Этими методами определяют скорость и затухание звукового импульса, частоту собственных колебаний и другие подобные характеристики. Так как эти характеристики, как и прочность бетона, зависят от его структуры и свойств составляющих, то по ним можно судить о прочности бетона или изменениях его структуры под действием нагрузки, попеременного замораживания и оттаивания и других факторов. Физические методы позволяют определить прочность бетона и изменение его структуры в разных частях конструкции, в том числе и во внутреннем объеме, недоступном для испытания поверхностными механическими методами.

**Ультразвуковой импульсный метод.** По этому методу электронный генератор создает высокочастотные электрические импульсы, кото-

рые в специальном излучателе преобразуются в ультразвуковые механические волны. Излучатель плотно прижимается к образцу или изделию, посылая в него ультразвуковые колебания, которые вновь преобразуются в электрические (рис. 3.7.1). Через усилитель эти колебания подаются на измерительное устройство, где суммируются с сигналом, посылаемым генератором. Измерительное устройство позволяет определить время прохождения ультразвука через образец  $t$ . Скорость распространения ультразвука  $V$  (км/с)

$$V = l \cdot (t - t_0), \quad (3.7.1)$$

где  $t_0$  — время прохождения ультразвука при сомкнутых щупах, определяющее задержку сигнала в местах контакта щупов с бетоном;  $l$  — база измерения.

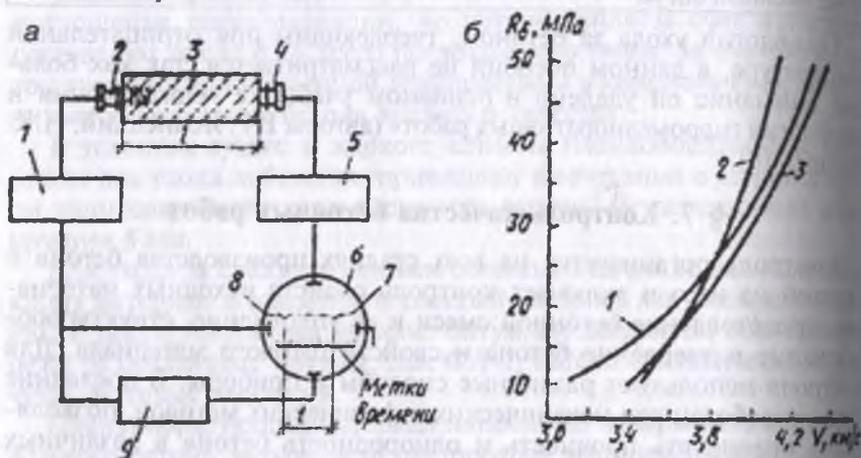


Рис. 3.7.1. Испытание бетона ультразвуковым методом:

а) схема испытания: 1 — электронный генератор высокочастотных импульсов; 2 — излучатель; 3 — образец; 4 — приемник; 5 — усилитель; 6 — измерительное устройство; 7 — изображение принятого сигнала; 8 — то же, посланного импульса; 9 — блок питания; б) тарировочные зависимости: 1 — бетона на графитном щебне; 2 — бетон на известковом щебне; 3 — бетон на гравии.

Затем по тарировочным зависимостям (рис. 3.7.1) определяют прочность бетона. Чем плотнее бетон, тем выше его прочность и скорость распространения ультразвука. Так как на прочность бетона и скорость ультразвука изменение его состава, например, содержания и вида щебня, технология изготовления, влажность бетона и другие факторы оказывают различное влияние, то следует стремиться к использованию тарировочных зависимостей, полученных для данных конкретных условий производства.

**Вибрационные методы контроля.** Они основаны на измерении частоты собственных колебаний бетонных образцов или изделий и на определении характеристик их затухания. При этом результаты испытания зависят от качества бетона во всем объеме и являются как бы интегральным показателем качества. На основе подобных испытаний

можно судить о появлении в бетоне микродефектов, изменении его структуры и свойств.

В вибрационных методах обычно возбуждают и регистрируют изгибные колебания. В зависимости от вида возбуждения колебаний различают резонансный метод и метод затухания колебаний (рис. 3.7.2).

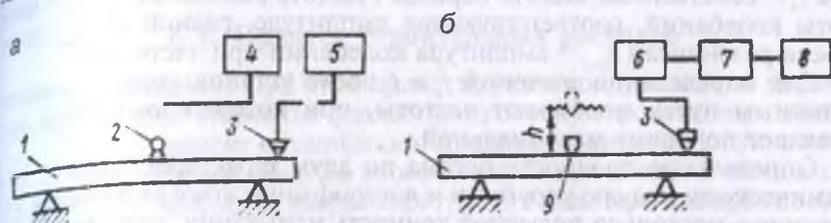


Рис. 3.7.2. Схемы вибрационных испытаний бетона:

а) резонансным способом; б) затухающими колебаниями; 1 — образец; 2 — возбудитель колебаний; 3 — приемник колебаний; 4 — измерительный генератор; 5 — индикатор резонанса колебаний; 6 — устройство, формирующее импульсы; 7 — генератор стандартной частоты; 8 — электронный измеритель частоты; 9 — ударник.

При первом методе с помощью электродинамического возбудителя колебаний, чаще всего устанавливаемого в середине пролета, в образце возбуждаются незатухающие колебания, частоту которых можно изменять с помощью генератора звуковой частоты. На некотором расстоянии от возбудителя устанавливают приемник, преобразующий колебания изделий в электрический сигнал, который поступает на индикатор резонанса. При изменении частоты возбуждаемых колебаний наступает момент, когда частота этих колебаний совпадает с частотой собственных колебаний образца или изделия и возникает резонанс, которому соответствует максимальная величина амплитуды колебаний. Этот момент регистрирует индикатор резонанса, а по показаниям измерительного генератора звуковой частоты определяют частоту колебаний, соответствующую максимальной амплитуде  $A_{max}$ . Регистрируемая частота соответствует частоте собственных колебаний образца, которая зависит от состава и свойств бетона и условий испытания.

По частоте собственных колебаний вычисляют динамический модуль упругости  $E_d$ , а по тарировочной зависимости определяют прочность бетона:

$$R_b = f(E_d) \text{ мПа} \quad (3.7.2)$$

Для каждого прибора в зависимости от условий испытаний применяют свою методику определения динамического модуля упругости. Прочность бетона связана с этой характеристикой выражением

$$R_b = (E_d/k)^n \text{ мПа} \quad (3.7.3)$$

Для обычного бетона ориентировочно принимают  $n=3$ ;  $k=52 \cdot 10^2$ . Бетон представляет собой упруговязкопластичный материал, поэтому оценка его качества, в том числе прочности на сжатие по динамическому модулю упругости, который характеризует лишь упругие свойства, не является достаточно полной. Неупругие свойства бетона

и его структурные дефекты можно оценивать по логарифмическому декременту затухания колебаний  $\delta$ , который определяют по ширине резонансного пика и рассчитывают по формуле:

$$\delta = \frac{\pi}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_1 - f_2}{f_0} = 1,8138 \frac{f_1 - f_2}{f_0}, \quad (3.7.4)$$

где  $f_0$  — собственная частота образца (частота резонанса);  $f_1, f_2$  — частоты колебаний, соответствующие амплитуде, равной  $0,5A_{\text{max}}$  до и после резонанса ( $A_{\text{max}}$  — амплитуда колебаний при частоте  $f_0$ ).

Для определения значений  $f_1$  и  $f_2$  после установления резонанса опытным путем подбирают частоты, при которых амплитуда составляет половину максимальной.

Определение прочности бетона по двум характеристикам — динамическому модулю упругости и логарифмическому декременту затухания — несколько повышает точность испытания, особенно если определяется изменение прочности бетона в процессе замораживания и оттаивания, при коррозии и других подобных случаях, когда могут значительно изменяться неупругие характеристики бетона и его микроструктура.

Испытания методом затухания колебаний проводят с помощью ударного приспособления, которым наносят удар по образцу, и специальной аппаратурой регистрируют частоту колебаний. По тарировочным кривым определяют прочность бетона.

Для испытания прочности бетона вибрационным методом применяют разнообразные приборы: ИРЧ-3, ИАЗ, ИЧЗ-5, ИИК-В и другие.

К физическим методам относят также радиометрические методы, которые получили распространение главным образом для контроля правильности расположения арматуры в железобетонных конструкциях и определения толщины защитного слоя.

## ГЛАВА IV. ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНЫХ РАБОТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

### § 1. Пропуск строительных расходов

**Общие сведения.** При строительстве узлов сооружений на реках и каналах особое внимание уделяется пропуску строительных расходов. От него зависит организация, порядок и темпы работ по возведению сооружений, а также способы осушения котлованов под сооружения и технология разработки грунта в них. При выборе способа пропуска строительных расходов учитываются многие факторы: геологические, гидрогеологические и топографические условия; материал и тип сооружения, компоновка узла сооружений, срок строительства, напор, высотное расположение. Окончательный вариант пропуска строительных расходов устанавливаются по результатам технико-экономического сравнения ряда возможных схем.

**Пример.** Исходные данные:

- 1) объект строительства — гидротехнический узел в составе водосбросной плотины и шлюза-регулятора (рис. 4.1.1);
- 2) участок реки в районе строительства (рис. 4.1.2);
- 3) поперечный профиль реки в створе плотины (рис. 4.1.3);
- 4) гидрограф реки при 5% обеспеченности расходов (рис. 4.1.3);
- 5) кривая зависимости  $Q = f(H)$  для реки в створе плотины (рис. 4.1.3);
- 6) геологические данные: левый берег реки составлен коренными глинами, ложе и правый берег — песок разнозернистый, с содержанием гравия до 20%;
- 7) водоток для других нужд не используется (судоходство, лесосплав и т.п.);
- 8) расположение плотины точка  $K$  совмещается с точкой пересечения створа плотины с горизонталью 33,0 м левого берега;
- 9) срок строительства узла 1 год.

**Решение.** Определяем характерные расходы, горизонты, скорости воды, величину строительного расхода.

Характерными горизонтами и расходами по гидрографу являются:

— весенний паводковый — 36,6 м и 1200 м<sup>3</sup>/сек.;

— осенний паводковый — 35,0 м и 500 м<sup>3</sup>/сек.;

— меженный — 33,8 м и 200 м<sup>3</sup>/сек.

Ширина живых сечений поверху при различных отметках горизонта воды проведена на рис. 4.1.1:

$$B_{36,6} = 558 + (620 - 558) \cdot 0,6 = 596,0 \text{ м}$$

$$B_{33,8} = 160 + (202 - 160) \cdot 0,8 = 194,0 \text{ м}$$

Площади живых сечений при характерных точках горизонта воды:

$$\omega_{36,6} = 94,0 + 0,5(160,0 + 194,0) \cdot 0,8 = 94,0 + 142,0 = 236,0 \text{ м}^2$$

$$\omega_{35,0} = 94,0 + 181,0 + 239,0 = 514,0 \text{ м}^2$$

$$\omega_{36,6} = 514,0 + 416,0 + 0,5(558,0 + 596,0) \cdot 0,6 = 930,0 + 346,0 = 1276 \text{ м}^2$$

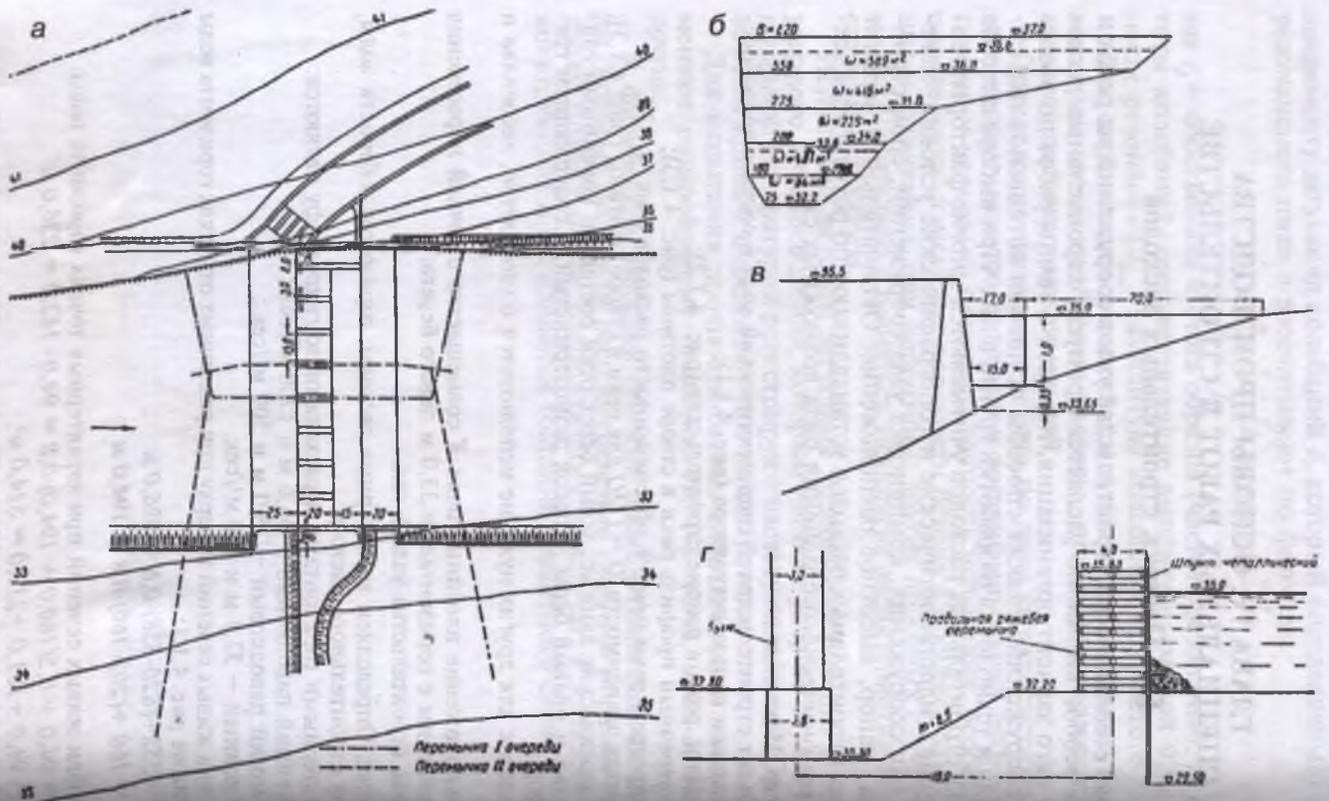


Рис. 4.1.1. Пропуск строительных расходов:

а — схема узла сооружений; б — элементы живого сечения реки в створе сооружений; в — разрез стесненного сечения реки; г — разрез стесненного сечения реки в створе сооружений.

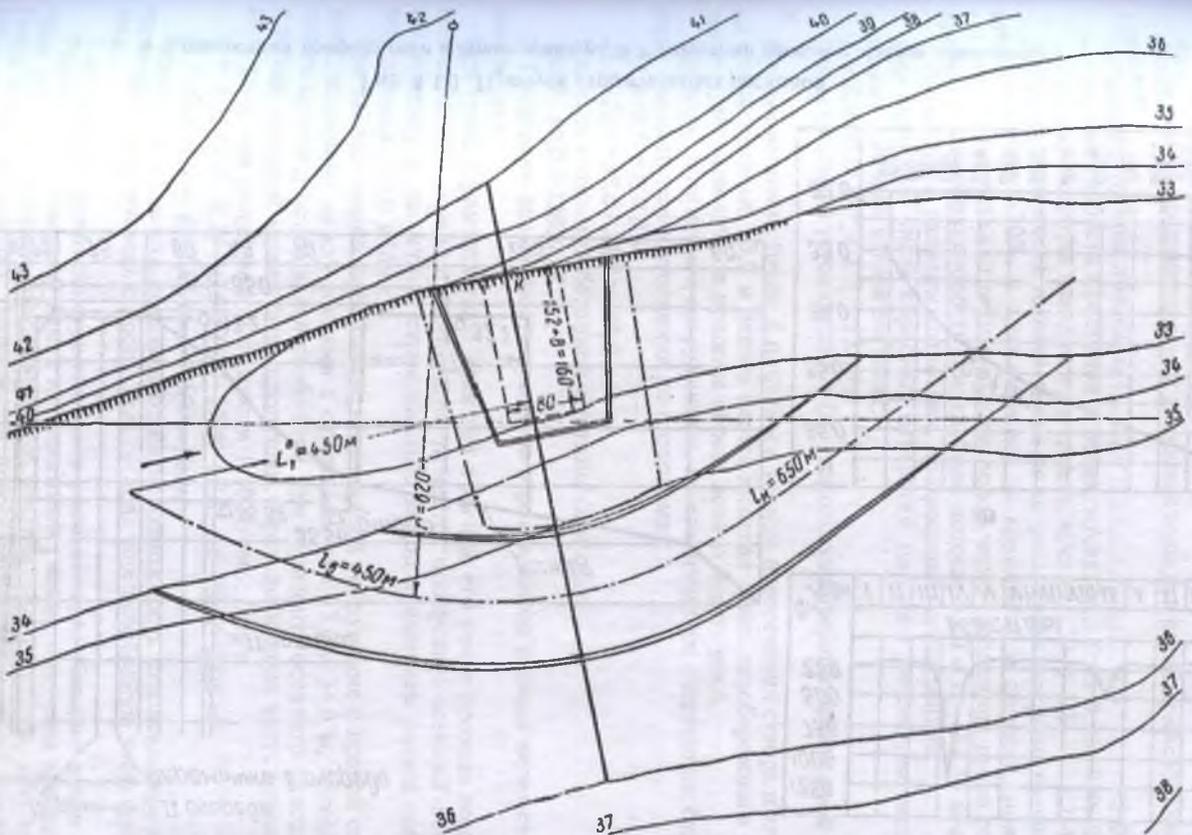
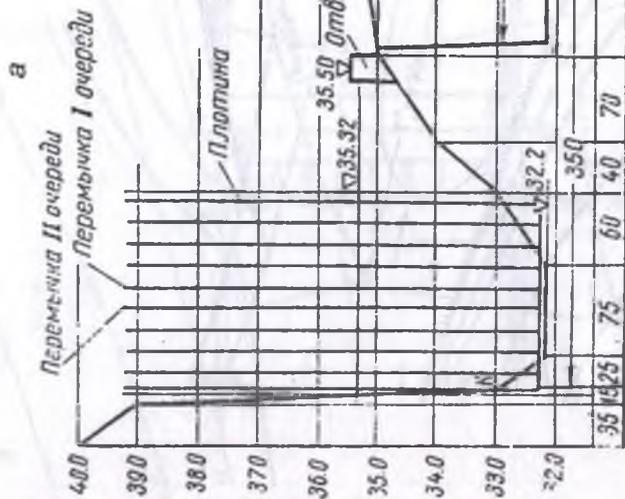
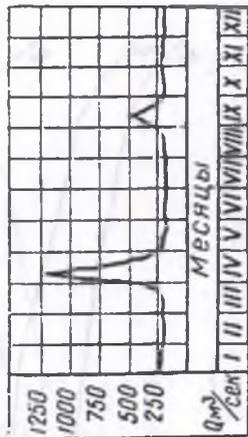


Рис. 4.1.2. План участка реки.



