

ББК 38.6я73

С53

УДК 69+624.05(07)

*Рецензенты:* д-р техн. наук проф. *В. И. Торкатюк* (Харьковский художественно-промышленный институт), канд. техн. наук проф. *Ю. П. Кузнецов* (Днепропетровский инженерно-строительный институт)

Редакционная группа литературы по строительству и архитектуре  
Редактор *Г. И. Якименко*

**Снежко А. П., Батура Г. М.**

С53 Технология строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование: Учеб. пособие.— К.: Выща шк., 1991.— 200 с.: ил.

ISBN 5-11-002414-6

Изложены требования и методика разработки курсовых и дипломных проектов по технологии производства основных строительного-монтажных работ с элементами научных исследований студентов. Приведены примеры графических материалов и расчетов, выполняемых в процессе курсового и дипломного проектирования.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Промышленное и гражданское строительство».

С  $\frac{3307000000-132}{M211(04)-91}$  243—91

ББК 38.6я73

ISBN 5-11-002414-6

© А. П. Снежко, Г. М. Батура, 1991

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время насущной задачей является коренная реорганизация капитального строительства и повышение его эффективности. Реализация этой задачи должна осуществляться путем последовательного превращения строительства в единый промышленно-строительный процесс возведения объектов, улучшения и расширения номенклатуры применяемых материалов и конструкций, обеспечения строительства высокопроизводительной техникой, широкого внедрения прогрессивных научно-технических достижений, ресурсо- и энергосберегающих технологий, экономичных объемно-планировочных и организационно-технологических решений, повышения качества разработки документации и совершенствования проектно-сметного дела.

Важная роль при этом принадлежит инженерно-техническим кадрам, уровень подготовки которых оказывает существенное влияние на развитие научно-технического прогресса в строительстве.

Осуществлению курса на подготовку в высшей школе высококвалифицированных специалистов широкого профиля способствует применение в учебном процессе методов активного обучения. Важное место среди них занимает курсовое и дипломное проектирование. В процессе выполнения курсовых и дипломных проектов студенты закрепляют теоретические знания, приобретают практические навыки самостоятельной выработки решений, использования прогрессивных научно-технических достижений, ресурсосберегающих технологий, переложив методов производства и труда, проявляют свои способности к проведению научно-исследовательской работы.

В курсовом проектировании по технологии строительного-монтажных работ студенты решают задачи по проектированию отдельных видов работ с учетом заданных условий их производства, выполняют расчеты по определению объемов и трудоемкости работ, выбирают основные средства механизации, сравнивают технико-экономические показатели рассматриваемых вариантов и на их основе принимают рациональные решения.

В дипломном проектировании решается комплекс взаимосвязанных задач по проектированию технологии возведения отдельного объекта или комплекса с увязкой технологических процессов подготовительного, основного и заключительного периодов строительства.

На всех этапах проектирования следует предусматривать применение поточных методов производства строительного-монтажных работ,

обеспечивающих создание четкого ритма производства, повышение качества работ и сокращение сроков строительства.

Существенным недостатком действующей системы организации курсового и дипломного проектирования в вузах строительного профиля является, по нашему мнению, его обособленность и отсутствие достаточной связи с заданиями, выполняемыми студентами по другим ведущим дисциплинам строительного цикла (строительной механике, архитектуре, железобетонным и металлическим конструкциям, организации и экономике строительства и др.). Организация сквозного проектирования обеспечила бы постепенное усложнение решаемых студентом задач и подготовку его к заключительному этапу обучения — выполнению дипломного проекта с использованием инженерных решений, принятых в процессе выполнения расчетно-графических и организационно-технических разработок курсовых заданий.

Предлагаемое учебное пособие предназначено для студентов строительных вузов, обучающихся по специальности «Промышленное и гражданское строительство», а также может быть использовано студентами других строительных специальностей при выполнении курсовых и дипломных проектов по дисциплине «Технология строительного производства».

В пособии изложены основные требования, состав и содержание курсового и дипломного проектирования, приведена методика выполнения расчетных и графических материалов, даны примеры проектирования поточной технологии производства работ по трудоемким комплексным строительно-монтажным процессам.

Предисловие, главы 1, 2, 5, § 3.7 гл. 3, § 4.5 — 4.7 гл. 4, § 6.2 гл. 6 написаны канд. техн. наук доц. А. П. Снежко, § 3.1 — 3.6 гл. 3, § 4.1 — 4.4 гл. 4, § 6.1 гл. 6 — канд. техн. наук доц. Г. М. Батурой, приложения — совместно. В подборе материалов для § 2.3 и 6.2 принимал участие канд. техн. наук И. Л. Опанасюк.

## ГЛАВА 1

### СОСТАВ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

#### 1.1. Цель и задачи курсового проектирования

Курсовое проектирование ставит своей целью углубить и закрепить теоретические знания, полученные студентами при изучении курсов «Технология строительных процессов» и «Технология возведения зданий и сооружений».

Основными задачами такого проектирования являются:

развитие у студентов умения использовать организационно-технологические знания на практике;

освоение методики и приобретение навыков проектирования технологии и организации комплексных строительных процессов для конкретных условий строительной площадки; правильный выбор наиболее эффективных методов и средств выполнения строительных процессов, обеспечивающих высокую производительность труда, сокращение сроков строительства и экономию материально-технических, энергетических и финансовых ресурсов;

овладение основами и методикой теоретико-экспериментальных исследований процессов строительного производства.

Курсовое проектирование способствует развитию у студентов творческого инженерного мышления, способности анализировать и оценивать возможные производственные ситуации, принимать решения с учетом перспектив развития технологии строительного производства, применения экономико-математических методов и средств вычислительной техники для решения организационно-технологических задач.

Объектами курсового проектирования являются сложные строительные процессы (комплекс процессов) по возведению или реконструкции одно- и многоэтажных промышленных зданий, жилых домов, объектов соцкультбыта, административных и общественных зданий, специальных сооружений и объектов линейного характера. При разработке курсовых проектов студенты должны использовать индустриальные методы производства работ, предусматривать комплексную механизацию и, по возможности, автоматизацию строительных процессов, поточность выполнения работ.

При составлении курсового проекта наряду с широким применением типовых технологических решений (технологических карт, карт трудовых процессов) могут быть предложены новые технологии и оригинальные способы производства работ, а также средства их механизации и автоматизации, повышающие эффективность строительного производства.

Исходные данные для проектирования даются студентам руководителем курсового проекта. Следует широко практиковать выдачу заданий для курсового проектирования по заказу проектных и строительных организаций, что позволит студенту овладеть основами реального проектирования и убедиться в полезности своего труда.

## 1.2. Состав и содержание курсового проекта

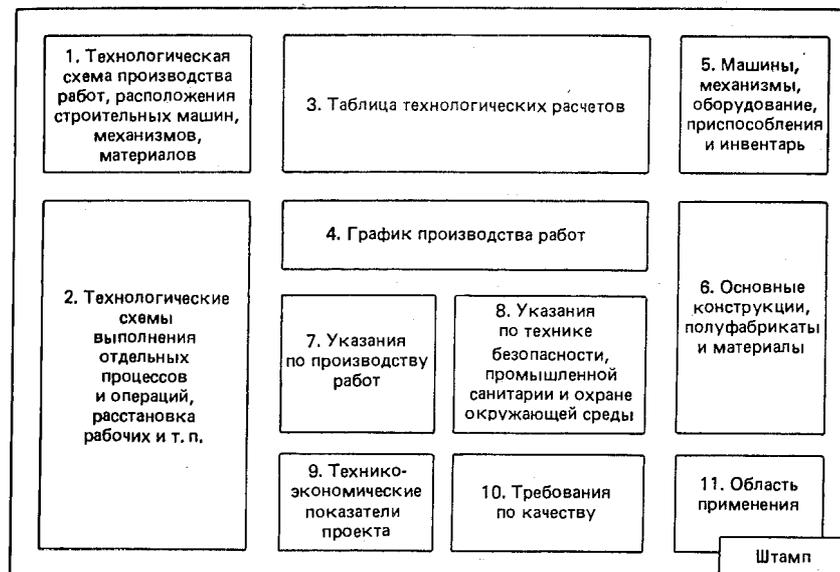
Курсовой проект предусматривает проектирование технологии и организации производства работ комплексного строительного процесса на основе требований нормативных документов. Результатом проектирования является технологическая карта для выполнения данного строительного процесса, самостоятельно разработанная студентом. Содержание курсового проекта определяется типом и спецификой задания, сложностью работ и условиями их осуществления. Тематика заданий устанавливается кафедрой в соответствии с рабочей программой теоретического курса.

Для обеспечения единства требований к курсовым проектам вне зависимости от вида и сложности работ они должны соответствовать выданным заданиям и состоять из таких основных разделов: пояснительной записки и графической части. В пояснительной записке последовательно излагаются все необходимые расчеты, пояснения и обоснования принимаемых решений, а также условия производства работ и исходные данные, определение объемов работ, выбор грузозахватных и такелажных приспособлений (при необходимости), выбор методов производства работ и комплектов машин, калькуляция трудовых затрат и заработной платы, таблица технологических расчетов, определение технико-экономических показателей сравниваемых вариантов механизации производства работ, методы операционного контроля качества работ, указания по технике безопасности, промышленной санитарии и охране окружающей среды, пожарной безопасности. В конце пояснительной записки приводят ее содержание с указанием страниц и список использованной литературы. В необходимых случаях даются рисунки и схемы, поясняющие отдельные положения и расчеты. Результаты однотипных расчетов целесообразно представлять в табличной форме.

Графическая часть проекта выполняется на одном листе чертежной бумаги формата А1 или по согласованию с руководителем проекта может быть выполнена на отдельных листах формата А4. Чертежи выполняются, как правило, в карандаше или в исключительных случаях тушью.

На листе технологической карты показывают:

схемы планов и разрезов здания (сооружения) или его конструктивных частей, на которых будут выполняться работы, предусмотренные технологической картой, а также схемы организации строительной площадки (рабочей зоны) в период производства данного вида работ. На схеме должны быть указаны все основные размеры плана здания (сооружения), размещение машин, механизмов, погрузочно-



### 1.1. Компоновка листа технологической карты

разгрузочных устройств, складов основных конструкций и материалов, необходимых для производства работ;

технологические схемы последовательности производства работ, разбивки здания (сооружения) на захватки и ярусы, методы транспортирования материалов и конструкций к рабочим местам;

график выполнения строительного процесса;

таблицу технологических расчетов;

указания по привязке карт трудовых процессов строительного производства, предусматривающих рациональную организацию, методы и приемы труда рабочих по выполнению отдельных процессов и операций, входящих в строительный процесс и предусмотренных технологической картой;

схемы операционного контроля качества работ с перечнем контролируемых операций, составом, способами и сроками контроля, перечень требуемых актов освидетельствования скрытых работ;

основные указания по производству работ;

указания по технике безопасности (инженерные решения, предложения и разработанные в проекте), промышленной санитарии и охране окружающей среды, а также противопожарной технике;

технико-экономические показатели (затраты труда на принятую единицу измерения и на весь объем работ, затраты машино-смен на весь объем работ, выработка на одного рабочего в смену в физическом выражении, заработная плата за выполненный объем строительномонтажных работ, приведенные затраты на единицу объема работ, продолжительность выполнения работ);

ведомости потребностей в материально-технических ресурсах (машинах, механизмах, приспособлениях, инструменте, строительных конструкциях, изделиях, полуфабрикатах и т. п.);

почасовой график доставки и монтажа конструкций (при необходимости);

область применения технологической карты.

Примерная схема расположения графического материала приведена на рис. 1.1, а содержание отдельных блоков — в примерах проектирования технологии строительно-монтажных работ (см. гл. 6).

### 1.3. Основные требования к дипломному проектированию

Дипломное проектирование — это завершающий этап технического образования студента, являющийся проверкой его инженерной зрелости и готовности к самостоятельной работе на производстве. Дипломный проект представляет собой индивидуальную комплексную работу студента, характеризующую уровень его знаний по всем предметам строительного цикла, а также умение их использовать при решении технических, организационно-технологических и социально-экономических задач современного строительства. Поэтому в процессе дипломного проектирования должно быть достигнуто следующее:

закрепление теоретических и практических знаний студентов и умение применять их при решении различных инженерных и производственных задач;

развитие творческого мышления и практических навыков самостоятельного принятия эффективных конструкторских, организационно-технологических и других решений;

овладение методикой проведения научных исследований и экспериментов при решении задач дипломного проектирования;

приобретение практических навыков использования современных вычислительных машин и компьютерной техники для решения инженерных задач;

оценка подготовленности студента к самостоятельной работе в условиях высокомеханизированного строительного производства.

В дипломном проекте должно быть отражено умение студента творчески подходить и инженерно обосновывать принимаемые решения с учетом передового опыта и перспектив развития строительной науки и техники в СССР и за рубежом. При этом тематика проекта должна быть актуальной и направлена на решение народнохозяйственных задач по ускоренному развитию капитального строительства нашей страны.

Темой дипломного проекта может быть возведение здания или сооружения промышленного, сельскохозяйственного или жилищно-гражданского характера, а также его расширение, реконструкция, восстановление или передвижка. Строительные работы предусматривается выполнять в сложных условиях (высокий уровень грунтовых вод,

просадочные грунты, выполнение работ в зимних условиях, стесненность строительной площадки и т. п.).

Дипломный проект необходимо разрабатывать с учетом применения прогрессивных научно-технических достижений, ресурсо- и энергосберегающих технологий, экономичных объемно-планировочных и конструктивных решений, передовых методов производства и труда, экономного расходования материально-технических и трудовых ресурсов. Значительное внимание должно быть уделено вопросам комплексной механизации и автоматизации трудоемких технологических процессов, транспортных и погрузочно-разгрузочных работ, охране труда, разработке природоохранных мероприятий по защите окружающей среды и атмосферного воздуха от загрязнения отходами и вредными выбросами проектируемого объекта.

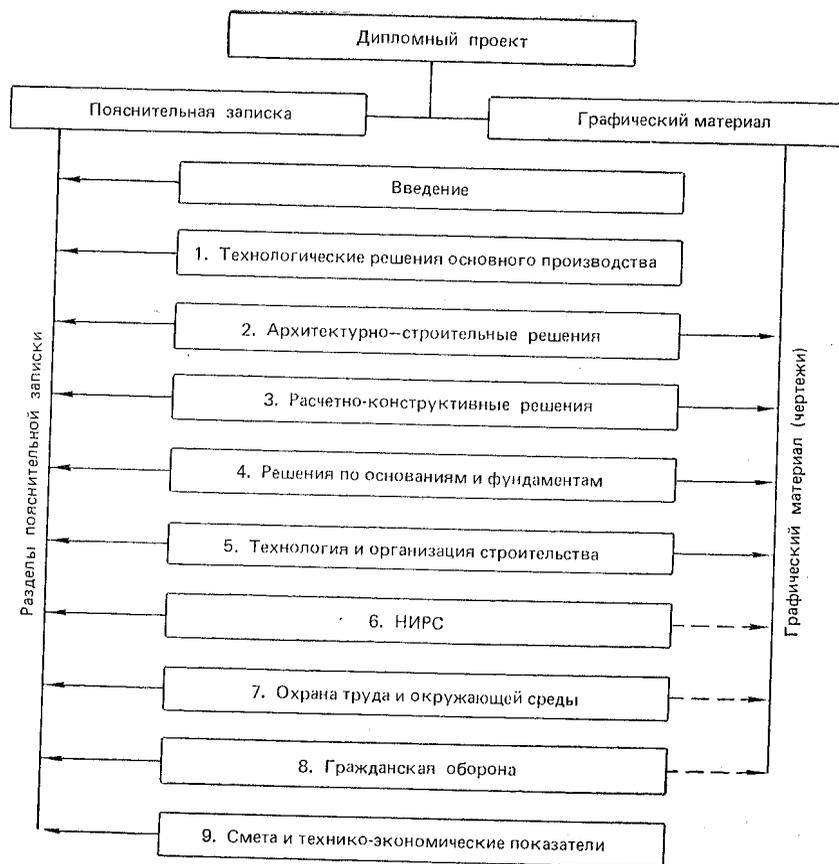
В условиях широкой интеграции науки с производством важным требованием к дипломному проекту является его реальность. Реальный проект выполняется, как правило, по заказу проектной или строительной организации. Такие проекты или их части внедряются непосредственно в производство. К реальным относятся также дипломные проекты, выполненные с учетом конкретных производственных, горно-геологических и климатических условий заданного пункта строительства.

Наиболее перспективно повышение реальности проектов путем комплексного проектирования и выполнения проектов непосредственно организации-заказчика.

Руководитель дипломного проекта назначается кафедрой, а по каждому разделу смежные кафедры выделяют консультантов. Руководитель и консультанты контролируют работу студента и оказывают ему консультативную помощь в процессе проектирования. Окончательные решения дипломник принимает самостоятельно. Порядок выполнения проекта устанавливается руководителем совместно с дипломником.

Дипломный проект, выполняемый студентами специальности «Промышленное и гражданское строительство» на кафедре технологии строительного производства, состоит из введения и девяти следующих разделов: технологические решения основного производства проектируемого объекта, архитектурно-строительные и расчетно-конструктивные решения, решения по основаниям и фундаментам, технология и организация строительства, НИРС, охрана труда и окружающей среды, гражданская оборона, научно-исследовательская работа, сметы и технико-экономические показатели.

Каждый раздел дипломного проекта состоит из пояснительной записки и графического материала (чертежей). По решению руководителя, отдельные разделы проекта могут быть представлены только в пояснительной записке. Общий объем пояснительной записки проекта, как правило, не должен превышать 120-ти страниц рукописного текста, а графическая часть — не менее 12-ти листов чертежей форматом А1. Примерный состав дипломного проекта показан на рис. 1.2 (штриховой линией показаны разделы, по которым может не быть



1.2. Состав дипломного проекта

графического материала). Распределение объемов отдельных разделов приведено в табл. 1.1.

По согласованию с руководителем проекта и консультантами количество страниц пояснительной записки и листов графического материала каждого раздела могут быть изменены с учетом сохранения их общего количества.

Если студент дипломируется по другой выпускающей кафедре, то объем отдельных разделов проекта соответственно изменяется. Так, раздел «Технология и организация строительства» сокращается до трех листов чертежей, а пояснительной записки — до 10—15-ти страниц.

Пояснительная записка дипломного проекта пишется чернилами на одной стороне стандартных листов писчей бумаги. Страницы должны иметь сквозную нумерацию. Рисунки, графики, схемы, диаграммы помещаются в записку по тексту или в приложении с соответствующей их привязкой.

1.1. Примерное распределение объемов отдельных разделов дипломного проекта

Состав и содержание проекта	Общий объем, %	Распределение по разделам:			
		пояснительная записка		графический материал (чертежи)	
		Количество страниц	%	Количество листов	%
Введение	1	2—3	1	—	—
Технологические решения основного производства проектируемого объекта	2	4—5	2	—	—
Архитектурно-строительные решения	19	10—12	4	3	15
Расчетно-конструктивные решения	24	25—30	12	2,5	12
Решения по основаниям и фундаментам	4	4—5	2	0,5	2
Технология и организация строительства	35	20—25	11	5	24
НИРС	5	8—10	2,5	0,5	2,5
Охрана труда и окружающей среды	5	10—13	2,5	0,5	2,5
Гражданская оборона	1	3—5	1	—	—
Сметы и технико-экономические показатели	4	10—12	4	—	—
<b>Всего</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>42</b>	<b>12</b>	<b>58</b>

Записка должна иметь титульный лист, оглавление, перечень всех чертежей, задание на дипломное проектирование и текст, разделенный вкладышами с наименованием разделов проекта. На титульном листе указывается: институт, факультет, специальность и кафедра, по которой выполняется дипломный проект; тема проекта; фамилия и подписи студента, заведующего кафедрой, руководителя и консультантов (по разделам), а также дата окончания работы. В конце пояснительной записки приводится список использованной литературы, ставится дата окончания проекта и подпись дипломника.

Графический материал проекта выполняется на листах чертежной бумаги формата А1 (594 × 841 мм) в карандаше. В отдельных случаях допустимо применение листов нестандартного размера. Масштаб выбирается в соответствии с рекомендациями, приведенными в указаниях по выполнению отдельных разделов проекта. Все надписи на чертежах следует выполнять шрифтами, установленными ГОСТ 2.304—81 «ЕСКД. Шрифты чертежные».

При выполнении чертежей в проектных организациях участие дипломника фиксируется в штампах этих организаций и дополнительно — на листах, представляемых на защиту. Если проект выполняется по заданию организации в стенах института, то чертежи согласовываются с заказчиком с соответствующим оформлением, а их применение в реальных условиях подтверждается письмом в адрес института.

#### 1.4. Содержание разделов дипломного проекта

В процессе дипломного проектирования решаются комплексы архитектурно-строительных, конструктивных, организационно-технологических и экономических задач в соответствии с заданием на проектирование. По каждому из разделов проекта составляется пояснительная записка, в которой приводят обоснование принятых реше-

ний, необходимые инженерные и технологические расчеты, иллюстрированные рисунками, схемами, графиками. Рекомендуются следующее содержание отдельных разделов пояснительной записки и графического материала дипломного проекта.

**Введение.** Кратко излагаются обоснование и содержание дипломного проекта, описывается объект проектирования; обосновывается народнохозяйственное значение объекта для развития отрасли, в которую он входит; характеризуются особенности и условия строительства; отмечаются оригинальные решения, реальность отдельных частей проекта, применение современной вычислительной техники, использование материалов производственных практик и научно-исследовательских разработок.

**Раздел 1. Технологические решения основного производства проектируемого объекта.** Описываются данные о проектной мощности и технология основного производства проектируемого объекта, сведения об организации, специализации и кооперировании основного и вспомогательного производства, на основе которых определяют габариты здания, требования к несущим и ограждающим конструкциям. Указываются также данные, характеризующие предусматриваемые природоохранные мероприятия, обеспечивающие предотвращение отрицательного воздействия проектируемого объекта на окружающую среду.

При разработке этого раздела необходимо установить объемно-планировочные решения из условий расположения технологического оборудования, номенклатуру и размеры площадей отдельных помещений, характеристику оборудования и продукции, выпускаемой данным производством, данные о количестве работающих в здании людей, требования к материалам несущих и ограждающих конструкций, предельные значения эксплуатационных нагрузок на строительные конструкции. Для объектов, не имеющих производственного оборудования, габаритные размеры площадки и требования к материалам несущих и ограждающих конструкций принимают в зависимости от их функциональных особенностей или условий эксплуатации.

Этот раздел проекта составляется на основе изучения проектных данных объектов-аналогов и литературных источников, а также по материалам ознакомления с действующими предприятиями в процессе производственной и преддипломной практик.

**Раздел 2. Архитектурно-строительные решения** разрабатываются на основе принятых объемно-планировочных схем, номенклатуры и площадей отдельных помещений, требований к материалам несущих конструкций (ГОСТ 21.501—80).

**Пояснительная записка** по принятым архитектурно-строительным решениям должна содержать:

данные о строительной площадке, геологических, гидрогеологических и климатических условиях, наличии местных строительных материалов;

описание схемы генерального плана объекта проектирования;

основные планировочные решения, расположение существующих, проектируемых и подлежащих сносу зданий, сооружений, инженерных сетей;

краткое описание и обоснование выбранных конструкций (фундаментов, стен, перекрытий, полов, крыш и других элементов); основные положения по выбору систем отопления, вентиляции, холода и газоснабжения, канализации, средств пожаротушения; схемы и таблицы, поясняющие принятые в проекте решения; ведомость подсчета объемов работ и спецификацию сборных конструкций.

**Графическая часть** должна включать: схему генерального плана, фасады, планы основных этажей, поперечные и продольные разрезы здания, отдельные сложные узлы соединения конструкций.

**Схема генерального плана** отдельного предприятия, производственного комплекса или застройки жилого массива (квартала) выполняется в масштабах  $M 1 : 500$  —  $M 1 : 1000$ ,  $M 1 : 2000$ . На схему наносятся проектируемые, сохраняемые и реконструируемые здания и сооружения, дороги, пути механизированного транспорта, инженерные сети, объекты охраны окружающей среды и благоустройства. Здесь же приводится экспликация всех элементов генерального плана и указываются следующие технико-экономические показатели: общая площадь участка, площадь застройки, коэффициент застройки участка, площадь озеленения, протяженность различных коммуникаций.

**Схема генерального плана** промышленных предприятий вычерчивается в карандаше на листе бумаги размером  $204 \times 288$  мм и прилагается к пояснительной записке, а для жилых кварталов и массивов допускается, по согласованию с руководителем, выполнять ее на листе формата А1 и включать в состав графической части проекта.

**Планы основных этажей** вычерчиваются в масштабе  $M 1 : 50$  —  $M 1 : 100$ ,  $M 1 : 200$  в виде горизонтального разреза на уровне дверных и оконных проемов. При многоярусном расположении окон и пределах этажа наносят оконные проемы нижнего яруса. Для многоэтажных зданий вычерчивают два поэтажных плана. В симметричных зданиях рекомендуется совмещать на одном чертеже планы двух этажей, соединяя их по оси симметрии.

На плане наносят разбивочные оси здания или сооружения; отметки уровней чистых полов; толщину стен и перегородок, их привязку к разбивочным осям или к поверхности ближайших конструкций; размеры и привязку проемов и отверстий в стенах и перегородках; оси рельсовых путей и монорельсов, их привязку к разбивочным осям, а также условные изображения подъемно-транспортного оборудования; уклоны полов; размеры и привязку каналов, лотков и трапов, устраиваемых в конструкции пола; типы проемов ворот и дверей, марки черемшечек и фрамуг, номера схем перегородок и т. п.; наименование помещений для технологических участков с указанием категории производства по взрывной, взрывно-пожарной и пожарной опасности.

**Разрезы (продольные и поперечные)** разрабатываются в масштабах  $M 1 : 20$  —  $M 1 : 50$  так, чтобы в изображение попадали проемы окон, дверей и дверей. По участкам, особенности которых не показаны на основных разрезах, приводят дополнительные разрезы.

На разрезах должны быть нанесены разбивочные оси; расстояния между ними и привязка наружных стен к крайним разбивочным осям;

отметки уровня земли, чистого пола этажей и площадок; отметки низа несущих конструкций покрытия одноэтажных зданий (сооружений) и низа плиты покрытия верхних этажей многоэтажных зданий (сооружений); размеры проемов и отверстий в стенах и перегородках, отметки верха стен, карнизов, уступов, подошвы заделываемых в стены элементов конструкций, головки рельсов крановых путей и т. п. Проставляют также марки многоярусно расположенных перемычек, элементов лестниц, опирающихся непосредственно на кладку стен, и парапетных плит. В зданиях без подвалов показывают только отметки фундаментных блоков или верха ленточных фундаментов.

*Фасады зданий* (сооружений) выполняют в масштабах  $M1 : 100$  и  $M1 : 200$  (при большой протяженности допускается  $M1 : 400$ ). На чертеже фасада наносят разбивочные оси, проходящие в характерных местах фасадов (крайние, у деформационных швов, перепадов высот и т. п.); отметки уровня земли, верха стен, низа и верха проемов и расположенных на разных уровнях элементов фасада; размеры и привязку элементов, не указанных на чертежах планов и разрезов (например длину козырьков, размеры мелких проемов и отверстий).

При большой высоте проектируемого здания (сооружения) допускается размещать фасад на отдельном листе. Отмывка фасадов и построение теней не обязательны.

На листах архитектурно-строительного раздела проекта приводят основные технико-экономические показатели: строительный объем здания,  $m^3$ ; полезную и жилую площадь,  $m^2$ ; объем здания, отнесенный к  $1 m^2$  полезной (жилой) площади.

**Раздел 3. Расчетно-конструктивные решения** принимаются в соответствии с исходными данными. Кроме поперечника здания, расчету подлежат 3—4 конструктивных элемента здания. При проектировании застройки жилого массива или квартала целесообразно в задание включать расчет инженерных сооружений (например переходных мостов, подземных переходов, резервуаров для воды).

Для расчета могут быть предложены конструкции, непосредственно связанные с решениями по технологии выполнения строительных процессов: специальные леса и подмости, укрупненные монтажные конструктивные элементы или блоки, расчет конструкций на монтажные нагрузки при подъеме и установке. Расчет конструкций выполняется в соответствии с действующими нормами.

