

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра обогащения полезных ископаемых**

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК**

*Методические указания по курсовому проектированию  
для студентов специальности 21.05.04*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2020**

УДК 622.7(073)

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК:** Методические указания по курсовому проектированию / Санкт-Петербургский Горный университет. Сост.: *А.О. Ромашев, Н.В. Николаева*. СПб, 2020. 32 с.

Изложены требования для выполнения курсового проекта по дисциплине «Проектирование обогатительных фабрик». При выполнении, изложенных в методических указаниях заданий, закрепляются знания, полученные при изучении теоретического курса и приобретаются навыки самостоятельной исследовательской работы студентов.

Предназначены для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело», специализация «Обогащение полезных ископаемых».

Научный редактор проф. *Т.Н. Александрова*

Рецензент канд. техн. наук *В.А. Таранов* (АО «Механобр инжиниринг»)

## **ВВЕДЕНИЕ**

Выполнение курсового проекта является завершающим этапом изучения дисциплины «Проектирование обогатительных фабрик», в процессе которого студент разрабатывает и обосновывает схему обогащения заданного типа руды с учетом требований, предъявляемых к концентратам и учитывая особенности исходной руды.

При выполнении курсового проекта (далее КП) студент должен использовать современные мировые достижения в области теории и практики, применять рациональные, комплексные технологии с учётом охраны окружающей среды и экономической рентабельности.

### **1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части.

В общем случае структура пояснительной записки должна выглядеть следующим образом:

- титульный лист;
- задание;
- аннотация;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- библиографический список;
- приложения.

Основная часть пояснительной записки должна включать следующие разделы:

- обзор практики обогащения данного типа руд (характеристики месторождений подобного типа, основные физические свойства минералов, мировые аналоги и др.);
- выбор и обоснование схемы обогащения;
- расчет качественно-количественной схемы обогащения;
- расчет водно-шламовой схемы;
- расчет и выбор обогатительного оборудования;

Помимо приведённых выше разделов пояснительная записка может включать дополнительные разделы.

Кроме пояснительной записки к КП прикладывается графический материал на листах формата А1 (по усмотрению руководителя проектирования допускается уменьшение формата графической части), выполненные в САПР.

Графический материал части состоит из следующих листов:

1. Совмещённая качественно-количественная и водно-шламовая схема – 1 лист;
2. Схема цепи аппаратов – 1 лист;
3. Планы и разрезы по всем основным и вспомогательным цехам обогатительной фабрики – 4-6 листов;
4. Ситуационная схема сооружений (генеральный план) – 1 лист.

## **2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Исходные данные выдаются студенту в установленный срок на бланке задания и подписываются руководителем КП, студентом и утверждаются заведующим кафедрой.

При выполнении КП могут задаваться следующие исходные данные:

1. Тип руды (золотосодержащая, медно-молибденовая, медно-никелевая и др.) и месторождение;
2. Производительность обогатительной фабрики по руде;
3. Данные для расчета качественно-количественной и водно-шламовой схемы, как правило задаются содержания полезных компонентов в исходной руде и в концентратах, а также извлечения.

В качестве исходных данных допускается использование результатов, полученных в ходе выполнения научно-исследовательской работы студента, при согласовании с руководителем КП.

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ**

#### **3.1. ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ**

Титульный лист является первым листом записки и заполняется по стандартной форме.

#### **3.2. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

Задание подписывается руководителем курсового проекта и утверждается заведующим кафедрой. Форма задания типовая.

#### **3.3. АННОТАЦИЯ**

Аннотация – сокращённое изложение основных результатов курсового проекта. В общем случае аннотация содержит тему; характеристику руды; сведения об предложенных и рассчитанных проектно-компоновочных решениях. Изложение текста аннотации должно быть лаконичным, ясным и представлено на двух языках: русском и английском. Объем аннотации не должен превышать одной страницы. Лист аннотации является первым нумеруемым листом пояснительной записки и имеет порядковый номер 3 [10].

#### **3.4. СОДЕРЖАНИЕ**

Включает наименование всех разделов, подразделов и пунктов с указанием номеров страниц, на которых размещается начало материалов разделов (подразделов, пунктов). Слово «СОДЕРЖАНИЕ» пишется в виде заголовка по центру страницы прописными буквами шрифт жирный. Наименования, включённые в содержание, пишутся строчными буквами. Более подробно об оформлении содержания написано в [10].

#### **3.5. ВВЕДЕНИЕ**

Во введении должна быть отражена общая информация об данном типе руды. Рекомендуется привести краткий обзор сфер применения получаемого концентрата, основных потребителей и производителей. Приводятся требования, предъявляемые к концентрату

#### **3.6. ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ**

В данном пункте приводятся сведения о географическом размещении месторождений данного типа руд, характеристика полезных ископаемых входящих в их состав:

– химический и минералогический состав;

- крупность вкраплений основных минералов;
- ценные и вредные компоненты;
- плотность и насыпная масса руды, твёрдость;
- состав пустой породы;
- фракционный состав (по плотности, магнитным свойствам, флотуемости и т.д.).

Так же в данном разделе приводятся природно-климатические условия выбранного района проектируемой фабрики. Способы добычи полезного ископаемого, возможность его выдачи по сортам. Погрузочные устройства на поверхности рудника. Способ и график доставки сырья на обогатительную фабрику. Номинальная крупность и влажность выдаваемого рудником полезного ископаемого, его гранулометрический состав. Выбор площадки в зависимости от рельефа местности. Требования промышленности к качеству конечной продукции и т.д.