**б**



**в**

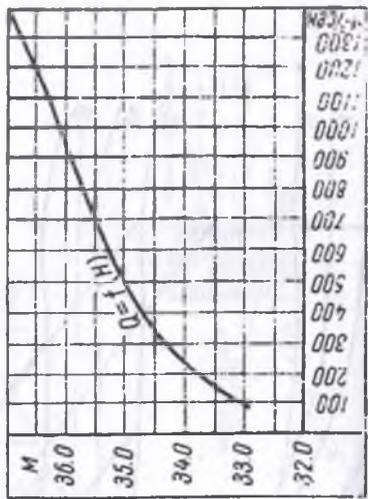


Рис. 4.1.3. Пропуск строительных расходов:

а — поперечный профиль реки в створе плотины; б — гидрограф реки; в — кривая зависимости.



$$\omega_{\text{обн}} = Q/v_{\text{дон}} = 500,0/1,3 = 385,0 \text{ м}^2$$

Обводное русло устраиваем с коэффициентом заложения откосов 2,8. Дно русла принимаем на уровне дна реки, что дает глубину наполнения 35,0-32,2=2,80 м.

Ширину русла определяем из уравнения:

$$b = \omega/h - mh = 385,0/2,80 - 2 \cdot 2,8 = 132,0 \text{ м}$$

Определяем уклон, который должен иметь обводной канал при пропуске расчетного строительного расхода, без создания при этом подпора перед верховой перемычкой. Смоченный периметр:

$$\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2} = 132,2 + 2 \cdot 2,8 \cdot 2,24 = 132,0 + 12,5 = 144,5 \approx 145,0 \text{ м}$$

Гидравлический радиус:  $R = \omega/\chi = 385/145 = 2,66 \text{ м}$

Принимаем коэффициент шероховатости  $n = 0,025$  (для земляных каналов в средних условиях). По приближенной формуле Павловского находим коэффициент  $C$  (при  $R > 1,0 \text{ м}$ ):

$$C = \frac{1}{n} R^{1,3\sqrt{n}} = \frac{1}{0,025} 2,66^{0,195} = 48,0$$

Из формулы  $v_k = C\sqrt{Ri}$  определяем уклон канала:

$$i = \frac{v_k^2}{C^2 R} = \frac{1,30^2}{48,0^2 \cdot 2,66} = \frac{1,69}{6129,0} = 0,000276$$

Канал устраивается на правом низком берегу (из условия минимума земляных работ).

Ось канала проектируется (по створу плотины) на расстоянии 350 м от опорной точки  $K$ . Радиус закругления канала  $r$  принимаем 620 м (рис. 4.1.2).

$$r = 4,5 B_k = 4,5 (132 + 2 \cdot 2,8) = 619,0 \approx 620 \text{ м}$$

Длина обводного канала получается равной 1100 м

$$L = l_a + l_n = 450 + 650 = 1100 \text{ м}$$

При уклоне 0,000276 разница в отметках горизонта воды в начале и в конце обводного канала будет:

$$i \cdot L = 0,000276 \cdot 1100 = 0,30 \text{ м}$$

Отметка верха низовой перемычки должна быть определена исходя из отметки горизонта воды в реке у устья обводного канала и запаса высоты перемычки над горизонтом воды; этот запас принимаем равным 0,5 м.

При расстоянии от створа плотины до пересечения оси русла реки с осью канала, равном 450 м, отметка горизонта воды будет:

$$H_k = H_c - L_a i = 35,00 - 450,0 \cdot 0,000276 = 35,0 - 0,12 = 34,84 \text{ м}$$

Отсюда отметка верха низовой перемычки должна быть:

$$H_{н.п.} = 34,84 + 0,50 = 35,34 \text{ м}$$

Отметка гребня верховой перемычки должна быть равна отметке горизонта воды в реке перед началом обводного канала, увеличенной на величину подпора, получающегося при создании скорости 1,30 м/сек. в обводном канале, и на величину запаса по высоте гребня перемычки над горизонтом воды:

$$H_{в.п.} = H_k + L \cdot i + \frac{v_k^2 - v_{р.}^2}{2q} + d = 34,84 + 1200 \cdot 0,000276 + \frac{1,3^2 - 0,97^2}{2 \cdot 9,81} + 0,5 = 34,84 + 0,30 + 0,04 + 0,50 = 35,68$$

3. 6) Секционный способ пропуски строительного расхода при строительстве плотины в две очереди.

По заданному сроку строительства плотины должно быть осуществлено после прохода весеннего паводка и до его наступления в следующем году, т.е. в период с 1 мая по 15 марта.

Предлагаем в первую очередь построить головной регулятор, промывное отверстие и 3 сбросных отверстия плотины.

Так как первая очередь строительства может быть выполнена только после прохода весеннего паводка, то за расчетный строительный расход первой очереди строительства принимаем расход осеннего паводка 500,0 м<sup>3</sup>/сек.

При расположении продольной перемычки по оси бычка между четвертым и пятым отверстиями плотины площадь живого сечения для пропуска расхода 500,0 м<sup>3</sup>/сек. при горизонте воды 35,0 м составит (рис. 4.1.3):

$$\omega_1 = 16,0 \cdot 2,8 + 0,5(2,8 + 2,0)60 + 0,5(2,0 + 1,0)40 + 0,5 \cdot 1,0 \cdot 70 = 282,0 \text{ м}^2$$

Расчетный строительный расход будет проходить со средней скоростью:

$$v_1 = \frac{Q_1}{\omega \omega_1} = \frac{500,0}{0,95 \cdot 282} = 1,87 \text{ м/сек.}$$

Скорость  $v$ , больше допустимой, поэтому неизбежен разрыв русла. Величину размыва можно приближенно принять как разницу глубин, пропорциональных отношению площадей живого сечения при скоростях 1,3 м/сек. и 1,87 м/сек. Принимая русло близким параболическому, имеем:

$$\Delta H = \frac{\frac{2}{3} BH_1}{\frac{2}{3} BH} = \frac{385,0}{282,0} = 1,36$$

Откуда  $H_1 = 1,36 H$ .

Величина размыва русла в глубину составит:

$$\Delta H = (1,36 - 1,00) H = 0,36 \cdot 2,8 = 1,01 \text{ м}$$

Подпор у верховой перемычки определяем из уравнения:

$$Z = \frac{v_{сгр}^2 - v_p^2}{2q} = \frac{1,87^2 - 0,97^2}{2 \cdot 9,81} = 0,13 \text{ м}$$

Отметка верха перемычки должна быть равна  $35,0 + 0,13 + 0,5 = 35,63 \text{ м}$ , где 0,50 м — запас в высоте перемычки над горизонтом воды.

Для второй очереди работ, которые начнутся после прохода осеннего паводка и окончатся перед началом весеннего, за расчетный строительный расход принимаем меженный расход 200,0 м<sup>3</sup>/сек.

Располагая ось продольной перемычки по оси бычка между третьим и четвертым сбросными отверстиями плотины, получаем площадь отверстия плотины для пропуска расчетного строительного расхода 200 м<sup>3</sup>/сек. при горизонте 33,80 м:

$$\omega_2 = (8,0 + 3 \cdot 15,0) (33,8 - 32,3) = 80,0 \text{ м}^2$$

Средняя скорость в отверстии плотины:

$$v_2 = \frac{Q}{\omega \omega_2} = \frac{200,0}{0,9 \cdot 80,0} = 2,77 \text{ м/сек.}$$

Средняя скорость схода воды со сливной части будет:

$$v_{сг} = \frac{Q}{\omega \omega_{сг}} = \frac{200,0}{0,9(8,0 + 3 \cdot 15,0 + 3 \cdot 3,0)(33,8 - 31,8)} = 1,79 \text{ м/сек.}$$

Для предохранения русла реки за сооружением от размыва делаем отсыпку русла мелкой галькой, допускающей скорость течения воды 1,5–2,1 м/сек. Подпор, создающийся перед перемычкой, будет равен:

$$Z = \frac{v_{сг}^2 - v_p^2}{2q} = \frac{2,77^2 - 0,85^2}{2 \cdot 9,81} = 0,35 \text{ м}$$

Отметка верха перемычки должна быть:  $33,8 + 0,35 + 0,50 = 34,65 \text{ м}$

### 3. в) Типы перемычек.

При пропуске строительных расходов по обводному каналу высота верховой перемычки составляет:

$$h_{в.п} = H_{в.п} - H_{дно} = 35,63 - 32,20 = 3,43 \text{ м}$$

Высота низовой перемычки 3,14 м. Грунт из обводного канала (песок мелкозернистый) пригоден для отсыпки перемычек. Поэтому для удешевления работ возводят земляные перемычки. Ширина перемычек по гребню принимается 4,0 м, так как по гребню пройдет временная дорога.

Для уменьшения фильтрации через тело песчаных перемычек последние проектируются распластанного профиля (верховой откос  $m = 3$ , низовой откос  $m_2 = 2,5$ ). Верховая перемычка устраивается с каменным банкетом для образования тиховодья во время отсыпки грунта в воду.

Продольные перемычки при секционном способе устраиваются высотой, равной высоте верховых перемычек: перемычка первой очереди  $35,63 - 32,2 = 3,43$  м и перемычка второй очереди  $34,65 - 32,20 = 2,45$  м.

Грунты ложа реки (песок со средним гравием) не допускают забивки деревянного шпунта, поэтому продольные перемычки устраиваются ряжевые с загрузкой грунтом, галькой и камнем, шириной 4,0 м.

Для устранения фильтрации и предохранения перемычки от подмыва со стороны воды забивается металлический шпунт фигурного профиля на глубину 2,70 м (до отметки 29,50 м, т.е. на 1,8 м ниже дна котлована).

В перемычке второй очереди в пределах выстроенной части плотины металлический шпунт заменяется обшивкой ряжей шпунтованными досками.

Поперечные перемычки (верховую и низовую) при секционном способе пропуска строительных расходов устраивают земляными, как и при первом способе.

## § 2. Осушение котлованов

**Общие сведения.** Осушение котлованов обычно выполняют в две стадии: первичный водоотлив — откачка находящейся в котловане свободной воды; поддержание котлована в осушенном состоянии — откачка фильтрующих грунтовых вод.

На выбор способа осушения котлованов влияют следующие факторы: глубина заложения котлована по отношению к уровню поверхностных или грунтовых вод; геологические и гидрогеологические условия котлована; режим уровней ближайших к котловану водотоков; тип сооружения и его размеры; принятые способы производства работ (рис. 4.2.1).

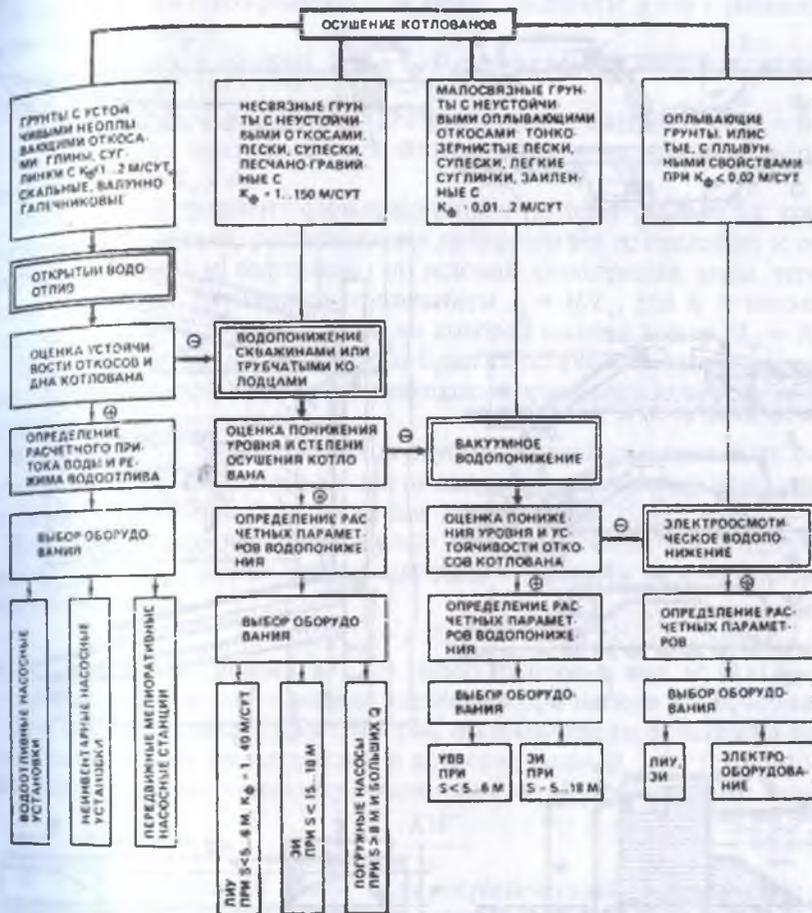


Рис. 4.2.1. Блок-схема к выбору способа осушения котлована.

Применяют два основных способа осушения строительных котлованов: открытый водоотлив с откачкой воды со дна котлована насосными установками (рис. 4.2.2); понижение уровня грунтовых вод откачкой воды из вертикальных скважин или колодцев – водопонижение (рис. 4.2.3).

Открытый водоотлив, как правило, применяется в грунтах с устойчивыми неоплывающими откосами ( $K_f = 1...2$  м/сут.), в остальных случаях различные виды водопонижения. Оценить устойчивость откосов и дна котлована возможно через градиент фильтрационного потока.

Применение открытого водоотлива возможно при условии, что найденная величина градиента фильтрационного потока не будет превышать возможно допустимую.

По предложению В.С. Истоминой допустимые градиенты с коэффициентом запаса 2,5–3 можно принимать:

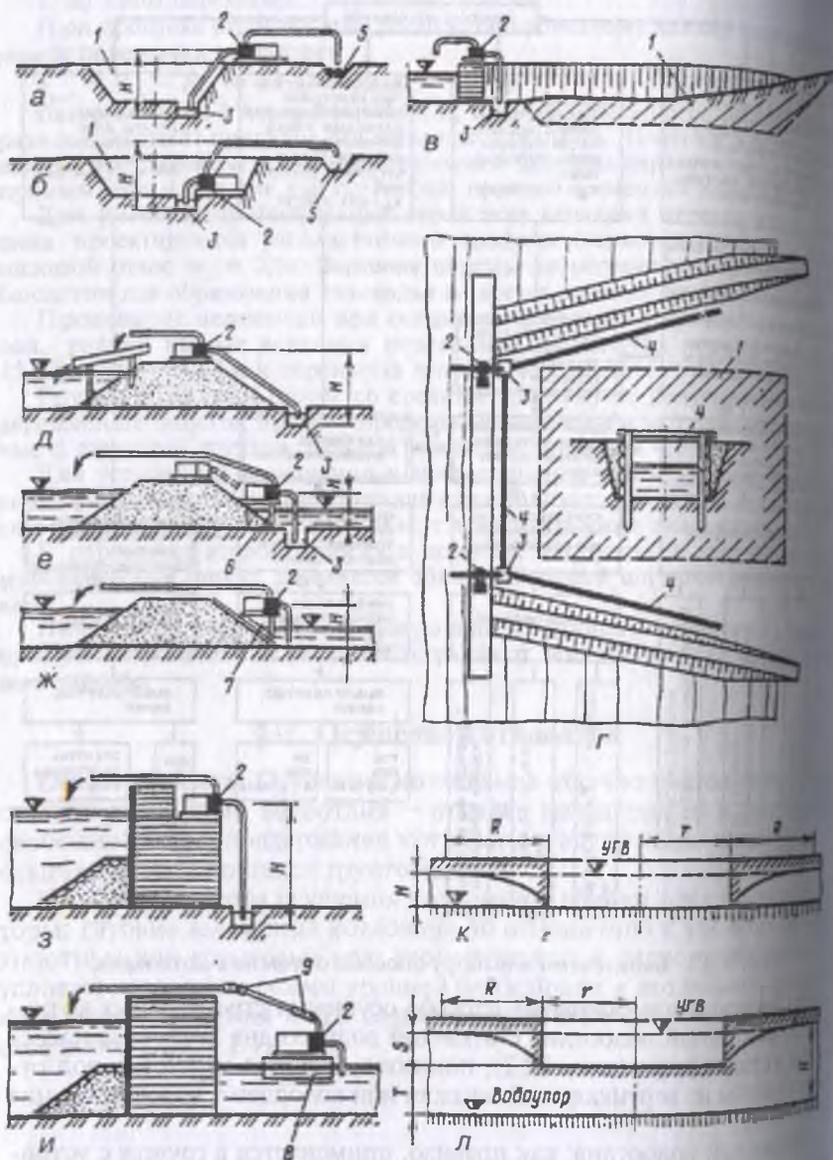


Рис. 4.2.2. Схемы осушения котлованов открытым водоотливом.