*Пояснительная записка* по расчетно-конструктивной части проекта должна содержать расчетные схемы и описание конструкций, данные о принятых нагрузках, статистический расчет конструктивных элементов, подбор их сечений, описание основных принципов проектирования и т. п.

*Графический материал* выполняется на листах чертежной бумаги формата А1 с составлением спецификаций и разработкой маркировочных схем. Конструкции вычерчиваются в масштабах  $M1 : 20$ ,  $M1 : 50$  —  $M1 : 100$ . Главная проекция разрабатываемого элемента должна соответствовать его рабочему положению и сопровождаться необходимыми разрезами.

Узлы конструкций изображаются в масштабах  $M1 : 5$ ,  $M1 : 10$ ,  $M1 : 20$ . На схемах узлов показывают все примыкающие к нему элементы, способы их соединения и привязки к основным осям и отметкам.

**Раздел 4. Решения по основаниям и фундаментам** должны отражать необходимые расчеты и обоснования по их проектированию. Выбор типа фундамента для дальнейшей подробной разработки и конструирования производится консультантом соответствующей кафедры.

В пояснительной записке приводятся инженерно-геологические условия площадки строительства и необходимые расчеты фундаментов по несущей способности и деформациям.

Графическую часть размещают на  $1/3$  —  $1/2$  листа формата А1, где показывают разработанный фундамент в 2—3-х проекциях с элементами армирования, спецификацией и основными указаниями по его изготовлению и монтажу.

**Раздел 5. Технология и организация строительства.** При разработке этого раздела дипломного проекта следует руководствоваться основными положениями и требованиями СНиП 3.01.01-85 «Организация строительного производства».

При разработке технологии возведения объекта значительное внимание следует уделять составлению технологических карт по основным комплексным процессам (разработке грунта, монтажу строительных конструкций, возведению бетонных и железобетонных конструкций, устройству кровель и т. п.). При этом в проектных решениях должны быть предусмотрены наиболее прогрессивные методы выполнения рассматриваемых строительных процессов с максимально возможной и экономически целесообразной для данных условий степенью комплексной механизации, а также использование систем высокопроизводительных строительных машин и другого оборудования. Принятые методы производства работ должны обеспечивать высокое качество строительства, учитывать основные требования по технике безопасности, промышленной санитарии и пожарной профилактике, охране окружающей среды.

Процессы, для которых не разрабатываются технологические карты, кратко описываются в пояснительной записке в их технологической последовательности, начиная с земляных работ, устройства фундаментов и т. д., с указанием объемов работ, описанием методов производства и условий их осуществления.

При разработке организации строительства должны быть охарактеризованы основные решения по организации строительства объекта или их комплексов, разработке календарного плана строительства в виде линейного, сетевого графиков или циклограммы, а также освещены вопросы материально-технического обеспечения строительства, организации складского хозяйства, производственной базы и вспомогательно-заготовительных служб. В соответствии с заданием разрабатывается стройгенплан объекта для наиболее характерного периода строительства. Особое внимание следует уделить вопросам научной организации труда, повышению эффективности и качества строительства.

Этот раздел включает пояснительную записку и графический материал (чертежи). Пояснительная записка содержит следующие составные части.

1. Условия осуществления строительства — климатические условия, топографическая, геологическая и гидрогеологическая характеристики строительной площадки; связь площадки с внешними путями сообщения; источники снабжения водой и энергетическими ресурсами; источники обеспечения строительства материалами и конструкциями и способы их доставки; обеспечение рабочих жильем.

2. Технологии возведения основного проектируемого здания (сооружения) — описание исходных данных и основных положений, принятых при проектировании технологии поточного возведения здания (сооружения), последовательность, совмещение, сроки выполнения отдельных частных потоков по видам работ и комплектование рабочих бригад; расчет общей потребности в трудовых и материально-технических ресурсах; определение сменной выработки на одного рабочего в натуральных показателях.

3. Технологии выполнения строительных процессов с подробным описанием двух-трех процессов (согласно заданию), их структуры, условий осуществления, определения объемов работ, выбора методов производства работ, машин и механизмов на основании технико-экономического сравнения вариантов, определения трудоемкости и темпов выполнения процессов. Необходимо привести также расчеты, связанные с определением количества захваток, требуемых машин и механизмов, состава рабочих бригад, организацией рабочих мест машин и рабочих звеньев, разработкой калькуляций трудовых затрат и заработной платы, определением технико-экономических показателей.

Процессы, не указанные в задании, описываются кратко на основании привязки типовых технологических карт с указанием объемов работ, делением здания на участки и захватки, назначением количества машин и состава бригад, разработкой мероприятий по охране труда и окружающей среды.

4. Планирование производства работ по возведению объекта включает необходимые данные и основные положения, принятые для составления календарного плана, сетевого графика или циклограммы; обосновывается принятая последовательность возведения здания (сооружения).

5. Строительный генеральный план: приводят краткую характеристику и расчет потребности в основных материально-технических ресурсах производства (средствах механизации, транспорте, сборных конструкциях, материалах, электроэнергии, сжатом воздухе, бытовом обслуживании), а также мероприятия по охране труда и окружающей среды.

Графический материал этого раздела включает следующие чертежи.

1. Технологические карты производства двух-трех сложных производственных процессов или процессов, выполняемых новыми методами. Объем чертежей составляет два-три листа формата А1.

2. Календарный план (или сетевой график, циклограмма) строительства объекта, размещаемый на чертеже формата А1.

3. Стройгенплан для определенного периода возведения здания (например монтажа конструкций подземной части здания или возведения поэтажных конструкций). Разрабатывают на листе формата А1.

Методика календарного планирования и разработки стройгенпланов приведена в гл. 5.

**Раздел 6. НИРС.** Дипломное проектирование, как правило, должно включать элементы научных исследований студента. Их характер и объем определяется руководителем проекта в зависимости от особенностей тематики проектирования, уровня теоретической подготовки выпускника и круга его научных интересов. Объем пояснительной записки обычно не превышает 8—10-ти страниц текста, при необходимости прилагается схема или выполняется 0,5—1 лист чертежей.

По своему характеру НИРС может выполняться в виде теоретического исследования, экспериментальной работы, анализа научно-технических и методических разработок, обобщения опыта работы строительных бригад и организаций, разработки новых технологий и методов выполнения строительных процессов и операций, конструкторских разработок новых приспособлений, установок, механизированного инструмента и т. п. При этом дипломник должен использовать знания по методике проведения исследовательских работ, полученные им при изучении курса «Основы научных исследований». Следует также широко использовать элементы научных исследований, проводимых в период производственной практики, на семинарах и в научных кружках СНО и кафедры, при участии в госбюджетной и хоздоговорной тематике.

Примерное содержание научно-исследовательской части дипломного проекта таково:

обоснование и формулировка основных целей и задач технологического исследования;

обзор современного состояния развития исследуемых технологических процессов на основе изучения отечественной и зарубежной литературы;

исследовательская часть, в которой описывается методика и процесс проведения работ по теме;

результаты полученных исследований, которые могут быть представлены в виде предложений по совершенствованию отдельных технологических процессов, выбору и обоснованию вариантов проектирования и производства наиболее сложных и трудоемких работ, рациональным технико-экономическим расчетам с привлечением экономико-математических методов и средств вычислительной техники;

анализ и критические замечания по сути полученных результатов и перспективы их совершенствования;

общие выводы и заключение.

Подробнее о методике проведения исследований и обработке их результатов см. в [7].

**Раздел 7. Охрана труда и окружающей среды.** Этот раздел, как часть дипломного проекта, состоит из текста (10—13-ти страниц), иллюстрированного необходимым количеством рисунков, схем, таблиц (до 0,5—1 чертежного листа), которые отражают безопасные и безвред-

ные условия труда при выполнении строительных работ. Текст, являясь частью пояснительной записки, оформляется с заглавным разделительным листом. При составлении пояснительной записки не следует переписывать общие положения инструкций, правил и норм по охране труда. Здесь должны быть приведены анализ опасностей и вредностей проектируемого объекта, обоснование выбора проектируемых мероприятий по охране труда (выбранной конструкции, схемы, устройства, метода), результаты расчетов и выводов со ссылками на действующие нормативные материалы, оценка эффективности принятых решений как с точки зрения охраны труда, так и производительности труда и экономических затрат.

Эта часть дипломного проекта включает: технику безопасности; промышленную санитарии (анализ условий труда); пожарную профилактику; охрану окружающей среды.

**Техника безопасности.** В этом параграфе приводятся решения конкретной задачи по профилактике травматизма, обоснованные необходимыми расчетами со ссылкой на нормативные документы. При решении вопросов, связанных с обеспечением безопасности производства земляных, такелажных, монтажных и других работ, следует учитывать те конструкции, механизмы и условия, которые приняты проектом. При этом разрабатываемые мероприятия могут быть как технологические, так и общеплощадочные. К технологическим мероприятиям относятся:

проверка монтажной технологичности запроектированных конструкций с точки зрения удобства и безопасности их монтажа, а также применения необходимых средств механизации (при необходимости проводятся соответствующие расчеты);

меры по устранению возможных нарушений прочности элементов при монтаже, кладке и т. п.;

подбор существующих или разработка новых устройств и приспособлений для безопасного выполнения работ;

разработка мер по обеспечению электробезопасности;

создание безопасных условий при применении токсичных материалов;

обеспечение безопасности при работах в зимних условиях.

Общеплощадочными мероприятиями являются следующие:

организация санитарно-гигиенического и бытового обслуживания работающих на строительной площадке;

выбор системы искусственного освещения строительной площадки, рабочих мест, проходов и проездов;

безопасное складирование материалов;

обеспечение рабочих питьевой водой;

ограждение опасных зон;

устройство временных автодорог, обеспечивающих безопасность движения.

**Промышленная санитария.** Здесь дается общая характеристика проектируемого объекта в отношении выявления и описания тех опасностей и вредностей, которые могут возникнуть в период строительства объекта и его эксплуатации. Круг рассматриваемых вопросов ог-

раничивается лишь материалами, имеющими непосредственное отношение к проектируемому объекту.

**Пожарная профилактика.** При разработке противопожарных мероприятий необходимо: решить вопрос о размещении на стройплощадке противопожарного водопровода и другого оборудования, а также средств первичного пожаротушения; предусмотреть на стройплощадке пожарную сеть и сигнализацию; запроектировать транспортные пути для пожарных машин на случай пожара.

Расход воды на пожаротушение рекомендуется принимать 10 л/с на площадь до 30 га, на каждые дополнительные 50 га прибавлять по 5 л/с.

**Охрана окружающей среды.** В этом подразделе дипломного проекта должны быть отражены мероприятия и работы по охране природной среды по рекультивации земель, предотвращению вредных выбросов в почву, водоемы и атмосферу; устройству отводов производственных и бытовых стоков, образующихся на строительной площадке; мероприятия по сохранению почвенного слоя, полученного при планировочных работах, решения по снижению производственных шумов и вибрации и т. д.

Все предусматриваемые мероприятия по охране труда должны быть конкретными и привязанными к дипломному проекту.

**Раздел 8. Гражданская оборона.** Как самостоятельная часть дипломного проекта выполняется только студентами дневной формы обучения. Примерный перечень вопросов, которые должны быть освещены в пояснительной записке: оценка проектируемого объекта с точки зрения гражданской обороны; противопожарное состояние объекта с учетом воздействия светового излучения ядерного взрыва; меры защиты работающих на объекте от атомного и химического поражения; характер режима производства, включающий возможные потери личного состава в условиях радиоактивного или химического заражения.

В записке дается описание, проектные решения и необходимые схемы. По согласованию с руководителем отдельные требования ГО могут быть освещены в других разделах проекта.

**Раздел 9. Сметы и технико-экономические показатели.** Экономическая часть дипломного проекта включает сметную документацию, технико-экономические показатели и сравнительную экономическую эффективность ПОС и ППР.

**Сметная документация** составляется для определения сметной стоимости проектируемого объекта в соответствии со СНиП 1.02.01-85 и включает: сводный сметный расчет стоимости строительства; объектные и локальные сметные расчеты по проектируемому объекту.

Эти документы разрабатывают на следующие виды работ: общестроительные (в соответствии с разрабатываемыми технологическими картами); внутренние санитарно-технические; внутренние электромонтажные, диспетчеризацию и устройство слаботочных сетей; приобретение и монтаж технологического оборудования.

В сводном сметном расчете стоимости строительства (табл. 1.2) средства распределяются по таким главам:

1. Подготовка территории строительства.

Таблица 1.2

Министерство, ведомство \_\_\_\_\_  
 Главное управление (управление) \_\_\_\_\_  
 Утвержден \_\_\_\_\_  
 Сводный сметный расчет в сумме \_\_\_\_\_ тыс. руб.,  
 в том числе возвратных сумм \_\_\_\_\_ тыс. руб.  
 \_\_\_\_\_  
 (ссылка на документ об утверждении)  
 « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 19 г.

**Сводный сметный расчет стоимости строительства**

(наименование стройки)

Составлен в ценах 19\_\_ г.

Номера смет и расчетов	Наименование глав, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб.				Общая сметная стоимость, тыс. руб.
		строительных работ	монтажных работ	оборудования, мебели и инвентаря	прочих затрат	
1	2	3	4	5	6	7

- Основные объекты строительства.
  - Объекты подсобного и обслуживающего назначения.
  - Объекты энергетического хозяйства.
  - Объекты транспортного хозяйства и связи.
  - Наружные сети и сооружения водоснабжения, канализации, тепло- и газоснабжения.
  - Благоустройство и озеленение территории.
  - Временные здания и сооружения.
  - Прочие работы и затраты.
  - Содержание дирекции (технический надзор) строящегося предприятия (учреждения) и авторский надзор.
  - Подготовка эксплуатационных кадров.
  - Проектные изыскательские работы.
- Согласно СНиП 1.02.01-85, отдельной строкой указывается резерв на непредвиденные работы и затраты, исчисляемые от общей сметной стоимости строительства объекта.

Объектный сметный расчет определяет стоимость проектируемого объекта и составляется на основе локальных смет на отдельные виды работ (табл. 1.3).

Локальные сметные расчеты (табл. 1.4) по проектируемому объекту составляются на основе укрупненных сметных норм или используя сведения о стоимости указанных работ, полученные во время преддипломной практики в проектных организациях. Локальный сметный расчет на общестроительные работы выполняется с учетом принятых в дипломном проекте способов производства работ.

Таблица 1.3

Смета в сумме \_\_\_\_\_ тыс. руб.  
 Утверждена: \_\_\_\_\_  
 Заказчик \_\_\_\_\_  
 « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 19 г.  
 \_\_\_\_\_  
 (наименование строительства)  
 Смета в сумме \_\_\_\_\_ тыс. руб.  
 Согласована: \_\_\_\_\_ тыс. руб.  
 Подрядчик \_\_\_\_\_  
 « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 19 г.

**Объектная смета**

на строительство \_\_\_\_\_

(наименование объекта)

Сметная стоимость \_\_\_\_\_ тыс. руб.  
 Нормативная условно чистая продукция \_\_\_\_\_ тыс. руб.  
 Нормативная трудоемкость \_\_\_\_\_ тыс. чел.-ч  
 Сметная заработная плата рабочих \_\_\_\_\_ тыс. руб.  
 Расчетный измеритель сметной стоимости \_\_\_\_\_

№ п. п.	Номера смет и расчетов	Наименование работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб.					Нормативная условно чистая продукция, тыс. руб.	Нормативная трудоемкость, тыс. чел.-ч	Сметная заработная плата, тыс. руб.	Показатель единичной стоимости
			строительных работ	монтажных работ	оборудования, мебели и инвентаря	прочих затрат	всего				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Технико-экономические показатели характеризуют эффективность принятых в дипломном проекте решений. Рекомендуется сопоставлять их с нормативными или соответствующими показателями аналогичных проектов.

Согласно СНиП 1.02.01-85, в состав технико-экономических показателей проектов для объектов промышленного назначения должны быть включены такие показатели:

- Мощность предприятия (годовой выпуск основной номенклатуры продукции, пропускная способность и др.) в натуральном и стоимостном выражениях.
- Количество рабочих мест на предприятии.
- Общая численность работающих.
- Производительность труда в год.
- Себестоимость основных видов продукции.
- Общая сметная стоимость строительства предприятия, в том числе сметная стоимость строительно-монтажных работ.
- Срок окупаемости капитальных вложений.

Таблица 1.4

(наименование стройки)

Локальная схема

на \_\_\_\_\_  
(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Составлена в ценах 19\_\_ г.

Сметная стоимость \_\_\_\_\_ тыс. руб.  
в т. ч.:

оборудования \_\_\_\_\_ тыс. руб.

монтажных работ \_\_\_\_\_ тыс. руб.

Нормативная условно чистая продукция \_\_\_\_\_ тыс. руб.

Нормативная трудоемкость \_\_\_\_\_ тыс. чел.-

Сметная заработная плата \_\_\_\_\_ тыс. руб.

рабочих \_\_\_\_\_ тыс. руб.

№ п. п.	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица	Количество	Стоимость единицы, руб.			Общая стоимость, тыс. руб.				Затраты труда рабочих, чел. ч. не занятых обслуживанием машин	
				Всего	Основная заработная плата	Эксплуатация машин в т. ч. заработная плата рабочих	Всего	Основная заработная плата	Эксплуатация машин в т. ч. заработная плата рабочих	Нормативная условно чистая продукция	Обслуживающих машины	
											на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

8. Стоимость основных фондов.
9. Стоимость основных фондов, выбывающих в процессе строительства.
10. Продолжительность строительства.
11. Трудоемкость строительства.
12. Годовая потребность предприятия в сырье, материалах, энергоресурсах, транспорте.
13. Расход основных строительных материалов (стали, цемента, лесоматериалов).
14. Степень и уровень автоматизации производства.
15. Доля ручного труда в основном и вспомогательном производстве.
16. Другие технико-экономические показатели.

Сравнительную технико-экономическую эффективность вариантов ПОС и ППР выполняют по минимуму приведенных затрат. Основные требования по разработке экономической части дипломного проекта устанавливаются соответствующей кафедрой.

## ГЛАВА 2

### ВЫБОР ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

#### 2.1. Общие положения

Правильный выбор инженерных решений и подсчет объемов строительно-монтажных работ — одно из важных условий экономного использования материально-технических, энергетических и трудовых ресурсов в строительном производстве.

Прежде чем приступить к определению объемов работ следует тщательно изучить исходные данные на проектирование в соответствии с заданием. Затем, учитывая заданные условия, необходимо принять предварительные решения по основным способам выполнения работ, методам расчета: определить тип конструкций и материалов, применяемых для возведения здания; установить технологическую структуру и состав основных и вспомогательных работ комплексных строительных процессов. Так, при определении объемов земляных работ предварительно определяют необходимость применения временного крепления откосов земляного сооружения, способ разработки грунтов (механизированный, гидромеханизированный или взрывной). При возведении монолитных железобетонных конструкций следует принять решение о типе применяемой опалубки, способе армирования конструкций и т. п. Подсчет объемов работ выполняют в соответствии с технологией осуществления строительных процессов. При этом следует избирать такой порядок подсчета, при котором предыдущие результаты могут быть использованы в последующих расчетах.

Объемы земляных, бетонных и железобетонных монолитных, каменных и других подобных работ определяют по геометрическим размерам конструкций, а при подсчете объемов сборных железобетонных конструкций используют спецификации или альбомы унифицированных конструктивных элементов. Подсчету подлежат объемы как основных, так и сопутствующих им подготовительных и вспомогательных работ. Например, при планировке площадок и разработке котлованов в состав подготовительных работ могут быть включены следующие: осушение территории, понижение уровня грунтовых вод, устройство временных дорог, разбивочно-геодезические работы и т. п.

#### 2.2. Земляные работы

При возведении зданий и сооружений выполняют комплекс земляных работ, в состав которых могут входить: предварительное разрыхление грунта, планировка площадки или квартала, разработка, перемещение, отсыпка, разравнивание и уплотнение грунта, зачистка основания, доработка грунта вручную, планировка поверхности после уплотнения грунта и т. п. Структура комплексного процесса зависит от принятых методов производства земляных работ и средств их механизации.

Объемы земляных масс определяют по геометрическим размерам сооружения в плотном теле грунта, используя исходные данные задания на проектирование. В состав исходных данных должны входить:

план местности в горизонталях, на котором нанесено расположение объекта проектирования (площадка планировки, котлован, трасса линейного сооружения и др.);

сведения о проектируемом сооружении, для возведения которого будут производиться земляные работы (планы, сечения, основные размеры, проектные отметки заложения фундаментов, уклоны);

данные гидрогеологических изысканий (виды грунтов, уровень грунтовых вод);

сведения о существующих надземных и подземных линиях электропередач, зданиях и сооружениях, расположенных в зоне производства земляных работ;

сведения о местах и условиях расположения отвалов грунта, способах его транспортирования, наличии транспортных средств, зонах стесненности фронта работ;

основные требования, предъявляемые при отсыпке и укреплении грунта;

сроки выполнения земляных работ;

дополнительные условия, которые должны быть учтены при проектировании земляных работ (работа в зимних условиях, при повышенных температурах и т. п.);

транспортные средства и типы дорог для транспортирования грунта в отвалы.

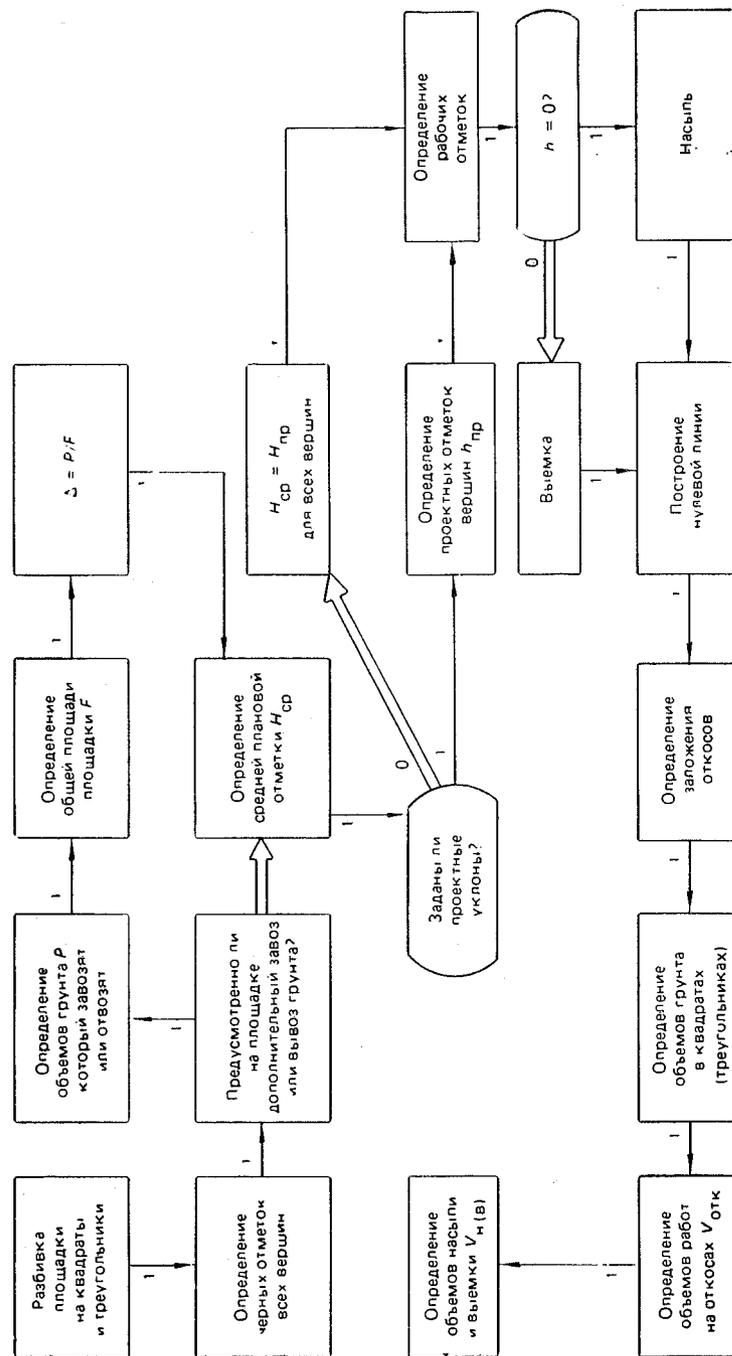
Содержание исходных данных зависит от местных условий строительства земляного сооружения и разновидности проектируемых земляных работ (планировки площадки, разработки котлована, устройства траншеи, возведения земляного полотна дороги и т. п.).

**Подсчет объемов земляных работ при вертикальной планировке площадок.** Вертикальная планировка площадок производится по заданную планировочную отметку или с нулевым балансом земляных работ, при котором распределение грунта в пределах строительной площадки осуществляется без завоза недостающего или вывоза излишнего грунта за ее пределы. Наиболее распространенными методами подсчета объема земляных работ являются метод квадратных призм и метод треугольных призм (применяется при сложном рельефе местности). Последовательность выполнения расчетов по определению объемов планировочных работ приведена на рис. 2.1.

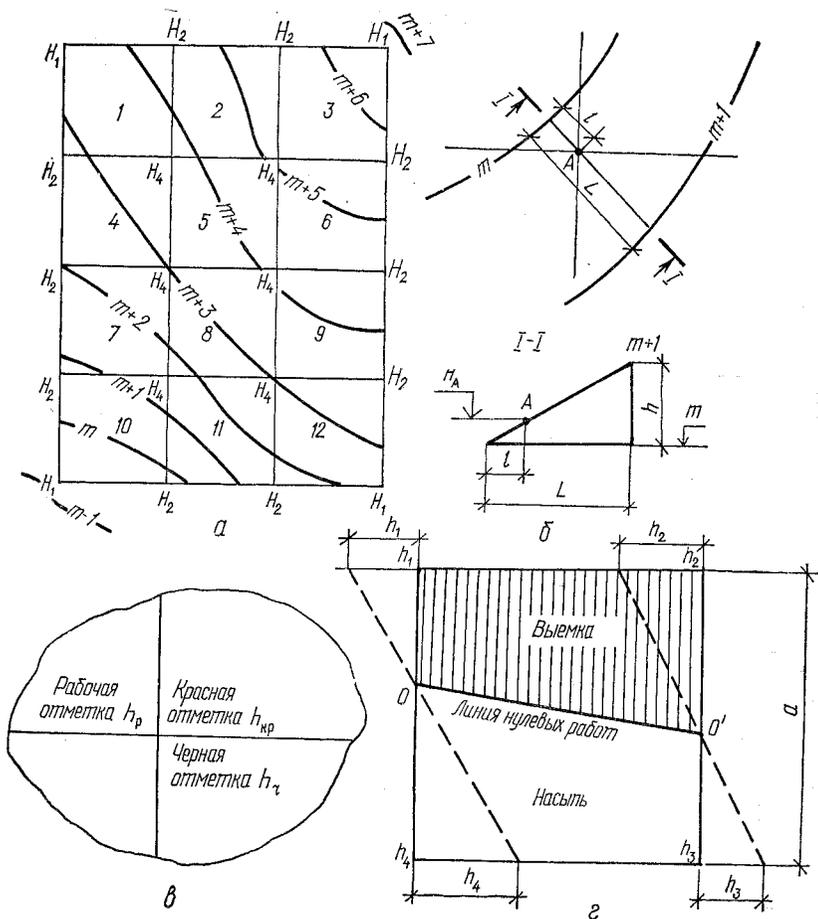
Для подсчета объемов земляных работ на чертеже плана с горизонталями наносят сетку квадратов со стороной 10—50 м в зависимости от рельефа местности (рис. 2.2, а).