### **3.7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.**

Технологическая часть состоит из четырех основных подразделов:

- обзор современных фабрик и методов обогащения руд аналогичного состава, выбор рациональной техники и технологии производства и расчёт качественно-количественной схемы и водно-шламовой схемы рудоподготовки и обогащения;
- выбор и расчёт основного и вспомогательного технологического оборудования по всем переделам обогатительной фабрики;
- специфические условия ведения технологического процесса;

#### **3.7.1. Выбор и расчёт качественно – количественной и водно-шламовой схем, схемы рудоподготовки и обогащения**

В данном подразделе описываются результаты научно – исследовательских работ на обогатимость, являющиеся основанием для выбора схем, либо обоснование выбора той или иной схемы; приводится описание и расчёт технологических и водно-шламовых схем в зависимости от принятых в проекте производительности фабрики, режимов работы корпусов дробления, обогащения и других исходных данных. Рекомендуется при расчётах использовать методики, приведённые в соответствующих разделах [2-6].

Приводится методика и результаты расчёта качественно-количественной схемы обогащения с указанием применяемых реагентов, их расхода и точек подачи, а также методика и результаты расчёта водно-шламовой схемы [3, 4].

В подразделе описывается методика расчёта технологической схемы. Результаты расчёта приводятся в виде пооперационной таблицы показателей о продуктах, поступающих и выходящих из каждой операции. Пример части пооперационной таблицы приведён в таблице 1

Таблица 1.

**Пример представления результатов расчёта схемы**

№	Наименование операций и продуктов	$\gamma$ , %	$\beta^{Ni}$ , %	$\beta^{Cu}$ , %	$\epsilon^{Ni}$ , %	$\epsilon^{Cu}$ , %	$Q$ , т/ч
	<i>Основная Cu флотация</i>						
	<i>Поступает:</i>						
19	Слив классификации	100	0,85	2,05	100	100	2163
26	Хвосты пер. Cu флот.	3,8	2,56	5,55	11,61	10,3	82,2
22	Итого:	103,8	0,94	2,18	111,61	110,3	2245,2
	<i>Выходит:</i>						
23	Конц-т осн. Cu флот.	10,2	1,79	17,51	21,48	87,2	220,6
24	Хвосты осн. Cu флот.	93,6	0,9	0,65	90,1	23,1	2024,6
	Итого:	103,8	0,94	2,18	111,61	110,3	2245,2

Подраздел заканчивается балансовой таблицей конечных продуктов, полученных по схеме. Пример части балансовой таблицы приведён в таблице 2. После расчёта водно-шламовой схемы приводится таблица баланса воды по всем операциям.

Таблица 2.

**Технологический баланс продуктов обогащения**

№	Наименование продуктов	$\gamma$ , %	$\beta^{Ni}$ , %	$\beta^{Cu}$ , %	$\epsilon^{Ni}$ , %	$\epsilon^{Cu}$ , %	$Q$ , т/ч
	<i>Концентраты:</i>						
25	Cu концентрат	6,4	1,31	24,61	9,9	76,9	138,4
30	Ni-Po концентрат	8,34	5,61	3,43	55,02	13,95	180,4
	Итого:	14,74	3,74	12,6	64,92	90,85	318,8
	<i>Хвосты:</i>						
29	Хвосты отвальные	85,26	0,35	0,22	35,08	9,15	1844,2
	Всего:	100,0	0,85	2,05	100,0	100,0	2163,0

### **3.7.2. Выбор и расчёт основного и вспомогательного технологического оборудования.**

Подраздел включает обоснование типа выбираемого оборудования для всех переделов и расчёт числа аппаратов.

Приводятся данные о принятых удельных нагрузках, обоснования принятых коэффициентов использования оборудования и выбранных типоразмеров аппаратов [3-6]. Сравниваются варианты установки машин разного типоразмера и выбирают оптимальный в технико-экономическом отношении вариант.

### **3.7.3. Специфические условия ведения технологического процесса**

Подраздел включает сведения разного вида в зависимости от типа перерабатываемого сырья и используемого процесса. Для флотационных фабрик в раздел включаются сведения по реагентному хозяйству проектируемой обогатительной фабрики, назначению и характеристике реагентов, способу подачи в процесс, концентрации и расходу.

Для гравитационных фабрик, использующих тяжёлосредной обогащение, в подразделе может рассматриваться вопрос приготовления и регенерации суспензии и так далее.

## **3.8 ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В заключении приводятся краткие выводы по всем разделам КП.

## **3.9 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

Список использованной литературы составляется в алфавитном порядке, шрифт Times New Roman, размер 10 пунктов, начертание обычное. Фамилия и инициалы автора выделяются курсивом.

В зависимости от количества авторов и типа издания в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 и ГОСТ 7.82-2001 предусматриваются различные типы библиографического описания. Более подробно правила составления библиографического списка приведены в методических указаниях [1] и соответствующих ГОСТах.

## **3.10. ПРИЛОЖЕНИЕ**

При необходимости дополнительной иллюстрации дипломного проекта фактическими данными, занимающими значительный объем, они могут быть приведены в виде таблиц,



протоколов, актов в приложении. Здесь же могут быть даны тексты и схемы рационализаторских предложений, поданных с участием автора, копии заявок на изобретение и статей.

## **4. ТРЕБОВАНИЯ К ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА**

### **4.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ**

Для защиты курсового проекта необходимо подготовить демонстрационные материалы, поясняющие и раскрывающие содержание работы и принятые в ходе выполнения проекта решения. Конструкторские документы, являющиеся частью выпускной квалификационной работы, выполняются карандашом, или при помощи графических САД- программ (Компас-График, AutoCAD и др.). Все конструкторские документы выпускных квалификационных работ должны выполняться в полном соответствии с государственными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Основную надпись рекомендуется выполнять по форме 1 в соответствии с ГОСТ 2.104-2006 [1].