а — при малой глубине котлована; б — при большой глубине котлована; в, г — открытый водоотлив из котлована, огороженного перемычками; д, е, ж, з — схемы установки насоса на понтоне или плоту; к — расчетная схема притока воды в совершенный котлован; л — расчетная схема притока воды в несовершенный котлован; 1 — котлован; 2 — насос с двигателем; 3 — понтон или плот; 4 — перемычка; 5 — водосборная канавка; 6 — временный помост для насоса; 7 — канавка, по которой спускается по откосу на полозьях или катках; 8 — понтон или плот; 9 — гибкие или шарнирные соединения в напорном трубопроводе.

- для грунтов с коэффициентом неоднородности  $\eta < 10$  с расчетом на выпор  $I_{\text{вы}}^B - 0,4$ ;
- для грунтов, у которых  $10 < \eta < 20$  с расчетом на выпор и суффозию  $I_{\text{су}}^C - 0,2$ ;
- для грунтов, у которых  $\eta > 20$  с расчетом на суффозию  $I_{\text{су}}^C - 0,1$ .

Коэффициент неоднородности определяется по механическому составу грунта  $\eta = d_{60} / d_{10}$ .

Фактический градиент фильтрационных потоков зависит от конфигурации котлована, расположения котлована по отношению к открытым водоемам и водотокам, от условий фильтрации воды через толщу грунта и определяется отношением  $I = H/L_\phi$ , где  $H$  — полное падение напора;  $L_\phi$  — длина пути, на которой гасится напор ( $L_\phi = R$ ).

При  $I < I_{\text{уст}}$  устойчивость откосов будет обеспечена и открытым водоотливом. В противном случае необходимо применять искусственное водопонижение грунтовых вод.

В зависимости от положения водоупора котлован может быть совершенным (при водоупоре на дне и выше дна котлована) или несовершенным (при водоупоре ниже дна котлована).

Для расчетов по первоначальному осушению котлованов приток воды  $Q_{\text{пер}}$ , (м<sup>3</sup>/с) в небольшие по площади котлованы можно определить по формуле:

$$Q_{\text{пер}} = q F h, \quad (4.2.1)$$

где  $F$  — площадь котлована, м<sup>2</sup>;  $h$  — напор грунтовых вод, м; ( $h > 1,0$  м);  $q$  — приток воды на 1 м<sup>2</sup> площади котлована при напоре в 1 м, м<sup>3</sup>/час.

При откачке воды из пространства, отгороженного от водоема перемычками, расход фильтрующей в котлован воды  $Q_{\text{пер}}$ , (м<sup>3</sup>/с) принимают равным геометрическому объему замкнутой перемычками воды:

$$Q_{\text{пер}} = \frac{KW}{t}, \quad (4.2.2)$$

где  $W$  — геометрический объем воды, ограниченный перемычками к началу откачки, м<sup>3</sup>;  $K$  — коэффициент, учитывающий увеличение объема откачки за счет фильтрационного притока ( $K=2...3$ );  $t$  — намечаемый срок откачки, час.

Период откачки  $t$  определяют как частное от деления максимальной глубины живого сечения русла  $h_{\text{макс}}$  в пределах котлована на слой суточной откачки (0,2–0,3 м).

Для расчета притока грунтовых вод в котлован или к водопонижительной установке необходимы следующие данные:

- коэффициент фильтрации  $K_\phi$  (см. табл. 4.2.1), м/сут.;
- приведенный радиус котлована  $r$  (радиус котлована круглой формы, площадь которого равна площади реального котлована  $\sigma$ , м)

$$r = \sqrt{F/\pi}, \quad (4.2.3)$$

где  $F$  — площадь рассматриваемого котлована, м<sup>2</sup>;  $R$  — радиус действия котлована или расстояние до уреза воды в водотоке, приблизительное значение которого можно получить по формуле И.П. Кусакина

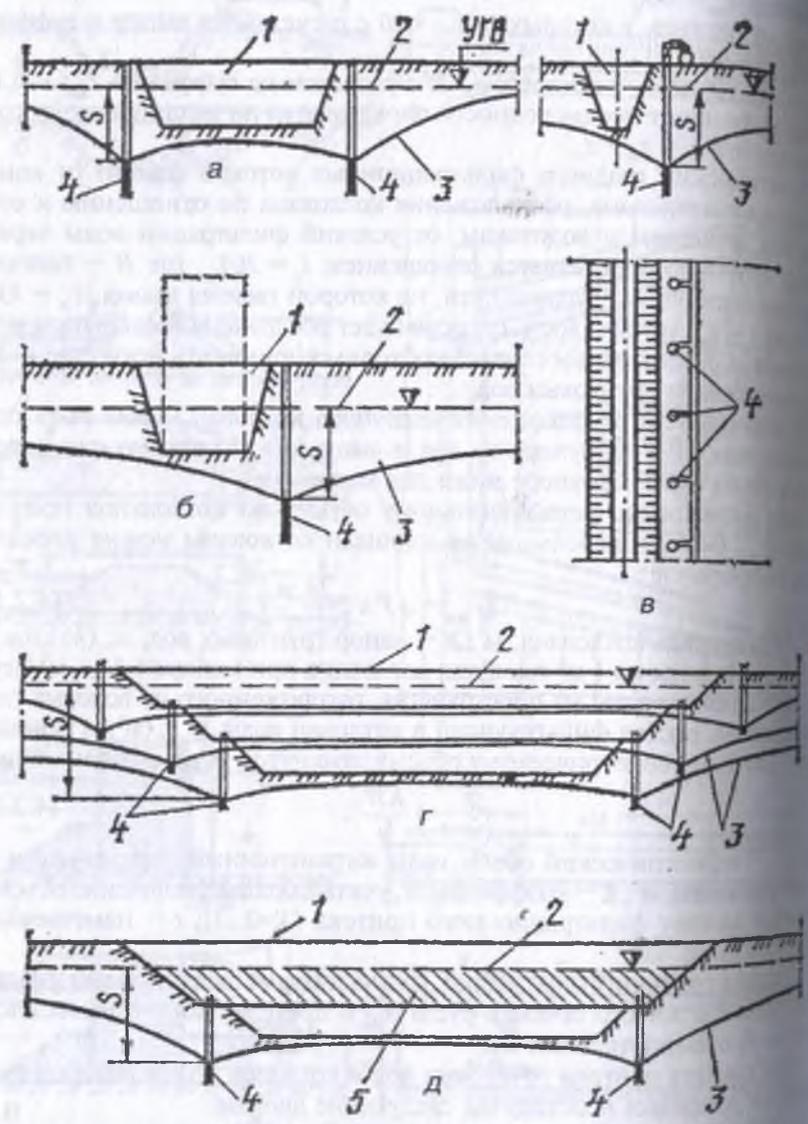


Рис. 4.2.3. Схемы осушения котлованов понижением уровня грунтовых вод: а – системой глубоких дрен или колодцев; б – одиночным колодцем; в – линейной системой колодцев; г – многоярусное водопонижение; д – комбинированное осушение котлована на открытом водоотливе и глубинным водопонижением уровня грунтовых вод; 1 – котлован; 2 – уровень грунтовых вод до водопонижения; 3 – сниженные уровни грунтовых вод; 4 – колодец или скважина; 5 – ярус открытого водоотлива.

$$R = 2S\sqrt{HK_{\phi}} \quad (4.2.4 \text{ а})$$

- мощность водоносного пласта  $H$ , считая от уровня грунтовых вод или уровня воды в ближайшем водотоке до водоупора, м;
- понижение уровня грунтовых вод  $S$  (при осушении до дна котлована  $H=S$ ), м.

Таблица 4.2.1

Значения коэффициента фильтрации

Грунты	$K_{\phi}$ , м/сутки
Глины	< 0,001
Суглинки	0,01–0,1
Супеси	0,1–0,5
Сильноглинистые пески	0,5–1
Мелкозернистые пески	1–5
Среднезернистые пески	5–15
Крупнозернистые пески	15–50
Пески с галькой	50–100
Галечники	100–200

Если котлован расположен в русле реки или на берегу в непосредственной близости к водотоку с однообразными условиями питания и приблизительно одинаковыми отметками горизонтов воды, то принимают осредненное значение  $R$ , м:

$$R = \frac{R_1 l_1 + R_2 l_2 + R_3 l_3 + R_4 l_4}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}, \quad (4.2.4 \text{ б})$$

где  $R_1, R_2, R_3, R_4$  — расстояния от дна до уреза воды в водотоке с каждой стороны котлована, м;  $l_1, l_2, l_3, l_4$  — длины сторон котлована, м.

Для относительно малых по площади котлованов по сравнению с расстояниями до водотоков при расположении котлована между водотоками значения  $R$  принимают:

$$R = \frac{2}{\pi} L_0 \sin \frac{\pi L}{L_0}, \quad (4.2.4 \text{ в})$$

где  $L_0$  — расстояние между водотоками, м;  $L$  — расстояние от центра котлована до ближайшего (из двух) водотока, м.

При расположении котлована между водотоком с одной стороны и водоупорными породами — с другой:

$$R = \frac{4}{\pi} L_0 \operatorname{ctg} \frac{\pi L}{2L_0}, \quad (4.2.4 \text{ г})$$

где  $L_0$  — расстояние между водотоком и водоупорными породами, м;  $L$  — расстояние между центром и водотоком, м.

При расчете по открытому водоотливу приток воды в совершенный котлован может быть определен по формуле Дюпюи:

$$Q = 1,37 \frac{K_{\phi}(H^2 - h^2)}{\lg R/r} = 1,37 \frac{K_{\phi}(2H - S)S}{\lg R/r} = 2,73 \frac{K_{\phi}HS(1 - S/2H)}{\lg R/r} \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (4.2.5)$$

$h$  — глубина воды в котловане, м; при осушении до дна  $h = 0$ .

Формула Дюпюи предусматривает значение  $r$  при значительно

большей величине  $R$  по сравнению с  $r$ , поэтому для больших котлованов знаменатель уравнения будет иметь вид  $lg(R+r)/r$ .

Приток воды в несовершенный котлован при открытом водоотливе можно определить по формуле:

$$Q = q_{\text{сн}} + q_{\text{н}}, \quad (4.2.6)$$

где  $q_{\text{сн}}$  — приток воды выше линии раздела безнапорной и напорной зон через стенки котлована,  $\text{м}^3/\text{сут.}$ ;

$q_{\text{н}}$  — приток воды ниже линии раздела безнапорной и напорной зон через дно котлована,  $\text{м}^3/\text{сут.}$

Значение  $q_{\text{н}}$  можно определить по формуле В.Д. Бабушкина:

$$q_{\text{н}} = \frac{2\pi K_{\text{п}} S r}{\pi / 2 + 2 \arcsin r / (T + \sqrt{T^2 + l^2}) + 0,515r / T \cdot \ln(R+r) / 4T} \quad (4.2.7)$$

Для безнапорной зоны приток фильтрационных вод допустимо учитывать по формуле Дюпюи, как для совершенного котлована.

На стадии предварительных расчетов водопонижения допустимо применять упрощенные методики. Приток воды к небольшим по площади котлованам с контурной водопонизительной установкой ориентировочно можно найти по формуле:

$$Q = \alpha K_{\text{ф}} S, \quad (4.2.8)$$

где  $\alpha$  — коэффициент, зависящий от площади котлованов и фильтрационных свойств грунта.

Зная предельную производительность (захватную способность) одного иглофильтра  $q_{\text{с}}$ , можно найти необходимое число иглофильтров

$$N = Q / q_{\text{с}}, \quad (4.2.9)$$

Оборудование подбирают сразу для двух стадий, стремясь использовать одно и то же оборудование.

Для водоотлива подбирают центробежные насосы с производительностью, соответствующей расчетному притоку воды в котлован, с резервом производительности 20...100%. Насосы подбирают, руководствуясь следующими соображениями: количество одновременно работающих насосов не должно быть менее 2; насосы для водоотлива обычно располагают непосредственно на перемычках или около них. Если высота всасывания превышает возможную для приемлемой марки насоса, то в процессе откачки оборудование переносят на более низкие отметки.

При водопонижении преимущественно применяют специальные установки. Их выбирают в основном в зависимости от глубины водопонижения. При глубине водопонижения менее 5 м рекомендуется вакуумное водопонижение легкими иглофильтровыми установками; при глубине 5—10 м — ярусные (два яруса) легкие иглофильтровые установки и эжекторные иглофильтровые установки; 10—20 м — эжекторные иглофильтровые установки; более 20 м — глубинные насосы.

*Пример.* Исходные данные:

1. Схема котлована под сооружение.
2. Грунт — мелкозернистый песок. Механический состав грунта.

Диаметр частиц, мм	<0,00 5	0,005– 0,01	0,01– 0,05	0,05– 0,1	0,1– 0,25	0,25– 2	2–10
Содержание, %	1	2	8	22	51	12	4
Суммарно, %	1	3	11	33	84	96	100

3. Совершенный котлован в пойме реки расположен между главным руслом и протокой и имеет размеры по дну в плане 25×60 м. Расстояния между урезами воды в главном русле и протоке 300 м. Расстояние от центра котлована до главного русла 200 м. Отметки: расчетного горизонта воды в главном русле реки и протоке 25, дна котлована 15.

Порядок выполнения работы.

1. Выбор способа осушения: определение коэффициента неоднородности грунта и градиента фильтрационного потока.

Применение открытого водоотлива возможно при условии, что найденная величина градиента фильтрационного потока не будет превышать возможно допустимую.

По механическому составу грунта находим коэффициент неоднородности:

$$\eta = d_{60} / d_{10} = 0,179 / 0,045 = 3,98$$

Согласно В.С. Истоминой  $I_{дон}^{BC} = 0,4$

Определяем градиент фильтрационного потока

$$l_{\phi} = H / L_{\phi} = H / R = 10 / 165,48 = 0,06 < 0,4$$

$$R = \frac{2}{3,14} 300 \sin \frac{\pi \cdot 100}{300} = 191,08 \sin \pi / 3 = 165,48 \text{ м}$$

$S = H = 10 \text{ м}$  и  $K_{\phi} = 5 \text{ м/сут.}$  (см. табл. 4.2.1)

Следовательно, для поддержания котлована в осушенном состоянии достаточно открытого водоотлива.

2. Определение расхода фильтрующей в котлован воды (первичное осушение).

$$Q_{\text{перв}} = \frac{KW}{t} = \frac{2 \cdot 25 \cdot 60 \cdot 10}{10 / 0,2} = 600 \text{ м}^3/\text{сут} = 25 \text{ м}^3/\text{час}$$

Определение величины притока воды в котлован в зависимости от выбранного способа осушения котлована и самого котлована (совершенного или несовершенного).

Котлован – совершенный, способ осушения – открытый водоотлив, следовательно, для определения притока воды воспользуемся формулой Дюпюи:

$$Q = 1,73 \frac{K_{\phi} H^2}{\lg R / r} = 1,73 \frac{5 \cdot (25 - 15)^2}{\lg 165,48 / 21,8} = \frac{500}{\lg 7,6} = 568,3 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

$$Q = 23,7 \text{ м}^3/\text{час}$$

$$\text{Где } r = \frac{\sqrt{F}}{\pi} = \sqrt{25 \cdot 60} / 3,14 = 21,8 \text{ м}$$

3. Подбор оборудования для первичного осушения котлована и для поддержания его в сухом состоянии, его размещение в котловане.

Для водоотлива применяют насосы с производительностью, соответствующей расчетному притоку воды в котлован с учетом резерва (20–100%). Количество одновременно работающих насосов должно быть не менее 2.

Следовательно, производительность насосов для первичного водостоя-ва будет  $Q_{\text{пер}} = 25 \cdot 1,7 = 42,5 \text{ м}^3/\text{час}$ , а для поддержания котлована в сухом состоянии  $Q = 23,7 \cdot 1,7 = 40 \text{ м}^3/\text{час}$ .

Дно котлована расположено на отметке 15, то уровень воды в зумпфе принимаем 14,5. Следовательно, геометрическая высота подъема 25-14,5=10,5 м.

Можно использовать низконапорные насосы общего назначения ЗК-3

Подача — 30...54 м<sup>3</sup>/час

Напор — 34...20 м

Мощность — 7 кВт

Масса — 127 кг

Для стадии первичного осушения и стадии поддержания котлована требуется 1 рабочий агрегат и 1 резервный.

Для сбора фильтрационной воды вдоль контура котлована и по его площади проводятся канавы с уклоном к колодцам, из которых производится откачка насосами.

Канавы в обычных грунтах делают глубиной до 0,5 м без крепления; при пльвунах их необходимо крепить досками. Уклон канав 0,001-0,005.

Водосборные колодцы имеют глубину 1,5–2 м при поперечном сечении от 1×1 до 1,5×1,5 м. Стенки колодцев крепят досками или срубом. Как канавы, так и колодцы рекомендуется устраивать с оставлением бермы от подошвы откоса котлована размером 0,5–1 м. На дно колодца отсыпают гравий для предотвращения выноса частиц грунта при откачке.

### § 3. Устройство свайных оснований и заглубленных сооружений

**Виды свай.** Свайные работы производят при устройстве фундаментов зданий и сооружений для передачи нагрузок на более прочные грунты или повышения несущей способности оснований, а также для временного крепления стенок котлованов. Свайные фундаменты и основания обычно более эффективны, чем другие типы фундаментов, так как при их устройстве значительно снижается объем земляных работ и расход материалов, а также отпадает необходимость в подготовке основания и водопонижения. Вследствие этого снижаются стоимость, трудоемкость и сроки производства работ.

**Свайный фундамент** состоит из свай и ростверка. Конструкция верхней части свайного фундамента — *ростверк* объединяет головки свай и служит опорной плитой или балкой для равномерной передачи на сваи нагрузки от возводимых зданий и сооружений.

Сваи классифицируют по ряду признаков.

**По характеру передачи нагрузок** на грунт различают *сваи-стойки*, прорезающие всю толщину слабых грунтов и передающие нагрузки на практически несжимаемые грунты, и *висячие сваи*, не достигающие плотных грунтов и передающие нагрузку за счет трения между боковыми поверхностями свай и грунтом.

**По способу возведения** различают *забивные сваи*, изготовленные в заводских условиях и погружаемые в грунт различными способами в готовом виде, и *набивные*, изготавливаемые в проектом положении непосредственно в скважине.