**Определение черных, проектных и рабочих отметок.** Черные отметки в вершинах квадратов находят методом интерполяции между двумя смежными горизонталями (рис. 2.2, б)

$$H_A = m \pm \frac{ht}{L}, \quad (2.1)$$



2.1. Последовательность определения объемов земляных работ при планировке площадок



## 2.2. Определение объемов земляных работ по методу квадратов:

*a* — площадка с горизонталями и разбивка на квадраты; *б* — определение черных отметок вершин квадрата методом интерполяции; *в* — схема записей отметок в вершине квадрата; *г* — графическое определение положения нулевой линии в переходных квадратах

где  $H_A$  — черная отметка вершины квадрата;  $m$  — значение одной из горизонталей, между которыми находится данная вершина квадрата;  $h$  — разность значений смежных горизонталей,  $m$ ;  $l$  — расстояние от исходной горизонтали  $m$  до вершины квадрата;  $L$  — расстояние между двумя смежными горизонталями в плане.

По черным отметкам определяют среднюю отметку планировки под горизонтальную поверхность  $H_{cp}$ , при которой обеспечивается нулевой баланс земляных масс:

$$H_{cp} = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 4 \sum H_4}{4n}, \quad (2.2)$$

где  $\sum H_1$ ,  $\sum H_2$ ,  $\sum H_4$  — сумма черных отметок вершин, общих соответственно для одного, двух и четырех квадратов;  $n$  — число квадратов, на которые расчленена площадка.

Если на площадке дополнительно разрабатываются котлованы и траншеи, то средняя планировочная отметка должна быть скорректирована на значение возможного повышения или понижения  $\Delta H$  за счет грунта, вынимаемого из котлована и траншеи. Увеличение или уменьшение  $\Delta H$  планировочной отметки определяют по формуле

$$\Delta H = \frac{\Sigma P}{F_n - F_k}, \quad (2.3)$$

где  $\Sigma P$  — объем грунта в плотном теле котлованов, траншей и выемок, разрабатываемого ниже отметки  $H_{cp}$ ,  $m^3$ ;  $F_n$  — площадь планируемой площадки,  $m^2$ ;  $F_k$  — площадь котлованов, траншей и выемок на уровне отметки  $H_{cp}$ ,  $m^2$ .

Отметка планировки площадки

$$H_n = H_{cp} \pm \Delta H. \quad (2.4)$$

Планируемая площадка может проектироваться с уклоном, поэтому проектные отметки должны быть скорректированы с учетом заданных уклонов. Для этого сначала определяют проектные отметки углов площадки:

$$H_n^y = H_n \pm \frac{L_1 i_1}{2} \pm \frac{L_2 i_2}{2}, \quad (2.5)$$

где  $H_n$  — отметка планировки площадки;  $L_1$ ,  $L_2$  — размеры площадки,  $m$ ;  $i_1$ ,  $i_2$  — продольный и поперечный уклоны площадки.

Знак плюс принимают в том случае, если при повороте горизонтальной плоскости с отметкой  $H_n$  относительно оси симметрии площадки, проведенной перпендикулярно направлению уклона, значение проектной отметки угла площадки увеличивается, а знак минус — при уменьшении отметки.

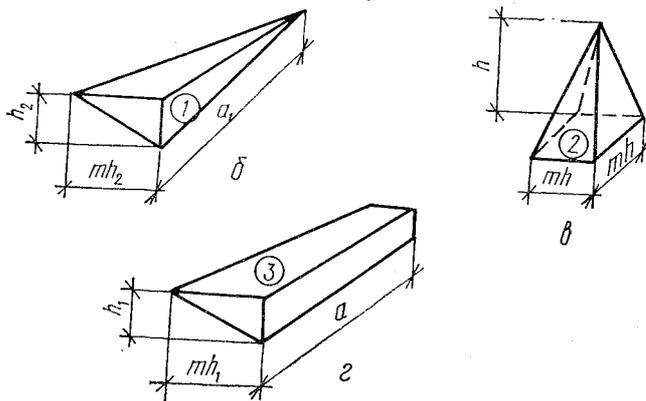
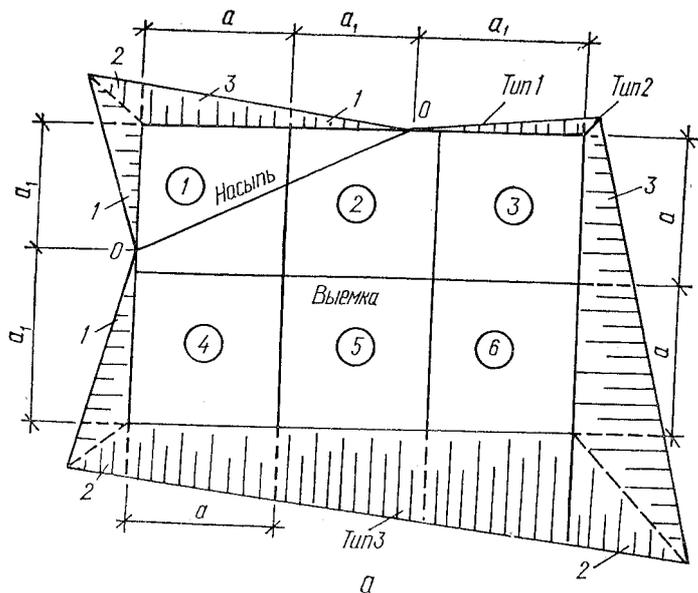
По угловым отметкам методом интерполяции находят проектные отметки каждой вершины нивелировочной сетки.

Рабочая отметка  $h_p$  вычисляется как разность между проектной  $h_{пр}$  и черной  $h_ч$  отметками:

$$h_p = h_{пр} - h_ч. \quad (2.6)$$

Рабочая отметка со знаком плюс обозначает насыпь, со знаком минус — выемку. Полученные данные записываются на вершинах каждого квадрата (рис. 2.2, *в*). Все отметки вычисляют в метрах с точностью до сотых.

На основании рабочих отметок определяют положение нулевой линии (линии нулевых работ), которая проходит в квадратах с отметками различного знака и ее местоположение находят графически (рис. 2.2, *г*). Для этого в принятом масштабе откладывают на стороне квадрата рабочие отметки: с плюсом в одну сторону, с минусом — в противоположную. Соединив полученные точки прямой, получим на пересечении ее со стороной квадрата точку нулевой линии. Соеди-



2.3. Построение очертаний откосов на плане площадки и их элементы:  
 а — план площадки с откосами; б — боковой призматойд типа трехгранной пирамиды; в — угловая пирамида; г — боковой призматойд; 1, 2, 3 — типы элементов откосов

нив такие точки во всех переходных квадратах плавной линией, получим нулевую линию.

**Определение объемов работ.** Объем грунта, подлежащего разработке, определяется как сумма объемов грунта в полных, переходных квадратах, а также объемов грунта, разрабатываемого в откосах (рис. 2.3).

Объем насыпи или выемки квадрата, имеющего отметки одного знака, определяется по формуле

$$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4), \quad (2.7)$$

где  $h_1, h_2, h_3, h_4$  — рабочие отметки вершин квадрата;  $a$  — сторона квадрата, м.

Объем грунта в пределах переходных квадратов

$$V_{н(в)} = \frac{a^2 (\sum h_{н(в)})^2}{4 \sum h}, \quad (2.8)$$

где  $\sum h_{н(в)}$  — сумма рабочих отметок насыпи (при определении объема насыпи) или выемки (при определении объема выемки), м;  $\sum h$  — сумма абсолютных значений всех рабочих отметок вершин переходного квадрата, м.

Для подсчета объемов грунта в откосах насыпи или выемки находят значение заложения откосов в плане. Заложение откоса в  $i$ -м квадрате, м,

$$a_i = h_{pi} m_{н(в)}, \quad (2.9)$$

где  $h_{pi}$  — рабочая отметка вершины квадрата, м;  $m_{н(в)}$  — коэффициент заложения откоса (для выемки постоянных земляных сооружений  $m_в = 1,25$ , насыпи  $m_н = 1,5$ ).

Объем грунта в откосах площадки определяют: в угловых пирамидах

$$V_{у.п} = m^2 h^3 / 3; \quad (2.10)$$

в боковых призматойдах

$$V_{б.п} = \frac{am}{6} (h_1 + h_1 h_2 + h_2); \quad (2.11)$$

в пирамидах переходных квадратов

$$V_{п.п} = a_1 m_0 h_p^2 / 6, \quad (2.12)$$

где  $a$  — сторона квадрата, м;  $a_1$  — часть стороны переходного квадрата, м;  $h_p$  — рабочие отметки углов квадрата;  $m_0$  — коэффициент заложения откоса.

Вычисление объема грунта насыпей и выемок в пределах квадратов, а также объема грунта в откосах целесообразно выполнять в табличной форме (табл. 2.1, 2.2).

### 2.1. Объем грунта в пределах квадратов

Номер квадрата	Рабочие отметки, м				$\sum h$	$\frac{a^2}{4}$	$\frac{\sum h^2}{\sum h}$	$\frac{\sum h^2}{\sum h}$	Объем грунта, м <sup>3</sup>	
	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>					Насыпь	Выемка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

После окончания всех подсчетов объемов грунта планируемой площадки составляют сводную ведомость баланса земляных масс (табл. 2.3), в которую заносят объемы выемок и насыпей в пределах квадратов, дополнительные объемы грунта в откосах, а также объемы

## 2.2. Объем грунта в откосах

Номер квадрата	Рабочие отметки углов квадрата		Объем грунта в откосах, м <sup>3</sup>		
	$h_1$	$h_2$	между сечениями $V_{б.п} = \frac{am}{6} (h_1 + h_1h_2 + h_2)$		в угловых пирамидах $V_{у.п} = m^2h^2/3$
1	2	3	4	5	6

## 2.3. Баланс земляных масс

Распределение земляных масс	Насыпь, м <sup>3</sup>	Выемка, м <sup>3</sup>
Объемы грунта в пределах квадратов		
Объемы грунта в откосах		
Увеличение объема грунта за счет остаточного разрыхления		
Итого		

грунта за счет остаточного разрыхления после укладки его в насыпь или отвал.

Увеличение объема грунта за счет остаточного разрыхления

$$V_{ост} = V_{в} - (V_{н}/K_p), \quad (2.13)$$

где  $V_{в}$  — объем грунта в выемке, м<sup>3</sup>;  $V_{н}$  — объем грунта в насыпи, м<sup>3</sup>;  $K_p$  — коэффициент остаточного разрыхления грунта, принимаемый по ЕНиР, сб. Е2 «Земляные работы», прил. 2.

При нулевом балансе земляных масс полученные объемы грунта в насыпи и выемке должны быть одинаковыми (допустимо расхождение не более 5 %).

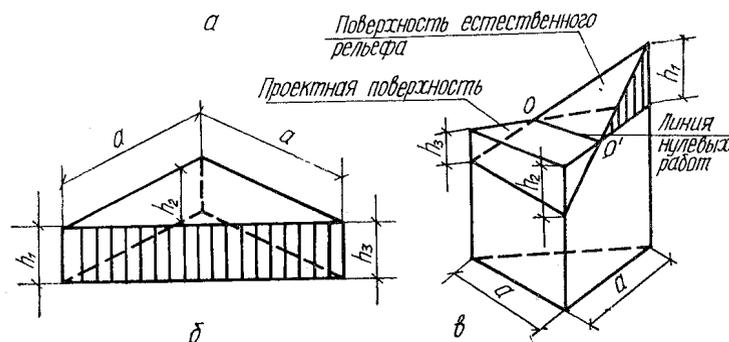
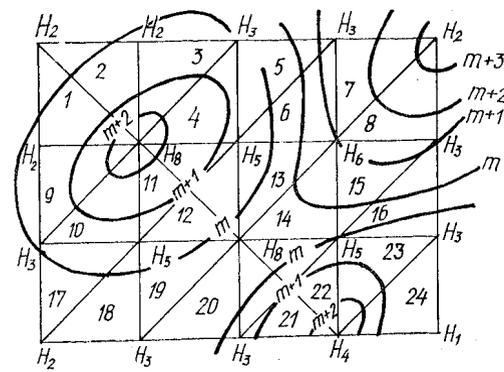
При сложном рельефе местности объемы грунта при планировке площадок определяют посредством метода треугольных призм, при котором план площадки делят планировочной сеткой на квадраты, а их, в свою очередь, диагоналями на треугольники (рис. 2.4). Диагонали должны проходить по направлению водораздела или тальвега. При этом средняя планировочная отметка

$$H_{ср} = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4 + 5 \sum H_5 + 6 \sum H_6 + 7 \sum H_7 + 8 \sum H_8}{3n}, \quad (2.14)$$

где  $\sum H_1, \sum H_2, \dots, \sum H_8$  — сумма рабочих отметок вершин, общих соответственно для 1, 2, ..., 8-ми треугольников;  $n$  — количество треугольников.

Объем грунта в трехгранной призме, имеющей отметки одного знака (рис. 2.4, б),

$$V = \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 + h_3), \quad (2.15)$$



2.4. План площадки с делением квадратов на треугольники и разновидности треугольных призм:

$a$  — план площадки;  $b$  — трехгранная призма с рабочими отметками одного знака;  $в$  — то же, с разноименными знаками в переходном треугольнике

где  $a$  — сторона основания призмы;  $h_1, h_2, h_3$  — рабочие отметки в углах призмы.

В переходном треугольнике (рис. 2.4, в) по участку с одной рабочей отметкой объем  $V_1$  составит

$$V_1 = \frac{a^2}{6} \frac{h_1^3}{(h_1 + h_2)(h_1 + h_3)}. \quad (2.16)$$

В таком же треугольнике, но имеющем две рабочие отметки, объем грунта  $V_2$  определяют по формуле

$$V_2 = \frac{a^2}{6} \left[ \frac{h_1^3}{(h_1 + h_2)(h_1 + h_3)} - (h_1 + h_2 + h_3) \right]. \quad (2.17)$$

Расчеты целесообразно выполнять в табличной форме (табл. 2.4).

После определения объемов работ в пределах площадки аналогично методу квадратов составляют таблицу баланса земляных масс. При нулевом балансе земляных масс между суммарными объемами выемки и насыпи возможна разница, допустимое значение которой не должно превышать 5 %. По данным объемов грунта в каждом квадрате (треугольнике) строят картограмму земляных масс.

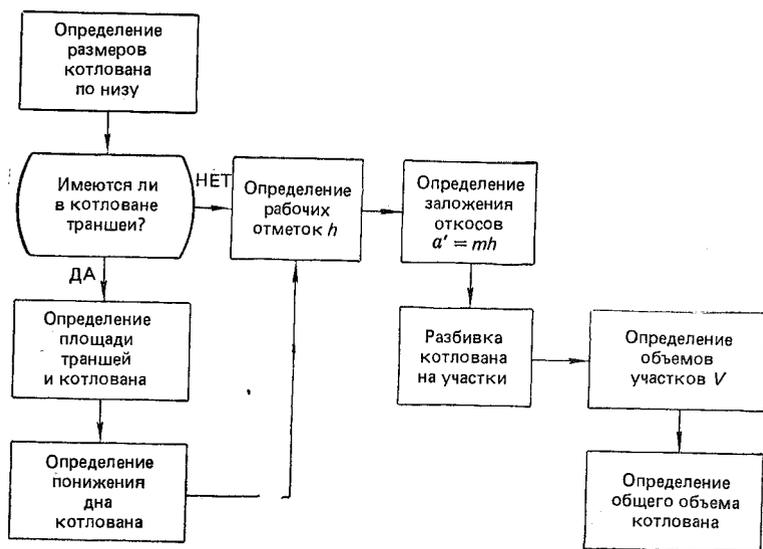
## 2.4. Определение объемов земляных масс

Номер треугольника	Рабочие отметки, м			$\Sigma h$	$\frac{a^2}{6}$	$\frac{3}{h_1} (h_1 + h_2)$	$\frac{3}{h_1} (h_1 + h_2) - (h_1 + h_2 + h_3)$	Объем грунта, м <sup>3</sup>	
	$h_1$	$h_2$	$h_3$					Насыпь	Выемка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**Определение объемов земляных работ при разработке котлованов и траншей.** Расчет объемов земляных работ при разработке котлованов производят в определенной последовательности (рис. 2.5).

Размеры котлованов определяют по рабочим чертежам сооружений, для возведения которых производятся земляные работы. В заданиях на курсовой проект эти размеры, как правило, задаются расстояниями между крайними осями сооружения. Для получения действительных размеров котлована необходимо, исходя из заданной схемы сооружения и габаритов фундамента, вычертить план сооружения в масштабе  $M1 : 100$  или  $M1 : 200$ , а затем определить размеры котлована по дну (рис. 2.6) пользуясь формулой

$$B = B_0 + b_1 + b_2 + 2mh_0, \quad (2.18)$$



## 2.5. Последовательность определения объемов земляных работ по устройству котлована

где  $B_0$  — расстояние между осями наружных стен, м;  $b_1, b_2$  — расстояния от оси до наружной плоскости фундамента;  $h_0$  — высота части фундамента, расположенной ниже отметки котлована, м;  $m$  — коэффициент заложения откоса, зависящий от вида разрабатываемого грунта.

Для получения в плане очертаний откосов вычисляю рабочие отметки  $h_p$  в местах пересечения контура дна котлована с горизонталями и в углах, а затем в этих точках находят заложения откосов

$$a' = h_p m, \quad (2.19)$$

где  $a'$  — величина заложения откосов, м;  $h_p$  — рабочая отметка в данной точке котлована, м.

Черные отметки определяются аналогично, как при планировке площадки методом интерполяции.

Проектная отметка дна котлована, если она не указана в задании, может быть вычислена как разность между черной отметкой минимального значения и заданной глубиной котлована.

Рабочие отметки находят по формуле

$$h_p = h_{пр} - h_ч, \quad (2.20)$$

где  $h_{пр}$  — проектная отметка дна котлована, м;  $h_ч$  — черная отметка в соответствующей характерной точке котлована, м.

Все рабочие отметки котлована должны быть со знаком минус.

Если дно котлована не является основанием под фундамент, можно отрыть механизированным способом котлован ниже проектной отметки дна котлована с тем, чтобы уменьшить объем грунта, разрабатываемого вручную. Тогда понижение дна котлована  $X_y$ , т. е. увеличение проектной отметки, можно определить из выражения

$$X_y = V_{тр} / F_k, \quad (2.21)$$

где  $V_{тр}$  — объем грунта в траншеях, вычисленный по проектным размерам фундаментов, м<sup>3</sup>;  $F_k$  — площадь котлована по низу, включая площадь траншей, м<sup>2</sup>.

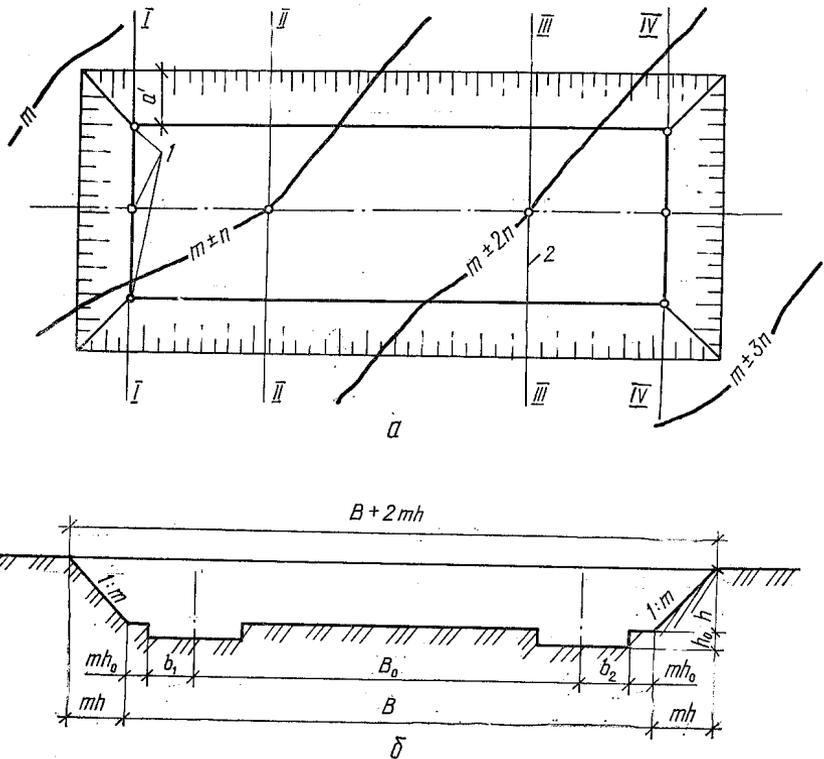
Для определения объемов грунта в котловане его рассекают параллельными плоскостями (поперечниками) на отдельные участки. Плоскости проводят в торцах котлована и в точках пересечения горизонталей с продольной осью (рис. 2.6, а). Объем грунта в отдельных участках между секущими плоскостями (поперечниками)

$$V = \left[ \frac{F_1 + F_2}{2} - m \frac{(h_1 + h_2)}{6} \right] l_n, \quad (2.22)$$

где  $F_1, F_2$  — площади соответственно первого и второго профилей, м<sup>2</sup>;  $l_n$  — расстояние между профилями, м;  $h_1, h_2$  — рабочие отметки соответственно первого и второго сечений, м;  $m$  — коэффициент заложения откосов.

Площадь поперечного профиля

$$F_{1(2)} = (B + h_{1(2)} m) h_{1(2)}, \quad (2.23)$$



### 2.6. Определение размеров котлована:

$a$  — план котлована;  $b$  — разрез;  $1$  — характерные точки;  $2$  — поперечник;  $I-I, \dots, IV-IV$  — сечения котлована поперечниками в характерных точках

где  $B$  — ширина котлована по дну, м;  $h_{1(2)}$  — рабочая отметка по оси котлована в данном сечении, м.

Откосы в торцах котлована разбивают на призматойды и угловые пирамиды. Объем грунта в призматойде

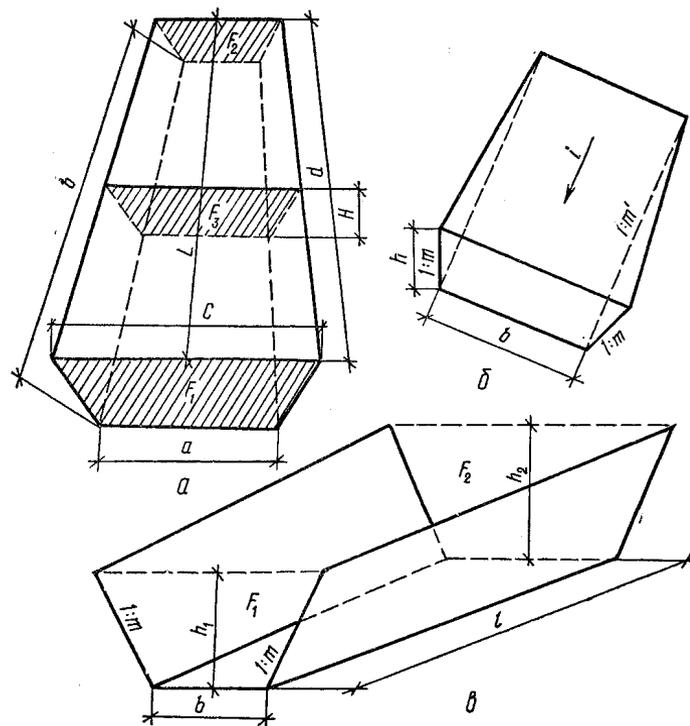
$$V_{\text{пр}} = \frac{F_{\text{п1}} + F_{\text{п2}}}{2} l_1, \quad (2.24)$$

где  $F_{\text{п1}}, F_{\text{п2}}$  — площади сечений призматойдов,  $\text{м}^2$ ;  $l_1$  — длина призматойдов, равная ширине котлована по дну, м.

Площади сечений  $F_{\text{п1}}$  и  $F_{\text{п2}}$  призматойда можно вычислить по формуле

$$F_{\text{п1(2)}} = \frac{h_{1(2)}^2 m}{2}, \quad (2.25)$$

где  $h_{1(2)}$  — рабочая отметка в соответствующем торце призматойда, м.



2.7. Определение объема глубоких котлованов (а), въездной (б) и обычной (в) траншей

При вычислении объемов глубоких котлованов сложной конфигурации и их поперечных сечений (рис. 2.7, а) объемы призматойдов можно определить по формуле

$$V_{\text{пр}}^c = \frac{H}{6} (F_1 + F_2 + F_3), \quad (2.26)$$

где  $F_1, F_2$  — площади крайних оснований,  $\text{м}^2$ ;  $F_3$  — площадь призматойда, взятая на середине сечения,  $\text{м}^2$ ;  $H$  — высота призматойда, м.

Объем грунта в угловых пирамидах

$$V_{\text{у.п}} = h^3 m^2 / 6, \quad (2.27)$$

где  $h$  — значение рабочей отметки углов котлована, м.

Объем земляных работ для устройства въездной траншеи (рис. 2.7, б)

$$V_{\text{в.т}} = m'_b \left( \frac{bh^2}{2} + \frac{h^3 m}{3} \right), \quad (2.28)$$

где  $h$  — глубина котлована в месте примыкания траншеи, м;  $b$  — ширина въездной траншеи по дну, м;  $m'_b, m$  — коэффициенты заложения откосов соответственно дна траншеи и котлована.

Объем одиночных выемок (для отдельных фундаментов) определяют по формуле

$$V_0 = \frac{H}{6} [ab + cd + (a + c)(b + d)], \quad (2.29)$$

где  $H$  — глубина котлована, м;  $a, b$  — соответственно ширина и длина котлована по дну, м;  $c, d$  — то же, поверху, м.

Все подсчеты по определению объемов грунта при разработке котлована целесообразно выполнять в табличной форме (табл. 2.5—2.7). Сумма итогов по каждой из таблиц даст общий объем земляных работ в котловане.

#### 2.5. Объем котлована между сечениями

Сечение	Рабочая отметка по оси $h$ , м	Ширина котлована по дну $B$ , м	Площадь поперечного сечения $(B + hm)h$ , м <sup>2</sup>	Полусумма площадей $\frac{F_1 + F_2}{2}$ , м <sup>2</sup>	Расстояние между поперечниками $L$ , м	Объем грунта, м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7

#### 2.6. Объем грунта в призмах

Грань	Сечение	Рабочие отметки $h$ , м	Площадь поперечного сечения $\frac{h^2 m}{2}$ , м <sup>2</sup>	Полусумма площадей $\frac{F_{n1} + F_{n2}}{2}$ , м <sup>2</sup>	Расстояние $l_1$ , м	Объем, м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7

#### 2.7. Объем грунта в угловых пирамидах

Угол	Рабочая отметка $h$ , м	$V_{у.п} = \frac{h^2 m^2}{6}$ , м <sup>3</sup>
1	2	3

Объем грунта в траншеях рассчитывают как сумму объемов грунта на отдельных участках между поперечными профилями, расположенными в точках перелома продольного профиля.

Если сечение траншеи прямоугольное, то площади поперечных сечений можно определить по формулам:

$$F_1 = bh_1; \quad (2.30)$$

$$F_2 = bh_2, \quad (2.31)$$

где  $b$  — ширина траншеи, м;  $h_1, h_2$  — рабочие отметки по оси траншеи, м.

В траншеях с откосами (рис. 2.7, в) площади поперечных сечений определяют по формулам:

$$F_1 = (b + mh_1)h_1; \quad (2.32)$$

$$F_2 = (b + mh_2)h_2, \quad (2.33)$$

где  $F_1, F_2$  — площади соответственно первого и второго сечений, м<sup>2</sup>;  $b$  — ширина траншеи по дну, м;  $m$  — коэффициент заложения откосов;  $h_1, h_2$  — рабочие отметки по оси траншеи соответственно в первом и втором сечениях, м.

При устройстве траншей для укладки трубопроводов следует пользоваться данными табл. 2.8.