Линии в графической части наносятся в соответствии с ГОСТ 2.303-68. При выполнении чертежей на листах формата А1 рекомендуется использовать следующие типы линий:

- сплошная основная ( $S=1,0-1,2$  мм) - для условных графических обозначений технологического процесса и оборудования, для основных технологических взаимосвязей (потоков продуктов);
- сплошная утолщенная толщиной  $(1,5-1,6)S$  - для вычерчивания полок с названиями операций в принципиальных схемах, характеризующих обогатительный процесс с качественно-количественной стороны;
- сплошная тонкая линия толщиной  $(0,3-0,4)S$  - для вычерчивания линий-выносок, позиций, для изображения вспомогательных связей и контура конструкций;
- штрихпунктирная гонкая  $(0,3-0,4)S$  с длиной штриха около 15 мм, расстояниями между штрихами 3-5 мм - для показа условно элементов и помещений, не входящих непосредственно в объект;
- штриховая линия толщиной  $0,5S$ , длиной штриха 6-8 мм и расстоянием между ними 2 мм для изображения вспомогательных взаимосвязей, например, потоков сырья, воды [15].

Надписи, наносимые на чертежи и другую техническую документацию, наносятся чертёжным шрифтом (ГОСТ 2.304-81). На чертежах, выполненных карандашом, размер шрифта должен быть не менее 3,5. Рекомендуемый размер шрифта при нанесении размеров - 5, технических условий – 7.

Рекомендуется использовать наклонный шрифт (типа Б), имеющий угол наклона около  $75^\circ$  к основанию строки (размер шрифта в этом случае измеряется по перпендикуляру к основанию строки) [1].

При выполнении чертежа следует обратить внимание на эстетическую сторону, предусматривающую рациональное использование и размещение графического материала на листе (должно быть использовано не менее 70 % поля чертежа).

Все схемы выполняются без соблюдения масштаба и по возможности максимально компактно. Схемы должны иметь минимальное количество изломов и пересечений линий связи. Расстояние между параллельными линиями связи должно быть более 3 мм. При выполнении чертежей схем следует руководствоваться общепринятыми изображениями схем при проектировании обогатительных фабрик, примеры можно найти в [4].

#### **4.2. КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННАЯ И ВОДНО-ШЛАМОВАЯ СХЕМА**

При курсовом проектировании технологические схемы переработки полезных ископаемых должны быть приведены как в пояснительной записке, так и на демонстрационных плакатах (чертежах), используемых в процессе доклада – защиты проекта. Как правило, приводятся совмещённые качественно-количественная и водно-шламовая схемы на одном чертеже.

На качественно-количественной и водно-шламовой схеме отображаются последовательные операции процесса переработки (рис.2-3).

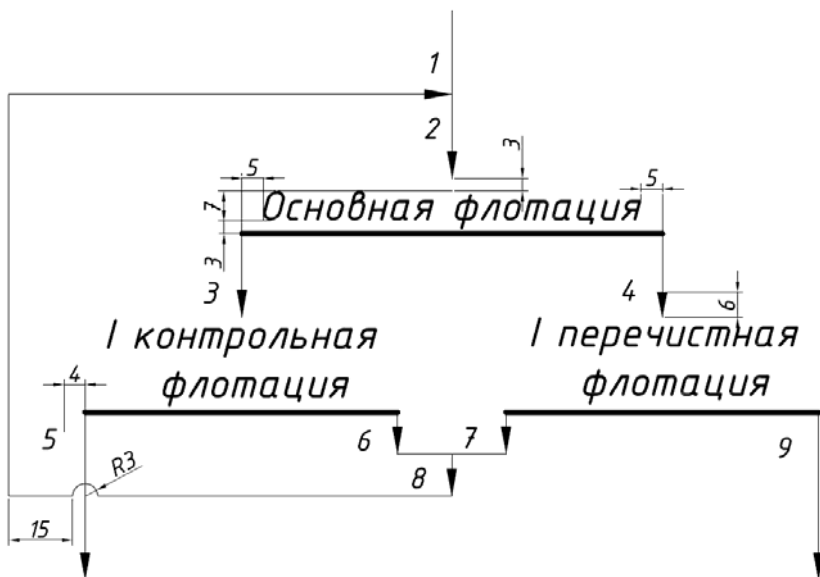


Рис. 2. Представление технологической схемы

Схемы обогащения изображают в определённом установленном порядке. Технологические операции изображают одной жирной горизонтальной линией толщиной 1-2 мм, над которой написано название операции. Движение продуктов обозначают линиями со стрелкой. При пересечении вертикальных и горизонтальных линий движения продуктов обводку показывают на горизонтальной линии. При построении схемы стремятся обеспечить минимум потоков, направляемых вертикально, и вывод всех продуктов обогащения на горизонтальную прямую внизу схемы [2].

Помимо этого, на качественно-количественной схеме приводятся сведения о количестве и качестве всех продуктов, а на водно-шламовой данные о количестве воды, разжижении и так далее. В случае, если схема достаточно громоздка, приводятся сведения об исходном и всех конечных продуктах схемы (цикла) и тех продуктов, информация о которых необходима для выполнения и представления дипломного проекта.