**По материалу** сваи могут быть *деревянными, бетонными, железобетонными, металлическими и комбинированными.*

По форме поперечного сечения различают квадратные, прямоугольные, многогранные и круглые, сплошного сечения и полые — трубчатые (диаметром до 800 мм) сваи, а также сваи-оболочки (диаметром 800—1600 мм), постоянного по длине сечения и переменного — пирамидальные.

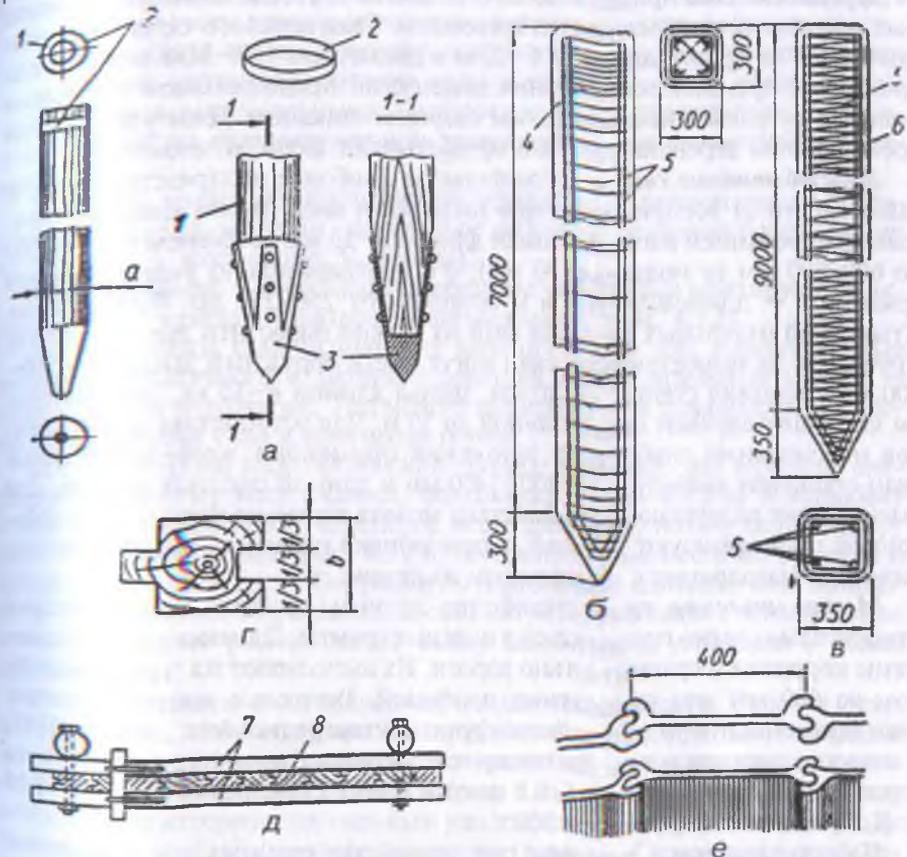


Рис. 4.3.1. Виды свай:

а — деревянная свая; б — железобетонная свая с армированным наконечником; в — то же, со спиральным армированием; г — сечение деревянной шпунтовой сваи; д — план шпунтовой стенки; е — плоский металлический шпунт; 1 — свая; 2 — бутель; 3 — защитный наконечник; 4 — поперечная арматура; 5 — продольная арматура; 6 — спиральное армирование; 7 — направляющие; 8 — шпунтовые сваи.

**Шпунтовые сваи** используют при устройстве водонепроницаемых перемычек и экранов в гидротехническом строительстве, для защиты выемок от грунтовых вод, для крепления вертикальных стенок котлованов при производстве работ в стесненных условиях и при реконструкции действующих предприятий. По материалу шпунтовые сваи могут быть деревянными, железобетонными и металлическими. Деревянная шпунтовая свая по коротким краям имеет паз и гре-

бень, которыми смежные сваи соединяются в ряду, обеспечивая его водонепроницаемость. Металлические шпунтовые сваи соединяют между собой замковыми соединениями, обеспечивающими прочное и водонепроницаемое сопряжение. Длина металлических шпунтовых свай — от 12 до 25 м.

**Деревянные сваи** применяются ограниченно. Их выполняют из хвойных или других твердых пород древесины. Сваи круглого сечения изготавливают из бревен длиной 6–12 м и диаметром 180–300 мм. От повреждения при забивке верхний конец сваи предохраняют стальным кольцом-бугелем или накладным сварным стаканом. Для увеличения срока службы деревянные сваи обрабатывают антисептиками.

**Железобетонные сваи** в строительстве наиболее распространены. В зависимости от воспринимаемой нагрузки и вида грунта сваи с обычным армированием изготавливают длиной 3–16 м с сечением от 200×200 до 600×600 мм (с модулем 50 мм), а с предварительно напряженной арматурой — длиной 9–20 м и сечением от 250×250 до 400×400 мм. Стыковкой отдельных звеньев свай их можно нарастить до 40 метров. Трубчатые железобетонные сваи могут иметь наружный диаметр 500–800 мм, толщину стенок — 80 мм, звенья длиной 4–10 м, соединением которых получают сваи длиной до 30 м. Для устройства фундаментов и оснований глубокого заложения применяют железобетонные сваи-оболочки диаметром 1200–1400 мм и длиной секций 4–8 м. Для уменьшения разрушающего действия молота верхнюю часть железобетонной сваи армируют сеткой, а при забивке надевают на нее металлический наголовник с вкладышем из дерева.

**Металлические сваи** наиболее прочны и при погружении относительно легко проникают в плотные грунты. Однако они подвержены коррозии и сравнительно дороги. Их выполняют из труб диаметром до 600 мм или прокатных профилей. Винтовые металлические сваи применяют при устройстве фундаментов радиомачт, опор ЛЭП, в качестве анкеров и т.п. Винтовая часть состоит из цилиндрического ствола диаметром 400–600 мм с винтовой лопастью диаметром 1–1,25 м. Допускаемая нагрузка до 500 т.

**Подготовительные работы** при устройстве свайных фундаментов заключаются в подготовке площадки, геодезической разбивке сооружения и свайного поля, доставке и монтаже оборудования, транспортировании свай, подготовке их к погружению, устройстве подмостей и путей для перемещения копров.

Сваи целесообразно разгружать с одновременной их раскладкой непосредственно в зоне работы копра. При большом объеме свайных работ, а также при работе в стесненных условиях предусматривается открытый склад для хранения свай.

**Способы погружения свай и шпунта.** В строительстве применяют такие способы погружения свай: забивкой, вибропогружением, вдавливанием, завинчиванием, подмывом и комбинированные. Ударный метод приемлем при любых грунтах; вибропогружение эффективно в

рыхлых песчаных и супесчаных водонасыщенных грунтах; вибровдавливание — в пластичных и текучих суглинках и глинах; метод вдавливания применяется только на текучих глинистых грунтах.

При выборе сваепогружающих установок учитывают, что помимо способности удовлетворять основное условие — максимальную механизацию основных и вспомогательных операций — они должны иметь небольшую массу, минимальные транспортную высоту и маневренность; их конструкция должна позволять в короткие сроки выполнять монтаж и демонтаж установки; затраты труда и времени на их обслуживание должны быть минимальными. Большое значение для повышения производительности сваепогружающих установок имеет автоматизация операций.

В состав звена, обслуживающего установку с автоматически управляемым дизель-молотом, входят двое рабочих (машинист-установщик VI разряда и копровщик V разряда).

**Забивка свай.** Самоходные сваебойные установки монтируют на экскаваторах, кранах, тракторах и автомобилях (рис. 4.3.2).

Для забивки свай используют механические или паровоздушные молоты одиночного и двойного действия либо дизельные молоты — штанговые и трубчатые. Тип молота выбирается в зависимости от массы забиваемой сваи и плотности грунта.

Комплексный технологический процесс забивки свай включает операции: разметку мест забивки, передвижку (рис. 4.3.2 в) и установку копра или сваебойного агрегата в месте забивки, подачу сваи к копру (рис. 4.3.2 а), подъем (рис. 4.3.2 б) и установку на месте погружения и забивку (рис. 4.3.2 д, е). Операции по подготовке к забивке свай занимают до 75% времени производства свайных работ. В связи с этим большое значение имеет рациональный выбор сваебойной установки и схемы забивки.

Сваи забивают в определенной последовательности. Рядовая схема забивки (рис. 4.3.2 в, д) применяется в несвязных грунтах (в глинах и суглинках она может привести к неравномерным осадкам сооружения). Спиральная схема забивки (рис. 4.3.2 в, 11) от краев к центру забивки характеризуется сильным уплотнением в центральной зоне. Ее применяют в слабых водонасыщенных грунтах. Спиральная схема забивки от центра к краям применяется также в слабосжимаемых грунтах. Секционная схема забивки (рис. 4.3.2 в, 10) применяется в связных грунтах. В начале свайное поле членят на секции, забивая сваи в граничных рядах, а затем ведут рядовую забивку в пределах секции. В зависимости от расположения ростверка применяют следующие схемы погружения свай:

- 1) с поверхности грунта — если ростверк расположен на уровне нулевой отметки;
- 2) со дна котлована — при отсутствии грунтовых вод;
- 3) с подмостей или подкопрового моста (рис. 4.3.2 д) — при пересеченном рельефе местности и на воде;
- 4) с плавучих средств — при возведении сооружений в воде и над водой.

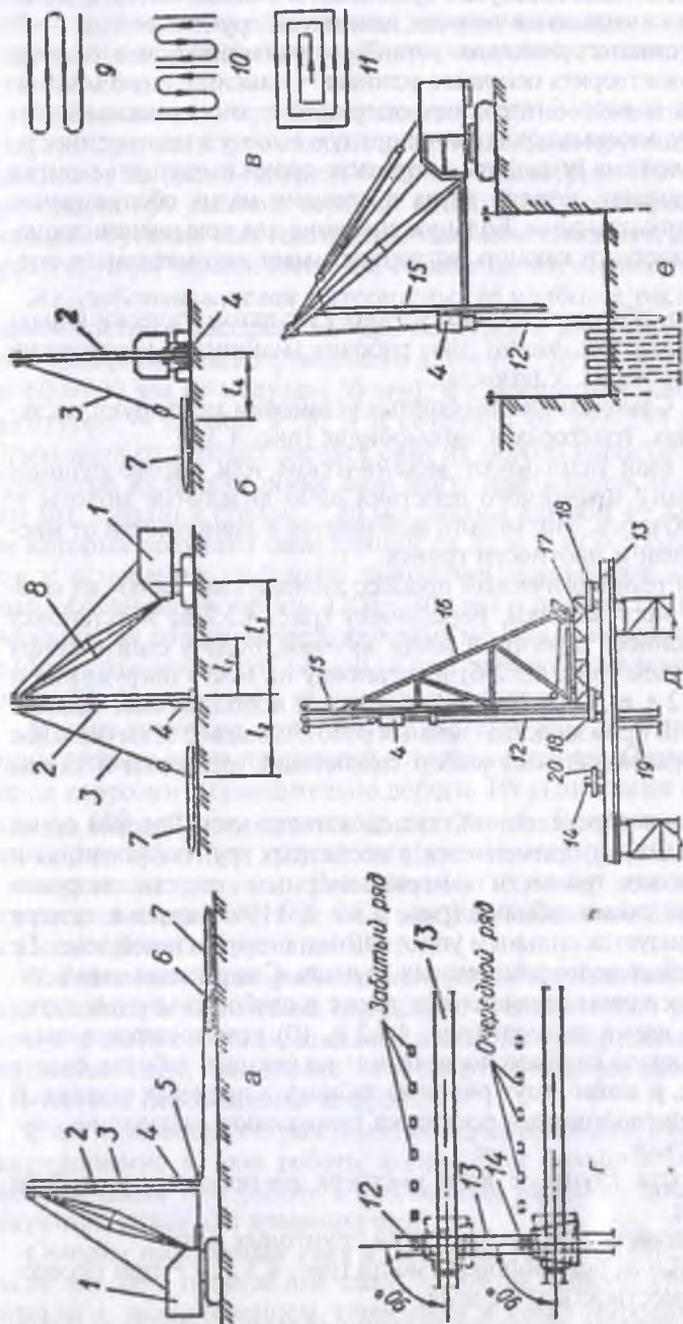


Рис. 4.3.2. Технология забивки свай:

а — схема подтягивания свай через нижний отводной блок; б — схема подъема свай на копер; в — схема движения свайного агрегата; г — перекачивание копра с помощью трансверсной тележки и вспомогательного рельсового пути; д — забивка свай с подковрового моста; е — забивка свай с помощью стрелового крана; 1 — базовая машина; 2 — копровая стрела; 3 — рабочий калат; 4 — молот; 5 — нижний отводной блок; 6 — строп; 7 — ствол; 8 — крановая стрела; 9 — рядовая схема; 10 — секционная схема; 11 — спиральная схема; 12 — забиваемая свая; 13 — рельсовый путь; 14 — отводная свая; 15 — изгибающаяся стрела; 16 — рама копра; 17 — подковровый мост; 18 — тележка подковрового моста; 19 — забитая свая; 20 — платформа трансверстной тележки.

**Пример.** Произвести подбор оборудования для производства свайных работ, определить отказ сваи. Исходные данные: объект работ – свайное основание  $24 \times 90 \text{ м}^2$ ; работы выполняются в осушенном котловане строящегося гидротехнического сооружения после окончания земляных работ, в котловане производится водопонижение; размеры свай: глубина забивки в свай  $H=7 \text{ м}$ , длина свай  $l=8 \text{ м}$ , диаметр свай в верхнем отрубе 25 см, в нижнем отрубе 21 см; сваи в сооружении работают как висячие; данные пробной забивки четырех свай на глубину 7 м: свая 1 – 312 ударов, свая 2 – 344 удара, свая 3 – 304 удара, свая 4 – 208 ударов; расстояние между сваями в рядах и между рядами свай 2 м; срок выполнения работ до 1 месяца при двухсменной работе.

**Решение.** Определяем вид грунта по данным пробной забивки четырех свай. Среднее количество ударов  $(412+341+404+308) / 4 \cdot 7 \approx 52$  на 1 м погружения.

По таблице 4.3.1 этому числу ударов соответствует (при глубине забивки 7 м) грунт IV категории – пески.

Определяем наибольшую допускаемую нагрузку  $P$  (кг) по формуле для висячих свай:

$$P = \left[ P_2 + \frac{K_\gamma}{1000} (H - 200) \right] F + U \cdot l \cdot f, \quad (4.3.1)$$

где  $P_2 = 4 \text{ кг/см}^2$  (по таблице 4.3.2);  $K = 2,5$ ;  $\gamma = 1,7 \text{ т/м}^3$ ;  $H = 700 \text{ см}$ ;

средний диаметр сваи  $d = 25 + 21 / 2 = 23 \text{ см}$ ;

сбег на 1 м  $= 25 - 21 / 8 = 0,5 \text{ см/м}$ ;

диаметр сваи у начала заострения равен 21 см;

площадь поперечного сечения свай:

$$F = \frac{\pi d^2}{4} \approx \frac{3,14 \cdot 21^2}{4} = 346 \text{ см}^2;$$

периметр сечения сваи:  $U = \pi d = 3,14 \cdot 23 = 75,3 \text{ см}$ ;

$l = H - 1,5 d = 700 - 1,5 \cdot 23 = 666 \text{ см}$ ;

допускаемое сопротивление грунта трению на боковой поверхности свай для песка  $f = 0,1 \text{ кг/см}^2$ .

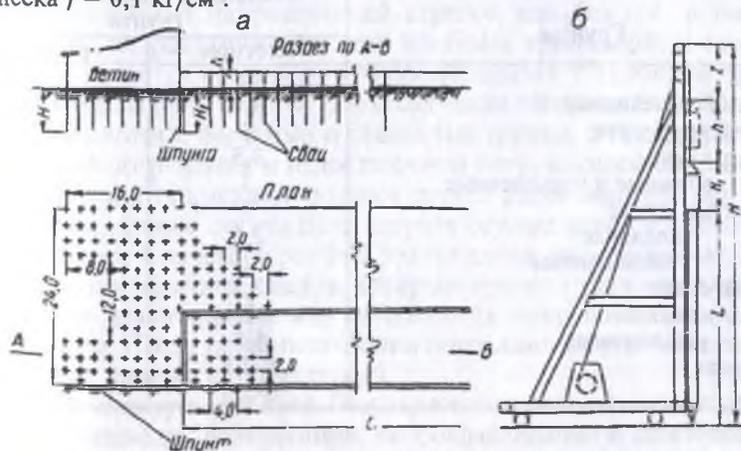


Рис. 4.3.3. Производство свайных работ:

а – план и разрез свайного основания; б – схема для определения высоты копра.

## Среднее число ударов на один метр опускания сваи

Глубина забивки сваи, м	Категории грунтов			
	I Суглинки средние, супеси	II Суглинки тяжелые, слабые глины	III Суглинки тяжелые и лессы	IV Пески
4	до 10	11-19	20-33	более 33
6	11	18-30	31-51	51
8	26	27-41	42-69	69
12	56	57-72	73-118	118
16	100	111-116	117-180	180

Найденные значения подставляем в формулу:

$$P = \left[ 4 + \frac{2,5 \cdot 1,7}{1000} (700 - 200) \right] \cdot 346 + 75,3 \cdot 666 \cdot 0,1 = (4 + 2,12 \cdot 346) +$$

$$+ 75,3 \cdot 666 \cdot 0,1 = 2162 + 5015 = 7135 \text{ кг}$$

Устанавливаем величину напряжения сваи от действия допускаемой нагрузки

$$P/F = 7135/346 = 20,6 \text{ кг/см}^2 < 25 \text{ кг/см}^2.$$

Подбираем молот по предельной величине энергии его удара  $W_0$  сваю. Значение  $W$  подсчитываем по формуле  $W = 0,025 P = 0,025 \cdot 7135 = 178 \text{ кг/м}$ .

По полученному значению  $W$  подбираем дизельный молот ДБ-45 с энергией удара  $W = 180 \text{ кг/м}$ .