#### 2.8. Минимальная ширина траншей при укладке трубопроводов (СНиП 3.02.01-87)

Способ укладки трубопроводов	Ширина траншей, м, без учета креплений при стыковом соединении		
	сварном	раструбном	муфтовым, фланцевым, фальцевым для всех труб и раструбном для керамических плит
Плетями или отдельными секциями при наружном диаметре труб $D$ , м: до 0,7 включительно	$D + 0,3$ , но не менее 0,7	—	—
	свыше 0,7	—	—
То же, на участках, разрабатываемых траншейными экскаваторами под трубопроводы диаметром до 219 мм, укладываемые без спуска людей в траншеи (узкотраншейный метод)	$1,5D$	—	—
	$D + 0,2$	—	—
То же, на участках трубопровода, пригружаемого железобетонными пригрузами или анкерными устройствами	$2,2D$	—	—
	$1,5D$	—	—
То же, на участках трубопровода, пригружаемого с помощью нетканых синтетических материалов	$1,5D$	—	—
	Отдельными трубами при наружном диаметре труб $D$ , м:		
до 0,5	$D + 0,5$	$D + 0,6$	$D + 0,8$
от 0,5 до 1,6	$D + 0,8$	$D + 1$	$D + 1,2$
от 1,6 до 3,5	$D + 1,4$	$D + 1,4$	$D + 1,4$

Объем траншей получают из выражения

$$V_{тр} = \frac{F_1 + F_2}{2} l, \quad (2.34)$$

где  $l$  — расстояние между сечениями, м.

Расчет объемов работ по устройству котлованов и траншей можно выполнять на программируемых микрокалькуляторах семейства «Электроника»: МК-54, МК-56, МК-61 и др. Для примера приводится порядок и программа расчета на микрокалькуляторе МК-54. При этом используем методику расчета, приведенную выше. Для выполнения расчетов принимаем следующие обозначения:

$$V_k = \sum_{i=1}^n V_i, \quad (2.35)$$

где  $n$  — количество участков;  $V_i$  — объем отдельного  $i$ -го участка котлована,  $m^3$ ,

$$V_i = \frac{F_i + F_{i+1}}{2} l_i, \quad (2.36)$$

где  $F_{i+1}$  — площадь сечения  $(i + 1)$ -го участка,  $m^2$ ;  $l_i$  — расстояние между сечениями  $i$ -го участка,  $m$ ;  $F_i$  — площадь сечения  $i$ -го участка,  $m^2$ ,

$$F_i = (B + mh_2) h_i, \quad (2.37)$$

## 2.9. Карта памяти

Регистры													
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D
$k$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$\emptyset$	$m$	—	—	$F_1$	$F_2$	$V$	$B$

Примечание:  $k$  — количество рабочих отметок по оси котлована.

## 2.10. Программа расчета на микрокалькуляторе

Адрес	Команда	Код	Стеки микрокалькулятора					
			$X_1$	$X$	$Y$	$Z$	$T$	
00	$\Pi \rightarrow x7$	67		$m$				
01	C/П	50						
02	Ввод значения		$h_i$	$h$	$m$			
03	$\times$	12	$h$	$mh$				
04	F Вх	0		$h$	$mh$			
05	$\times$	12	$h$	$h^2m$				
06	F Вх	0		$h$	$h^2m$			
07	$\Pi \rightarrow x D$	6Г		$B$	$h$	$h^2m$		
08	$\times$	12	$B$	$Bh$	$h^2m$			
09	$+$	10	$Bh$	$F = Bh +$ $+h^2m$				
10	$x \rightarrow \Pi B$	4L		$F_2$				
11	$\Pi \rightarrow x A$	68		$F_1$	$F_2$			
12	F $x = 0$	5E		$F_1 = 0$	$F_2$			
13	$\leftrightarrow$	14		$F_1 = F_2$	$\emptyset$			
14	$x \rightarrow \Pi A$	48		$F_1$	$\emptyset$			
15	FП	51						
16	$\emptyset \emptyset$	00						
17	$\leftrightarrow$	14		$F_2$	$F_1$			
18	$x \rightarrow \Pi A$	48		$F_2$	$F_1$			
19	$+$	10		$F_2 + F_2$				
20	$\div$	02		$\frac{F_2}{2}$	$F_1 + F_2$			
21	$\div$	13		$\frac{F_1 + F_2}{2}$				
22	K $\Pi \rightarrow X 6$	Г6		1	$\frac{F_1 + F_2}{2}$			
23	$\times$	12		$V_i$				
24	$\Pi \rightarrow x C$	6C		$V_k$	$V_i$			
25	$+$	10		$V_k =$ $V_k + V_i$				
26	$x \rightarrow \Pi C$	4C						
27	F L0	5Г						
28	$\emptyset \emptyset$							
29	C/П							

где  $B$  — ширина дна котлована,  $m$ ;  $m$  — коэффициент заложения откосов;  $h_i$  — значение рабочей отметки на оси котлована в данной сечении,  $m$ .

Данная программа рассчитана на определение объема работ по устройству котлована с такими ограничениями: количество выделяемых участков не более пяти. Исходные данные, программа и инструкция работы с программой приведены соответственно в табл. 2.9 — 2.11

## 2.11. Инструкция работы с программой

Операция	Наименование клавиш
1. Включить микрокалькулятор	
2. Ввести в память исходные данные:	
$n$ — в регистр $\emptyset$	$\emptyset$ $x \rightarrow n$ $\emptyset$
$l_1$ — в регистр 1	$l_1$ $x \rightarrow n$ 1
.....	
$l_5$ — в регистр 5	$l_5$ $x \rightarrow n$ 5
число $\emptyset$ — в регистр 6	$\emptyset$ $x \rightarrow n$ 6
$m$ — в регистр 7	$m$ $x \rightarrow n$ 7
число $\emptyset$ — в регистр C	$\emptyset$ $x \rightarrow n$ C
B — в регистр D	B $x \rightarrow n$ D
3. Перейти в режим программирования	F ППГ
4. Ввести программу	Г АВГ
5. Перейти в режим автоматических вычислений	V/O C/П h C/П
6. Зачислить вычисления по программе	
7. При остановке вычислений (на экране появится значение $m$ ) ввести поочередно значение $h$	
8. При остановке вычислений после ввода всех значений $h$ считать с экрана значения объема работ	

Примечание. В регистры 1—5 заносят значения  $l$ .

При работе с микрокалькуляторами следует иметь в виду, что их память (за исключением специальной программной памяти ЭВМ «Электроника МК-52») является энергозависимой и обнуляется после выключения питания даже на доли секунды. Поэтому необходимо обратить внимание на надежность контактов. Выключать микрокалькулятор можно только после полного завершения вычислений.

Числа в микрокалькуляторе могут представляться как в форме с фиксированной запятой (например, 0.4589), так и в форме с плавающей запятой (например, 4.589 — 01, что следует понимать как  $4.589 \times 10^{-01}$ ).

Для ввода отрицательного числа набирают сначала модуль, а затем нажимают клавишу «(—)», которая изменяет знак числа на противоположный.

Для ввода числа в форме с плавающей запятой вначале набирают его мантиссу, затем нажимают клавишу «ВП» (ввод порядка), после чего набирают сам порядок. Например, число  $4.589 \times 10^{-1}$  можно ввести нажатием клавишей: 4.589 (—) ВП 1 (—).

Для ввода программы в память микрокалькулятора необходимо последовательно нажать клавиши (см. табл. 2.10), контролируя правильность ввода каждой команды по индикатору.

При вводе программы на индикаторе высвечивается: справа — номер шага (т. е. адрес ячейки, куда будет записана очередная вводимая команда), слева — коды трех последних введений. Если высвечиваемый на индикаторе код команды не совпадает с кодом, указанным в табл. 2.9, следовательно, при вводе этой команды была допущена ошибка (например, нажата не та клавиша). Если коды команд совпадают, но отличается номер шага, это означает, что ранее была пропущена или, наоборот, введена лишняя команда. Для исправления таких ошибок необходимо нажатием клавиши вернуться назад на один или несколько шагов, добившись полного совпадения показаний индикатора с информацией (табл. 2.9), затем с этого места повторить ввод соответствующего фрагмента программы, контролируя правильность ввода по индикатору и данным табл. 2.10.

### 2.3. Монолитные бетонные и железобетонные работы

Монолитные бетонные и железобетонные конструкции зданий и сооружений возводят непосредственно на строительной площадке. Из таких конструкций сооружают фундаменты под колонны и оборудование, колонны, балки, плиты перекрытий и покрытий, дымовые трубы, градирни, резервуары, силосы для хранения сыпучих материалов. Технологический процесс возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона состоит в выполнении взаимосвязанных между собой работ по установке опалубки с последующей ее разборкой, установку арматуры и арматурно-опалубочных блоков, укладку бетонной смеси и уход за бетоном во время его твердения. При этом основным процессом является укладка бетонной смеси, по которому проектируют выполнение всех остальных работ и в целом возведение здания или сооружения. Учитывая разнохарактерность процессов, выполняемых при возведении монолитных конструкций, подсчет объемов работ ведут раздельно по каждому их виду и конструктивному элементу.

Определению объемов работ должна предшествовать разбивка здания или сооружения на ярусы. Ярусом называется участок условного расчленения объекта строительства по вертикали, обусловленный технологическими соображениями. Высота яруса зависит от вида сооружения, его конструкции, технологической последовательности выполнения работ, расположения рабочих швов, вида при-

меняемой опалубки и условий укладки бетонной смеси. При бетонировании высота яруса может достигать 4—5 м. При этом необходимо выбирать такие методы укладки бетонной смеси в конструкции, которые бы предотвращали расслоение ее на составляющие. Так, при возведении ступенчатых фундаментов высота яруса принимается равной высоте фундамента с подачей бетонной смеси с высоты не более 5 м. При большей высоте яруса бетонирование ведут без перерывов участками высотой 1,5—2 м, опуская бетонную смесь через окна в стенах опалубки.

В колоннах без перекрещивающихся хомутов высота яруса должна быть не более 5 м. При большей высоте колонны необходимо провести разбивку на дополнительные ярусы бетонирования. В колоннах с густым армированием и перекрещивающимися хомутами, а также с поперечными размерами  $0,4 \times 0,4$  м и менее высоту ярусов принимают до 2 м.

Высота яруса при возведении подпорной стены зависит от ее толщины и назначается в пределах 0,5—2 м.

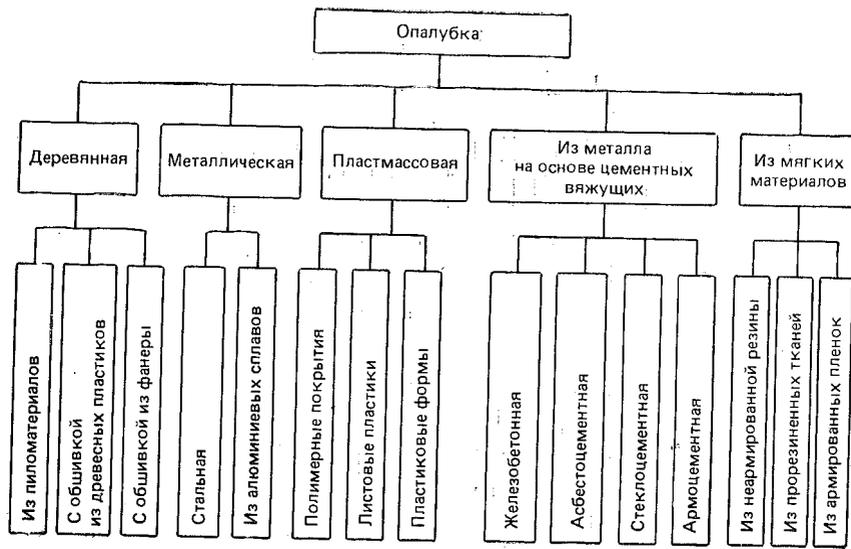
В одно- и многоэтажных промышленных зданиях разбивка на ярусы может быть выполнена следующим образом: первый ярус — фундаменты, второй — колонны одного этажа, третий — перекрытие этажа. Можно принять в этом случае разбивку на два яруса, при этом во второй ярус входят колонны и перекрытие одного этажа.

При разбивке сооружения на ярусы необходимо стремиться к тому, чтобы границы ярусов по возможности находились в местах, позволяющих устройство рабочих швов без уменьшения прочности конструктивных элементов. В курсовом и дипломном проектировании объемы работ подсчитывают по конструктивным элементам и видам работ отдельно для каждого яруса, а затем суммированием определяют общие объемы опалубочных, арматурных и бетонных работ.

**Выбор типа опалубки и определение объемов опалубочных работ.** Применение индустриальных методов строительства обуславливает использование инвентарной опалубки унифицированной конструкции, содержащей ограниченное количество элементов и их типоразмеров. Выбор типа опалубки определяется видом и геометрическими размерами бетонлируемых конструкций, принятыми способами выполнения арматурных и бетонных работ.

Опалубка и опалубочные работы должны выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 23478—79 «Опалубка для возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Классификация и общие технические требования», а также СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции».

В зависимости от используемых для изготовления материалов опалубка бывает: деревянная, металлическая, пластмассовая, из материалов на основе цементных вяжущих, из мягких материалов или комбинированная (рис. 2.8). Материал опалубки определяется заданием на проектирование. В курсовом и дипломном проектировании студент самостоятельно должен выбрать тип опалубки в зависимости от вида материала и бетонлируемых конструкций или тип может быть задан руководителем проекта.



2.8. Классификация опалубок по материалам

По функциональным и конструктивным признакам различают опалубки: разборно-переставную, блочную, горизонтально перемещаемую, объемно-переставную, скользящую, несъемную, пневматическую и термоактивную (рис. 2.9). Основные рекомендации по выбору типа опалубки приведены в табл. 2.12.

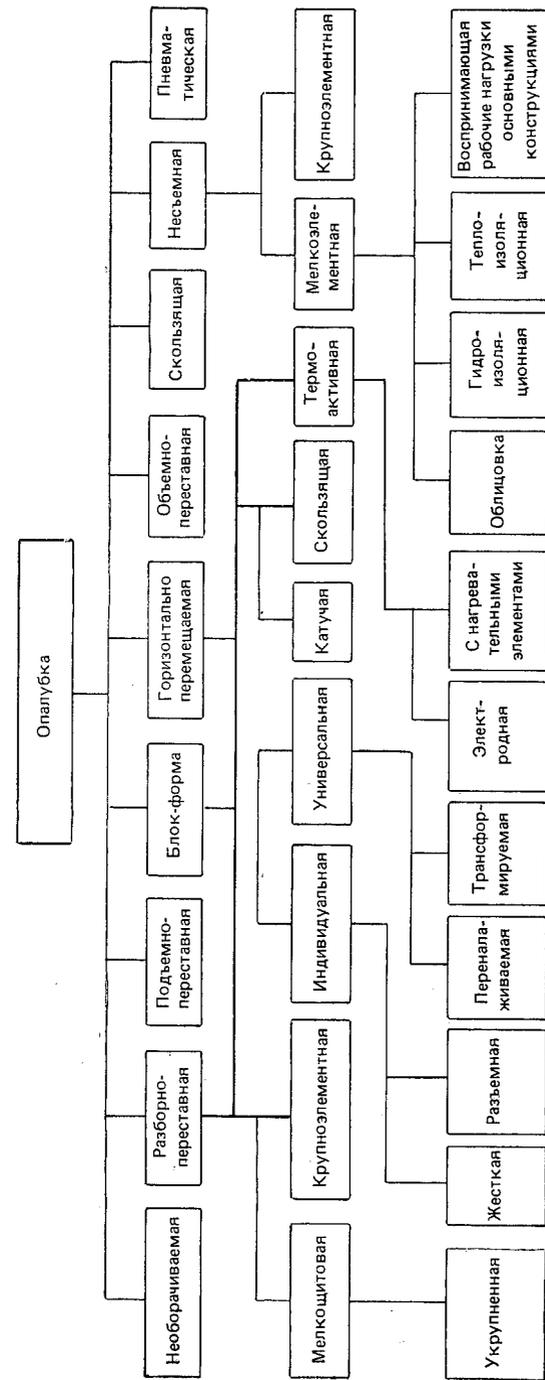
Для возведения монолитных конструкций целесообразно применять унифицированные конструкции опалубки, которые содержат ограниченное количество элементов и их типоразмеров с максимальным использованием взаимозаменяемых профилей, деталей, узлов, что способствует более эффективному производству работ. При большой разнотипности и значительном количестве типоразмеров опалубливаемых сторон монолитных конструкций целесообразнее применять мелкощитовую унифицированную опалубку универсального назначения типа «Монолит».

Опалубка из унифицированных элементов может быть:

мелкощитовой (табл. 2.13) с установкой отдельных щитов вручную, а также после укрупнения мелких щитов в плоские панели или пространственные блоки с помощью крана;

крупнощитовой — только для установки краном со щитами, имеющими длину 2,1—9 м и размеры по высоте 2,8 или 3 м (характеристика крупнощитовой опалубки приведена в прил. 1—2);

готовых арматурно-опалубочных блоков (армокаркасов с навешенной на них опалубкой) с установкой их также с помощью крана. В опалубке смешанной конструкции в качестве палубы могут быть использованы доски толщиной 28 мм, сплоченные в четверть или в шпунт, древесно-волоконистые плиты, листы пластика, водостойкой фанеры или металлические листы толщиной 2 мм.



2.9. Классификация опалубок по конструктивным признакам

2.12. Характеристика и области применения опалубок

Продолжение табл. 2.12

Тип опалубки	Характеристика	Область применения
Разборно-переставная:	Состоит из щитов, поддерживающих, крепежных, установочных и других элементов	
мелкощитовая	Состоит из отдельных элементов небольшой массы и размера, допускающих монтаж и демонтаж опалубки вручную (щитов, поддерживающих, крепежных и других элементов), из которых могут собираться различные по форме и конфигурации опалубочные формы; возможна укрупнительная сборка и последующий монтаж и демонтаж крупноразмерными панелями и блоками	Бетонирование разнотипных монолитных конструкций, в том числе с вертикальными, наклонными и горизонтальными поверхностями различного очертания; может применяться вместе с крупнощитовой, для бетонирования небольших по объему и сложных по конфигурации монолитных конструкций и вставок, в том числе в стесненных условиях производства работ
крупнощитовая	Состоит из крупноразмерных щитов, элементов соединения и крепления; щиты включают поддерживающие элементы и воспринимают все технологические нагрузки, оборудуются подмостями для бетонирования, регулировочными и установочными домкратами; применяются также щиты (или палуба) с набором поддерживающих элементов различной несущей способности, из которых может быть собран несущий каркас под различные нагрузки и схемы загрузки	Бетонирование крупноразмерных и массивных конструкций, в том числе стен и перекрытий
Подъемно-переставная	Состоит из щитов, отделяемых от бетонированной поверхности при подъеме, поддерживающих и крепежных элементов, рабочего пола, приспособлений для подъема; допускает изменения поперечного сечения бетонированного сооружения при подъеме	Бетонирование конструкций и сооружений преимущественно переменного сечения типа дымовых труб, градирен, силосных сооружений, опор мостов
Блочная:	Состоит из пространственных блоков	Бетонирование замкнутых отдельно стоящих конструкций типа ростверков, колонн, фундаментов (блок-форма), а также внутренней поверхности замкнутых ячеек, в том числе жилых зданий и лифтовых шахт
неразъемная	Неразъемные блоки с фиксированным положением формирующих поверхностей выполнены с конусностью, равной примерно 1/10 высоты. Общая площадь 6—10 м <sup>2</sup> . Для отрыва от бетона применяют приспособления типа домкратов	Бетонирование однотипных конструкций небольшого объема с распалубкой в раннем возрасте
разъемная	Перед демонтажом поверхности отделяются и отводятся от бетона. Общая площадь 6—40 м <sup>2</sup>	Бетонирование однотипных конструкций большого объема

Тип опалубки	Характеристика	Область применения
переналаживаемая	Допускает изменение размеров в плане и по высоте. Общая площадь 10—40 м <sup>2</sup>	Бетонирование разнотипных монолитных конструкций
Объемно-переставная:	При установке в рабочее положение образует в поперечном сечении П-образную форму	Бетонирование стен и перекрытий жилых и гражданских зданий
П-образная Г-образная	Монтаж и демонтаж осуществляются секциями П-образной формы. Монтаж и демонтаж осуществляются Г-образными полусекциями с помощью кареточных кранов	То же —>—
Скользкая	Состоит из щитов, закрепленных на домкратных рамах, рабочего пола, объемного оборудования и других элементов. Опалубка поднимается домкратами по мере бетонирования. Щиты закреплены на домкратных рамах с уширением книзу (конусностью) в пределах 1/200—1/500 высоты щита или 5—7 мм на каждую сторону	Бетонирование вертикальных конструкций зданий и сооружений преимущественно постоянного сечения высотой более 40 м и толщиной не менее 12 мм
Горизонтально перемещаемая	Перемещается горизонтально по мере бетонирования конструкций	Бетонирование горизонтально протяженных конструкций или конструкций замкнутого сечения с большим периметром
Катучая	Состоит из каркаса и закрепленных на нем (подвижно или неподвижно) опалубочных щитов; перемещается вдоль возводимого сооружения на тележках или других приспособлениях	Бетонирование подпорных стен, водопроводов, силосов, коллекторов, тоннелей, возводимых открытым способом и других подобных сооружений
Тоннельная	Состоит из формирующих и поддерживающих секций; перемещается с помощью специальных механизмов с механическим, гидравлическим и другим приводом	Бетонирование монолитной отделки тоннелей, возводимых закрытым способом
Пневматическая	Состоит из гибкой воздухоопорной оболочки или пневматических поддерживающих элементов с формообразующей оболочкой; в рабочем положении поддерживается избыточным давлением воздуха	Возведение конструкций и сооружений криволинейного очертания
Несъемная	Состоит из плит, остающихся после бетонирования в конструкции, и инвентарных поддерживающих элементов	Возведение конструкций без распалубки, создание гидроизоляции, облицовки, утепления, внешнего армирования и др. Может включаться в расчетное сечение конструкции

2.13. Данные по основным элементам унифицированной инвентарной мелкощитовой разборно-переставной опалубки «Монолит»

Элемент опалубки	Марка элемента	Размеры, мм		Масса, кг		Область применения
		Длина	Ширина	ЩС	ЩК	
Щит:						
основной стальной (ЩС)	ЩС1,8—0,6	1800	600	40,5	42,8	Фундаменты, стены, перекрытия, тоннели, бункеры, массивы
комбинированный (ЩК)	ЩК1,8—0,5	1800	500	35	36,1	
	ЩК1,8—0,4	1800	400	27	32,5	
	ЩК1,8—0,3	1800	300	23	30	
	ЩК1,6—0,6	1600	600	26	38	
	ЩК1,6—0,5	1600	500	31,2	32,1	
	ЩК1,6—0,4	1600	400	24	28,7	
	ЩК1,6—0,3	1600	300	20,5	26,7	
	ЩК1,5—0,6	1500	600	33,7	35,7	
	ЩК1,5—0,5	1500	500	29,2	31,3	
	ЩК1,5—0,4	1500	400	22,5	27	
	ЩК1,5—0,3	1500	300	19,4	25	
	ЩК1,2—0,6	1200	600	28,6	30	
	ЩК1,2—0,5	1200	500	26,8	24,1	
ЩК1,2—0,4	1200	400	21,2	22,5		
ЩК1,2—0,3	1200	300	15,7	21		
ЩК1,0—0,6	1000	600	24	25		
ЩК1,0—0,5	1000	500	22,3	20		
ЩК1,0—0,4	1000	400	17,7	18,6		
ЩК1,0—0,3	1000	300	13,1	17,5		
угловой стальной	ЩСУ0,6—0,4	600	300	16,2	—	Опалубка входящих углов То же
	ЩСУ1,8—0,4	1800	300	46,9	—	
угловой комбинированный	ЩКУ0,6—0,3	600	300	—	19	То же
	ЩКУ1,8—0,3	1800	300	—	52	
вставной стальной или комбинированный	ЩС1,8—0,1	1800	100	22,8	—	Установка тяжелей, воспринимающих давление бетонной смеси
	ЩС1,2—0,1	1200	100	17	—	
	ЩК1,8—0,1	1800	100	—	22	
	ЩК1,2—0,1	1200	100	—	17	
Схватка	С-3,6	3600	2 швеллера № 8	50,4	—	Поддерживающие и несущие элементы опалубки
	С-3,0	3000		42,2	—	
Несущая балка	С-2,4	2400		33,6	—	Каркас опалубки ступенчатых фундаментов
	С-1,8	1800		25,2	—	
	НБ-2,5	2600	4 швеллера № 8	176,6	—	
	НБ-3,5	3600		196,7	—	
	НБ-4,5	4600		216,7	—	
Хомут	НБ-5,5	5600		236,7	—	Крепление опалубки колонн
	НБ-6,5	6600		276,9	—	
	НБ-7,5	7600		317	—	
	ХМ-1	800	50×50×4	11	—	
	Стойка телескопическая	СТА-68	2000— —3500 2000— —5000	—	55,5 — 55,6 —	

Элемент опалубки	Марка элемента	Размеры, мм		Масса, кг		Область применения
		Длина	Ширина	ЩС	ЩК	
Раздвижной ригель	РР-2	1200— —2000	—	25,96	—	Поддерживающий элемент перекрытий
	РР-4	До 4000	—	110	—	
	РР-6	До 6000	—	120,9	—	

При проектировании рекомендуется применять щиты комбинированные с обвязкой из уголков и палубой из древесно-волоконистых плит.

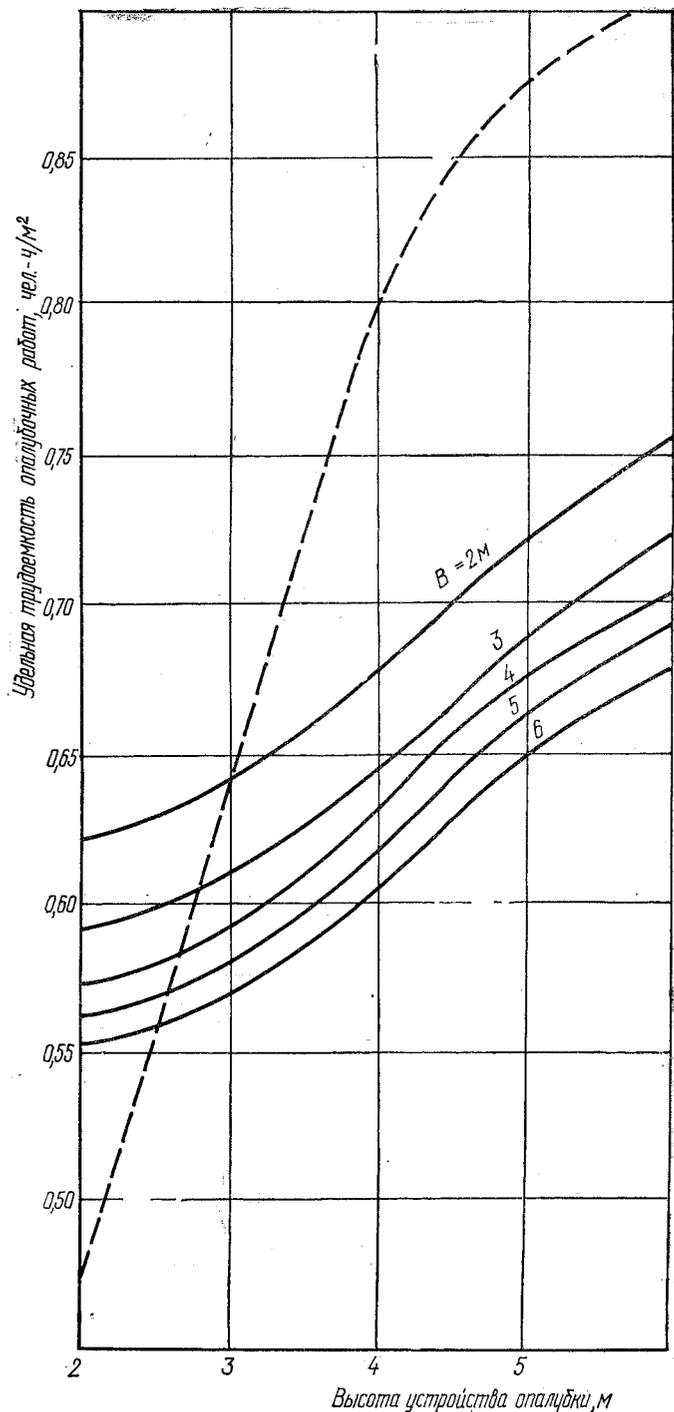
При использовании мелкощитовой опалубки для возведения серии однотипных монолитных конструкций продуктивнее применять крупноразмерные панели и блоки, предварительно собираемые из мелких элементов опалубки. Это значительно снижает трудоемкость устройства опалубки и повышает производительность труда опалубщиков. Рациональные параметры применения предварительно укрупненной сборно-разборной опалубки можно определить, пользуясь графиками (рис. 2.10).