На схеме могут указываться следующие основные качественно-количественные показатели:

- выход продукта  $\gamma$ , %;

- массовая производительность по твёрдому  $Q_{\text{ТВ}}$ , т/ч;
- то же по пульпе (объем пульпы)  $V_{\text{П}}$  м<sup>3</sup>/ч;
- количество жидкого (воды) в продукте  $Q_{\text{Ж}}$ , м<sup>3</sup>/ч;
- разжижение  $R$  (отношение Ж:Т по массе);
- массовая доля (содержание) ценного (расчётного) компонента в продукте  $\beta$ , %. Содержание, кроме того, иногда выражается в граммах на тонну, каратах либо в специальных единицах (например, для измерения калорийности горючих полезных ископаемых);
- извлечение ценного (расчётного) компонента  $\varepsilon$ , %;
- массовая доля расчётного класса (чаще всего класса – 0,074 мм в продукте  $\beta^{-0,074}$ , %;
- номинальный диаметр (размер) куска  $D_{\text{Н}}$ , мм;
- массовая доля твёрдого в продукте  $\beta_{\text{ТВ}}$ , %;
- влажность продукта  $W$ , %.

Операции на схеме нумеруются римскими цифрами с правой стороны листа по вертикальной линии, а продукты – арабскими. Порядок размещения цифровых значений для каждого параметра определяется «легендой» (таблицей), приводимой на листе листа. В таблицах на схеме для каждого продукта приводятся только цифры без размерностей. В таблицах приводятся только те сведения, которые необходимы для расчёта данного цикла.

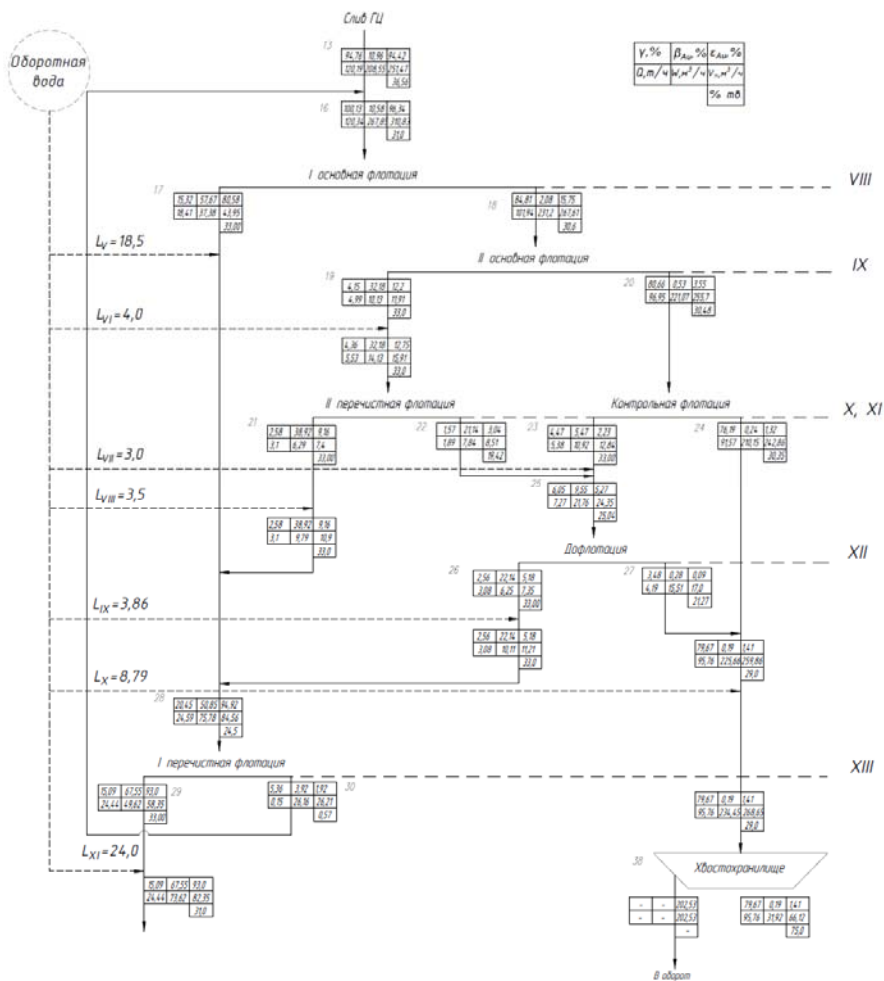


Рис. 3. Пример оформления совмещённой качественно-количественной и водно-шламовой схемы

Количество воды, добавляемой к продуктам или в операции, обозначается  $L_n$  или  $L_m$  и указывается на схеме пунктирной линией из круга в левом верхнем углу, что символически изображает бак оборотной или свежей производственной воды.

Схема выполняется на чертежах формата А1 (допускается формат А0)

#### **4.3. СХЕМА ЦЕПИ АППАРАТОВ**

На схеме указывается порядок прохождения полезного ископаемого через транспортные, дозирующие, обогатительные аппараты, склады и бункера. При наличии параллельных секций схема даётся для одной секции, с указанием общего числа аппаратов в спецификации. Пример изображения схемы цепи аппаратов приведён на рис 4.

Элементы на схеме обозначаются в виде условных графических изображений или внешних очертаний. Допускается изображение отдельных элементов в виде прямоугольников. Спецификацию схемы цепи аппаратов составляют по форме, приведенной в приложении 6.

Все элементы схемы цепи аппаратов нумеруются по направлению технологического процесса и вписываются в спецификацию в следующем порядке:

- при цифровых позиционных обозначениях в порядке возрастания номеров через определенные интервалы допускается оставлять несколько незаполненных строк;
- при многократном использовании однотипных элементов допускается в графе «наименование» проставлять кавычки или помещать эти наименования в виде заголовка;
- если на схеме элементам даны обозначения позиций по переделам (дробильно-сортировочный, обогатительный и т.д.), то элемент в спецификации записывается по переделам, причем запись начинается с заголовка соответствующего передела [15].