Проверяем соответствие выбранного типа молота весу сваи, подлежащих забивке. Вес сваи (по таблице 4.3.3) находим интерполяцией:

$$C = (0,47 + 0,55) \cdot 800 / 2 = 410 \text{ кг}.$$

Тогда коэффициент применимости молота  $K$  будет равен:

$$K = 260 + 410/180 = 670/180 = 3,7 < 4,5$$

## Допускаемое давление на грунт на глубине 2 м

Грунты	Значения $P_2$ при состоянии грунта	
	плотном	рыхлом
Пески:		
крупные гравелистые	4,5	3,5
средней крупности	4	3
мелкие: сухие	3,5	2,5
влажные и насыщенные	3	2
пылеватые: сухие	3	2,5
влажные	2,5	2
насыщенные	2	1,5
Супеси: сухие	2,5	2
влажные	2	1,5
насыщенные	1,5	1
Суглинки	4-2,5	2,5-1
Глины	6-2,5	2,5-1

Значение коэффициента  $K$  оказывается недостаточно большим. Выбираем тогда дизель-молот СДМ-2 с  $W = 400 \text{ кгм}$  и общим весом 1400 кг. Значение

где  $K$  для этого молота будет:  $K = 1400 + 410/400 = 1810/400 = 4,5$  значение, вполне соответствующее требуемой для дизельных молотов величине,  $K = 4 \div 5$ .

Определяем величину отказа сваи по формуле:

$$P = \frac{W}{70 + (S + 0,25)} \quad (4.3.2)$$

Подставляя значения  $P$  и  $W$ , получаем:

$$S = \frac{W}{70P} - 0,25 = \frac{400}{70 \cdot 7,135} - 0,25 = 0,8 - 0,25 = 0,55 \text{ м}$$

Определяем потребную высоту и тип копра для забивки свай длиной 8 м дизель-молотом СДМ-2:  $H = L + H_1 + h + Z = 8 + 3,4 + 0 + 1,0 = 12,4$  м.

Принимаем (ближайший по параметрам) копер для дизель-молотов штангового типа с полной высотой 17,69 м.

Таблица 4.3.3

Объем свайного леса

Длина свай, м	Толщина свай в верхнем отрубе (без коры), см						
	14	16	18	20	22	24	26
4	0,07	0,1	0,12	0,15	0,18	0,21	0,25
4,5	0,08	0,11	0,14	0,17	0,2	0,24	0,28
5	0,1	0,12	0,16	0,19	0,23	0,27	0,32
6	0,12	0,16	0,19	0,24	0,28	0,33	0,39
6,5	0,14	0,17	0,21	0,26	0,31	0,36	0,43
7	0,15	0,19	0,23	0,28	0,34	0,4	0,47
8	0,18	0,23	0,28	0,34	0,4	0,47	0,55
8,5	0,2	0,25	0,3	0,36	0,43	0,51	0,59
9	0,21	0,27	0,33	0,39	0,47	0,55	0,63
10	0,25	0,31	0,38	0,45	0,54	0,63	0,72

**Вибропогружение свай.** Вибропогружение эффективно в несвязных водонасыщенных грунтах и применяется преимущественно для погружения шпунта и свай-оболочек. Вибратор работает с самоходных кранов, оборудованных направляющей стрелой или без нее, а также с копров. При вибропогружении свай наиболее трудоемкой и сложной операцией является соединение вибромеханизма с головной частью погружаемых свай или шпунта. Для облегчения погружения свай и свай-оболочек в плотные песчаные и глинистые грунты, а также при большой глубине погружения и недостаточной погружающей способности вибромеханизма применяют подмыв грунта высоконапорными насосами. Вибрационное погружение шпунта осуществляется с помощью направляющих. Сначала через 2–2,5 м по длине шпунтового ограждения погружают маячные сваи, к которым крепят горизонтальные направляющие, расстояние между которыми (в свету) соответствует толщине шпунта. После такой подготовки погружают шпунт (отдельными шпунтовыми сваями или пакетами).

**Безударное погружение свай.** Безударное погружение осуществляется способами подмыва, вдавливания, виброудавливания и завинчивания. Подмыв применяется также для ускорения погружения свай при использовании любого сваебойного оборудования. Вода подается под

большим давлением (0,4–1,5 МПа) в подмывные трубки, изготовленные на свае. При этом грунт у острия сваи размывается, уменьшается трение боковой поверхности сваи о грунт и под действием собственной массы и массы молота свая погружается. Способом подмыва не следует применять для висячих свай, так как в этом случае значительно снизится их несущая способность.

**Вдавливание** применяют для погружения коротких свай сплошного и трубчатого сечения. При этом используют установки, смонтированные из двух тракторов, масса которых через систему полиспастов и обойму передается на сваю и внедряет ее в грунт. Вдавливание эффективно при погружении железобетонных свай во влажные глинистые и суглинистые грунты.

**Вибровдавливание** применяют для ускорения погружения свай в песчаные, супесчаные и глинистые грунты. Вибровдавливающие агрегаты сочетают совместные действия вдавливания и вибрации.

**Завинчивание** применяют при строительстве инженерных сооружений (мостов, подпорных стенок, вантовых креплений и т.п.), когда фундаменты подвергаются выдергивающим усилиям. Вдавливаемые сваи обладают большой несущей способностью за счет большого диаметра винтовой лопасти башмака (в 2–3 раза превышающей диаметр ствола сваи). Сваи могут завинчиваться вертикально или наклонно с помощью электрокабестана или специальных самоходных установок, механизмы которых передают свае крутящий момент, необходимый для ее завинчивания на требуемую величину. Безударные способы погружения свай не требуют динамического воздействия на расположенные вблизи здания, сооружения и подземные коммуникации, что является их важным достоинством.

Сваи шпунта и труб извлекаются из грунта, если они использовались как вспомогательные элементы (шпунтовое ограждение, обсадные трубы и пр.). Извлекают их различными способами: статическим (лебедками, гидравлическими прессами, домкратами), динамическим (сваевыдергивателями или специально оборудованными паровоздушными молотами двойного действия), вибрационным (вибропогружателями) и комбинированным.

**Контроль качества и приемка свайных работ.** Они ведутся пооперационно. Контролируются с оформлением соответствующих актов подготовка котлована и подъездных путей, геодезическая разбивка, погружение свай и устройство ростверка. Работы сдаются поэтапно: сначала по акту сдается свайное поле, затем ростверк, а после окончания работ по прокладке подземных трубопроводов и проводов технического подполья — свайный фундамент.

Основное требование к качеству погружения сваи — получение требуемой несущей способности или допустимой нагрузки на эту сваю. На несущую способность сваи влияют метод и точность погружения, глубина погружения, режим работы погружающего агрегата, очередность погружения сваи и т.д. Несущую способность сваи

определяют выборочно. При погружении свай чаще применяют динамический метод, сущность которого основана на корреляции сопротивления свай и «отказа».

**Отказ** — это величина погружения свай в грунт от одного удара молота, соответствующая заданному расчетному сопротивлению свай. Величину отказа определяют как среднеарифметическое значение величины погружения свай от определенного числа ударов — залога. Число ударов в залоге для молотов одиночного действия принимается равным 10; для молотов двойного действия и дизель-молотов — числу ударов за 1 мин.; для вибропогружателей величина отказа принимается по величине погружения свай за 1 мин. работы установки. Зная величину отказа, можно вычислить расчетное ее сопротивление (несущую способность). На практике задают расчетную (критическую) величину отказа, соответствующую расчетной несущей способности свай — для контроля за качеством забивки. Каждую сваю забивают до тех пор, пока не будет получен отказ, равный или меньший его расчетной величины. Отказ измеряется в конце погружения с точностью 1 мм не менее, чем от трех последовательных залогов.

**Устройство набивных свай.** Набивные сваи устраивают на месте их проектного положения укладкой (набиванием) в полости (скважины), образуемые в грунте, бетонной смеси или песка (грунта). Сваи часто делают с уширенной нижней частью — пятой. Уширение получают разбуриванием грунта специальными бурами, распираем грунта усиленным трамбованием бетонной смеси в нижней части скважины или взрыванием заряда взрывчатого вещества.

В зависимости от способов создания в грунте полости, а также методов укладки и уплотнения материала, набивные сваи подразделяются на буронабивные, пневмонабивные, вибротрамбованные и частотрамбованные.

**Устройство буронабивных бетонных и железобетонных свай.** Существенное отличие технологии устройства этого вида свай — необходимость предварительного бурения скважин до заданной отметки и последующее формирование ствола свай. В зависимости от грунтовых условий буронабивные сваи устраивают одним из следующих трех способов: без крепления стенок скважин (сухой способ), с применением глинистого раствора для предотвращения обрушения стенок скважин, с креплением скважин обсадными трубами.

**Сухой способ** (рис. 4.3.4) применим в устойчивых грунтах, которые могут держать стенки скважины. Методами вращательного бурения (шнековая колонна или ковшовый бур) в грунте разбуривают скважину требуемого диаметра и на заданную глубину. В необходимых случаях нижнюю часть скважины расширяют (до 1,6 м) с помощью специальных расширителей, закрепленных на буровой штанге и входящих в комплекс бурового станка. После приемки скважины в установленном порядке в ней, при необходимости, монтируют арматурный каркас. Бетонируют скважину методом вертикально перемещающейся трубы

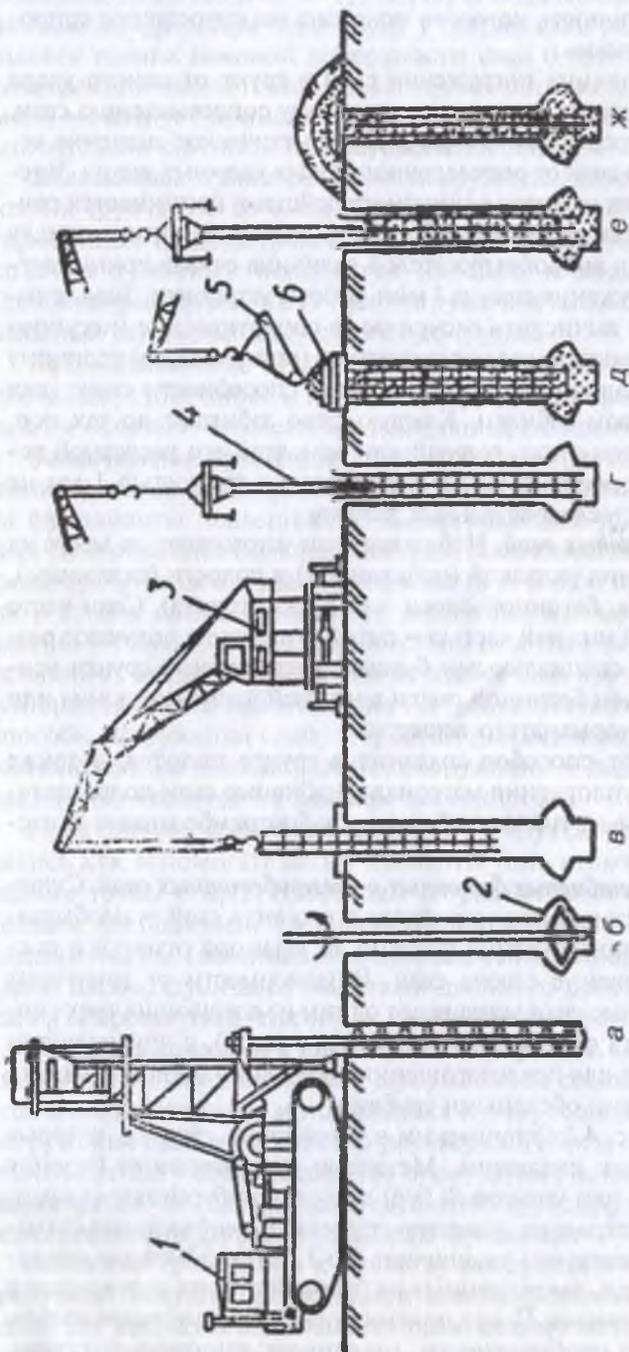


Рис. 4.3.4. Технологическая схема устройства буронабивных свай сухим способом:

а - бурение скважины; б - устройство уширенной полости; в - установка армиатурного каркаса; г - установка бетонной трубы с виброустановкой; д - заливка бетоном; е - бетонирование скважины методом ВПГ; ж - утепление оголовка свай в зимних условиях; 1 - шнековая буровая установка; 2 - расширитель; 3 - кран грузоподъемностью 10-12 т; 4 - бетонная труба; 5 - загрузочный бункер; 6 - горючий.

ВПТ. Бетонолитные трубы, как правило, состоят из отдельных секций и имеют стыки, позволяющие быстро и надежно их соединять. В приемную воронку бетонную смесь подают непосредственно из автобетоносмесителя или специального загрузочного бункера. По мере укладки бетонной смеси бетонную трубу извлекают из скважины. Уплотняют бетонную смесь в скважине с помощью вибраторов, укрепленных на приемной воронке бетонолитной трубы. После окончания бетонирования скважины головку сваи формируют в специальном инвентарном кондукторе и зимой защищают утеплителем. По этой технологии чаще всего изготавливают буронабивные сваи диаметром 400, 500, 600, 1000 и 1200 мм и длиной до 30 м.

*С применением глинистого раствора* буронабивные сваи устраивают в неустойчивых обводненных грунтах. Скважины бурят вращательным способом. Глинистый раствор поступает по пустотелой буровой штанге. Готовят раствор на месте производства работ и по мере бурения его нагнетают в скважину. Глинистый раствор поднимается по скважине вдоль ее стенок и попадает в зумпф, откуда насосом возвращается в буровую штангу для дальнейшей циркуляции. Затем в скважине устанавливают арматурный каркас и подают в нее бетонную смесь с помощью вибробункера и бетонолитной трубы. Вибрируемая бетонная смесь, поступая в скважину, вытесняет глинистый раствор. По мере заполнения скважины бетонной смесью бетоновод извлекают.

Рассмотренный способ крепления стенок наиболее простой. Однако он недостаточно надежен и слишком трудоемок при работе в зимних условиях.

*Крепление стенок скважин обсадными трубами* применяют для устройства набивных свай в любых геологических и гидрогеологических условиях. Обсадные трубы оставляют в грунте или извлекают из скважин в процессе изготовления свай (инвентарные трубы). Секции обсадных труб соединяют стыками специальной конструкции или сваркой. Погружают обсадные трубы гидродомкратами, забивкой трубы или вибропогружением.

При ударном бурении обсадная труба погружается в грунт по мере разработки скважины. При вращательном способе бурения вначале на длину секции обсадной трубы пробуривают лидерную скважину, после чего в скважину погружают обсадную трубу. Эти операции повторяют до окончания бурения скважины на проектную отметку. После зачистки забоя и установки в скважине арматурного каркаса скважину бетонируют методом ВПТ.

*Специальные комплексные агрегаты* наиболее эффективны при устройстве буронабивных опор глубокого заложения и большой несущей способности. Агрегаты состоят из нескольких систем оборудования, предназначенных для бурения различными способами, погружения и извлечения обсадной трубы, удаления пород и бетонирования.

Применение отечественной установки типа БСО-1 (рис. 4.3.5 а) позволяет комплексно механизировать процесс изготовления опор

диаметром 820–1220 мм и глубиной 70 м при скорости проходки скважин до 6 м/ч. Установки ЕДФ-55 французской фирмы «Беното» (рис. 4.3.5 б) делают буронабивные опоры диаметром до 2100 мм и глубиной до 120 м при скорости проходки скважин до 6 м/ч. С помощью японских установок 20-ТН фирмы «Като» (рис. 4.3.5 в) получают опоры диаметром до 1200 мм и глубиной до 27 м при скорости проходки грейфером 3–5 м/ч и ротором 18 м/ч.

**Устройство пневмонабивных свай.** Их устраивают в сильно обводненных грунтах, в которых трудно сооружать буронабивные сваи. Бетонную смесь укладывают в обсадную трубу методом пневматического бетонирования. Сжатым воздухом из скважины вытесняют грунтовую воду. Затем в скважину подают бетонную смесь, одновременно поднимая обсадную трубу. Давление воздуха уплотняет бетонную смесь и облегчает подъем трубы. При необходимости в обсадную трубу до герметизации скважины и подачи бетона опускают арматурный каркас.

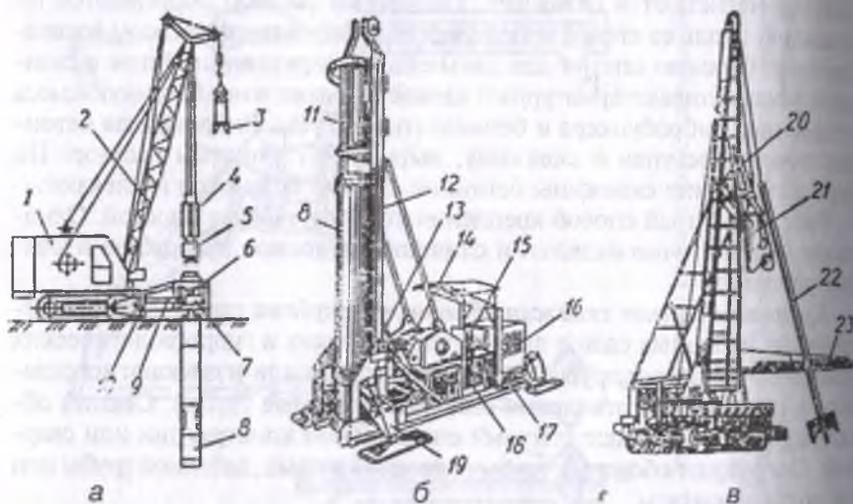


Рис. 4.3.5. Комплексные агрегаты для устройства набивных свай:

а — установка БСО-1 для устройства буронабивных свай большой несущей способности (с обсадной трубой); б — агрегат ЕДФ-55 фирмы «Беното»; в — установка 20-ТН фирмы «Като»; 1 — базовая машина (экскаватор); 2 — грузовая стрела; 3 — рабочий орган (грейфер, долото); 4 — буровой орган (погружной электробур); 5 — буровой цилиндр (желонка); 6 — вертикальный гидроцилиндр; 7 — гидрохому; 8 — обсадная труба; 9 — горизонтальный гидроцилиндр; 10 — наклонная тяга; 11 — откидной разгрузочный патрубок; 12 — стрела; 13 — гидроцилиндр наклона стрелы; 14 — лебедка; 15 — кабина пульта управления; 16 — дизельный двигатель; 17 — рама; 18 — гидронасос; 19 — механизм шагающего хода; 20 — верхний отводящий рычаг; 21 — грейфер; 22 — буровая штанга; 23 — нижний отводящий рычаг.