Несъемную мелкощитовую армоцементную опалубку целесообразно предварительно укрупнять при одноярусном возведении малоармированных конструкций высотой 2,1—2,4 м при удельной массе опалубки 150 кг/м<sup>2</sup> и площади укрупненной панели 5—12 м<sup>2</sup>, а для конструкций высотой 2,5—3,6 м — при удельной массе опалубки 100 кг/м<sup>2</sup> и площади укрупненной панели 7—15 м<sup>2</sup>. Для сборки панелей из ячеек на строительной площадке следует предусмотреть площадку укрупненной сборки опалубки.

Минимальная трудоемкость опалубочных работ возможна при использовании крупноэлементных видов опалубки из крупных щитов и блок-форм. При применении крупнощитовой опалубки для временного крепления и выверки ее щитов для первого яруса опалубки используют встроенные инвентарные подкосы-упоры, а для последующих — растяжки.

При бетонировании фундаментов под каркас здания и одиночные стойки или колонны эффективно применение жестких металлических блок-ферм при количестве однотипных монолитных конструкций не менее 30-ти при их высоте до 2 м и объеме 4—8 м<sup>3</sup> (характеристики некоторых блок-форм даны в прил. 3). При разнотипных конструкциях и количестве однотипных конструкций менее 30-ти целесообразнее использовать универсальные блок-формы, выполненные из набора унифицированных крупноразмерных элементов, монтируемых и соединяемых в различных сочетаниях.

Универсальная блочно-раздвижная опалубка содержит трансформирующиеся панели с последующей их фиксацией. Такую опалубку для возведения столбчатых фундаментов можно применять с незначительной переналадкой при бетонировании симметричных и несимметричных конструкций с любым количеством и различными размерами сторон.



2.10. График рационального укрупнения металлической унифицированной опалубки (штриховая линия — монтаж и разборка опалубки поэлементно; сплошная — монтаж и демонтаж опалубки предварительно укрупненными щитами размером  $B \times H$ )

Горизонтально перемещаемые опалубки (катучая, тоннельная, горизонтально скользящая) используют для возведения горизонтальных конструкций высотой до 6 м. Минимальная непрерывная протяженность для эффективного использования опалубки при высоте возводимых конструкций до 6 м должна составлять не менее 40 м, а при высоте 2 м — не менее 80 м.

При возведении монолитных конструкций в стесненных условиях, т. е. при затрудненном демонтаже опалубки, а также сжатых сроках производства работ рационально обустройство несъемной опалубки, остающейся в теле сооружения. Это позволяет сэкономить строительные материалы и существенно сократить трудоемкость и сроки производства работ за счет исключения распалубливания конструкций и ряда дополнительных работ после него (затирки поверхности бетона, срезки и удаления опалубочных креплений, заделки отверстий от элементов крепления, различных пустот).

В качестве несъемной опалубки используют плиты: железобетонные толщиной 80—100 мм, армоцементные толщиной 25—35 мм, стеклоцементные толщиной 10—18 мм, фибробетонные толщиной 20—30 мм, а также унифицированные дырчатые бетонные блоки (УДБ), асбестоцементные плиты и трубы, металлические листы, тканую металлическую сетку. Для щитов из армоцемента оптимальная единичная площадь 0,5—0,6 м<sup>2</sup>, а для щитов из стеклоцемента 0,8—0,9 м<sup>2</sup>. При устройстве несъемных опалубок предпочтение отдают, как правило, железобетонным оболочкам толщиной 20—30 мм, изготавливаемым методом пневматического набрызга с нарезкой щитов требуемых размеров с помощью алмазно-абразивных кругов. Это исключает обустройство доборной опалубки, а также перепуски несъемной.

При бетонировании фундаментов под колонны несъемную опалубку собирают в опалубочные блоки. При сборке блоков конструкции опалубки крепят прихваткой на сварке выпусков опалубки с арматурой возводимой конструкции. При возведении мало- или неармированных конструкций несъемную опалубку собирают с помощью каркаса, выполняемого из сборных железобетонных элементов, остающихся затем внутри возводимой конструкции.

При сжатых сроках производства работ и невозможности или нецелесообразности изготовления отдельных видов несъемной опалубки (например, при небольших объемах или отсутствии полигона) для устройства монолитных конструкций применяют в качестве несъемной опалубки типовые сборные железобетонные конструкции: плиты, фундаментные блоки, лотки, тубинги.

При выполнении работ на месте возведения монолитных конструкций целесообразно их устройство с использованием армоопалубочных блоков.

При возведении железобетонных конструкций в зимнее время и интенсификации твердения бетона применяют термоактивную опалубку с наружными электродами и нагревательными элементами. Наружные электроды выкладывают с наружной стороны фанерной опалубки в виде нашивных металлических пластин или путем металлизированного покрытия. По сравнению с нашивными пластинами при втором

способе снижаются трудоемкость, материалоемкость и стоимость работ.

В качестве нагревателей, обычно устанавливаемых на металлической опалубке, целесообразно использовать стандартные нагревательные элементы: греющие провода ПОСХВ, ПОСХВТ, нагревательные кабели типа КННС, ТЭНы, углеграфитные нагреватели. Нагревательные провода применяют при невысокой температуре изотермической выдержки бетона (40...50 °С), кабель типа КННС — в многооборотных инвентарных опалубках при высоких температурах прогрева, ТЭНы — в конструкциях крупногабаритных опалубок.

Разработанные НИИСПом Госстроя УССР на базе углеграфитных тканей в термоактивной опалубке применяют углеродистые нагреватели. Модульные нагреватели выполняются эластичными, гибкими и жесткими. Температура нагрева достигает 180 °С. Их сравнительно высокая стоимость компенсируется многократной оборачиваемостью и долговечностью.

Монолитные конструкции возводят обычно в один ярус. Применение же поярусной схемы возведения таких конструкций возможно только при технической неприемлемости одноярусного возведения. При этом следует руководствоваться следующими рекомендациями: при высоте конструкций 4—8,5 м — два яруса, а более 6 м — три яруса.

При выборе вида креплений щитов наиболее предпочтительны клиновые соединения как наименее трудоемкие при сборке и разборке опалубки.

При производстве опалубочных работ на высоте до 3 м используют небольшие подставки в виде инвентарных столиков, а на высоте более 3 м — блочные подмости.

Перед бетонированием все виды опалубочных щитов, за исключением несъемных, покрывают антиадгезионными покрытиями, в качестве которых служат водостойкая фанера, резина, полиэтилен или полипропилен. Предпочтительнее покрытия, обладающие большей долговечностью и наименьшей адгезией к бетону, например полиэтиленовые листы толщиной 3—5 мм.

После выбора и обоснования принятой опалубки определяют ее объемы, а также подсчитывают объемы работ по устройству лесов, поддерживающих опалубку. Поддерживающие элементы опалубки обычно изготавливают из металла. В большинстве случаев инвентарные металлические леса изготавливаются централизованно, совместно с заготовкой щитов опалубки. Конструкция поддерживающих опалубку устройств (лесов) зависит от типа опалубки, пролета и др. При ее расчете следует выбирать наиболее невыгодные сочетания нагрузок. Прогиб элементов опалубки под воздействием воспринимаемых ими нагрузок не должен превышать следующих значений: для опалубки открытых лицевых поверхностей конструкций — 1/400 пролета элемента опалубки, а для скрытых поверхностей конструкций — 1/250 пролета элемента опалубки; для упругого прогиба или просадки поддерживающих опалубку щитов — 1/1000 свободного пролета соответствующий конструкции.

*Объем опалубочных работ*, зависящий от площади развернутой поверхности, соприкасающейся с бетоном, вычисляют в квадратных метрах. Площадь опалубки принимается по геометрическим размерам щитов без учета вырезов (наличие вырезов указывается в характеристике опалубки). Объем работ по устройству лесов также определяется в квадратных метрах и численно равен площади проекции лесов на вертикальную плоскость по фронту работ. Объем работ по распалубке конструкций, разборке лесов и подмостей численно равен сумме площадей устраиваемых опалубки, лесов и подмостей. Все расчеты по определению объемов опалубочных работ целесообразно выполнять в табличной форме (табл. 2.14).

#### 2.14. Определение объемов опалубочных работ по ярусам и захваткам

Наименование конструктивного элемента	Марка щита	Параметры щита				Общее количество щитов, шт.	Площадь, м <sup>2</sup>	Масса, т
		Ширина, м	Длина, м	Площадь, м <sup>2</sup>	Масса, т			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

После подсчета общей площади и массы опалубки по каждому конструктивному элементу необходимо определить общую площадь и массу опалубки, необходимые для выполнения расчетного объема бетонных работ.

Качественным показателем опалубки является ее оборачиваемость, т. е. возможность многократного использования. Применение инвентарной многооборотной опалубки из унифицированных элементов и укрупненных блоков — одно из основных требований при выборе вида и конструкции опалубки. Оборачиваемость опалубки определяется как частное от деления длительности установки однотипной опалубки на объекте на длительность цикла оборота одного комплекта опалубки.

Оборачиваемость опалубки, циклов,

$$z = \frac{\sum_{i=1}^a m}{n + 1 + (At_0/k)}, \quad (2.38)$$

где  $\sum_{i=1}^a m$  — общее число захваток на всех ярусах сооружения;  $n = 4$  — количество простых процессов;  $A$  — количество рабочих смен в сутки (принимается 1 смена);  $t_0 = 1-6$  — время выдерживания бетона в опалубке, сут.;  $k = 1$  — продолжительность установки опалубки на одной захватке.

Необходимое количество комплектов опалубки

$$a = n + 1 + At_0/k. \quad (2.39)$$

При применении разборно-переставной опалубки оборачиваемость и необходимое количество ее комплектов определяют отдельно для каждого конструктивного элемента сооружения. Для ориентировочных расчетов целесообразно пользоваться данными табл. 2.15.

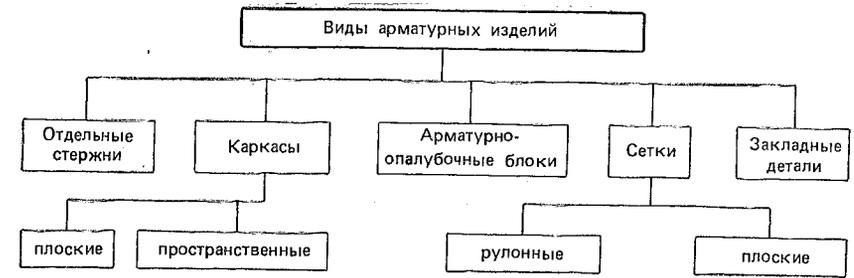
2.15. Минимальная оборачиваемость опалубки, циклов [2]

Тип опалубки	Материал палубы			Поддерживающие элементы из стали
	Металл	Фанера	Дерево	
Мелкощитовая	100	—	—	200
Крупнощитовая, подъемно-переставная, блочная	120	30	20	120
Объемно-переставная	200	—	—	200
Скользкая	300	60	30	600
Горизонтально перемещаемая	400	80	40	800

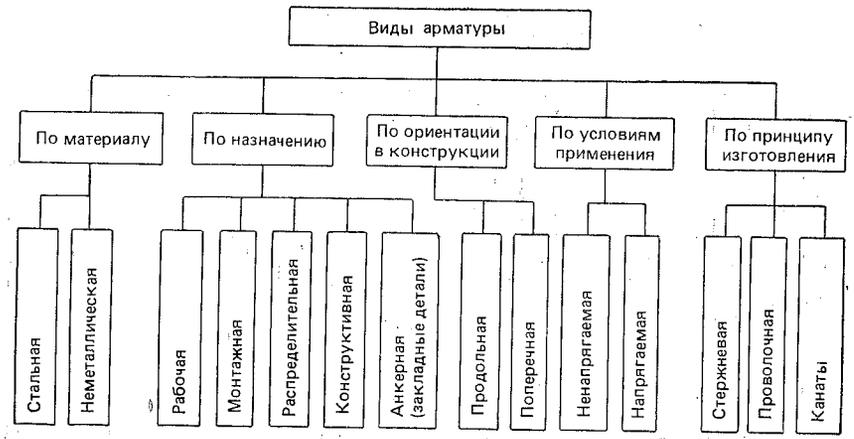
Для окончательного решения вопроса о целесообразности применения того или иного типа опалубки при возведении конкретного здания или сооружения (конструктивного элемента) сопоставляют себестоимость и трудоемкость выполнения опалубочных работ.

**Арматурные работы.** Арматурой называются стальные стержни и проволока различной формы (круглые, периодического профиля), канаты, сетки, плоские и объемные каркасы, являющиеся составной частью железобетонных конструктивных элементов (рис. 2.11). Основные требования к арматуре обусловлены необходимостью ее совместной работы с бетоном. Арматура должна обладать хорошей сцепляемостью с бетоном, иметь необходимые физико-механические, прочностные и технологические качества. Арматуру классифицируют по различным признакам (рис. 2.12). В строительстве в качестве арматуры применяются конструкционные углеродистые и низколегированные стали. В ряде случаев может использоваться неметаллическая арматура (например, стеклопластиковая в виде рубленого стеклянного или асбестового волокна).

По назначению арматуру подразделяют на рабочую, монтажную, распределительную, конструктивную и анкерную (закладные детали). Рабочая арматура служит для восприятия расчетных усилий, возникающих от внешних нагрузок и собственной силы тяжести конструкции; она может быть ненапрягаемой и напрягаемой. Монтажная арматура обеспечивает жесткость арматурному каркасу в процессе его сборки, транспортирования и установки. Распределительная арматура предназначена для равномерного распределения нагрузки между стержнями рабочей арматуры. Соединение распределительной арматуры с рабочей с помощью сварки или вязки обеспечивает их совместную работу. Конструктивная арматура необходима для восприятия напряжений в бетоне, которые в расчете конструкций не учитываются (например, в оголовке сваи, в местах изменения сечения конструкции). Анкерную арматуру (закладные детали) изготавливают из арматурной стали или фасонного проката и прикрепляют к арматуре с помощью сварки или вязальной проволоки.



2.11. Основные виды арматурных изделий



2.12. Классификация арматуры по характерным признакам

При армировании железобетонных конструкций следует руководствоваться указаниями СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» (табл. 2.16).

Арматурная сталь обычно поступает на строительную площадку отдельными стержнями или в мотках, укрупненными конструктивными элементами в виде сварных сеток, плоских или пространственных каркасов (рис. 2.13). Арматурные сетки применяют для армирования фундаментов и тонкостенных железобетонных конструкций (плит перекрытий и покрытий, пространственных покрытий, оболочек, стенок бункеров). Их изготавливают из арматурной стали диаметром 3—10 мм в виде плоских изделий длиной до 3700 мм или рулонов массой до 150 кг. Плоские и пространственные каркасы используют при армировании колонн, балок, прогонов и ригелей.

Объемы арматурных работ рассчитываются отдельно для каждого конструктивного элемента здания или сооружения на основании спецификаций. При установке арматуры отдельными стержнями объемы работ исчисляют в тоннах, а при армировании арматурными каркасами — в штуках.

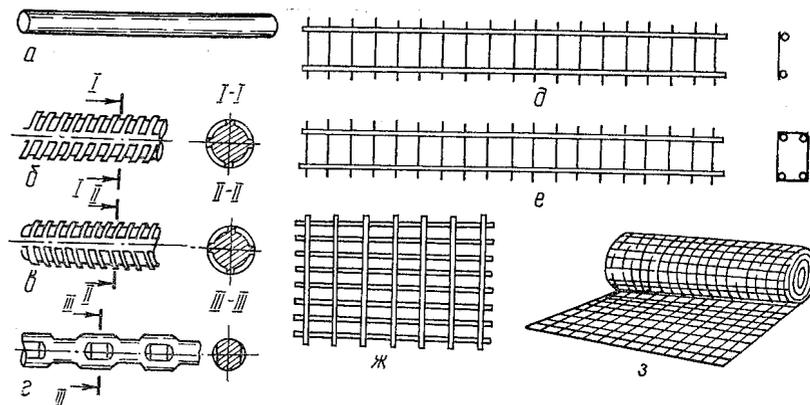
**2.16. Основные виды арматурной стали и область ее применения в железобетонных конструкциях (СНиП 2.03.01-84)**

Вид арматуры и документ, регламентирующий ее качество	Класс арматуры	Диаметр арматуры, мм	Область применения
Стержневая горячекатаная гладкая, ГОСТ 5781—82	A-I	6—40	Для обычной (ненапрягаемой) арматуры в качестве рабочей (поперечной), монтажной и конструктивной, для изготовления петель железобетонных изделий, для сварки сеток и каркасов
Стержневая горячекатаная периодического профиля, ГОСТ 5781—82, ГОСТ 10884—81	A-II	10—80	Аналогично A-I, для сварки сеток и каркасов
	A-III	10—32	
	A-IV	10—32	Для рабочей арматуры при изготовлении обычных железобетонных конструкций
	A-V	10—32	
	A-VI	10—22	
Стержневая термомеханически упрочненная периодического профиля, ГОСТ 10884—81	Ac-IVK	10—32	Для напрягаемой арматуры в длинномерных конструкциях пролетом более 12 м
	At-IVCK	10—28	
	At-VIK	10—16	
Стержневая, упрочненная вытяжкой, периодического профиля	A-IIIв	6—40	В предварительно напряженных железобетонных конструкциях, в агрессивных средах, изготовленных из шлакопемзобетона или на основе шлакопортландцементов
	Вр-I	3—5	
Обыкновенная арматурная проволока периодического профиля, ГОСТ 6727—80	Вр-I	3—5	В качестве ненапрягаемой арматуры для изготовления арматурных сеток и каркасов высотой до 400 мм
Высокопрочная арматурная проволока, ГОСТ 7348—81	В-II	3—8	Для армирования предварительно напряженных конструкций
	Вр-II		
Арматурные канаты, ГОСТ 13840—68	К-7	6—15	В качестве напрягаемой арматуры для изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций
	К-19		

При отсутствии спецификаций на арматурные изделия содержание арматуры в железобетонной конструкции может быть задано коэффициентом армирования  $\mu$ , равным отношению общей площади поперечного сечения рабочих стержней к площади сечения бетона и выраженному в процентах, т. е.  $\mu = (F_a/F_b) \cdot 100$ . Для каждого вида железобетонных конструкций коэффициент армирования имеет свое значение.

Минимальное значение коэффициента  $\mu$  для растянутой зоны конструкции зависит от класса бетона, марки арматурной стали и вида арматуры. Для стержней растянутой зоны он может быть задан в пределах 0,1—0,25 %, а для сжатой зоны — до 0,5 %. Зная массу бетона, укладываемого в один блок (конструктивный элемент), и умножив на процент армирования, рассчитывают объем арматуры в килограммах.

Арматурные работы выполняются посредством механизированной укладки или установки в подготовленную опалубку (или на смонти-



2.13. Виды арматуры:

a — круглая горячекатаная сталь; б — горячекатаная сталь периодического профиля; в — холодно-сплюснутая сталь; г — плоский сварной каркас; е — пространственный каркас; ж — сварная плоская сетка; з — рулонная сетка

рованные сборные железобетонные элементы) готовых арматурных изделий: сеток, плоских или пространственных каркасов. На строительство, как правило, арматурные изделия поступают в виде сеток, плоских каркасов и небольшого количества отдельных стержней. В монолитных железобетонных конструкциях для армирования плит толщиной до 10 см обычно укладывают арматурные сетки в один ряд. Для конструкций толщиной 12 см и более из сеток и плоских каркасов собирают и сваривают пространственные каркасы, применяемые в стенах, балках, прогонах, ригелях, фундаментах.

Если в задании на проектирование указана только интенсивность армирования монолитной железобетонной конструкции, то проектировщик самостоятельно уточняет количество, размеры и массу пространственных каркасов.

Размеры пространственного армокаркаса в плане целесообразно принимать (учитывая перевозку на площадку) соответственно размерам кузова бортовой грузовой автомашины или бортового полуприцепа (табл. 2.17).

Для транспортирования больших объемов крупных арматурных изделий на значительные расстояния используют железнодорожный транспорт.

Если в задании указан процент (от общей массы) арматуры, устанавливаемой отдельными стержнями (например, в местах стыковки армокаркасов), необходимо это учесть при определении массы армокаркасов, собираемых на площадке. Тогда в ведомость подсчета объемов работ, помимо установки готовых пространственных армокаркасов, включают также установку арматуры вручную отдельными стержнями.

Как указывалось, монолитные железобетонные конструкции толщиной более 12 см армируются пространственными каркасами. При

**2.17. Грузоподъемность и размеры кузова автотранспортных средств (для перевозки опалубки и арматурных изделий)**

Марка машины	Грузоподъемность, т	Внутренние размеры кузова, м			Погрузочная высота, м
		Длина	Ширина	Высота	
<i>Бортовые автомобили</i>					
ЗИЛ-130	4	3,75	2,32	0,68	2,05
Урал-875С	4,5	3,9	2,4	0,87	1,42
МАЗ-500	7,5	4,86	2,32	0,66	1,31
КАЗ-214Б	7	4,56	2,5	0,93	1,65
КамАЗ-5320	8,8	5,2	2,32	0,5	1,37
КрАЗ-257	12	5,77	2,48	0,82	1,63
<i>Автомобильные прицепы и полуприцепы</i>					
МАЗ-5243	6,8	4,94	2,39	0,61	1,44
КАЗ-717	11,5	7,5	2,24	0,59	1,39
МАЗ-215Б	12,5	7,53	2,48	0,84	1,48
<i>Прицепы-тяжеловозы</i>					
ЧМЗАП-5203В с тягачом, МАЗ-503А	20	6,43	3	1,34	—
ЧМЗАП-5208 с тягачом, КрАЗ-255, К-700, МАЗ-500, Т-100	40	4,88	3,2	1,14	—
ЧМЗАП-5212 с тягачом, МАЗ-537Г	60	11,68	3,23	0,9	—
АТУ-75 с тягачом, БелАЗ-538	75	10,7	2,57	0,97	—
ЧМЗАП-5530 с тягачом, МАЗ-543, Т-180, ДЭТ-250	120	9	3,25	—	—

централизованной заготовке арматурных изделий эффективной является перевозка плоских сеток и каркасов и сборка из них пространственных конструкций на строительной площадке непосредственно у места установки. Это позволяет рациональнее использовать габариты и грузоподъемность транспортных средств. Исключением могут быть случаи, когда каркасы густоармированные или в задании на проектирование в спецификацию включены готовые каркасы с указанием размеров и массы.

При укрупнительной сборке пространственных каркасов на площадке они могут достигать гораздо больших размеров и массы, чем привозимые с арматурных заводов. Это позволит повысить коэффициент использования грузоподъемности крана и благодаря уменьшению количества каркасов снизит трудоемкость и сократит сроки работ.

Следовательно, при отсутствии в задании готовой спецификации арматурных изделий проектировщику необходимо составить ее самостоятельно (табл. 2.18). В спецификации арматуры должны быть перечислены: конструктивные элементы, армируемые только сетками (плиты перекрытий толщиной до 12 см); армируемые плоскими и пространственными каркасами (стены, фундаменты колонн, стен, более толстые плиты, балки, ригели, прогоны). В последней строке указывается

**2.18. Спецификация арматурных изделий в конструкциях здания по ярусам и захваткам**

Конструктивный элемент	Размеры, м			Общее количество, шт	Тип армирования и масса арматуры, кг													
	Ширина	Высота (толщина)	Длина		Сетки			Плоский каркас			Объемный каркас			Отдельные стержни			Общая масса арматуры, т	
					Количество, шт.	Масса одной, кг	Общая масса, кг	Количество, шт.	Масса одного, кг	Общая масса, кг	Количество, шт.	Масса одного, кг	Общая масса, кг	Количество, шт.	Масса одного, кг	Общая масса, кг		
	1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16

масса арматуры, устанавливаемой отдельными стержнями. В последней графе приводится общая масса арматуры, необходимой для армирования данного конструктивного элемента. Итог по графе 18 — это общий объем арматуры на возведение всего здания.

Спецификацию выполняют по каждому конструктивному элементу здания или сооружения, а для объектов, имеющих несколько разнотипных этажей, — и по отдельным этажам.

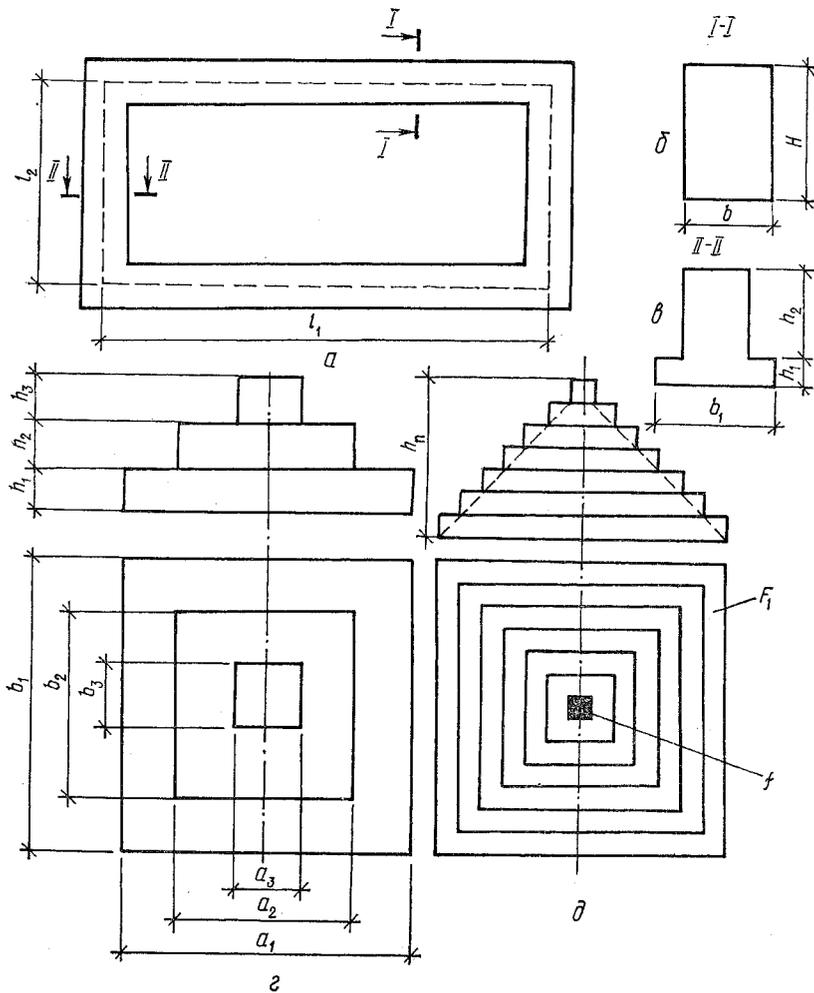
**Определение объемов бетонных и железобетонных работ.** При подсчете объемов работ по возведению монолитных конструкций прежде всего необходимо на основании полученного задания на проектирование изучить все виды и типоразмеры конструктивных элементов, их материал и размеры. Затем сгруппировать все одинаковые по типам и размерам конструкции, определить объем бетона каждого типового элемента (конструкции) и полученный результат умножить на их общее количество в данной группе.

Объем железобетонных и бетонных фундаментов под здания и сооружения исчисляется за вычетом объемов стаканов, ниш, проемов, колодцев и других элементов, не заполняемых во время бетонирования. Итоговые результаты по каждой группе конструктивных элементов заносят в общую ведомость (табл. 2.19). В конце таблицы суммированием данных графы 9 определяют общий объем бетонных работ по объекту.

**2.19. Определение объемов монолитных бетонных и железобетонных работ по ярусам и захваткам**

Конструктивный элемент	Марка элемента	Размеры, м			Количество, шт.	Расчетная формула	Объем, м³	
		Ширина	Высота (толщина)	Длина			одного элемента	общий
1	2	3	4	5	6	7	8	9

*Подсчет объемов фундаментов.* По конструктивным решениям монолитные фундаменты могут быть ленточные и отдельно стоящие.