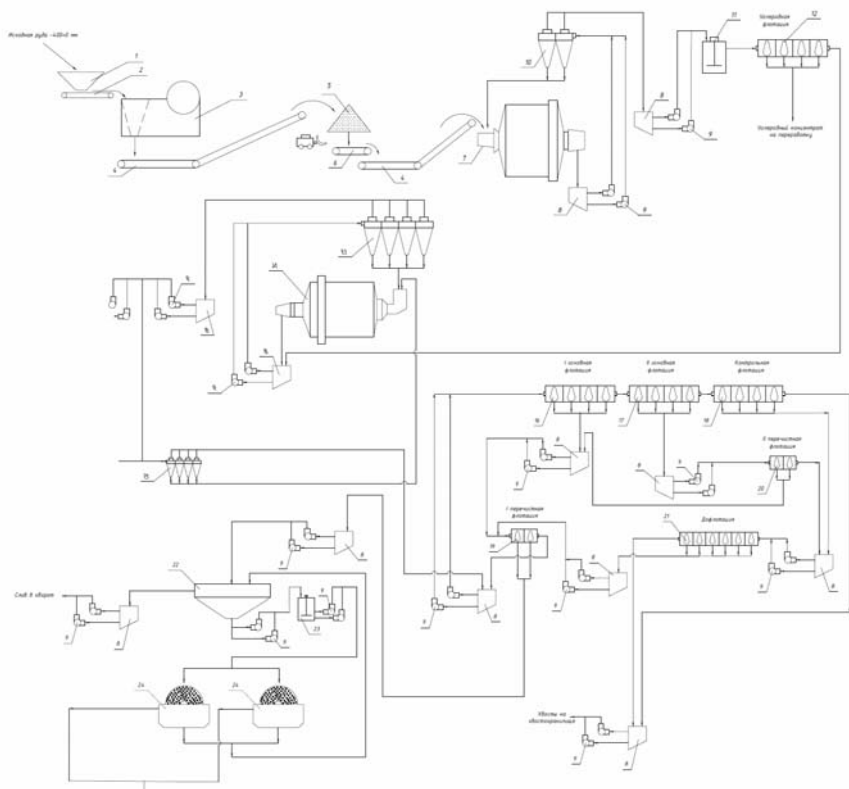


Рис. 4. Пример оформления схемы цепи аппаратов

#### 4.4. ПЛАНЫ И РАЗРЕЗЫ ПО ЦЕХАМ ФАБРИКИ

Приводятся разрезы и планы по согласованным с руководителем проекта цехам (корпусам, отделениям) фабрики. На чертежах указывают основные строительные размеры (шаг колонн, ширина и высота пролётов), отметки, габариты основного устанавливаемого оборудования (рис. 5-7). Изображение основных аппаратов воспроизводится в масштабе по данным каталогов с учётом реальных габаритов. На чертежах помимо оборудования изображаются фундаменты каркаса здания и аппаратов, колонн, стены, оконные и дверные проёмы, ворота, кровли, подъёмно-транспортное оборудование, переходные мостки, обслуживающие

площадки, лестницы, дренажные канавы, монтажные проёмы, ремонтно-монтажные площадки и т.д. На планах многосекционных фабрик с установкой однотипного оборудования допускается вычерчивание габаритных контуров аппаратов (мельниц, флотомашин и так далее).

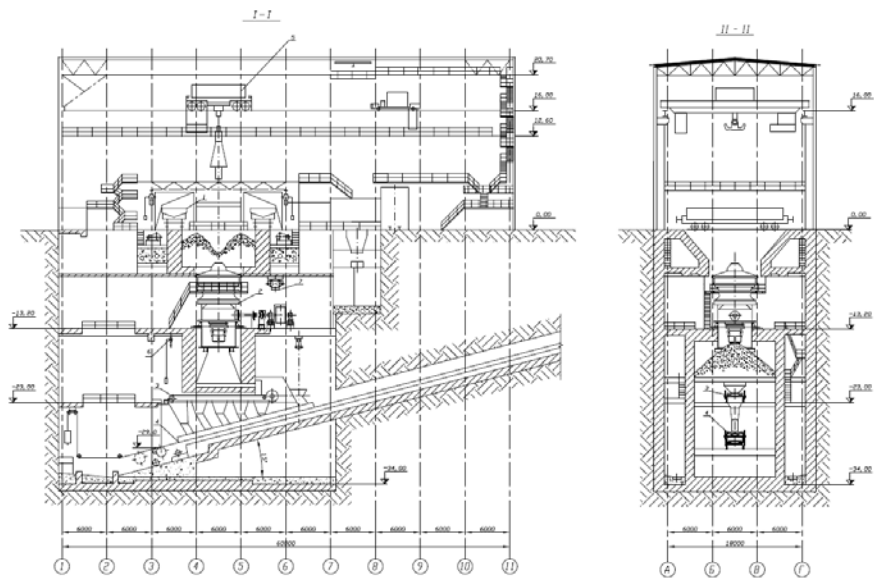


Рис. 5. Пример оформления плана и разреза корпуса крупного дробления



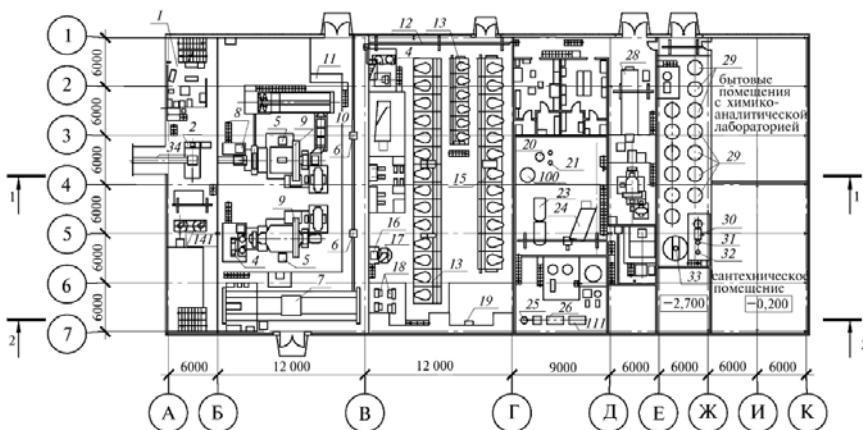


Рис. 6. Пример оформления плана главного корпуса [4]