**Устройство частотрамбованных свай.** Их изготавливают с помощью специальной копровой установки с молотом одиночного действия, погружающей обсадную трубу для устройства скважины и извлекающей ее. Для облегчения забивки обсадной трубы на ее нижний конец надевают конический литой наконечник — башмак, который

остается в грунте и служит основанием сваи. Частотрамбованные сваи изготавливают диаметром 300–600 мм и длиной до 20 м.

**Устройство вибротрамбованных свай** (рис. 4.3.6). Их изготавливают с помощью вибропогружателя, которым обсадная труба погружается на проектную глубину. Затем труба извлекается, в устье скважины устанавливают железобетонный башмак, на верх башмака устанавливают обсадную трубу и вибропогружателем погружают его до несущего слоя грунта. В трубу опускают арматурный каркас и скважина на 0,8–1 м заполняется бетонной смесью. Трамбовкой, соединенной с жесткой штангой и помещенной в вертикально поднимаемой обсадной трубе, уплотняют бетонную пробку, вдавливая ее в грунт. При этом образуется уширенная пята сваи. Затем обсадную трубу постепенно заполняют бетонной смесью и одновременно извлекают ее из грунта при работающем вибропогружателе. После извлечения трубы устанавливают арматурный каркас для связи головки сваи с железобетонным ростверком.

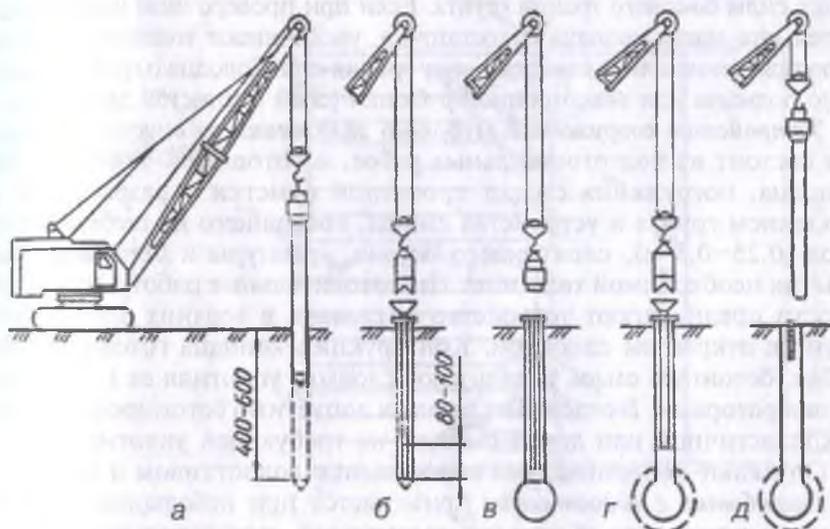


Рис. 4.3.6. Технологическая схема устройства вибротрамбованных свай:

а — образование скважины; б — укладка первой порции бетонной смеси; в — уплотнение бетонной смеси трамбующей штангой, жестко соединенной с вибропогружателем; г — укладка и уплотнение последующих слоев бетонной смеси; д — извлечение обсадной трубы и установка арматурного каркаса в голове сваи.

#### § 4. Устройство заглубленных сооружений

Заглубленные сооружения устраивают несколькими способами. Основные из них: метод опускных колодцев и метод «стена в грунте».

**Метод опускных колодцев.** Его используют для устройства фундаментов глубокого заложения и подземных сооружений. В плане они бывают круглыми и прямоугольными, а по контуру наружной поверхности — цилиндрическими, коническими и ступенчатыми. Наиболее

удобна ступенчатая форма, так как уменьшенный диаметр верхних секций облегчает погружение конструкций. Опускные колодцы обычно выполняют из железобетона. В нижней части колодца устраивают нож с режущей кромкой со стальным покрытием.

По методу опускных колодцев конструкцию возводят на поверхности земли (рис. 4.4.1), а затем опускают до проектной отметки, наращивая стены по высоте и разрабатывая грунт внутри скважины в направлении от центра к ножу. Теряя опору с внутренней стороны, нож под действием массы вышележащих конструкций выдавливает грунт и колодец опускается. По мере углубления колодца его наращивают по высоте. Работы выполняют по этапам: сначала бетонируют нож колодца и его первый ярус. После выдерживания и распалубки бетона колодец начинают опускать, одновременно бетонируя второй ярус и т.д.

Для успешного погружения масса колодца должна быть в 1,25 раза выше силы бокового трения грунта. Если при проверочном расчете окажется, что масса колодца недостаточна, увеличивают толщину его стен для утяжеления или уменьшают силу трения стен колодца о грунт с помощью подмыва или тиксотропной рубашки (слой глинистой эмульсии).

**Устройство сооружений глубокого заложения из опускных колодцев** состоит из подготовительных работ, изготовления конструкции колодца, погружения его до проектной отметки с разработкой и удалением грунта и устройства днища, состоящего из щебеночного слоя (0,25–0,3 м), слоя тощего бетона, арматуры и бетонного покрытия необходимой толщины. Подготовительные работы на поверхности предполагают устройство котлована в верхних слоях сухих грунтов открытым способом. Конструкции колодца готовят в опалубке, бетонную смесь укладывают слоями, уплотняя ее глубинными вибраторами. В отдельных случаях допустимо бетонирование высокопластичной или литой смесью, не требующей уплотнения.

Опускают колодцы двумя способами: с водоотливом и без него.

**Разработка с водоотливом** применяется при небольшом притоке грунтовых вод, если вблизи нет сооружений, чувствительных к осадкам. Плотные грунты разрабатывают экскаватором, оборудованным прямой лопатой или грейфером с погрузкой грунта в бадьи и выдачей на поверхность кранами.

**Разработка без водоотлива** допускает устройство колодцев по соседству с любыми сооружениями. Слабые грунты при этом разрабатывают гидроэлеваторами (струйными насосами для подъема и перемещения по трубопроводу жидкостей и гидросмесей) с дополнительным подмывом или эрлифтами (устройствами для подъема жидкости или гидросмеси с помощью сжатого воздуха). При погружении без водоотлива отметка воды в колодце все время поддерживается на уровне грунтовых вод, что предотвращает наплыв грунта из-под ножа в колодец, уменьшает объем разработки и исключает осадки соседних сооружений. При погружении колодца нужно по-



стоянно наблюдать за его вертикальностью и скоростью погружения. Наиболее эффективно погружение колодца в тиксотропной рубашке, которая снижает силу трения между стенками колодца и грунтом в сотни раз. При таком способе погружения можно применять тонкостенные конструкции, кроме того, ускоряется погружение колодцев, экономятся материалы и обеспечивается индустриализация производства.

**Метод «стена в грунте».** По этому методу целесообразно возводить в неустойчивых обводненных грунтах заглубленные сооружения, фундаменты и подпорные стены. При этом узкая траншея (0,2—1 м) для будущих стен и фундаментов отрывается на полную глубину (до 18 м и более) экскаваторами, кранами с шарнирной стрелой и грейфером на жесткой штанге. Грунт разрабатывается под защитой глинистого тиксотропного раствора, гидростатическое давление которого предотвращает обрушение грунта и проникновение грунтовой воды в траншею. Устройство фундаментов и стен осуществляется в сборном и монолитном вариантах.

**Монолитный вариант** предполагает следующую технологическую схему (рис. 4.4.2 а). Сооружение разбивают на секции длиной до 5 м. Первыми возводят все нечетные секции, а затем между ними четные. Вначале на границе каждой секции по ее осям забуривают скважины, а затем под глинистым раствором между готовыми скважинами разрабатывают грунт штанговым экскаватором или грейфером. После разработки грунта устанавливают арматурные каркасы и укладывают методом подводного бетонирования (методом ВПТ — вертикально перемещающейся трубы). При этом глинистый раствор выжимается сверху и подается насосами на сепаратор для повторного использования. Когда бетон в нечетных секциях наберет проектную прочность, производят работы в четных секциях в той же технологической последовательности.

**Сборный вариант** (рис. 4.4.2 б) предполагает монтаж стены из сборных тонкостенных панелей, устанавливаемых в заранее разработанную траншею, на дно которой подсыпан слой щебня. Панели устанавливают с помощью направляющих и опорных рам и фиксируют кондукторами. Зазор между стенами траншеи и панелями заполняют цементно-песчаным раствором методом ВПТ, а пазухи траншеи — песчано-щебеночной засыпкой, вытесняющей глинистый раствор в сторону забоя экскаватора.

Метод «стена в грунте» позволяет по сравнению с открытым способом в 3—4 раза сократить объем земляных работ. При этом в 2—3 раза сокращается продолжительность строительства, повышается его качество и существенно снижается стоимость работ.

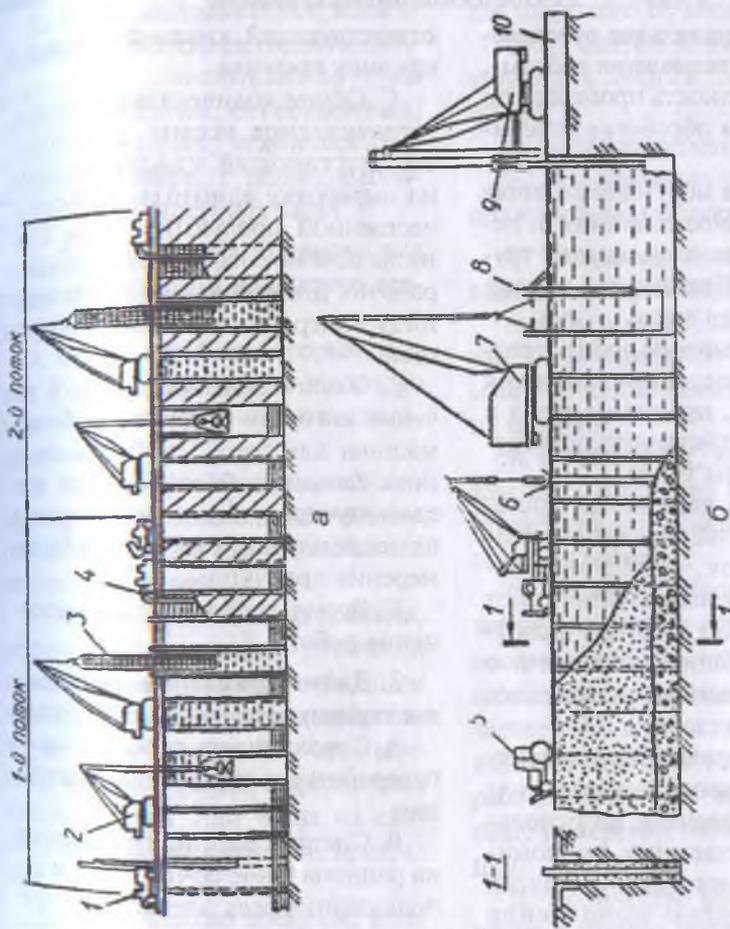


Рис.4.4.2. Схема возведения заглубленного в грунт сооружения методом «стена в грунте»:

а - устройство монолитной железобетонной конструкции; б - устройство сборной железобетонной конструкции; 1 - установка для бурения скважин; 2 - разрабатываемый гидродом грунт под слоем глинистого растора; 3 - арматурный каркас; 4 - труба для укладки бетона в секцию методом ВПТ; 5 - бульдозер для обратной засыпки пазух; 6 - бункер для бетонирования нижнего защемления панелей стенки; 7 - самоходный кран для монтажа панелей; 8 - кондуктор для монтажа панелей сборной стенки; 9 - штанговый экскаватор для разработки грунта под слоем глинистого растора; 10 - пионерная траншея.

## ТЕСТЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ СТУДЕНТОВ ПО ГЛАВАМ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ

### Глава 1. Техническое нормирование

1. Дайте правильное определение термину «технология работы».

А. Совокупность процессов по переработке и обработке материалов.

В. Система мер, направленная на рациональное сочетание и использование всех элементов труда: труда работающих, орудий труда и средств труда.

С. Непрерывный процесс развития и совершенствования средств труда, предметов труда и способов воздействия средств труда на предметы труда.

Д. Заранее намеченная система мероприятий, предусматривающая порядок, последовательность и сроки выполнения работ или каких-либо действий в соответствии с общими целями и в увязке с реальными возможностями.

Е. Целенаправленное воздействие на производственные коллективы, основанное на использовании естественных, экономических, технических и других законов, с целью выполнения поставленных задач.

2. Что следует понимать под термином «норма времени»?

А. Объем работ, который должен быть выполнен с помощью машины или механизма в единицу времени.

В. Объем работ, который должен быть выполнен рабочим со-

ответствующей квалификации в единицу времени.

С. Общее количество времени, затрачиваемое всеми рабочими соответствующей квалификации на выработку единицы доброкачественной продукции или единицы объема работ; выражается в рабочих днях или часах на единицу измерения готовой продукции.

Д. Количество времени, в течение которого должна работать машина для того, чтобы выполнить единицу объема работ или единицу продукции; выражается в сменах или часах на единицу измерения продукции.

Е. Время, требуемое на выполнение работы.

3. Дайте правильное определение термину «организация работы».

А. Совокупность процессов по переработке и обработке материалов.

В. Система мер, направленная на рациональное сочетание и использование всех элементов труда: труда работающих, орудий труда и средств труда.

С. Непрерывный процесс развития и совершенствования средств труда, предметов труда и способов воздействия средств труда на предметы труда.

Д. Заранее намеченная система мероприятий, предусматрива-

ющая порядок, последовательность и сроки выполнения работ или каких-либо действий в соответствии с общими целями и в увязке с реальными возможностями.

Е. Целенаправленное воздействие на производственные коллективы, основанное на использовании естественных, экономических, технических и других законов, с целью выполнения поставленных задач.

**4. Что следует понимать под термином «норма машинного времени»?**

А. Объем работ, который должен быть выполнен с помощью машины или механизма в единицу времени.

В. Объем работ, который должен быть выполнен рабочим соответствующей квалификации в единицу времени.

С. Общее количество времени, затрачиваемое всеми рабочими соответствующей квалификации на выработку единицы доброкачественной продукции или единицы объема работ; выражается в рабочих днях или часах на единицу измерения готовой продукции.

Д. Количество времени, в течение которого должна работать машина для того, чтобы выполнить единицу объема работ или единицу продукции; выражается в сменах или часах на единицу измерения продукции.

Е. Время, требуемое на выполнение работы.

**5. Что является задачами технического нормирования?**

А. Установление технически обоснованных норм.

В. Отбор наиболее эффективных методов производства работ для широкого их внедрения.

С. Выявление условий, способствующих лучшей организации труда.

Д. Все вышеперечисленное.

Е. Установление расценок на оплату труда работающих.

**6. Что следует понимать под понятием «норма выработки»?**

А. Объем работ, который должен быть выполнен с помощью машины или механизма в единицу времени.

В. Объем работ, который должен быть выполнен рабочим соответствующей квалификации в единицу времени.

С. Общее количество времени, затрачиваемое всеми рабочими соответствующей квалификации на выработку единицы доброкачественной продукции или единицы объема работ; выражается в рабочих днях или часах на единицу измерения готовой продукции.

Д. Количество времени, в течение которого должна работать машина для того, чтобы выполнить единицу объема работ или единицу продукции; выражается в сменах или часах на единицу измерения продукции.

Е. Время, требуемое на выполнение работы.

## Глава 2. Основы производства земляных работ

1. В зависимости от какого показателя грунты в строительстве делятся на группы, согласно принятой в нормативных документах классификации (КМК 4.02.01-96)?

А. В зависимости от механических свойств грунтов.

В. В зависимости от физических свойств грунтов.

С. В зависимости от механических и физических свойств грунтов.

Д. В зависимости от трудности их разработки.

Е. В зависимости от конструктивных особенностей машины.

2. Какие бывают объемы работ (классификация)?

А. Проектные и производственные.

В. Основные и вспомогательные.

С. Объемы разработки, объемы транспортировки и объемы укладки.

Д. Прямые, косвенные и вспомогательные.

Е. Первого, второго и третьего порядка.

3. К каким сооружениям относятся дамбы каналов?

А. К профильным и постоянным сооружениям.

В. К непрофильным и постоянным сооружениям.

С. К профильным и временным сооружениям.

Д. К непрофильным и особым сооружениям.

Е. К непрофильным и временным сооружениям.

4. Какие существуют способы производства работ?

А. Разработка машинами, взрывной и ручной.

В. Механический, пневматический, ручной и взрывной.

С. Механический, гидравлический, ручной и взрывной.

Д. Физический, механический, гидравлический, химический.

Е. Подготовительный, основной и транспортный.

5. Какой показатель является основной характеристикой одноковшового экскаватора?

А. Емкость ковша.

В. Габаритные размеры.

С. Технические параметры.

Д. Продолжительность рабочего цикла.

Е. Вид сменного оборудования.

6. По каким признакам возможно классифицировать многоковшовые экскаваторы?

А. По конструкции рабочего органа, по характеру перемещения машины и направлению движения ковшей.

В. По конструкции рабочего органа, по числу ковшей и направлению их движения.

С. По виду рабочего органа, числу ковшей и направлению их движения.

Д. По типу рабочего органа, числу ковшей и направлению их движения.

Е. По конструкции рабочего органа и по характеру движения машины.

7. К каким машинам относятся прицепные скреперы?

А. К машинам для гидромеханизации.

В. К транспортным машинам.

С. К землеройно-транспортным машинам.

Д. К землеройным машинам.

Е. К вспомогательным машинам.

**8. К каким машинам относятся бульдозеры?**

А. К машинам для гидромеханизации.

В. К транспортным машинам.

С. К землеройно-транспортным машинам.

Д. К землеройным машинам.

Е. К вспомогательным машинам.