#### 2.14. Монолитные фундаменты:

$a$  — план ленточного фундамента;  $b$  — разрез ленточного фундамента постоянного поперечного сечения;  $b$  — то же, переменного сечения;  $z$  — ступенчатый фундамент;  $d$  — многоступенчатый фундамент

Объем работ по возведению ленточных фундаментов постоянного поперечного сечения (рис. 2.14, б)

$$V_n = FL, \quad (2.40)$$

где  $F$  — площадь поперечного сечения фундамента,  $m^2$ ;  $L$  — развернутая длина фундамента,  $m$ .

Развернутую длину фундаментов (рис. 2.14, а) под наружные стены зданий подсчитывают по размерам в осях между отдельными участками с одинаковыми профилями поперечного сечения:

$$L = 2(l_1 + l_2), \quad (2.41)$$

где  $l_1, l_2$  — расстояние между соответственно продольными и поперечными осями фундаментов,  $m$ .

Объем ленточных фундаментов различного поперечного сечения (рис. 2.14, в) вычисляют по отдельным участкам с одинаковыми поперечными сечениями, а результаты расчета по участкам суммируют:

$$V_p = F_1 L_1 + F_2 L_2 + \dots + F_n L_n, \quad (2.42)$$

где  $F_1, F_2, \dots, F_n$  — площади сечений фундаментов на отдельных участках с одинаковыми сечениями,  $m^2$ ;  $L_1, L_2, \dots, L_n$  — длины соответствующих участков,  $m$ .

Объемы отдельно стоящих столбчатых фундаментов постоянного сечения

$$V_c = FH, \quad (2.43)$$

где  $F$  — площадь поперечного сечения фундамента,  $m^2$ ;  $H$  — высота фундамента,  $m$ .

Отдельно стоящие фундаменты (под колонны, стойки) обычно имеют ступенчатую форму (рис. 2.14, г) и их объемы можно определить по формуле

$$V_{o.c} = a_1 b_1 h_1 + a_2 b_2 h_2 + \dots + a_n b_n h_n, \quad (2.44)$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_n$  — ширина ступени фундамента,  $m$ ;  $b_1, b_2, \dots, b_n$  — длина ступени фундамента,  $m$ ;  $h_1, h_2, \dots, h_n$  — высота соответствующей ступени фундамента,  $m$ .

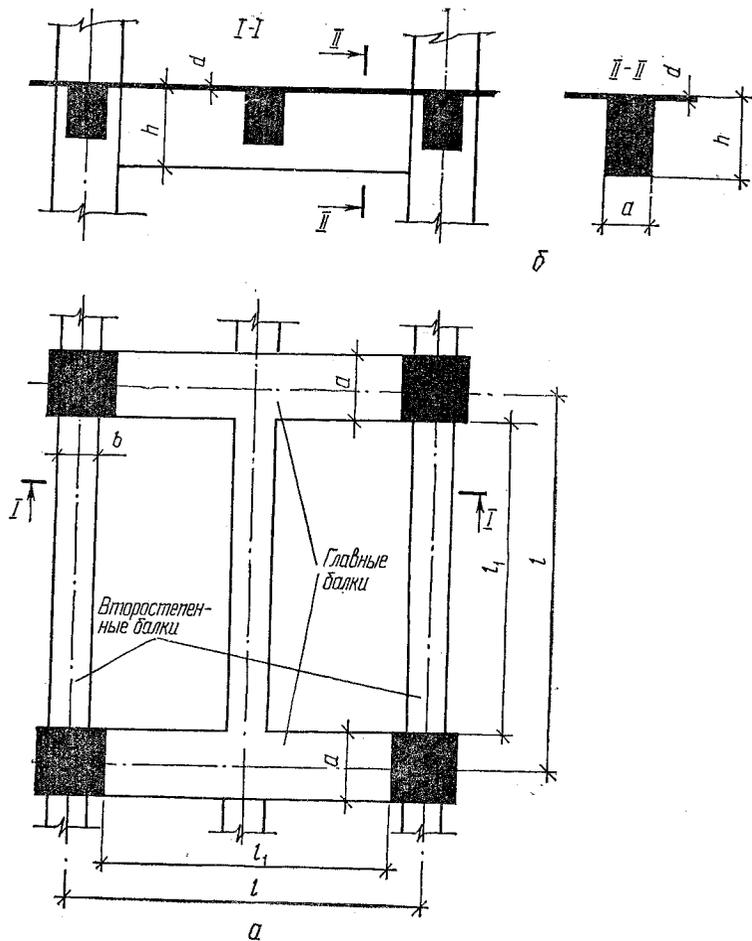
Фундаменты глубокого заложения чаще имеют многоступенчатую форму с примерно равными уступами в плане и по высоте каждой ступени (рис. 2.14, д). Объем такого фундамента можно рассчитывать по упрощенной формуле как объем усеченной четырехгранной пирамиды:

$$V_{г.з} = \frac{F+f}{2} h_n + 0,07 \left( \frac{P}{2} - h_n \right) h_n, \quad (2.45)$$

где  $F$  — площадь нижнего основания пирамиды,  $m^2$ ;  $f$  — площадь верхнего основания пирамиды,  $m^2$ ;  $h_n$  — высота пирамиды,  $m$ ;  $P$  — периметр нижнего основания,  $m$ .

**Объемы колонн.** Железобетонные монолитные колонны могут быть квадратного, прямоугольного, круглого, многогранного и других сечений. Объемы колонн всех типов подсчитывают отдельно. Размеры колонн принимают по чертежам в соответствии с заданием на проектирование. Объем колонн вычисляют по их поперечному сечению, умноженному на высоту. При этом высота колонн принимается от верхнего обреза фундамента (подколонника) до низа плиты (при наличии ребристых перекрытий) или до низа капителей (вугтов) — при безбалочных перекрытиях. При наличии консолей их объем включается в объем колонн.

**Объемы перекрытий и покрытий.** По конструктивным решениям монолитные железобетонные перекрытия и покрытия могут быть



2.15. Схема монолитного железобетонного ребристого перекрытия:  
*a* — план; *b* — разрез

следующих видов: отдельные балки и прогоны, выполняемые из монолитного железобетона с последующим настилом из деревянных щитов или сборных железобетонных плит; безбалочные железобетонные перекрытия; ребристые монолитные железобетонные перекрытия; железобетонные монолитные перекрытия по металлическим балкам.

Объем бетона в монолитных перекрытиях и покрытиях определяется отдельно по конструктивным элементам. Объем балок, ригелей и прогонов определяют по формуле

$$V_6 = Fln, \quad (2.46)$$

где *F* — поперечное сечение балки (ригеля, прогона), м<sup>2</sup>; *l* — длина балки, м; *n* — количество балок, шт.

Определение объема железобетона в ребристых перекрытиях осуществляют в такой последовательности.

1. Подсчитывают объем бетона главных балок, размеры которых принимают: длину — по расстоянию между осями колонн за вычетом размера колонны по направлению продольной оси балки, т. е.  $l_1 = l - b$ ; ширину — по рабочим чертежам, а высоту — по размерам от низа балки до верха плиты (рис. 2.15):

$$V = ah(l - b), \quad (2.47)$$

где *a* — ширина балки, м; *h* — высота балки, м; *l* — расстояние между осями колонн, м; *b* — размер колонны на уровне балки по направлению продольной оси балки, м.

2. Определяют объем бетона второстепенных балок. Их размеры принимают: длину — по расстоянию между осями главных балок за вычетом ширины главной балки; ширина балки принимается в соответствии с заданием на проектирование; высота определяется расстоянием от низа балки до верха плиты.

3. Рассчитывают объем бетона в плите перекрытия (покрытия) посредством умножения ее площади на толщину. В площадь плиты не следует включать площадь горизонтальной проекции балок и колонн.

4. Суммируя объемы бетона в главных, второстепенных балках и плите перекрытия получают общий объем монолитного железобетонного перекрытия или покрытия.

При вычислении объемов монолитных железобетонных работ по возведению монолитных зданий или сооружений расчеты производятся аналогично по каждому конструктивному элементу, а затем суммированием определяют объемы бетона по каждому этажу, а также на весь объем здания или сооружения.

## 2.4. Каменные работы

Проектирование производства каменных работ следует начинать с изучения видов и характеристик конструктивных элементов каменных зданий и сооружений. При этом необходимо учитывать, что каменная кладка стен кирпичных зданий выполняется как комплексный процесс, в состав которого входят монтаж сборных конструкций, устройство и перестановка подмостей или лесов, подача на рабочее место кирпича и раствора. Объем работ по каменной кладке стен следует подсчитывать отдельно по наружным и внутренним стенам, перегородкам толщиной 1/4 и 1/2 кирпича, по материалу, толщине кладки стен прямых и каналов.

По сложности кладка наружных стен различается по следующим видам: простая — с усложненными частями до 10 % площади стен; стены средней сложности — с усложненными частями до 20 % площади стен; особо сложные стены — с усложненными частями, занимающими более 40 % площади стен. К усложненным частям кладки относятся выполняемые из кирпича или различных керамических

блоков пилястры, карнизы, пояски, эркеры, лоджии, устройство ниш, обрамление проемов кирпичными элементами криволинейного очертания и т. п.

Объем кладки стен

$$V = (F - P) b, \quad (2.48)$$

где  $F$  — площадь стен,  $m^2$ ;  $P$  — площадь оконных и дверных проемов по наружному обводу коробок,  $m^2$ ;  $b$  — толщина стен,  $m$ .

Площадь стены равна развернутой длине стены, умноженной на ее высоту. Если ось стены симметрична по отношению к ее толщине, то периметр здания определяется в осях. При смещении оси стены по отношению к ее толщине периметр здания подсчитывается методом «отсечки», т. е. используя размер в свету. Высота стен определяется от обреза фундамента до верха карниза, а при его отсутствии — до верха последнего ряда кладки. К объему кладки, подсчитанному таким образом, следует добавлять объем архитектурных деталей: пилястр, карнизов, парапетов, поясов, лоджий, эркеров. В объем кладки включают также объем гнезд и борозд, оставленных для заделки концов балок, плит, панелей перекрытий, объем ниш отопления, вентиляционных и дымовых каналов. Не следует включать в объем кладки объем конструкций из материалов, отличающихся от материалов кладки (например, железобетонные перемычки, балки, сантехнические блоки).

При подсчете объемов работ объем мелких архитектурных деталей высотой до 25 см (сандрики, пояски) в объем кладки не включается. Объем кладки внутренних стен определяют по их размерам между внутренними гранями наружных стен.

Объем работ по устройству перегородок вычисляют по проектной площади за вычетом проемов по наружному обводу коробок. Высота перегородок определяется размером от перекрытия до потолка. Объем кладки при устройстве печей, дымовых труб исчисляют без вычета пустот и учета объема вертикальных и горизонтальных разделок. Объемы работ по установке и разборке наружных и внутренних лесов, предназначенных для каменной кладки стен, определяют по площади вертикальной проекции на фасад здания.

Объем раствора для кирпичной кладки зависит от толщины и сложности стен и перегородок. Для расчета объема раствора при устройстве кирпичных наружных и внутренних стен, а также различной толщины перегородок целесообразно пользоваться данными, приведенными в табл. 2.20.

В каждом каменном здании или сооружении, как правило, имеются различные архитектурные элементы, выполняемые из кирпича, стены могут иметь разную толщину по высоте здания. Поэтому в курсовом и дипломном проектировании при определении объемов каменных работ расчет целесообразно выполнять в табличной форме (табл. 2.21). После составления таблицы посредством суммирования определяют общий объем кирпичной кладки.

## 2.20. Расход материалов на 1 м<sup>3</sup> кирпичной кладки без облицовки

Наименование работ	Единица	Кирпич глиняный или силикатный	Раствор, м <sup>3</sup>
Кладка простых наружных и внутренних стен из глиняного обыкновенного или силикатного полнотелого кирпича при толщине стен в кирпичках:			
1	1 м <sup>3</sup> кладки	400	0,221
1 1/2		395	0,234
2		394	0,24
2 1/2		392	0,245
То же, средней сложности при толщине стен в кирпичках:			
1 м <sup>3</sup> кладки	1 м <sup>3</sup> кладки	402	0,237
1 1/2		400	0,241
2		398	0,245
2 1/2			
То же, сложных при толщине стен в кирпичках:			
1 м <sup>3</sup> кладки	1 м <sup>3</sup> кладки	406	0,237
1 1/2		403	0,242
2		400	0,245
2 1/2		398	0,24
Кладка стен прямиков и каналов	1 м <sup>3</sup> кладки	398	0,24
Заполнение и облицовка каркасов и фахверков зданий и сооружений одинарным полнотелым кирпичом	1 м <sup>3</sup> кладки	400	0,24
Кладка перегородок кирпичных армированных толщиной 1/4 кирпича	100 м <sup>2</sup> перегородок	2700	0,768
То же, толщиной 1/2 кирпича	100 м <sup>2</sup> перегородок	5000	2,27

## 2.21. Определение объемов кирпичной кладки по ярусам и захваткам

Ось стены	Длина стены, м	Отметки, м		Высота стены, м	Формула подсчета площади стены	Площадь, м <sup>2</sup>			Толщина стены, м	Объем кладки, м <sup>3</sup>
		от	до			стены	проемов	стены за вычетом проемов		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

## 2.5. Монтажные работы

При проектировании монтажных работ следует руководствоваться СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции» и СНиП 3.01.01-85 «Организация строительного производства». Объемы работ по монтажу сборных железобетонных и металлических конструкций определяют по рабочим чертежам проекта.

В курсовом и дипломном проектировании на основании выданного руководителем задания (схем, разрезов здания или сооружения) студент должен самостоятельно выбрать сборные конструкции, используя каталоги типовых конструктивных элементов, скомпоновать

здание в соответствии со схемой задания и определить марки, количество и массу конструктивных элементов.

При подсчете объемов монтажных работ следует учитывать как основные монтажные процессы, так и сопутствующие им вспомогательные работы (например, сварку стыков сборных элементов, заделку стыков, расшивку швов). Результаты расчета целесообразно представить в табличной форме (табл. 2.22, 2.23).

**2.22. Подсчет объемов работ по монтажу конструкций промышленных зданий по монтажным участкам**

Наименование элементов и процессов	Марка элемента	Единица	Количество, шт.	Масса, т	
				одного элемента	общая
1	2	3	4	5	6

**2.23. Подсчет объемов работ по монтажу конструкций многоэтажных крупнопанельных зданий**

Наименование элемента	Марка элемента	Количество элементов в секции		Количество секций на этаже, шт.		Общее количество элементов на дом	Масса, т		Площадь панели, м <sup>2</sup>
		торцевой	рядовой	торцевых	рядовых		одного элемента	всех элементов на дом	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Объемы работ определяют в единицах, принятых в ЕНиР. Так, количество фундаментов определяют в штуках с градацией по массе, т: 1,5; 2,50; 3,50; 5,00; 7,50; 10,00 (ЕНиР Е4-1-1); колонны — с градацией 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 и 20; стеновые панели — с градацией по площади, м<sup>2</sup>: 5; 10; 15; 25 (наружные панели каркасных зданий) и 6; 15; 20; 30 (наружные и внутренние стеновые панели бескаркасных зданий).

Объем работ по заделке швов бетоном между плитами перекрытий и покрытий определяют в метрах шва. Количество швов с достаточной степенью точности можно определить по формуле

$$L_{ш} = \sum PN/2, \quad (2.49)$$

где  $P$  — периметр одной плиты, м;  $N$  — количество плит данного типа, шт.

Для определения объемов работ по электросварке стыков длина шва принимается в зависимости от типа здания и вида соединяемых конструктивных элементов. Обычно длину швов подсчитывают по рабочим чертежам. Для определения длины швов при сварке железобетонных конструкций в курсовом и дипломном проектировании можно использовать данные, приведенные в табл. 2.24.

При определении объемов монтажных работ в ведомость объемов следует включать все конструктивные элементы здания по их типам

**2.24. Длина швов при сварке сборных железобетонных конструкций зданий**

Наименование конструкций	Единица	Длина шва, м
<i>Одноэтажные промышленные здания</i>		
Фундаментальная балка для шага 6 м	На один элемент	1
Подкрановая балка для шага, м: 6 12	На один элемент	2,2 2,6
Стропильная балка пролетом, м: 12 18	На один элемент	0,72 1,02
Подстропильная балка для шага 12 м	На один элемент	0,8
Подстропильная ферма для шага 12 м	На один элемент	1
Ферма покрытия пролетом, м: 18 24	На один элемент	1 1,2
Стеновая панель для шага, м: 6 12	На один элемент	0,64 1
Панель покрытия для шага, м: 6 12	На один элемент	0,3 0,45
Крестовые связи для шага, м: 6 12	На одну связь	3,2 3,6
Связевые фермы для шага, м: 6 12	На одну ферму	1 1,2
Фонарь пролетом для шага, м: 6 12	На одну раму	1,8 3
Бортовой элемент фонаря для шага 0,8 м	На один элемент	0,6
<i>Многоэтажные промышленные здания</i>		
Ригель к колонне	На один элемент	1,2
Стык двух колонн	На один стык	1,5
Панель перекрытия к ригелю	На один элемент	0,6
<i>Гражданские здания</i>		
Стеновая панель, м: 3 6	На один элемент	1,5 2,2
Панельные перегородки	На один элемент	1,2
Плиты перекрытий	На один элемент	0,6
Лестничные марши	На один элемент	0,5
Лестничные площадки	На один элемент	0,4
Санитарно-технические кабины	На один элемент	0,8
Шахты лифтов	На один элемент	1,2

и весовым характеристикам с учетом вспомогательных процессов. Ниже дана номенклатура основных процессов и операций, по которым необходимо определять объемы работ.

*Монтаж каркасов одноэтажных промышленных зданий:* раскладка конструкций перед монтажом; монтаж фундаментов; установка

колонн; укрупнительная сборка конструкций перед монтажом (ферм и рам фонаря); бетонирование стыков колонн в стаканах фундаментов; установка: подкрановых балок; подстропильных балок или ферм стропильных ферм или балок покрытия; плит покрытия; электродуговая сварка: стыков подстропильных балок или ферм и балок покрытия с колоннами, стыков плит покрытия с фермами; стыков подкрановых балок с колоннами; бетонирование стыков колонн с подстропильными балками или фермами с установкой и разборкой опалубки; бетонирование стыков колонн с подкрановыми балками; заливка швов панелей перекрытий и покрытий; установка стеновых панелей; расшивка и конопатка стеновых панелей.

*Монтаж каркаса многоэтажного здания:* монтаж фундаментов, установка колонн; укладка ригелей; монтаж плит перекрытия и покрытия; установка стальных связей; установка лестничных площадок и маршей; установка наружных стеновых панелей; электросварка монтажных стыков; замоноличивание монтажных стыков; заливка швов плит; подъемно-транспортные операции.

*Монтаж конструкций крупнопанельных зданий:* монтаж фундаментных блоков под стены подвальных помещений; монтаж стеновых блоков подвальных помещений; установка цокольных панелей; монтаж панелей наружных и внутренних стен, перегородок; заливка швов панелей наружных и внутренних стен; герметизация и расшивка наружных швов; электросварка монтажных стыков; монтаж санитарно-технических панелей; монтаж стеновых лестничных панелей; заливка швов панелей стен лестничных клеток; монтаж плит перекрытий; заливка швов плит перекрытий и покрытий; монтаж лестничных маршей и площадок; монтаж балконных плит; монтаж блоков карниза; герметизация и расшивка наружных швов; разгрузка и раскладка конструкций и другие подъемно-транспортные операции.

Номенклатура монтажных работ может меняться в зависимости от архитектурно-конструктивных особенностей проектируемого здания.

## 2.6. Отделочные работы

К отделочным работам относятся: остекление, облицовка поверхностей природными и искусственными камнями, а также деревянными, пластмассовыми и другими изделиями; оштукатуривание поверхностей, устройство полов; установка столярных изделий и деталей; отделка поверхностей малярными составами.

Остекление оконных, дверных переплетов и перегородок выполняют до начала отделочных и внутренних работ. Заготовка стекол производится централизованно на основании карт раскроя. На строительную площадку стекло поступает нарезанным по размерам согласно заказным спецификациям в зависимости от типа здания, номенклатуры и размеров оконных и дверных проемов.

*Объемы стекольных работ* определяют по виду применяемого стекла (листовое, цветное, матовое, узорчатое или армированное). Объем работ измеряется в квадратных метрах и зависит от внутренних

размеров фальцев столярных изделий с учетом того, что между кромкой стекла и бортом фальца должен быть оставлен зазор 2 мм.

*Объем облицовочных работ* подсчитывают отдельно по породе камней, способу их обработки, материалу облицовываемой поверхности. Площадь облицовки внутренних поверхностей искусственными плитками вычисляют по фактической площади без учета ее рельефа, а при облицовке искусственным мрамором или природным камнем — по развернутой поверхности облицовки.

*Объемы работ по оштукатуриванию поверхностей* устанавливают отдельно для простой, улучшенной и высококачественной штукатурки. Площадь штукатурки стен, перегородок и простенков подсчитывают за вычетом площади проемов по наружному обводу коробок и площади, занимаемой наличниками. При этом площадь перегородок и внутренних стен увеличивается в два раза, так как они оштукатуриваются с обеих сторон.

Высота стен измеряется от пола до потолка. Площадь оштукатуривания потолка исчисляют по площади между внутренними гранями стен и перегородок. Перегородки из гипсовых и шлакобетонных плит не штукатурят, а обрабатывают беспесчаной накрывкой, затиркой или шпаклевкой. Такие процессы не входят в состав штукатурных работ. Объем работ по оштукатуриванию оконных и дверных откосов внутри здания исчисляют по их площади, а лестничных маршей и площадок — по площади их горизонтальной проекции поэтажно. При выполнении оштукатуривания фасадов и зданий с высотой этажа более 5 м следует также отдельно вычислять объемы работ по устройству лесов, площадь которых определяют проекцией на вертикальную стенку. При наличии в здании лепных работ их объем определяют отдельно по проектным данным.

*Объем работ по устройству полов* подсчитывают отдельно по каждому их виду. Площадь полов определяют по размерам между отделочными слоями ограждающих конструкций, суммируя площади порогов и полов в нишах. Объем подстилающего слоя (подготовки) под полы и чистых полов исчисляют за вычетом мест, занимаемых печами, колоннами, перегородками и другими, выступающими над полами конструкциями.

*Объем малярных работ.* По качеству малярные работы делят на три вида: простую, улучшенную и высококачественную окраски. Малярные составы бывают водными, масляными и синтетическими. Подсчет объемов работ выполняют отдельно по каждому виду окраски. При окраске фасадов известковыми, силикатными и цементными составами объем работ определяют с учетом площади фасадных стен в плане без вычета площади проемов, если площадь проемов менее 50 % общей площади поверхности. Если площадь проемов превышает 50 % общей площади, тогда объем окрашиваемой поверхности определяют за вычетом проемов.

В объем работ не включают оконные и дверные откосы, развернутые поверхности архитектурных деталей. При окраске внутренних поверхностей водными составами объемы вычисляют без вычета про-

емов и боковых сторон ниш. Площадь столбов и боковых сторон пилястр следует определять дополнительно и включать в объемы малярных работ. Площадь окраски кесонных потолков и ребристых перекрытий, а также потолков с различными лепными изделиями определяют по площади горизонтальной проекции с применением коэффициентов: для ребристых потолков — 1,6; для кесонных — 1,75; для потолков, насыщенных лепкой, — 1,1—1,2.

При окраске поверхностей масляными и синтетическими составами объемы работ подсчитывают по площади фактически окрашиваемой поверхности. Площадь окраски отопительных приборов принимается равной площади их поверхности нагрева (табл. 2.25), а площадь окраски 1 м стальных и чугунных труб определяют, пользуясь нормативами (табл. 2.26).

### 2.25. Площадь поверхности нагрева отопительных приборов

Наименование прибора	Единица	Площадь нагрева, м <sup>2</sup>
<b>Радиаторы:</b>		
Минск-110	Секция	0,285
Минск-132	Секция	0,25
Минск-140	Секция	0,254
Минск-150	Секция	0,25
Н-136	Секция	0,285
Н-150	Секция	0,3
ЛОР-150	Секция	0,13
ЛОР-300	Секция	0,13
Польза-9	Секция	0,25
Польза-6	Секция	0,46
М-90	Секция	0,2
М-140-АО	Секция	0,299
РШ-4	Секция	0,25
<b>Ребристые трубы длиной, м:</b>		
1	шт.	2
1,5	шт.	3
2	шт.	4
<b>Тепловая панель</b>		
<b>Стальные штампованные панели:</b>		
МЗ-500-1	шт.	0,64
МЗ-500-4	шт.	1,6
МЗ-350-1	шт.	0,425
МЗ-350-1	шт.	1,062

### 2.26. Площадь окраски 1 м труб

Показатель	Трубы											
	Стальные						Чугунные					
Диаметр труб, мм	15	20	25	32	40	50	50	75	100	125	150	
Площадь окраски, м <sup>2</sup>	0,11	0,13	0,16	0,18	0,21	0,25	0,28	0,37	0,48	0,59	0,72	

### 2.7. Особенности определения объемов строительно-монтажных работ при проектировании реконструкции объектов

Реконструкция зданий и сооружений является специфичной областью строительного производства и требует особого подхода к проектированию технологии и организации строительно-монтажных работ. При реконструкции объектов значительно усложняется по сравнению с новым строительством структура СМР, более сложными становятся организационно-технологические взаимосвязи всех строительных процессов и операций. В условиях реконструкции возникает необходимость выполнять ряд специфичных работ, отсутствующих при новом строительстве, таких как разборка и разрушение конструкций, снос и передвижка зданий, усиление отдельных или всех конструктивных элементов, их замена, устройство фундаментов и других конструкций вблизи действующих цехов, усиление и прокладка инженерных коммуникаций под эксплуатируемыми дорогами и зданиями, устройство навесов и экранов для защиты от пыли действующего оборудования и другие.

Кроме этого, на выполнение строительно-монтажных работ накладываются ограничения, связанные с производственной деятельностью реконструируемого объекта, стесненностью зоны производства работ, невозможностью применения традиционных методов выполнения строительных процессов и средств их механизации (взрывания, забивки и вибропогружения свай и шпунтов, уплотнения грунтов вибрационными методами, выполнения сварочных работ), ограничения зоны транспортирования, укрупнительной сборки и размещения строительных конструкций и материалов.

Реконструкция объектов может осуществляться без остановки действующего производства, с частичной остановкой (переходом на уменьшенное число смен работы) и с полной остановкой производства. Во всех случаях, когда это возможно, проектируют выполнение конструктивных работ без остановки основного производственного процесса. Выбор того или иного варианта проведения реконструкции зависит от характера технологии реконструируемого производства, структуры и содержания предусматриваемых строительно-монтажных работ. Все эти особенности необходимо учитывать при определении объемов СМР и проектировании технологии их выполнения.

При проектировании реконструкции производственного предприятия объемы работ определяют на основании материалов предпроектного обследования объекта, в которых содержатся данные о техническом состоянии конструкций здания, его оборудования и приводятся рекомендации о характере реконструкции, составе работ, возможность использования существующих конструкций для целей реконструкции путем их усиления, замены или ремонта (табл. 2.27).

На основании технического заключения по техническому состоянию конструкций определяется перечень материалов и конструктивных элементов от разборки зданий и сооружений, которые будут использо-

## 2.27. Ведомость технологического состояния конструкций здания (сооружения)

Наименование цеха (здания, сооружения, конструкции), размеры и характеристики	Единица	Количество, шт.	Стоимость, тыс. руб.	Год установки	Техническое состояние, заключение об использовании
1	2	3	4	5	6

ваны при реконструкции данного цеха (здания) или для строительства зданий другого назначения.

В курсовом и дипломном проектировании исходные данные задаются руководителем проекта. Студенту прежде всего следует определить структуру реконструктивных работ и перечень необходимых строительных операций. Так, при выполнении работ по усилению железобетонных колонн посредством устройства железобетонной замкнутой обоймы по всей высоте конструкции необходимо выполнить такие процессы: разработку грунта для вскрытия нижней части колонны, монтаж стоек подмостей, устройство рабочего и защитного настилов подмостей, разрушение ослабленного слоя бетона колонны, монтаж дополнительных арматурных сеток, сварку запроектированной арматурной сетки с существующей арматурой, монтаж жесткой арматуры, установку щитов опалубки, бетонирование колонны, разборку опалубки, антикоррозийную защиту уголков обоймы, разборку подмостей, прием бетонной смеси из кузова автомобиля.