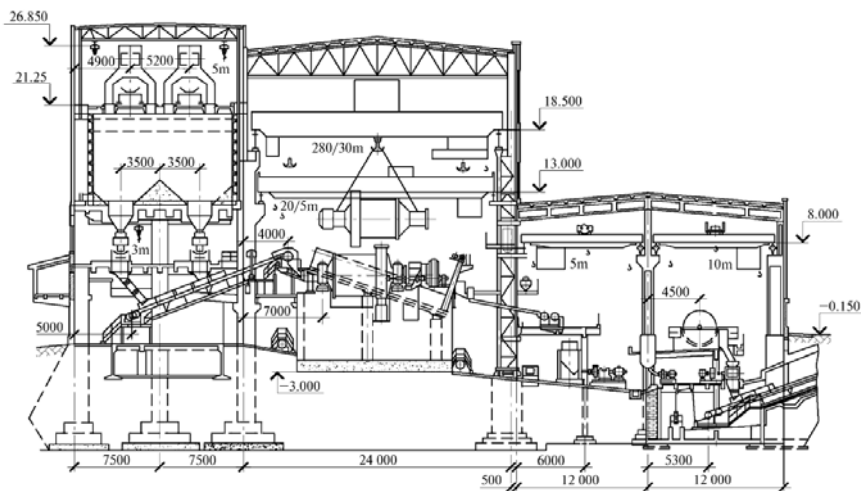


Рис. 7. Пример оформления разреза главного корпуса [4]

Рабочие чертежи должны давать полное представление о характере здания, его конструктивных особенностях, объемно-планировочных решениях и взаимном соединении отдельных его частей. Для этого приняты условные обозначения, которыми на рабочих чертежах обозначают все материалы и конструктивные элементы. На этих же чертежах наносят расстояния между отдельными элементами

При оформлении строительных чертежей существует общее правило: элемент, который нужно выполнить при наличии на чертеже других линий видимою контура, обводят сплошной основной линией. На планах и разрезах все технологическое оборудование изображается основной линией. Все прочие линии имеют толщину  $S/2$ ;  $S/3$ .

Попавшие в сечение наружные и внутренние капитальные стены, выполненные из материала основного здания, не штрихуют, а их контуры обводят линией толщиной  $S/2$ . Штриховкой выделяют только участки стен и перегородок, выполненных из другого материала.

Контуры, не попавшие в разрез секущих плоскостей и расположенные за секущей линией, обводят тонкой линией толщиной  $S/3$ .

На разрезах зданий и сооружений линия контура земли должна быть толщиной  $1,0 \text{--} 1,5S$  и выходить за пределы разреза на 20-30 мм, а земля штриховаться согласно стандарту.

Несущие элементы конструкции (прогоны, фундаментные подкрановые балки), попавшие в разрез, следует штриховать или чернить.

Вычерчивание плана начинают с разбивочных осей стен и колонн. Оси обозначаются марками (цифрами и буквами) в кружках (маркировка осей) диаметром 7-9 мм, в которых проставляют изображение осей шрифтом 5 мм. Они маркируются арабскими цифрами и прописными буквами русского алфавита, исключая Ё, Ы, З, О, Х, Ц, Ч, Щ, Ы, Ъ, Ь. Цифрами маркируются оси вдоль стороны плана с большим числом разбивочных осей. Порядок маркировки - снизу вверх и слева направо по левой и нижней сторонам плана. В начале строительства здания осуществляется размещение его осей на местности, называемое разбивкой здания или разбивкой его осей. Разбивочные оси используются и для привязки конструкции, т.е. для определения ее положения в здании.

Расстановка оборудования в цеху осуществляется в соответствии со следующими принципами:

- оборудование в цехах обогатительной фабрики размещается таким образом, чтобы число транспортных средств и протяженность путей были минимальными;

- максимально используется принцип самотека продуктов в соответствии с рельефом местности или этажности корпуса;

- предусматривается удобство обслуживания и ремонта оборудования;

- цехи и оборудование, выделяющие пыль, газы, пар, отделяются от помещений с менее вредными условиями работы;

- обеспечивается нормальное освещение рабочих мест, изолируются бытовые помещения от производственных, предусматриваются лестничные переходы и марши, необходимые проемы и производственные площадки для ремонтных работ, подъемно-транспортное и грузоподъемное оборудование во всех производственных помещениях [15].

При выборе высотных отметок учитываются предельные наклоны желобов и течек между аппаратами и машинами, исключая возможность их забивки. Наклоны принимаются по практическим данным. Более подробно в [4 с. 312].

#### **4.5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

Все размеры объемно-планировочных и конструктивных элементов зданий и сооружений должны быть кратны модулю. За величину основного модуля  $M$  для координации размеров принят размер 100 мм. На базе этого основного модуля образованы укрупненные модули (120M, 90M, 60M, 30M, 15M, 12M, 6M, 3M и 2M) и дробные (1/2M, 1/5M, 1/10M, 1/20M, 1/50M, 1/100M).

Размеры шагов, пролетов и отметок этажей должны приниматься равными укрупненному модулю, а размеры конструктивных элементов - кратными основному модулю.