**9. Перечислите основные показатели, характеризующие работу грунтоуплотняющих машин.**

А. Толщина уплотняемого слоя, скорость движения машины, конструкция ее рабочего органа.

В. Характер взаимодействия рабочего органа с грунтом, толщина уплотняемого слоя, скорость движения машины.

С. Тип машины, ее производительность, конструкция рабочего органа.

Д. Толщина уплотняемого слоя, равномерность уплотнения по глубине слоя, необходимое количество проходов по одному месту.

Е. Среднее давление на грунт, толщина уплотняемого слоя, характер взаимодействия рабочего органа с грунтом.

**10. Что контролируется в ходе выполнения и при сдаче земляных работ?**

А. Положение выполненных

выемок и насыпей в пространстве (плановое и высотное).

В. Геометрические размеры земляных сооружений и ровность поверхностей.

С. Свойства грунтов, используемых для возведения насыпных сооружений и залегающих в основании сооружений.

Д. Качество укладки грунтов в профильные насыпи (плотины, дамбы, дороги) и обратные засыпки (пазухи сооружений, траншей).

Е. Все вышеперечисленное.

**11. К каким свойствам грунтов относится прочность?**

А. К механическим.

В. К физическим.

С. К химическим.

Д. К физическим и механическим.

Е. К этическим.

**12. По каким признакам различают строительные работы?**

А. По виду перерабатываемых материалов и по конечной продукции данного вида работ.

В. По перерабатываемым материалам и по видам машин, применяемых в переработке.

С. По используемым материалам и строительным конструкциям.

Д. По продолжительности и качеству.

Е. По типу конструкций и используемому оборудованию.

**13. К каким сооружениям относят карьеры и резервы?**

А. К профильным и постоянным сооружениям.

В. К непрофильным и постоянным сооружениям.

С. К профильным и временным сооружениям.

Д. К непрофильным и особенным сооружениям.

Е. К непрофильным и временным сооружениям.

**14. Из каких операций состоит процесс производства земляных работ?**

А. Разработка грунта, его транспортировка и складирование (укладка в насыпь).

В. Сортировка грунта, разработка его, транспортировка и разгрузка.

С. Разработка грунта и укладка его в насыпи.

Д. Транспортировка грунта, укладка в насыпи, контроль качества работ.

Е. Разработка грунта, контроль качества работ.

**15. Какие бывают виды проходок одноковшовых экскаваторов?**

А. Лобовые и осевые.

В. Продольные и поперечные.

С. Основные и вспомогательные.

Д. Лобовые и боковые.

Е. Осевые и торцевые.

**16. Какие виды работ выполняются грейдером?**

А. Планировочные работы.

В. Зачистка откосов выемок и насыпей, устройство насыпей, валиков.

С. Профилирование полотна проезжей части грунтовой дороги.

Д. Снятия растительного грун-

та, нарезка каналов мелкой ор- сительной сети.

Е. Все вышеперечисленные работы.

**17. Какие строительные операции можно выполнять скреперами?**

А. Разработку и перемещение грунта в насыпь.

В. Разработку, транспортировку и послойную отсыпку грунта на месте укладки.

С. Разработку грунта, его увлажнение и уплотнение.

Д. Разработку грунта с уплотнением его в насыпи.

Е. Транспортировку грунта с частичным уплотнением его в насыпи.

**18. С помощью каких коэффициентов учитывается влияние грунтов на эксплуатационную производительность бульдозера при разработке и перемещении грунта?**

А. Коэффициента потерь грунта в боковые валики и коэффициента использования рабочего времени.

В. Коэффициента потерь грунта в боковые валики и коэффициента приведения объема рыхлого грунта к первоначальному объему в состоянии его естественной плотности.

С. Коэффициента наполнения отвала, коэффициента приведения объема рыхлого грунта к первоначальному объему в состоянии его естественной плотности, коэффициента емкости.

Д. Коэффициента разрыхления и коэффициента наполнения ковша.

Е. Коэффициента использования рабочего времени и коэффициента разрыхления.

**19. Классифицируйте машины и механизмы, применяемые для уплотнения грунта, по действию их на грунт.**

А. Машины и механизмы циклического и непрерывного действия.

В. Машины и механизмы свободного, принудительного и комбинированного действия.

С. Машины и механизмы первой, второй и третьей степени действия.

Д. Машины и механизмы электрического, пневматического, гидравлического и комбинированного действия.

Е. Машины и механизмы статического, динамического, вибрационного и комбинированного действия.

**20. На каких этапах производства земляных работ необходимо контролировать их качество?**

А. В процессе их выполнения.

В. После окончания работ на объекте.

С. При приемке работ от исполнителей.

Д. На всех вышеперечисленных этапах.

Е. В процессе выполнения работ и после их окончания.

**21. Что такое баланс грунтовых масс?**

А. Таблица определения объемов работ на объекте с указанием дальности перемещения.

В. Документ, подтверждающий наличие тех или иных работ на объекте, с указанием их объемов.

С. Документ, отражающий рациональное распределение грунта между выемками и насыпями.

Д. Документ, разрешающий производство работ с теми объемами, которые в нем указаны.

Е. График распределения объемов по объектам, с учетом выемок и насыпей.

**22. По какому признаку классифицированы работы на земляные и бетонные?**

А. По виду конечной продукции

В. По виду перерабатываемого материала.

С. По стоимостным показателям.

Д. По вспомогательным признакам.

Е. По характерным признакам.

**23. К каким сооружениям относят отвалы разработанного растительного грунта?**

А. К профильным и постоянным сооружениям.

В. К непрофильным и постоянным сооружениям.

С. К профильным и временным сооружениям.

Д. К непрофильным и особым сооружениям.

Е. К непрофильным и временным сооружениям.

**24. Какой процесс является ведущим при земляных работах?**

А. Перевозка строительных материалов.

В. Укладка грунта в насыпь.

С. Подготовка территории к строительству.

Д. Разработка грунта.

Е. Транспортировка грунта.

**25. С помощью каких коэффициентов учитывается влияние грунтов на эксплуатационную производительность одноковшового экскаватора?**

А. Коэффициента наполнения ковша и коэффициента использования рабочего времени.

В. Коэффициента наполнения ковша и коэффициента приведения объема рыхлого грунта к первоначальному объему в состоянии его естественной плотности.

С. Коэффициента наполнения ковша, коэффициента приведения объема рыхлого грунта к первоначальному объему в состоянии его естественной плотности, коэффициента емкости.

Д. Коэффициента разрыхления и коэффициента наполнения ковша.

Е. Коэффициента использования рабочего времени и коэффициента разрыхления.

**26. К какому виду транспорта относятся автосамосвалы для транспорта грунта?**

А. К безрельсовому транспорту циклического действия.

В. К конвейерному транспорту непрерывного действия.

С. К гидравлическому транспорту циклического действия.

Д. К рельсовому транспорту циклического действия.

Е. К наземному транспорту.

**27. С помощью каких коэффициентов учитывается влияние грунтов на эксплуатационную производительность скрепера?**

А. Коэффициента наполнения ковша и коэффициента использования рабочего времени.

В. Коэффициента наполнения ковша и коэффициента приведения объема рыхлого грунта к первоначальному объему в состоянии его естественной плотности.

С. Коэффициента наполнения ковша, коэффициента приведения объема рыхлого грунта к первоначальному объему в состоянии его естественной плотности, коэффициента емкости.

Д. Коэффициента разрыхления и коэффициента наполнения ковша.

Е. Коэффициента использования рабочего времени и коэффициента разрыхления.

**28. Каким показателем определяются основные рабочие параметры и производительность бульдозера?**

А. Мощностью базового тягача, на котором они навешены.

В. Грунтовыми условиями в районе строительства.

С. Конструкцией базовой машины.

Д. Мощностью приводного устройства.

Е. Видом выполняемых операций.

**29. Известно, что производительность машин при уплотнении грунта оценивают в единицах площади ( $\text{м}^2/\text{ч}$ ). Укажите формулу определения производительности катка, как машины непрерывного действия. Условные обозначения:  $V$  — скорость передвижения агрегата,  $\text{м}/\text{ч}$ ;  $n$  — число проходов по одному месту;  $F$  — площадь поверхности рабочего органа,  $\text{м}^2$ ;  $Q$  — объем уплотненного грунта за один проход,  $\text{м}^3$ ;  $C$  — ширина полосы пе-**

открытия, м;  $B$  — ширина укатываемой полосы, м;  $K_B$  — коэффициент использования рабочего времени.

$$A. P_F = \frac{Q-C}{V} \text{ м}^2/\text{ч}$$

$$B. P_F = \frac{Q}{V-n} K_B \text{ м}^2/\text{ч}$$

$$C. P_F = \frac{V(B-C)}{n} K_B \text{ м}^2/\text{ч}$$

$$D. P_F = \frac{Q}{V-n} K_B \text{ м}^2/\text{ч}$$

$$E. P_F = \frac{F-(C-B)}{n} K_B \text{ м}^2/\text{ч}$$

30. Допустимы ли отклонения

### Глава 3. Основы производства бетонных работ

1. Какому показателю соответствуют числа в классе бетона (В20, В25 и т.п.)?

А. Числа соответствуют гидравлическому давлению воды, при котором через образец бетона не происходит просачивания воды (0,2; 0,25 МПа и т.п.).

В. Числа соответствуют прочностям на сжатие образцов бетона (20, 25 МПа и т.п.)

С. Числа соответствуют числу циклов попеременного замораживания и оттаивания бетонного образца, после которого прочность снизится не более чем на 15% (20, 25 цикла и т.п.).

Д. Числа соответствуют прочностям на растяжение образцов бетона (20, 25 МПа и т.п.)

Е. Числа соответствуют прочностям на сжатие и изгиб образцов кубов (20, 25 МПа и т.п.)

2. К какому из элементов поперечного профиля карьера нерудных

от заданных размеров и отметок при строительстве земляных сооружений?

А. Да, если их показатели соответствуют показателям предельно допустимых отклонений, установленных специальными нормами.

В. Да, в случае, если данные отклонения не нарушают режим работы сооружения.

С. Да, если есть договоренность с заказчиком.

Д. Да, если есть срочная необходимость сдачи объекта в эксплуатацию.

Е. Нет.

материалов относится следующее определение: слой разработки, ограниченный по высоте вертикальным или наклонным откосом и границей между ярусами разработки?

А. Рабочий горизонт.

В. Уступ.

С. Полка уступа.

Д. Въездные и выездные траншеи.

Е. Забой.

3. Основные операции по переработке камня на щебень. Что такое грануляция?

А. Сортировка частиц разных размеров на необходимые группы фракций.

В. Освобождение смеси от мелких частиц.

С. Переработка с целью удаления из смеси непригодных для бетона каменных материалов малой прочности, плохой моро-

зостойкости, большого водопоглощения, малой плотности.

Д. Специальная обработка частиц камня для придания им округлой формы.

Е. Дополнительная сортировка и промывка материалов непосредственно перед приготовлением бетона в случае загрязнения их при транспортировке и хранении на складах.

4. Из каких операций состоит процесс приготовления бетонной смеси?

А. Дозирование, загрузка, перемешивание, выгрузка.

В. Транспортировка, подача и перемешивание.

С. Транспортировка материалов со склада, дозирование, загрузка в бетоносмеситель, перемешивание, выгрузка.

Д. Загрузка, перемешивание, выгрузка.

Е. Дозирование, перемешивание, выгрузка.

5. Укажите формулу определения производительности бетоносмесителя циклического действия  $P_c$ . Условные обозначения:  $L$  — вместимость барабана по загрузке сухих составляющих, л;  $n$  — число замесов в час;  $K_{\text{вых}}$  — коэффициент выхода бетона;  $K_{\text{исп}}$  — коэффициент использования рабочего времени.

$$A. P_c = \frac{L \cdot n \cdot K_{\text{исп}}}{1000} K_{\text{вых}} \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$B. P_c = \frac{L \cdot n \cdot K_{\text{исп}}}{1000} K_{\text{вых}} \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$C. P_c = \frac{L \cdot K_{\text{исп}}}{1000 \cdot n} K_{\text{вых}} \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$D. P_c = 1000 \cdot L \cdot n / K_{\text{исп}} \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$E. P_c = 1000 \cdot L \cdot n / K_{\text{вых}} \text{ м}^3/\text{ч}$$

6. Назовите основной рабочий параметр бетоносмесителей циклического действия?

А. Частота вращения барабана.

В. Вместимость барабана.

С. Скорость вращения барабана.

Д. Потребляемая мощность.

Е. Способ перемешивания.

7. Укажите формулу определения интенсивности бетонных работ (эксплуатационной производительности бетоносмесительной установки)  $P_{\text{час}}^{\text{БСУ}}$ , учитывая объем бетона и сроки выполнения работ. Условные обозначения:

$Q_{\text{факт}}$  — производственный объем бетона принятый с учетом возможных;

$K_{\text{мес}}$  — коэффициент, учитывающий неравномерность выполнения работ по месяцам;

$K_{\text{час}}$  — коэффициент, учитывающий неравномерность выполнения работ по часам;

$T_{\text{осн}}$  — продолжительность периода работ по укладке бетона (мес);

$m$  — количество рабочих дней в месяце;

$n$  — количество рабочих часов в сутки.

$$A. P_{\text{час}}^{\text{БСУ}} = \frac{Q_{\text{факт}} \cdot K_{\text{мес}} \cdot K_{\text{час}}}{T_{\text{осн}} \cdot m \cdot n} \text{ м}^3/\text{час}$$

$$B. P_{\text{час}}^{\text{БСУ}} = \frac{Q_{\text{факт}} \cdot K_{\text{мес}} \cdot T_{\text{осн}}}{m \cdot n} K_{\text{час}} \text{ м}^3/\text{час}$$

$$C. P_{\text{час}}^{\text{БСУ}} = \frac{Q_{\text{факт}} \cdot K_{\text{мес}} \cdot K_{\text{час}} \cdot T_{\text{осн}}}{m \cdot n} \text{ м}^3/\text{час}$$

$$D. \Pi_{\text{час}}^{BCY} = \frac{Q_{\text{бет}} \cdot K_{\text{нр}}}{T_{\text{осп}} \cdot K_{\text{час}}} \cdot m \cdot n \text{ М}^3/\text{час}$$

$$E. \Pi_{\text{час}}^{BCY} = \frac{m \cdot n \cdot K_{\text{нр}} \cdot K_{\text{нр}}}{T_{\text{осп}} \cdot Q_{\text{бет}}} \text{ М}^3/\text{час}$$

8. Укажите формулу определения вместимости склада  $A_i$ . Условные обозначения:  $V_{\text{сут}}$  — суточный расход материала,  $\text{М}^3$ ;  $T_3$  — норма запаса материала, сут;  $K_{\text{нр}}$  — коэффициент неравномерности поступления материалов на склад.

$$A. A_i = T_3 V_{\text{сут}} K_{\text{нр}} \text{ М}^3$$

$$B. A_i = T_3 V_{\text{сут}} + K_{\text{нр}} \text{ М}^3$$

$$C. A_i = T_3 + V_{\text{сут}} K_{\text{нр}} \text{ М}^3$$

$$D. A_i = T_3 V_{\text{сут}} + T_3 K_{\text{нр}} \text{ М}^3$$

$$E. A_i = V_{\text{сут}} T_3 + V_{\text{сут}} K_{\text{нр}} \text{ М}^3$$

9. Возможна ли перевозка бетонной смеси в автосамосвалах на расстояние 20 км по грунтовым дорогам?

А. Нет.

В. Да.

С. Перевозка возможна, в случае применения добавок — замедлителей схватывания бетонной смеси.

Д. Перевозка возможна, в случае разрешения руководства строительства.

Е. Перевозка возможна, но с обязательным увеличением скорости транспортного средства.

10. Какой способ уплотнения при монолитной кладке бетона является основным и наиболее распространенным?

А. Центрифигирование.

В. Прессование.

С. Вибрирование.

Д. Вакуумирование.

Е. Все вышеперечисленные способы.

11. Чем отличаются полигоны от заводов по изготовлению бетонных и железобетонных изделий?

А. Разнообразием выпускаемой продукции в меньших объемах по каждой номенклатуре изделий.

В. Меньшей оборудованностью.

С. Отсутствием капитальных построек.

Д. Меньшей производственной мощностью.

Е. Всем вышеперечисленным.

12. Что называется опалубкой?

А. Форма, в которую укладывают бетонную смесь для получения бетонных и железобетонных конструкций заданных размеров.

В. Металлический каркас, способствующий выдерживать нагрузки.

С. Форма, предназначенная для изготовления железобетонных конструкций.

Д. Конструкция, предающая блоку дополнительную жесткость.

Е. Надземная часть сооружения.

13. Назовите основные прочностные показатели, которыми характеризуется арматурная сталь.

А. Предел текучести и предел прочности.

В. Коэффициент текучести и коэффициент прочности.

С. Величина текучести и величина прочности.

Д. Текучесть и прочность.

Е. Плотность, прочность и текучесть.

14. На каких стадиях в ходе выполнения бетонных работ необходим контроль?

А. При приемке и хранении всех исходных материалов.

В. При изготовлении и монтаже арматурных элементов и конструкций.

С. При изготовлении и установке элементов опалубки и закладных частей, при подготовке основания, опалубки и форм к укладке бетона.

Д. При изготовлении и транспортировании бетонной смеси, при уходе за бетоном в процессе его твердения.

Е. На всех вышеперечисленных стадиях.

15. Какие из составляющих бетона относятся к местным материалам?

А. Щебень, гравий, песок.

В. Цемент, добавки.

С. Цемент, песок.

Д. Песок, добавки, цемент.

Е. Щебень, гравий, цемент.

16. К какому из элементов поперечного профиля карьера нерудных материалов относится следующее определение: наклонные проходки, сопрягающие поверхность земли с дном карьера?

А. Рабочий горизонт.

В. Уступ.

С. Полка уступа.

Д. Въездные и выездные траншеи.

Е. Забой.

17. Основные операции при переработке гравийно-песчаной смеси: первичное грохочение, промывка, дробление валунов, сортировка гравия и щебня по крупности. Какая из операций исключается при

добывании материала в карьерах способом гидромеханизации?

А. Промывка.

В. Первичное грохочение.