При демонтаже плит покрытия необходимо выполнить следующие процессы: разрушение монолитных стыков с помощью отбойных молотков (при покрытии из металлических листов операция по разрушению стыков заменяется операцией по резке покрытия картами определенного размера); просверливание отверстий в плитах для установки захватов; срезку закладных деталей; подъем и перемещение плит с погрузкой в транспортные средства. Методы определения объемов реконструктивных работ аналогичны новому строительству.

При проектировании реконструкции здания, предусматривающей остановку основного производства, составляется ведомость объемов работ отдельно для подготовительного (доостановочного) и основного периодов (в период остановки производства). Так, до начала остановки производства для последующего выполнения демонтажных (монтажных) работ в подготовительный период выполняют такие работы: устройство защитных настилов над техническим оборудованием; замену воздушных линий электропередач подземными кабелями; устройство при необходимости ограждений, отделяющих монтажную зону от действующего производства; устройство монтажных проемов и проездов в реконструируемом здании; устройство проездов (настилов) через транспортные пути предприятия. Конструкции всех временных ограждений, покрытий и защитных экранов, отделяющие монтажную зону от действующего производства, следует принимать сборно-разборными при возможности индустриального изготовления.

## ГЛАВА 3

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ, КОМПЛЕКТОВ МАШИН, МЕХАНИЗМОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

#### 3.1. Методика выбора оптимальной технологии производства строительного-монтажных работ

При производстве строительного-монтажных работ применяют различные технологии, каждая из которых при выполнении работ в заданные сроки и максимальной их механизации на основе высокопроизводительной техники и прогрессивных методов труда должна обеспечивать требуемые технико-экономические показатели по стоимости и трудоемкости.

Любой строительный процесс может быть выполнен одним из многих известных способов, различаемых по степени механизации и автоматизации работ. Как правило, простой строительный процесс осуществляется отдельными машинами, а сложный — комплектами машин. Комплексная механизация предусматривает выполнение основных и вспомогательных процессов с помощью комплектов машин, увязанных между собой по технологическому назначению, производительности, эксплуатационным параметрам и обеспечивающих заданные темпы и сроки выполнения работ. Отдельные машины комплекта работают как единая система, последовательно выполняя операции, т. е. непрерывным потоком.

В комплекте имеются одна или несколько ведущих машин, осуществляющих основной процесс (например, разработку грунта, подачу и укладку бетонной смеси, монтаж конструкций), и вспомогательные машины, выполняющие дополнительные операции (предварительное разрыхление, транспортирование, разравнивание и уплотнение грунта, доставку конструкций и бетонной смеси). В комплект могут быть включены также средства малой механизации, такие как вибраторы, сварочные машины, компрессоры и другие. В отдельных случаях совокупность основных и вспомогательных процессов можно механизировать одной машиной, например скрепером, производящим выемку, транспортирование, укладку и частичное уплотнение грунта. Ведущая машина определяет производительность комплекта и, в известной мере, его состав и организацию работ. Основные параметры принятых машин — вместимость ковша, грузоподъемность автосамосвала и др. — увязывают так, чтобы наиболее полно использовать все машины, и прежде всего ведущую.

Состав комплекта машин зависит от конструктивных и объемно-планировочных решений объекта, объема работ, характеристик выполняемых процессов, заданных сроков, а также условий производства работ, к которым относятся следующие: дальность перемещения грунтов, глубина подачи, скорость подъема и опускания грузов, возможность совместной работы нескольких машин, стесненность площадки, время года и пр.

При подборе машин для комплекта исходят из эффективности их использования на определенном виде работ. Следует отдавать предпочтение машинам с гидравлическим приводом, сменным рабочим оборудованием в виде различных ковшей, захватов, рыхлителей (например у экскаваторов), а также машинам с автоматическим управлением рабочими процессами (многоковшовым экскаваторам со следящими системами, которые обеспечивают устойчивую работу привода и обработку поверхности дна траншеи с допуском  $\pm 25$  мм). На бульдозерах, оборудованных системами «Автоплан», и скреперах с системами «Стабилоплан» при работе двигателя на оптимальном режиме регулируются толщина и профиль срезаемой стружки. Краны, оснащенные автопилотами, позволяют безопасно и с большой точностью подавать к месту монтажа конструкции и оборудование с большой массой и крупными габаритами.

Для обеспечения непрерывности работы машин в комплекте и эффективного использования ведущих машин производительность вспомогательных звеньев должна быть равна или несколько выше (на 10—15%) эксплуатационной производительности ведущего звена

$$P_{э,о} N_0 \leq P_{э,в1} N_{в1} \leq P_{э,в2} N_{в2} \leq \dots \leq P_{э,вn} N_{вn}, \quad (3.1)$$

где  $P_{э,о}$ ,  $P_{э,в1}$ ,  $P_{э,в2}$ ,  $P_{э,вn}$  — эксплуатационная производительность основной (ведущей) машины и вспомогательных машин, работающих последовательно;  $N_0$ ,  $N_{в1}$ ,  $N_{в2}$ ,  $N_{вn}$  — соответственно количество машин.

В зависимости от конкретных условий число ведущих и вспомогательных машин бывает разным, некоторые звенья могут отсутствовать; кроме того, ведущие машины могут быть расположены в начале, середине или в конце механизированного потока.

Полная синхронизация работы машин в потоке возможна при условии уравнивания производительности отдельных звеньев

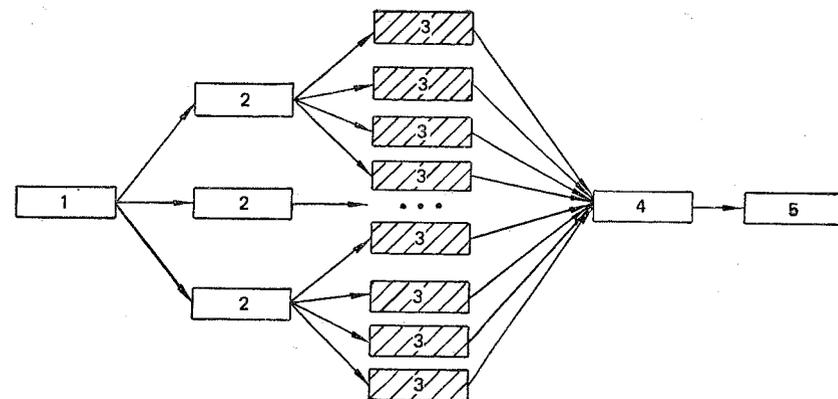
$$J = P_1 N_1 K_1 \alpha_1 = P_2 N_2 K_2 \alpha_2 = \dots = P_n N_n K_n \alpha_n. \quad (3.2)$$

Тогда состав любого звена механизированной цепи можно определить по формуле

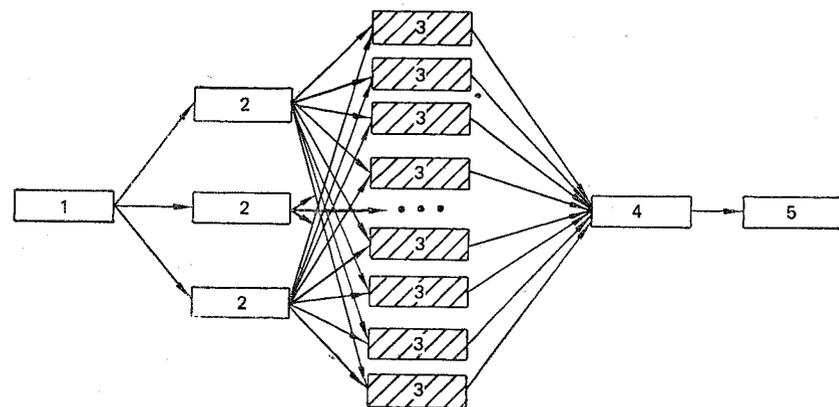
$$N_i = J / (P_i K_i \alpha_i), \quad (3.3)$$

где  $J$  — мощность потока;  $P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$  — эксплуатационная производительность отдельных машин;  $N_1, N_2, \dots, N_i, \dots, N_n$  — количество машин в звеньях, шт.;  $K_1, K_2, \dots, K_i, \dots, K_n$  — коэффициент загрузки звеньев (для ведущего звена  $K_i = 1$ , для остальных  $K_i \leq 1$ );  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_n$  — коэффициент, показывающий, какой объем работ выполняет каждое звено по отношению к объему работ первого звена, или  $\alpha_i = \rho_1 / \rho_i$  — отношение объема работ первого звена к объему работ, выполняемых  $i$ -м звеном.

При условии минимизации продолжительности выполнения комплексного процесса строительства работы следует выполнять с предельно экономически обоснованным насыщением объекта машинами, работающими в две-три смены. Для этого количественное соотношение



а



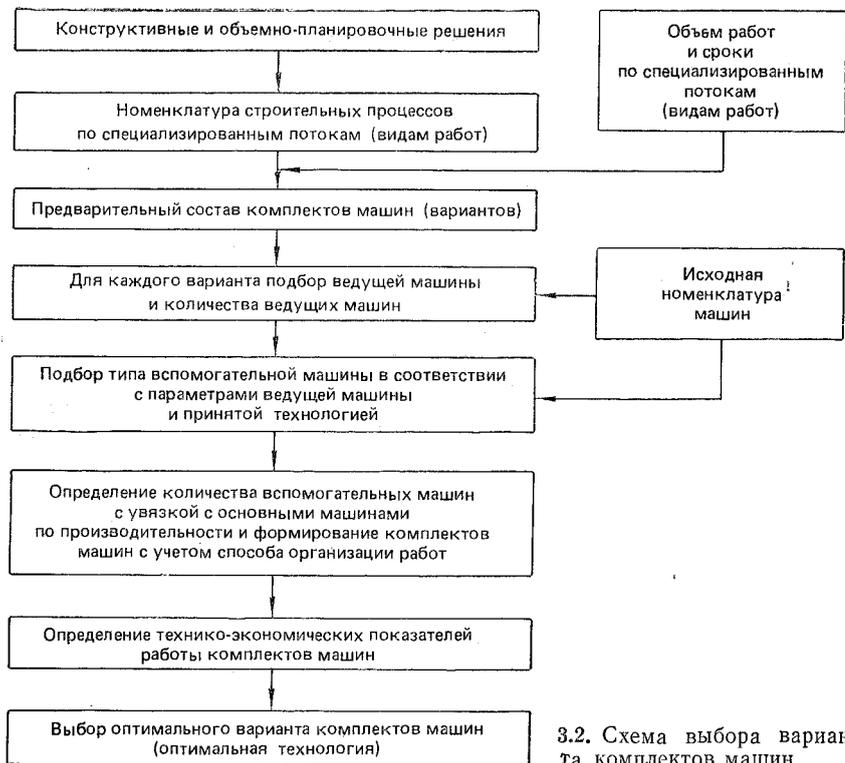
б



3.1. Принципиальная схема комплектов самоходных скреперов:

а — вспомогательные машины обслуживают несколько звеньев скреперов; б — то же, но колонну скреперов; 1 — рыхлитель; 2 — трактор-толкач; 3 — самоходный скрепер; 4 — бульдозер; 5 — каток

между основными и вспомогательными машинами (экскаваторами и автосамосвалами, скреперами и тракторами-толкачами, башенными кранами и тягачами с панелевозами), исходя из необходимости рационального их использования, рассчитывают математическими методами, в частности, по теории массового обслуживания. Эти методы позволяют подобрать для комплекта оптимальный состав машин, каждой из которых будет обеспечена полная загрузка. Так, при производстве земляных работ самоходными скреперами возможны два варианта схемы комплектования машин, где ведущие машины находятся в середине механизированной цепи (рис. 3.1). Рыхлитель, каток, бульдозер обслуживают несколько звеньев скреперов, а каждый трактор-толкач одно звено (рис. 3.1, а) или же колонну скреперов (рис. 3.1, б). При



3.2. Схема выбора варианта комплектов машин

обслуживании тракторами-толкачами нескольких звеньев каждый скрепер при загрузке подъезжает к свободному от работы трактору-толкачу. При этом простои скреперов и тракторов-толкачей при возможных сбоях минимальны, что обеспечивает заданный ритм работы всех машин в потоке.

Выбранный способ производства работ влияет на их технологию, что также следует учитывать. Например, при разработке небольших котлованов для двух- или трехсекционных жилых домов экскаватором, оборудованным прямой лопатой, к копанью траншеи (бетонным или монтажным работам) приступают лишь после окончания работы экскаватора и прекращения движения транспортных средств по дну котлована. В случае разработки котлована экскаватором с обратной лопатой и подачи транспортных средств поверху копать траншеи для фундаментов или производить другие работы можно сразу же после прохода экскаватора, вне радиуса его действия.

При выборе технологии (рис. 3.2) сравнивают несколько вариантов: при расчете вручную — 2—3 варианта, с помощью ЭВМ —  $n$  вариантов. Причем в большинстве случаев имеем возможность выбрать наилучший вариант, а в некоторых — оптимальный при использовании прикладного математического аппарата (например, методов линейного программирования или теории массового обслуживания).

### 3.2. Распределение земляных масс при планировке площадки

При выборе комплектов машин по разработке и перемещению грунта необходимо знать дальность его перемещения. При устройстве котлована дальность возки грунта, как правило, задается, а при планировке площадки с нулевым балансом расстояние перемещения грунта следует определять. В этом случае решается задача распределения земляных масс, которая сводится к нахождению объемов, направлений и расстояний перемещения земляных масс. Она может быть решена аналитически, графоаналитически (методом Кутьинова), а также с применением линейного программирования.

Оптимальный результат при распределении земляных масс дает метод линейного программирования.

**Аналитический метод распределения земляных масс.** Определяют координаты центров тяжести компенсирующих друг друга выемок и насыпей

$$x_B = \frac{\sum V'_B x'_B}{\sum V'_B}; \quad (3.4)$$

$$x_H = \frac{\sum V'_H x'_H}{\sum V'_H}; \quad (3.5)$$

$$y_B = \frac{\sum V'_B y'_B}{\sum V'_B}; \quad (3.6)$$

$$y_H = \frac{\sum V'_H y'_H}{\sum V'_H}; \quad (3.7)$$

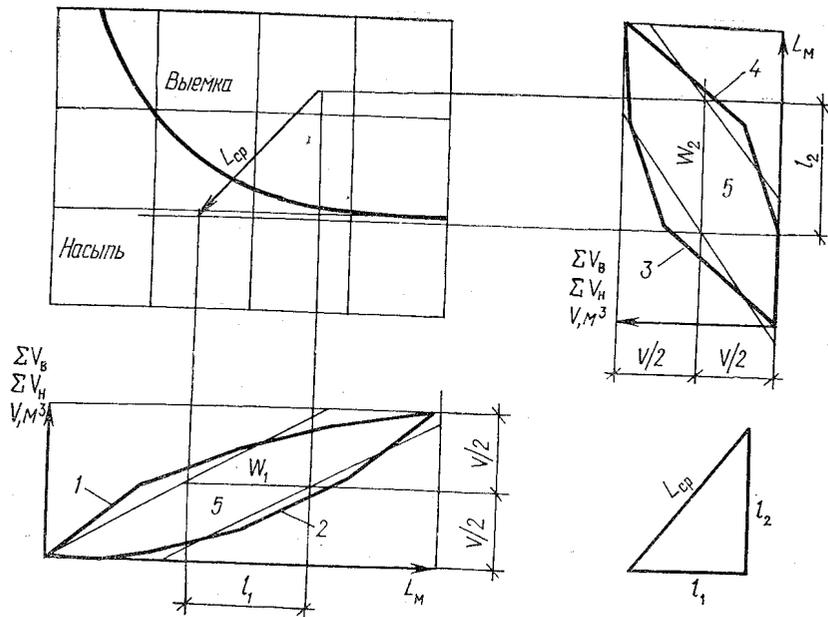
где  $x_B, y_B$  — координаты центра тяжести участка выемки, м;  $x_H, y_H$  — координаты центра тяжести участка насыпи, м;  $V'_B, V'_H$  — объемы грунта в пределах простейших фигур, м<sup>3</sup>;  $x'_B, y'_B, x'_H, y'_H$  — координаты центра тяжести простейших фигур, м.

За оси координат принимают две стороны площадки. Расстояние между центрами тяжести, м,

$$L = \sqrt{(x_B - x_H)^2 + (y_B - y_H)^2}. \quad (3.8)$$

**Графоаналитический способ распределения земляных масс.** По нарастающим итогам вертикальных колонок квадратов, отдельно для насыпи и выемки, строят кривые объемов. Ординаты верхних точек кривых дают суммарные объемы насыпей и выемок. Точки пересечения кривых объемов определяют положения прямых на плане, разделяющих площадку на участки, в пределах которых объемы насыпей и выемок равны.

Для определения среднего расстояния перемещения графоаналитическим методом используют кривые объемов насыпи и выемки, построенные по итогам вертикальных и горизонтальных колонок квадратов (рис. 3.3).



### 3.3. Распределение земляных масс графоаналитическим способом:

1, 2 — кривые объемов насыпей и выемок по нарастающим итогам вертикальных рядов квадратов; 3, 4 — то же, по нарастающим итогам горизонтальных рядов квадратов; 5 — параллелограммы, равновеликие фигурам, заключенным между кривыми объемов выемок и насыпей

Площади фигур между кривыми объемов  $W_1$  и  $W_2$  представляют собой произведение объемов грунта на проекции среднего расстояния перевозок  $l_1$  и  $l_2$ :

$$W_1 = V l_1; \quad (3.9)$$

$$W_2 = V l_2. \quad (3.10)$$

Откуда

$$l_1 = W_1 / V; \quad (3.11)$$

$$l_2 = W_2 / V. \quad (3.12)$$

Среднее расстояние перемещения равно длине гипотенузы прямоугольного треугольника, имеющего катеты, равные  $l_1$  и  $l_2$ .

Для упрощения вычисления площадей  $W_1$  и  $W_2$  можно построить равновеликие фигуры по разностям нарастающих объемов выемок и насыпей — кривые Брюкнера. Решение задачи распределения земляных масс графоаналитическим методом не дает точного направления перемещения и центров тяжести, но в общих случаях применимо.

### 3.3. Выбор способа производства работ и комплектов землеройно-транспортных и землеройных машин

Характерны два вида земляных работ: вертикальная планировка площадки и устройство выемки.

Вертикальная планировка площадки начинается с подготовительных работ: очистки территории от кустарника, деревьев, валунов; устройства дорог; осушения территории и отвода поверхностных вод, разбивки площадки. К основным работам относятся: рыхление, разработка выемок и транспортирование грунта; разгрузка и разравнивание грунта на участках насыпи; уплотнение грунта; окончательная планировка.

Земляные работы должны быть комплексно механизированы и выполняться поточным методом. Наиболее эффективно это осуществляют землеройно-транспортные машины — бульдозеры и скреперы. В отдельных случаях при значительных рабочих отметках выемки (3 м и более) и дальности возки грунта более 0,5 км применяют экскаваторы в комплекте с автотранспортом. При наличии легко размываемых грунтов, мощных водных источников и дешевой электроэнергии используют гидромеханический способ производства работ.

При подборе комплектов машин следует отдавать предпочтение машинам с автоматическими стабилизирующими устройствами, позволяющими работать в оптимальном режиме, при этом также следует учитывать область их эффективного использования, а при проектировании процесса разработки грунта исходить из прогрессивной технологии производства работ. Например, при бульдозерных работах используют естественный уклон местности или создают искусственный уклон, выполняют разработку грунта траншейным способом, при разработке легких грунтов устанавливают на торцах отвала открьлки (уширители), при значительных объемах (4 тыс. м<sup>3</sup> и более) разработку ведут совместно двумя-тремя бульдозерами.

При скреперных работах для увеличения наполнения ковша  $K_n$  и сокращения продолжительности загрузки рекомендуется использовать трактор-толкач.

Тяжелые грунты, а также грунты с примесью подлежат предварительному разрыхлению, необходимость которого зависит в каждом конкретном случае от местных условий (плотности грунта, мощности машин).

Следовательно, задача сводится к выбору ведущей и вспомогательных машин, увязки их по основным параметрам (производительности, срокам) в общем потоке механизированной цепи.

Для разработки одного и того же участка по условиям производства работ можно применять различные комплекты машин, поэтому окончательный выбор комплекта осуществляется сравнением технико-экономических показателей по каждому варианту: приведенных удельных затрат на 1 м<sup>3</sup> земляных работ, трудоемкости разработки 1 м<sup>3</sup> грунта и продолжительности выполнения работ.

Разработка грунта бульдозерами. Исходя из объемно-планировочных решений, параметров земляного сооружения, темпа производства работ подбирают марку ведущей машины-бульдозера (табл. 3.1).

### 3.1. Область применения бульдозеров и скреперов

Дальность перемещения грунта $L_{п}$ , м	Варианты применения машин по типам	Примечания
$\leq 40$	Бульдозеры (см. прил. 5)	Базовые тракторы ДТ-54 ... ДЭТ-250 Т-80 ... ДЭТ-250 Т-140 ... ДЭТ-250 ДЭТ-250
$\leq 60$		
$\leq 100$		
$\leq 120$		
$\leq 40$	Прицепные скреперы (см. прил. 6)	Вместимость ковша $q$ , м <sup>3</sup> 2,75—15 6—15 8—9 10—15
$\leq 60$		
$\leq 100$		
$\leq 120$		

Эксплуатационная производительность бульдозера, м<sup>3</sup>/смену,

$$P_b = 3600 cVK_c K_{укл} K_B / t_{ц}, \quad (3.13)$$

где  $c = 8,2$  — длительность смены, ч;  $V$  — объем грунта в плотном теле, срезанного отвалом, м<sup>3</sup>;  $K_c$  — коэффициент сохранения грунта во время его транспортирования;  $K_{укл}$  — коэффициент уклона;  $K_B$  — коэффициент использования по времени;  $t_{ц}$  — продолжительность цикла, с.

Объем грунта в плотном теле, срезанного отвалом, м<sup>3</sup>,

$$V \approx \frac{aH^2}{2tg\varphi K_p}, \quad (3.14)$$

где  $a$  — длина отвала, м;  $H$  — высота отвала, м;  $\varphi$  — угол естественного откоса грунта (табл. 3.2);  $K_p$  — коэффициент разрыхления грунта.

Коэффициент сохранения грунта во время транспортирования

$$K_c = 1 - 0,005 L_{п}, \quad (3.15)$$

где  $L_{п}$  — дальность перемещения грунта, м.

Значение коэффициента уклона  $K_{укл}$  для бульдозера:

Уклоны	$K_{укл}$
При спуске:	
0	1
0,1	1,8
0,2	2,5
При подъеме 0,1	0,6

### 3.2. Угол естественного откоса грунта $\varphi$

Тип грунта	Влажность грунта		
	Сухой	Влажный	Мокрый
	Угол откоса, град		
Гравий	40	40	35
Галька	35	45	25
Песок:			
крупный	30	32	27
средний	28	35	25
мелкий	25	30	20
Глина:			
жирная	45	35	15
легкая	50	40	30
Суглинок	40	30	20
Растительный	40	35	25
Насыпной	35	45	27

Длительность цикла, с,

$$t_{ц} = t_p + t_n + t_{об} + t_{пов}, \quad (3.16)$$

где  $t_{пов} = 10 - 12$  с (при работе бульдозера челночным способом без поворота  $t_{пов} = 0$ );  $t_p$ ,  $t_n$ ,  $t_{об}$  определяют по формуле

$$t_{p(n.об)} = 3,6 LK_y / v, \quad (3.17)$$

где  $L$  — длина пути соответственно резания, перемещения и обратного хода;  $K_y$  — коэффициент, учитывающий ускорение, замедление, переключение передач (табл. 3.3);  $v$  — скорость движения, км/ч (резание и перемещение ведутся на первой передаче, возврат порожняком — на третьей и четвертой передачах или задним ходом (табл. 3.4)).

### 3.3. Значения коэффициента ускорения, замедления и переключения передач $K_y$ для прицепных скреперов и бульдозеров

Дальность перемещения грунта, м	III передача		IV передача	
	груженный ход	порожний ход	груженный ход	порожний ход
100	1,2	1,2	1,6	1,4
200	1,2	1,1	1,3	1,2
300	1,1	1,1	1,2	1,2
400	1,1	1,05	1,2	1,1
500	1,05	1,04	1,1	1,1
600	1,04	1,04	1,1	1,1
700	1,04	1,03	1,1	1,1
800	1,03	1,03	1,1	1,1
900	1,03	1,02	1,1	1,1
1000	1,02	1,01	1,1	1,05

Примечание. При движении на I и II передачах и задним ходом  $K_y = 1$ .

### 3.4. Скорость движения тракторов, км/ч

Передача	Марка трактора					
	ДТ-54	С-80	Т-100	Т-130, Т-140	Т-180	ДЭТ-250
I	3,59	2,25	2,36	2,54	2,86	2,6
II	4,69	3,6	3,5	3,74	5,06	3,85
III	5,43	5,14	4,13	5,56	6,9	5,7
IV	6,28	7,4	5,34	8,85	9,46	9,1
V	7,93	9,65	10,12	12,2	13,09	17,6
Задний ход	2,4	2,6—8,7	2,7—7,6	2,2—4,2	3,2—8,9	3,6—4,5

Длина пути резания при толщине стружки  $h$  и клиновидном способе резания, м,

$$L = 2Vl(ah). \quad (3.18)$$

Вариант разработки грунта скреперами. Исходя из условий работы и области применения машин подбираем марку скрепера (см. табл. 3.1). Эксплуатационная производительность скрепера, м<sup>3</sup>/смену,

$$П_э = 3600sq K_1 K_n / t_{ц}, \quad (3.19)$$

где  $q$  — вместимость ковша скрепера, м<sup>3</sup>;

$$K_1 = K_n / K_p, \quad (3.20)$$

где  $K_n$  — коэффициент наполнения ковша рыхлым грунтом (табл. 3.5).

### 3.5. Значение коэффициента наполнения ковша скрепера

Тип грунта	$K_n$	
	Без толкача	С толкачом
Сухой песок	0,5 — 0,7	0,8 — 1,0
Супесь и средний суглинок	0,8 — 0,95	1,0 — 1,2
Тяжелый суглинок и глина	0,65 — 0,75	0,9 — 1,2

Длительность цикла, с,

$$t_{ц} = t_з + t_r + t_n + t_p + t_{пов}, \quad (3.21)$$

где  $t_з$ ,  $t_r$ ,  $t_n$ ,  $t_p$ ,  $t_{пов}$  — время соответственно загрузки ковша, груженого и порожнего ходов скрепера, разгрузки скрепера, на поворота, с.

Продолжительность отдельных элементов цикла, с,

$$t = 3,6 L K_y / v, \quad (3.22)$$

где  $L$  — длина пути отдельных элементов цикла, м;  $v$  — скорость движения, км/ч (при наборе грунта скорость принимается по табл. 3.6, для груженого и порожнего ходов прицепных скреперов — по табл. 3.4. При этом груженный ход выполняют по горизонтальному участку и укатанной поверхности на четвертой передаче, по разрыхленной поверх-

### 3.6. Показатели отдельных элементов рабочего цикла скрепера

Показатель	Прицепные скреперы				Самоходные скреперы		
	Д-541, Д-569	Д-498	ДЗ74В	Д-511	Д-357Г	Д-357М (ДЗ-ПП)	Д-392 (ДЗ-13)
Скорость движения при наборе грунта, км/ч	2,7	1,8	1,9	2	2—3	2—3	2—3
Время выгрузки ковша, с	13	20	21	20	25	23	25
Длина пути разгрузки, м	6—10	6—10	12—18	12—18	15—20	15—20	15—20
Время на два поворота, с	28	45	45	60	25	25	25

ности и участке с подъемом — на третьей передаче; возврат порожняком — на четвертой передаче).

Продолжительность груженого и порожнего ходов рассчитывают с учетом разгона, замедления и переключения передач. Для этого время отдельных элементов груженого и порожнего ходов умножают на коэффициент  $K_y$  (см. табл. 3.3).