Размеры и расположение элементов зданий определяются с помощью пространственной системы модульных плоскостей, образующих на плоскостях проекции модульную сетку. Основные конструкции зданий при проектировании размещают в пространстве, совмещая с модульными плоскостями. Линии пересечения плоскостей (модульных), совмещенных с несущими конструкциями здания, образуют линии модульных разбивочных осей в плане и разрезе. Использование унифицированных объемно-планировочных и конструктивных решений промышленных зданий требует соблюдения единых правил привязки конструктивных элементов к разбивочным осям. Под размером привязки понимают расстояние от разбивочной оси до грани или геометрической оси сечения конструктивного

элемента. В одноэтажных каркасных зданиях при привязке колонн крайних и средних рядов, наружных продольных и торцевых стен, а также в местах перепада высот между пролетами и примыкания взаимно перпендикулярных направлений пролетов используют привязки «0», «250» и «500».

«Нулевая» привязка должна быть преимущественной, так как при ней исключается применение доборных ограждающих и несущих элементов в местах устройства температурных швов, высотных перепадов и примыкания пролетов различного направления. Ее используют при всех видах материалов каркаса в бескрановых зданиях и в зданиях с подвесными и опорными мостовыми кранами, если высота от пола до низа несущих конструкций не превышает 14,4 м, грузоподъемность кранов – 30 т, а шаг колонн – 6 м.

При «нулевой» привязке внешние грани колонн крайних продольных рядов совмещают с разбивочными (координационными) осями (рис.8, а,б, 9 а,б). При привязке «250» и более (кратной 50) внешние грани колонн смещают наружу с разбивочной оси на 250 мм. Такая привязка допускается в зданиях с мостовыми кранами грузоподъемностью более 32 т, при высоте пролета более 14,4 м и шаге колонн 12 м. В таких зданиях использование привязки «250» и более вызвано увеличением размеров сечения колонн и подколонников, а в ряде случаев необходимостью устройства проходов для ремонта и обслуживания подкрановых путей мостовых кранов (рис. 8, в).

Для унификации используемых при строительстве промышленных зданий колонн высоты или отметки принимаются также в соответствии с требованиями СНиПов. Высота этажей для общественных и промышленных зданий составляет следующий модулированный ряд: 3,3; 3,6; 4,2; 5,4; 6,0; 7,2; 8,4; 9,6; 10,8; 12,6; 14,4; 16,2; 18,0 м.

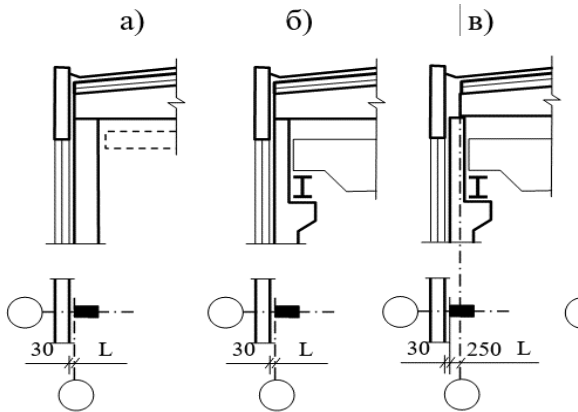


Рис. 8. Привязка элементов одноэтажных промзданий к продольным и поперечным разбивочным осям. а, б – нулевая привязка колонн и наружных стен к продольным разбивочным осям; в - то же, привязка «250»

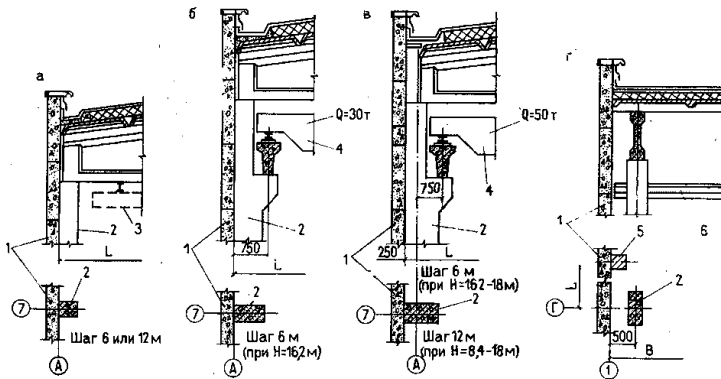


Рис. 9. Привязка несущих конструкций одноэтажных промышленных зданий к разбивочным осям: а-продольных наружных стен и колонн (бескрановых зданий); б - продольных стен и колонн (при кранах грузоподъемностью до 30 т); в - продольных наружных стен и колонн (при кранах грузоподъемностью до 50 т); г - торцовых стен; д - в местах деформированных швов; е — фрагмент плана здания; 1 - стены; 2 - колонны; 3 - подвесной кран; 4-мостовой кран; 5-фахверковая колонна; 6 - подкрановая балка

В соответствии с основными положениями и параметрами модульной системы приняты следующие основные параметры зданий.

*Строительная сетка*, или *сетка колонн*, - это сетка, полученная при пересечении осей колони (рис. 10) по длине и ширине

дня одно- и многоэтажных производственных зданий, при проектировании которых используются унифицированные габаритные схемы при сетке колони 6x6 м и 9x6 м.