С. Дробление валунов.

Д. Сортировка гравия и щебня по крупности.

Е. Промывка и дробление.

18. Какая операция в процессе приготовления бетонной смеси считается ведущей?

А. Перемешивание смеси.

В. Дозирование составляющих.

С. Транспортировка составляющих.

Д. Выгрузка.

Е. Ведущая операция не установлена.

19. Укажите формулу определения продолжительности цикла бетоносмесителя циклического действия. Условные обозначения:  $t_1$  — продолжительность дозирования, сек.;  $t_2$  — продолжительность загрузки, сек.;  $t_3$  — продолжительность перемешивания, сек.;  $t_4$  — продолжительность разгрузки, сек.;  $t_5$  — продолжительность транспортировки, сек.

А.  $T_u = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$  сек.

В.  $T_u = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$  сек.

С.  $T_u = t_3 + t_4 + t_5$  сек.

Д.  $T_u = t_1 + t_2 + t_3 + t_5$  сек.

Е.  $T_u = t_2 + t_3 + t_4$  сек.

20. В зависимости от какого признака установки для приготовления бетонной смеси подразделяются на одноступенчатые и двухступенчатые установки?

А. От назначения установки.

В. От степени мобильности установки.

С. По характеру процесса приготовления бетонной смеси.

Д. От вертикальной компоновки оборудования.

Е. От всех вышеперечисленных признаков.

21. Проклассифицируйте предприятия и установки для приготовления бетонных смесей по характеру процесса приготовления смеси.

А. Установки и предприятия товарного бетона и построечные.

В. Установки и предприятия передвижные, стационарные, сборно-разборные.

С. Установки и предприятия циклического и непрерывного действия.

Д. Установки и предприятия неавтоматизированные, автоматизированные, полуавтоматизированные, автоматизированные с программным управлением.

Е. Установки и предприятия одноступенчатые и двухступенчатые.

22. Укажите формулу определения суточного расхода материала  $V_{\text{сут}}$  на бетонном заводе, связанный с производительностью завода и режимом его работы. Условные обозначения:  $V_i$  — необходимое количество материала на  $1 \text{ м}^3$  бетона,  $\text{м}^3$ ;  $P_i$  — эксплуатационная производительность завода за 1 ч;  $t_{\text{ч}}$  — продолжительность смены, ч;  $C$  — число рабочих смен в сутках.

А.  $V_{\text{сут}} = P_3 \cdot C \cdot V_i / t_{\text{ч}} \text{ м}^3$

В.  $V_{\text{сут}} = P_3 \cdot C / V_i \cdot t_{\text{ч}} \text{ м}^3$

С.  $V_{\text{сут}} = P_3 \cdot V_i / C \cdot t_{\text{ч}} \text{ м}^3$

Д.  $V_{\text{сут}} = V_i \cdot P_3 \cdot C \cdot t_{\text{ч}} \text{ м}^3$

Е.  $V_{\text{сут}} = C \cdot V_i / P_3 \cdot t_{\text{ч}} \text{ м}^3$

23. Укажите предельную вы-

соту сбрасывания бетонной смеси при ее укладке в строительный блок.

А. 5 м.

В. 2 м.

С. 3 м.

Д. 6 м.

Е. 1 м.

24. Какова наилучшая температура твердения бетона?

А. 15...20°C.

В. 10...15°C.

С. 5...10°C.

Д. 30°C.

Е. 25°C.

25. С какой прочностью выпускают изделия на предприятиях сборного железобетона?

А. С расчетной.

В. С монтажной.

С. С распалубочной.

Д. С штабелировочной.

Е. Со всеми вышеперечисленными.

26. Какие требования предъявляются к опалубке?

А. Прочность, жесткость, неизменность положения в пространстве.

В. Точность в размерах при передаче форм поверхности.

С. Плотность для предохранения от вытекания цементного раствора.

Д. Простота конструкции, легкость и меньшая трудоемкость изготовления, сборки и разборки.

Е. Все вышеперечисленные требования.

27. Проклассифицируйте арматуру в зависимости от назначения.

А. Основная и вспомогательная.

В. Стержни, каркасы и скобы.

С. Рабочая, распределительная и монтажная.

Д. Чугунная и стальная.

Е. Рабочая и свободная.

**28. Какой показатель бетонной смеси в процессе контроля оценивают по значению осадки стандартного конуса?**

А. Прочность.

В. Подвижность.

С. Водонепроницаемость.

Д. Морозостойкость.

Е. Правильность.

**29. К какому из составляющих бетона предъявляются следующие требования:**

— не содержать механических примесей,

— содержание сульфатов не должно превышать 2,7 г/л,

— показатель концентрации водородных ионов быть не ниже 4?

А. К воде.

В. К песку.

С. К щебню.

Д. К цементу.

Е. К добавке.

**30. К какому из элементов поперечного профиля карьера нерудных материалов относится следующее определение: часть уступа, примыкающая к откосу, разрабатываемая за одну проходку?**

А. Рабочий горизонт.

В. Уступ.

С. Полка уступа.

Д. Въездные и выездные траншеи.

Е. Забой.

**31. Способ переработки гравийно-песчаных смесей зависит от способа добычи ее в карьерах. При каком способе добычи процесс переработки смесей может быть сухим и мокрым?**

А. При добыче землеройными машинами.

В. При добыче способом гидромеханизации.

С. При добыче взрывом.

Д. При добыче вручную.

Е. При добыче в жаркое время года.

**32. Какой способ дозирования материалов при приготовлении бетонной смеси рекомендуется принимать как наиболее точный?**

А. Весовой способ.

В. Объемный способ.

С. Комбинированный способ.

Д. Гидравлический способ.

Е. Раздельный способ.

**33. От каких показателей зависит продолжительность перемешивания бетонной смеси в бетоносмесителе?**

А. От консистенции бетонной смеси.

В. От загрузочной емкости барабана.

С. От состава и температуры смеси.

Д. От конструкции бетоносмесителя и скорости вращения барабана.

Е. От всех вышеперечисленных показателей.

**34. Что такое силос?**

А. Устройство для транспортировки строительных материалов.

В. Цилиндрическая емкость для хранения цемента.

С. Металлическая емкость для хранения воды.

Д. Устройство для загрузки сухих составляющих бетонной смеси.

Е. Вид корма для крупного рогатого скота.

**35. От каких показателей зависит норма запаса строительного материала в складах?**

А. От типа склада и объема хранимого материала.

В. От объема и характеристик хранимого материала.

С. От свойств хранимых материалов, способа и дальности их доставки.

Д. От дальности транспортирования, типа склада, условий загрузки склада.

Е. От свойств материалов, от условий их хранения, от объема хранимых материалов.

**36. Какие условия учитываются при выборе средств транспорта бетонной смеси?**

А. Объем бетонных работ и срок их производства.

В. Расстояние перемещения бетонной смеси от завода к сооружению.

С. Размер сооружения в плане и по высоте.

Д. Техничко-экономические показатели транспортных средств: производительность, скорость передвижения, удельная стоимость перевозки.

Е. Все вышперечисленные условия.

**37. Укажите основные преимущества применения бетононасосов как средства транспорта бетонной смеси.**

А. Отсутствие распада бетонной смеси.

В. Сохранение консистенции бетонной смеси.

С. Подача смеси непрерывным потоком непосредственно на место укладки.

Д. Простота установки на опорах.

Е. Все вышперечисленное.

**38. Если блок набрал прочность 30 МПа, каким способом можно очистить поверхность его при подготовке к укладке следующего слоя бетона?**

А. Очистка механической металлической щеткой.

В. Гидропескоструйная очистка.

С. Очистка водяной или воздушной струей.

Д. Очистка механической фрезой.

Е. Всеми вышперечисленными способами.

**39. По какому признаку классифицируется организация производства на заводах железобетонных изделий на три способа: стендовый, поточно-агрегатный и конвейерный?**

А. По организации операций в формовочном цеху.

В. По организации операций в формовочном цеху и в цехе твердения бетона.

С. По организации операций в цехе твердения бетона.

Д. По организации работ в цехе приготовления бетона и цехе его твердения.

Е. По организации работ в цехе твердения бетона.

40. Проклассифицируйте опалубку по конструктивным признакам.

А. Постоянная, временная, комбинированная.

В. Сборно-разборно-переставная, скользящая, катучая и опалубка из железобетонных плит-оболочек.

С. Металлическая, деревянная, комбинированная.

Д. Рабочая, монтажная, распределяющая.

Е. Жесткая, прочная, непроницаемая.

41. Укажите основные способы соединения арматуры.

А. Сварка, болтовое соединение и заклепки.

В. Контактная электросварка, которая разделяется на стыковую

и точечную, и электродуговая сварка.

С. Постоянное и временное.

Д. Стыковая и точечная электросварка.

Е. Сварка и на болтах.

42. Какие бывают методы контроля прочности бетона в сооружениях?

А. Механические и физические.

В. Динамические и статические.

С. Физические и химические.

Д. Простые и сложные.

Е. Все вышеперечисленные.

43. Каково минимальное значение коэффициента запаса прочности каната для подъема грузов?

А. 8.

В. 4...6.

С. 7...9.

Д. 10...12.

Е. 2...4.

#### Глава 4. Основы производства специальных работ в строительстве

1. Какие факторы влияют на выбор способа осушения котлована при строительстве сооружения?

А. Глубина заложения котлована по отношению к уровню поверхностных или грунтовых вод.

В. Геологические и гидрогеологические условия котлована, режим уровней ближайших к котловану водотоков.

С. Тип сооружения и его размеры.

Д. Принятые способы производства работ.

Е. Все вышеперечисленные факторы.

2. Укажите формулу для определения притока воды  $Q$  в неболь-

шой по площади котлован (в первом приближении). Условные обозначения:  $F$  — площадь котлована,  $m^2$ ;  $q$  — приток воды на  $1 m^2$  площади котлована при напоре  $1 m$ ,  $m^3/ч$ ;  $H$  — напор грунтовых вод,  $m$ .

А.  $Q = q \cdot F / H m^3/ч$

В.  $Q = q / F \cdot H m^3/ч$

С.  $Q = F \cdot H m^3/ч$

Д.  $Q = q \cdot F \cdot H m^3/ч$

Е.  $Q = q \cdot F m^3/ч$

3. Для каких котлованов определяют расчетный приток воды при установившемся движении грунтовых вод по общепринятой методике?

А. Для совершенных и несовершенных котлованов.

В. Для котлованов первого и второго порядка.

С. Для прямоугольных, круглых и квадратных в плане котлованов.

Д. Для котлованов в грунтах с устойчивыми и неустойчивыми откосами.

Е. Для всех вышеперечисленных котлованов.

**4. Какой процесс в комплексе свайных работ имеет специфические особенности?**

А. Процесс транспортировки и заготовки свай.

В. Процесс подготовки территории строительства.

С. Монтаж и демонтаж оборудования.

Д. Погружение и извлечение свай.

Е. Все вышеперечисленные процессы.

**5. Что такое копры?**

А. Оборудование для забивки свай.

В. Специальные устройства для завинчивания свай.

С. Специальные устройства, создающие вибрацию свай при погружении ее в грунт.

Д. Специальные устройства для подъема и установки свай в заданном положении.

Е. Оборудование для транспортировки свай.

**6. Какой показатель позволяет оценить несущую способность свай?**

А. Залог.

В. Количество ударов по свае.

С. Отказ.

Д. Стоимость работ.

Е. Время на забивку одной сваи.

**7. Возможно ли производство свайных работ в затопленном водой месте?**

А. Только в случае последующего водоотведения.

В. Да.

С. Нет.

Д. Возможно только в случае крайней необходимости.

Е. В случае разрешения инженера по технике безопасности.

**8. Назовите самый распространенный способ погружения свай.**

А. Погружение свай с подмывом грунта.

В. Забивка.

С. Вибрационный метод.

Д. Виброзабивка.

Е. Вибровдавливание.

**9. От каких показателей зависит применимость того или иного способа закрепления грунтов в основании гидротехнических сооружений?**

А. От вида грунта и его структуры.

В. От размеров пор и трещин.

С. От скорости движения грунтовых вод.

Д. От коэффициентов фильтрации.

Е. От всех вышеперечисленных показателей.

**10. Допустимы ли отклонения от заданных размеров и отметок при строительстве земляных сооружений?**

А. Да, если их показатели соответствуют показателям предельно допустимых отклонений, установленных специальными нормами.

В. Да, в случае, если данные отклонения не нарушают режим работы сооружения.

С. Да, если есть договоренность с заказчиком.

Д. Да, если есть срочная необходимость сдачи объекта в эксплуатацию.

Е. Нет.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Узбекистан об образовании. – Т.: Шарк, 1997.
2. Национальная программа по подготовке кадров. – Т.: Шарк, 1997.
3. Мелиорация и водное хозяйство. – М.: 2000–2006.
4. Гидротехническое строительство. – Т.: 2000–2006.
5. Федеральные регистры базовых технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России до 2010 г. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003.
6. Проблемы управления водными ресурсами и эксплуатации гидромелиоративных систем в условиях деятельности ассоциации водопользователей. Сборник научных докладов. – Т.: ТИИИМСХ, 2002.
7. Орол денгизи хавзасидаги сув ресурсларидан фойдаланишнинг техник иктисодий муаммолари. Маколалар туплами. – Т.: ТИКХ-МИИ, 2001.
8. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. – М.: Агропромиздат, 1986.
9. Рекомендации по доставке бетонных смесей автотранспортными средствами / ЦНИИОМТП. – М.: Стройиздат, 1988.
10. Шахпаронов В.В. и др. Организация строительного производства. Справочник. 2-е изд., перер. – М.: Стройиздат, 1987.
11. Беляков Ю.И. и др. Земляные работы. – М.: Стройиздат, 1990.
12. Строительное производство. Т. 2. Организация и технология работ. Под ред. Онуфриева И.А. – М.: Стройиздат, 1989.
13. Строительное производство. Т. 3. Организация труда и механизация работ. Под ред. Онуфриева И.А.. – М.: Стройиздат, 1989.
14. Справочник мастера-строителя. 2-е изд., перераб. и доп. Под ред. Коротеева Д.В. – М.: Стройиздат, 1989.
15. Дегтярев А.П., Рейш А.К., Руденский С.И. Комплексная механизация земляных работ. 2-е изд., перер. – М.: Стройиздат, 1987.
16. Чураков А. И., Волнин Б. А. и др. Производство гидротехнических работ. – М.: Стройиздат, 1985.
17. Машины для транспортирования строительных грузов. Справочник / Под ред. С.П. Епифанова. – М.: Стройиздат, 1985.
18. СНиП 1.04.03-85. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1985.
19. ШНК 4.02.01-04. Сборник I. Земляные работы. – Т.: Госкомитет РУз по архитектуре и строительству, 2004.

20. ШНК 4.02.36-04. Сборник 36. Земляные конструкции ГТС – Т.: Госкомитет РУз по архитектуре и строительству, 2004.
21. Курсовое и дипломное проектирование по гидромелиорации. Под ред. П. Ф. Галедина. – М.: Агропромиздат, 1990.
22. Мелиорация и водное хозяйство. 2. Строительство: Справочник / под ред. Л.Г. Балаева. – М.: Колос, 1984.
23. Драченко Б.Ф. и др. Технология строительного производства. – М.: Агропромиздат, 1990.
24. Трахтенберг М.О., Хайров В.У. Справочник механизатора строительства. – Т.: Мехнат, 1987.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
<i>Глава I. Техническое нормирование</i>	
§ 1. Общие положения по техническому нормированию.....	4
§ 2. Структура сметных норм 4 части «Градостроительных норм и правил (КМК, ШНК)».....	5
§ 3. Организация нормативных наблюдений и анализ полученных результатов.....	6
§ 4. Организация заработной платы рабочих в строительстве.....	13
<i>Глава II. Основы производства земляных работ</i>	
§ 1. Проектирование организации производства земляных работ.....	16
§ 2. Определение объемов земляных работ.....	19
§ 3. Баланс грунтовых масс.....	25
§ 4. Определение продолжительности строительства объекта.....	27
§ 5. Основные положения по комплексной механизации земляных работ.....	29
§ 6. Экскаваторные работы.....	30
§ 7. Скреперные работы.....	46
§ 8. Бульдозерные работы.....	51
§ 9. Транспортирование грунта.....	57
§ 10. Уплотнение грунтов.....	59
§ 11. Определение производительности машин по нормативным документам. Определение трудоемкости строительно-монтажных работ.....	65
§ 12. Определение количества машин и механизмов, уточненного срока их работы. Определение потребности в рабочей силе.....	67
§ 13. Контроль качества земляных работ.....	69
<i>Глава III. Основы производства бетонных работ</i>	
§ 1. Подбор состава бетонной смеси.....	73
§ 2. Приготовление бетонной смеси.....	74
§ 3. Транспорт бетонной смеси.....	77
§ 4. Разбивка сооружения на строительные блоки.....	90
§ 5. Укладка бетонной смеси.....	92
§ 6. Уход за бетоном.....	99
§ 7. Контроль качества бетонных работ.....	103
<i>Глава IV. Основы производства специальных работ в строительстве</i>	
§ 1. Пропуск строительных расходов.....	107
§ 2. Осуществление котлованов.....	114
§ 3. Устройство свайных оснований и заглубленных сооружений.....	122
§ 4. Устройство заглубленных сооружений.....	135
Тесты для самопроверки студентов по главам учебного пособия.....	140
Литература.....	157

**А.Р. Муратов, Г.Л. Фырлина**

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ**

**Учебное пособие**

**Редактор: Э. Иргашева**

**Технический редактор: И. Мама нов**

**Верстка: Ю. Морозов**

**Корректор: Э. Иргашева г**

Подписано в печать 07.08.2007 г. Формат 60x90 1/16.  
Гарнитура TimesUz, кегель 10. Печать офсетная.  
Усл. печ. лист. 10,0. Тираж 1000 экз. Заказ № 41.

Издательство Национального общества философов Узбекистана,  
100083, Ташкент, ул. Буюк Турон, 41.

Отпечатано в типографии ДП «AVTO-NASHR».  
100000, г. Ташкент, ул. 8-Марта, 5.

4071-30