Длина загрузки скрепера для клиновидной стружки, м,

$$L_з = \frac{2qK_1(1+m)}{ah}, \quad (3.23)$$

где  $m$  — коэффициент призмы волочения (табл. 3.7);  $a$  — ширина ножа скрепера, м;  $h$  — максимальная толщина стружки, м.

### 3.7. Средние значения коэффициента призмы волочения $m$ для скреперов

Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Песок	Супесь	Суглинок пылеватый		Глина
			сухой	влажный	
6—6,5	0,26	0,22	—	0,1	0,1
10	0,28	0,17	0,13	0,09	0,05
15	0,32	0,16	0,11	0,08	—

Определяем количество скреперов, обслуживаемых одним трактором-толкачом,

$$n = t_{ц} / t_{ц,тол}, \quad (3.24)$$

где  $t_{ц,тол}$  — продолжительность цикла толкача, с,

$$t_{ц,тол} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (3.25)$$

$t_1$  — время загрузки скрепера, с;  $t_2 \approx 15$  — время возвращения в исходное положение, с;  $t_3 \approx 20$  — время подхода к очередному скреперу, с;  $t_4 \approx 15$  — продолжительность переключения передач, остановки перед началом толкания, с.

При производстве планировочных работ бульдозерами или скреперами грунт послойно разравнивается этими же машинами в процессе отсыпки насыпи. При экскаваторной разработке на транспорт и транспортировании грунта автосамосвалами или тракторными прицепами грунт необходимо послойно разравнивать бульдозерами или грейдерами.

Поверхность разравнивания (уплотнения), м<sup>2</sup>,

$$F = V/H, \quad (3.26)$$

где  $V$  — объем насыпи, м<sup>3</sup>;  $H$  — толщина отсыпаемого (уплотняемого) слоя, м.

При уплотнении грунта задача сводится к выбору уплотняющих машин, определению количества проходов по одному следу (табл. 3.8) и решению вопросов рационального использования этих машин.

3.8. Количество ходов по одному следу катков

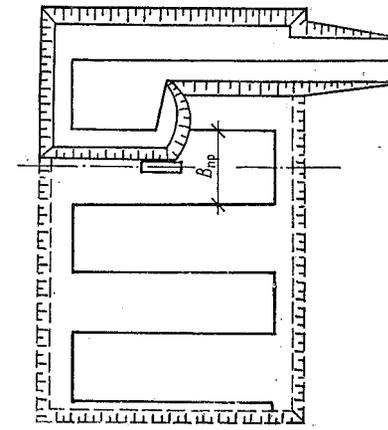
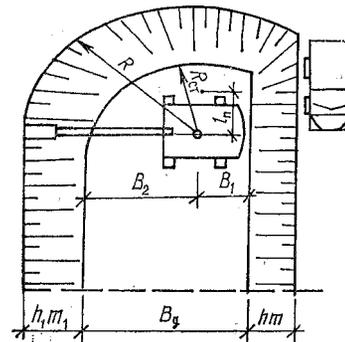
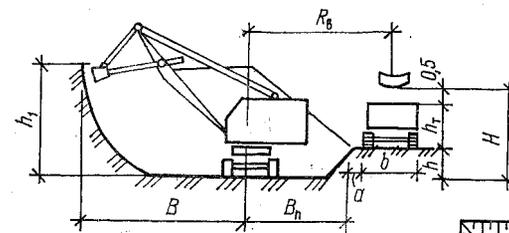
Тип катка	Толщина уплотняемого слоя, м	Необходимое число проходов по одному месту		
		Грунты		
		Песчаные	Суглинистые	Глинистые
Кулачковый прицепной каток массой 5 т (Д-130А) *	0,20	—	12—14	16—18
Гладкий прицепной каток массой 4,4 т (Д-126) *	0,15	4—6	10	12
Пневматический прицепной каток массой 10 т (Д-219)	0,20	6	7	8
Пневматический прицепной каток массой 25 т (Д-263) и 26,5 т (ДСК-1)	0,20 — 0,25	4	5	6
	0,30 — 0,35	6	7	8
	0,40 — 0,50	8	9	10

\* При сцепе двух катков количество проходов уменьшается вдвое.

**Устройство котлована (траншеи).** Учитывая особенности земляного сооружения, объем земляных работ и сроки их производства, выбирают наиболее эффективный метод производства, обеспечивающий комплексную механизацию работ и поточную организацию производства.

Задачей проектирования процесса разработки грунта является выбор типов машин и транспортных средств, определение размеров забоя и схем проходок, расчет транспортных средств, определение сменной эксплуатационной производительности машин, продолжительности процессов разработки. Окончательный выбор комплектов машин производится на основе технико-экономического анализа возможных вариантов.

В жилищном строительстве рытье котлованов осуществляется, главным образом, одноковшовыми экскаваторами, но могут применяться скреперы и бульдозеры.



3.4. Схема разработки котлована боковыми проходками с расположением транспортных средств выше уровня подошвы забоя:

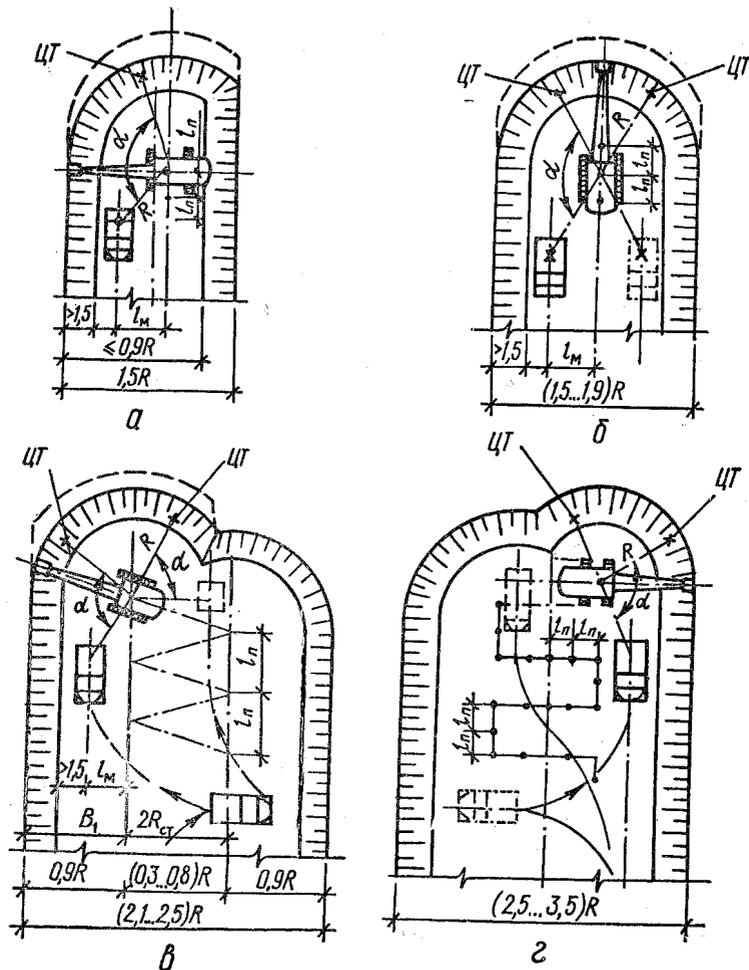
$a$  — поперечный разрез и план забоя;  $b$  — план котлована;  $R, R_{ст}$  — радиус резания максимальный и на уровне стоянки;  $R_б, H$  — радиус и высота выгрузки;  $B, B_n$  — расстояние от оси движения экскаватора до внутренних откосов;  $B_{пр}$  — ширина проходки;  $l_{пр}$  — шаг передвига;  $h$  — глубина котлована;  $b, h_n$  — ширина колеи и высота транспорта;  $d$  — безопасное расстояние нахождения транспорта;  $m_1, m$  — коэффициенты откоса

В промышленном строительстве в зависимости от шага колонн, ширины пролетов, глубины заложения и размеров фундаментов выемки под фундаменты могут быть в виде: отдельных котлованов для каждого фундамента; отдельных траншей, разрабатываемых по осям пролетов; сплошного котлована.

Отдельные небольшие котлованы разрабатываются обычно экскаватором, оборудованным обратной лопатой. Траншеи и сплошные котлованы отрывают экскаватором (прямой, обратной лопатой и драглайном), бульдозерами, прицепами и самоходными скреперами. При разработке грунтов I группы могут использоваться одноковшовые погрузчики.

Экскаватор, оборудованный прямой лопатой, чаще применяется при выемке грунта с погрузкой в транспортные средства. Рытье котлована ведется боковыми и лобовыми проходками (рис. 3.4, 3.5).

При боковой проходке грунт выгружается в транспорт, размещаемый сбоку от экскаватора параллельно его движению, а при лобовой проходке — в транспорт, подаваемый сзади экскаватора по дну котлована.



3.5. Схемы разработки котлована лобовыми проходками:

*a* — с односторонней погрузкой грунта в транспорт; *б* — с двухсторонней погрузкой в транспорт; *в* — уширенной с перемещением экскаватора по зигзагу; *г* — то же, но поперек котлована;  $l_m$  — расстояние от оси движения экскаватора до оси движения транспорта; ЦТ — центр тяжести забоя (левой и правой части)

Возможность разработки боковыми проходками с расположением транспортных средств на уровне бровки котлована (что целесообразно, поскольку длительность цикла работы экскаватора наименьшая) определяют из выражения

$$h \leq H - (h_T + 0,5), \quad (3.27)$$

где  $h$  — глубина котлована со стороны погрузочного пути, м;  $H$  — максимальная высота выгрузки, м;  $h_T$  — высота транспортной единицы до верха борта (погрузочная высота), м; 0,5 — минимально допустимое расстояние между нижней кромкой открытого днища ковша экскаватора и верхом борта транспортной единицы.

Максимальная ширина забоя от оси экскаватора до бровки у погрузочного пути

$$B_{\text{п}} = R_{\text{в}} - \left(\frac{b}{2} + d\right), \quad (3.28)$$

где  $R_{\text{в}}$  — радиус выгрузки при наибольшей практической высоте выгрузки, м;  $b$  — ширина хода транспортной единицы, м;  $d$  — безопасное расстояние от бровки откоса до опорных элементов транспорта, м,

$$d = K - hm, \quad (3.29)$$

где  $K$  — минимально допустимое расстояние по горизонтали от основания откоса выемки до опоры машины, м (табл. 3.9);  $hm$  — заложение откоса, м.

3.9. Минимально допустимое расстояние по горизонтали от основания откоса выемки до ближайшей опоры машины, м

Глубина выемки, м	Тип грунта			
	Песчаный	Супесчаный	Суглинистый	Глинистый
1	1,5	1,25	1	1
2	3	2,4	2	1,5
3	4	3,6	3,25	1,75
4	5	4,4	4	3
5	6	5,3	4,75	3,5

При разработке широких котлованов боковыми проходками максимальная ширина каждой проходки составляет

$$B_{\text{пр}} = B_1 + 0,7 R_{\text{ст}}, \quad (3.30)$$

где  $B_1$  — расстояние от оси движения экскаватора до внутреннего откоса котлована, м;  $R_{\text{ст}}$  — радиус копания на уровне стоянки, м.

При глубине котлованов, не позволяющей вести погрузку транспортных средств на уровне бровки котлованов, разработку осуществляют лобовыми проходками или боковыми с расположением транспортных средств на уровне подошвы забоя. Схему проходок выбирают исходя из габаритов котлована и технических характеристик экскаватора.

В узких котлованах шириной менее  $1,5 R$  экскаватор следует смещать к одному из откосов выемки, а транспорт подавать вдоль противоположного. Экскаватор должен отстоять от основания откоса на таком расстоянии, чтобы был обеспечен беспрепятственный поворот платформы на  $360^\circ$ . Транспорт подают возможно ближе к лобовой части забоя без захода в зону поворота экскаватора, за счет чего угол поворота экскаватора  $\alpha$  может быть уменьшен до  $50^\circ$ , что приводит к значительному повышению производительности труда.

При ширине котлована  $(1,5—1,9) R$  транспорт подается с двух сторон, причем с целью уменьшения угла поворота  $\alpha$ , который может

быть доведен до  $50^\circ$ , каждая единица устанавливается под погрузку вблизи соответствующего откоса выемки, где заполняется ковш, но за пределами окружающей, описываемой платформой экскаватора.

Отрывку котлованов шириной  $(2-2,5)R$  целесообразно вести уширенной лобовой проходкой с перемещением по зигзагу, а при ширине  $(2,5-3,5)R$  — уширенной проходкой с поперечно-лобовым перемещением экскаватора. При ширине выемки более  $3,5R$  необходимо сначала пройти лобовой проходкой, а затем боковыми проходками.

Максимальная длина рабочей передвижки  $l_n$  соответствует разнице между максимальным и минимальным радиусами резания, но практически длина рабочей передвижки меньше. Для механических экскаваторов  $l_n = 1,8-2$  м (для экскаваторов с ковшом вместимостью  $0,35-0,65$  м<sup>3</sup>) или  $l_n = 2-3$  м (с вместимостью ковша  $0,8-3$  м<sup>3</sup>).

Разработку котлована обратной лопатой и драглайном выполняют торцовыми и боковыми проходками. Этими способами можно разрабатывать котлованы шириной:  $(1,6-1,7)R$  — торцовой проходкой при движении по прямой; до  $3R$  — двумя торцовыми проходками;  $(3-3,5)R$  — при перемещении экскаватора по зигзагу;  $3,5R$  — при поперечно-торцовом перемещении экскаватора.

При выборе экскаватора, оборудованного обратной лопатой или драглайном, необходимо знать рабочие параметры котлована (траншеи): максимальные глубину  $h_t$  и ширину поверху  $2a$ . Зная  $h_t$  и  $a$  определяют требуемый радиус выгрузки  $R_{в.тр}$  для образования отвала грунта и высоту отвала  $h_{от}$  (см. рис. 3.6 — рассмотрен случай работы экскаватора навывмет).

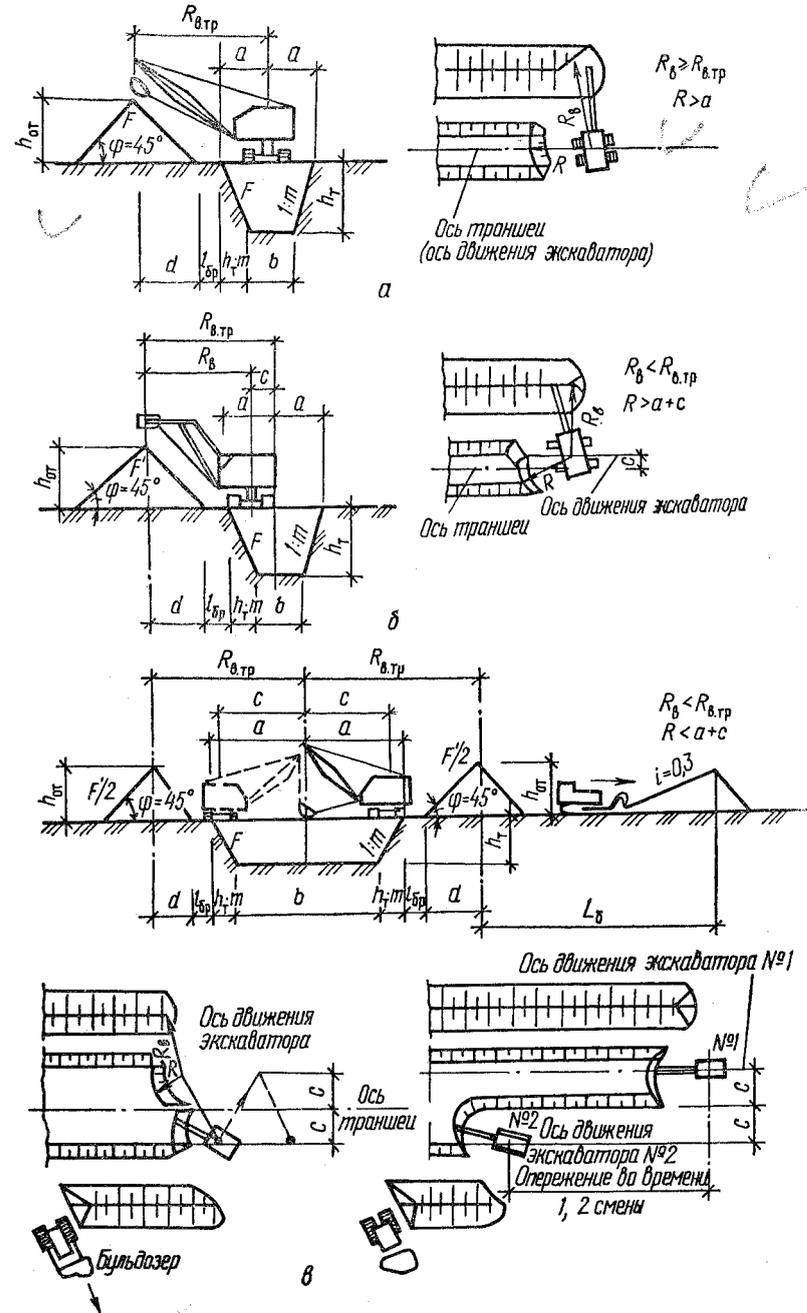
Из условия  $h_k \geq h_t$ , где  $h_k$  — наибольшая глубина копания экскаватора, подбираем соответствующую марку машины. Затем, сопоставляя  $a$ ,  $R_{в.тр}$  и  $h_{от}$  с рабочими параметрами экскаватора: наибольшим радиусом резания на уровне стоянки  $R$ , наибольшим радиусом выгрузки  $R_b$  и наибольшей высотой выгрузки  $H$ , — выбираем оптимальную схему разработки грунта (рис. 3.6). Среди приведенных схем выделим следующие: экскаватор перемещается по оси выемки с образованием отвала грунта на одну сторону выемки (рис. 3.6, а); со смещением оси движения на величину  $c = R_{в.тр} - R_b$  в сторону отвала (рис. 3.6, б); экскаватор перемещается по зигзагу с образованием отвала по обеим сторонам выемки (рис. 3.6, в) (можно вести разработку двумя экскаваторами с перемещением по прямой со смещением оси на величину  $c$  в сторону отвала).

Схема забоя с разработкой грунта экскаватором, оборудованным драглайном, с погрузкой на автосамосвалы приведена на рис. 3.7.

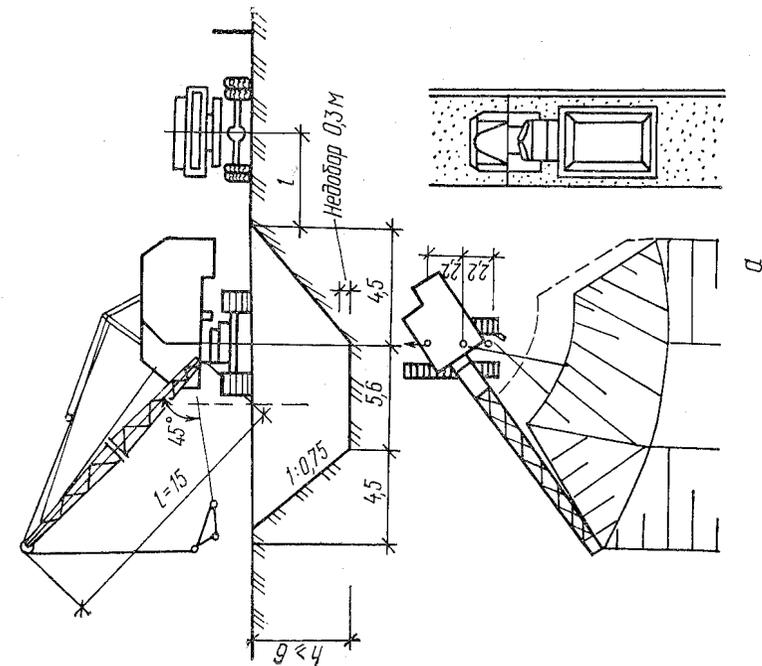
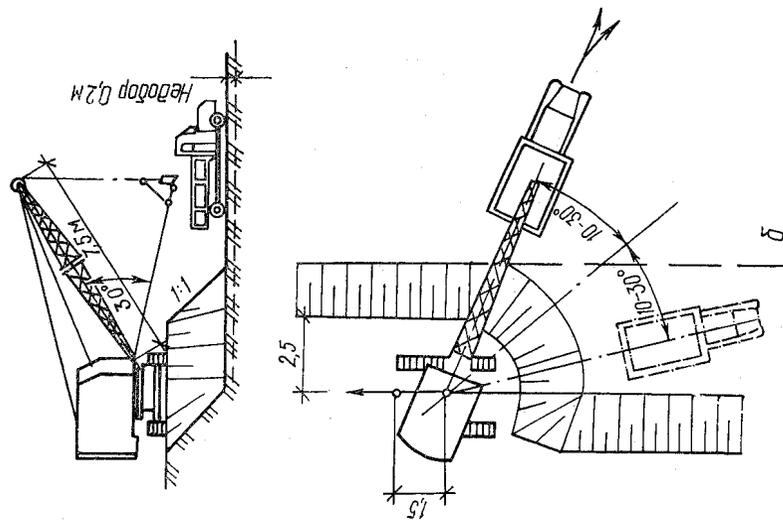
При погрузке грунта на транспорт эксплуатационная производительность одноковшовых экскаваторов составляет

$$P_э = 60c n_T K_B K_1, \quad (3.31)$$

где  $c = 8,2$  — продолжительность смены, ч;  $q$  — вместимость ковша, м<sup>3</sup>;  $n_T$  — техническое число циклов в минуту (ЕНиР, сб. Е2 «Земляные работы»);  $K_B$  — коэффициент использования по времени (ЕНиР,



3.6. Схемы разработки траншей (котлованов) одноковшовыми экскаваторами, оборудованными драглайном (или обратной лопатой): а — при движении по оси траншеи (котлована) с образованием отвала с одной стороны; б — то же, но со смещением оси движения в сторону отвала; в — с перемещением по зигзагу и образованием отвала по обеим сторонам траншеи (котлована) или с разработкой выемки двумя экскаваторами



3.7. Схема рабочего места экскаватора, оборудованного драглайном, при проходке:  
 а — горловой; б — боковой

сб. Е2 «Земляные работы»);  $K_1$  — коэффициент наполнения ковша плотным грунтом

$$K_1 = K_n / K_p, \quad (3.32)$$

где  $K_n$  — коэффициент наполнения ковша рыхлым грунтом (табл. 3.10);  $K_p$  — коэффициент разрыхления грунта (ЕНиР, сб. Е2 «Земляные работы»).

### 3.10. Значения коэффициента наполнения ковша экскаватора $K_n$

Тип грунта	Группа грунта	Прямая лопата	Драглайн и обратная лопата
Песок и гравий сухие, щебень и хорошо взорванная скала	I, V, VI	0,95 — 1,02	0,8 — 0,9
Песок и гравий влажные	I, II	1,15 — 1,23	1,1 — 1,2
Суглинок	II	1,05 — 1,12	0,8 — 1
То же, влажный	I, II	1,2 — 1,32	1,15 — 1,25
Глина средняя	II	1,08 — 1,18	0,98 — 1,06
То же, тяжелая	IV	1 — 1,1	0,95 — 1
Плохо взорванная скала	V, VI	0,75 — 0,9	0,55 — 0,8

Следует учитывать, что наполнение ковша экскаватора обеспечивается при определенной высоте забоя (табл. 3.11, 3.12).

### 3.11. Наименьшая высота забоя, м, обеспечивающая наполнение ковша экскаватора с «шапкой» при разработке грунта с прямой лопатой

Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Группа грунта		
	I—II	III	IV
0,25	1,5	2,5	3
0,4—0,5	1,5	2,5	3,5
0,65—0,8	2,5	4,5	5,5
1—1,25	3	4,5	6
1,6—2,5	3	4,5	6

### 3.12. Наименьшая глубина забоя, м, обеспечивающая наполнение ковша экскаватора грунтом с «шапкой» при разработке с обратной лопатой

Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Тип грунта	
	Несвязный	Связный
0,25	1	1,5
0,4—0,5	1,2	1,8
0,65—0,8	1,5	2
1—1,25	1,7	2,3

Определяем необходимое количество автосамосвалов при работе в комплекте с экскаватором. Для этого находим количество ковшей, загруженных в кузов автосамосвала,

$$M = P / (qK_1), \quad (3.33)$$

где  $P$  — вместимость кузова автосамосвала, м<sup>3</sup> грунта в плотном теле. Длительность погрузки одной машины

$$t_n = M / (n_T K_T), \quad (3.34)$$

где  $K_T$  — коэффициент влияния транспорта (табл. 3.13).

### 3.13. Значения коэффициента влияния транспорта $K_T$

Количество ковшей, шт.	Способ разработки и подача транспорта	$K_T$
2—3	Кольцевой при фронтальной разработке	0,85 — 0,89
4—6	То же	0,87 — 0,94
2—3	Тупиковый при лобовой разработке с подачей двух машин	0,82 — 0,87
4—6	То же	0,85 — 0,92
2—3	Тупиковый при лобовой разработке с подачей одной машины	0,55 — 0,6
4—6	То же	0,65 — 0,75

Примечание. Под транспортом понимается автотранспорт и тракторный транспорт.

Количество автосамосвалов

$$N = \frac{t_{ц}}{t_n} = \frac{t_n + (120L/v_{ср}) + t_{р.м}}{t_n}, \quad (3.35)$$

где  $t_{ц}$  — продолжительность цикла автосамосвала, мин;  $L$  — дальность перемещения грунта, км;  $v_{ср}$  — средняя скорость движения (табл. 3.14);  $t_{р.м}$  — продолжительность разгрузки с маневрированием.

### 3.14. Средняя скорость движения землеройно-транспортных машин, км/ч, по дорогам с различным покрытием

Тип покрытия дороги	Дальность перемещения грунта, км					
	Автосамосвалом			Самоходным скрепером		
	0,4 — 0,99	1 — 1,99	2 — 5	0,4 — 0,99	1 — 1,99	2 — 5
Асфальт, бетон, железобетонные сборные плиты	20	25	35	18	25	30
Щебеночное, гравийное	18	22	30	15	18	20
Булыжное	16	20	27	12	14	18
Грунтовая дорога	15	17	25	10	12	16

При разработке котлована экскаватор не добирает грунт до дна, чтобы не нарушить структуру основания (табл. 3.15). Как правило, подчистку и планировку дна котлована выполняют с помощью бульдозера с окучиванием грунта и последующим выбросом его экскаватором или же перемещением бульдозером за пределы котлована по въездной траншее с дальнейшим разравниванием.

### 3.15. Допустимые значения недобора грунта при доработке оснований, см

Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Рабочее оборудование		
	Прямая лопата	Обратная лопата	Драглайн
<i>Механические экскаваторы</i>			
0,4	5	10	15
0,65	10	15	20
0,8—1,25	10	20	25
1,5—2,5	15	27	30
3—5	20	—	30
<i>Гидравлические экскаваторы</i>			
0,5	5	5	—
0,65—1	7	10	—
1,25—1,6	7	10	—
2—3,2	10	12	—

Для разравнивания грунта на отвале используют бульдозеры, а для уплотнения — катки. При комплексной механизации производительность этих машин должна быть равна или несколько превышать производительность ведущей машины (экскаватора).

Разработка котлована самоходными скреперами эффективна при значительных объемах работ. При этом следует учитывать, что в процессе разработки котлована образуется въезд и выезд, которые определяют по формуле

$$V = m_1 \left( \frac{Ah^2}{2} + \frac{h^3 m}{3} \right) - V_{тор}, \quad (3.36)$$

где  $m_1$  — коэффициент заложения дна выезда (въезда);  $A$  — ширина выезда (въезда), м;  $h$  — глубина котлована, м;  $m$  — коэффициент заложения откосов;  $V_{тор}$  — объем котлована на торцах, м<sup>3</sup>.

Эксплуатационная производительность самоходного скрепера, м<sup>3</sup>/смену,

$$П_э = \frac{3600}{t_{ц}} c q K_1 K_h K_B, \quad (3.37)$$

где  $K_h$  — коэффициент влияния глубины разработки и высоты отвала грунта (табл. 3.16).