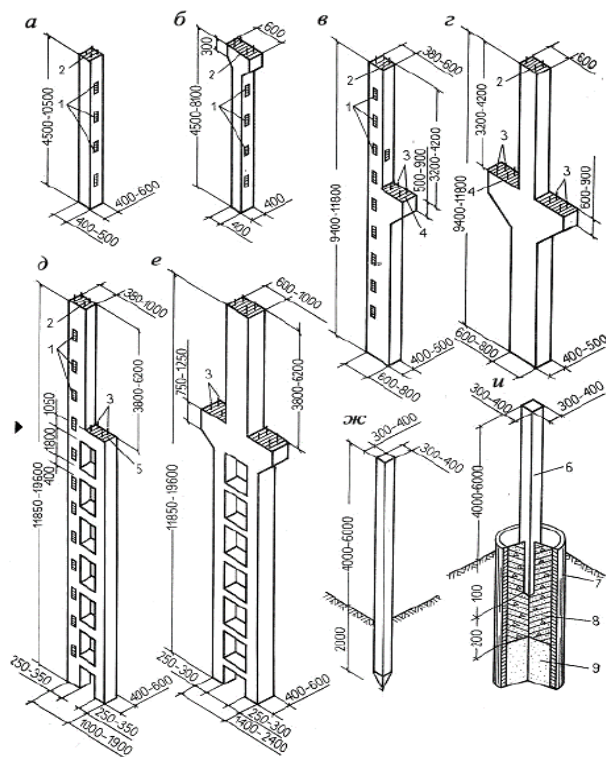


Рис. 10. Типы железобетонных колонн: а – для крайних рядов бескрановых зданий; б – для среднего ряда бескрановых зданий; в – для крайнего ряда крановых зданий; г – для среднего ряда крановых зданий; д – двухветвевые для крайнего ряда крановых зданий; е – двухветвевые для среднего ряда крановых зданий; ж – сваи-колонны (целые); и – сваи-колонны (составные); 1 – закладные детали; 2 – стальной оголовок; 3 – анкерные болты; 4 – закладная деталь на поверхности консоли; 5 – закладная деталь на обреze колонны; 6 – колонна; 7 – цилиндрическая свая диаметром 700 мм; 8 – бетон марки 200; 9 – уплотненный грунт

Для одноэтажных зданий используется сетка колонн от 6x6 до 36x36. При этом исходя из санитарно-гигиенических и противопожарных требований оптимальной в большинстве случаев считается ширина зданий от 36 до 42 м.

Для многоэтажных зданий корпусов основного производства применяется сетка колонн от 6х3х6 до 18х6х18 м при шаге 6 м.

*Шаг колонн* - это расстояние между осями колонн в продольном и поперечном направлениях. По длине здания шаг колонн обычно принимается равным 6 м.

*Пролет здания* - расстояние между осями крайних опорных колонн по ширине здания. Расстояние между осями колонн в торцевых стенах здания принимается кратным 3 при ширине пролета до 18 м и кратным 6 - при ширине пролета более 18 м. Обычно ширина пролета принимается равной от 6 до 42 м.

Число пролетов в одноэтажном здании обычно зависит от общей площади здания, транспортной схемы производства и санитарнотехнических требований.

Унифицированные размеры сечений колонн применяют следующие:

- для прямоугольных - 400х400, 400х600, 400х800, 500х500, 500х600 и 500х800мм:

- для двутавровых - 400х600 и 400х800 мм:

- для двухветвевых - 400х1000, 500х1000, 500х1300, 500х1400, 500х1500, 600х1400, 600х1900, 600х2400 мм.

Колонны с консолями состоят из подкрановой и надкрановой (верхней) частей. Надкрановую часть, поддерживающую элементы покрытия, называют надколонником. В двухветвевых колоннах надколонник делают из одной ветви, вследствие чего для опирания подкрановых балок создаются уступы. Просветы между ветвями двухветвевых колонн используются для пропуска технологических и сантехнических коммуникаций.

Длину колонн принимают с учетом высоты помещения и глубины заделки их в фундамент; она принимается:

- для колонн прямоугольного сечения без мостовых кранов - 750 мм:

- для колонн прямоугольного и двутаврового сечения с мостовыми кранами - 850 мм;

- для двухветвевых колонн - 900... 1200 мм.

*Фундаменты* под сборные железобетонные колонны устраивают в основном в виде отдельных опор с отверстиями стаканного типа.

Монолитные фундаменты более предпочтительны, так как располагают лучшими возможностями получения нужных форм и размеров, действующих нагрузками и местными условиями строительства. В большинстве своем они экономичнее сборных вследствие меньшего расхода стали и затрат на транспортирование и монтаж.

Монолитный фундамент состоит из подколонника с отверстием (стаканом) для заделки колонн и ступенчатой плитной части (рис. 11). В целях ограничения типоразмеров опалубочных элементов, а также для более четкой градации арматурных изделий, все опалубочные размеры унифицированы.

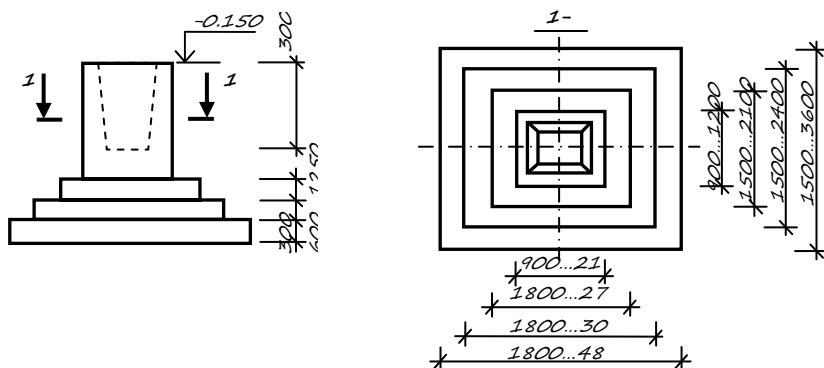


Рис. 11. Монолитный фундамент под железобетонные колонны.

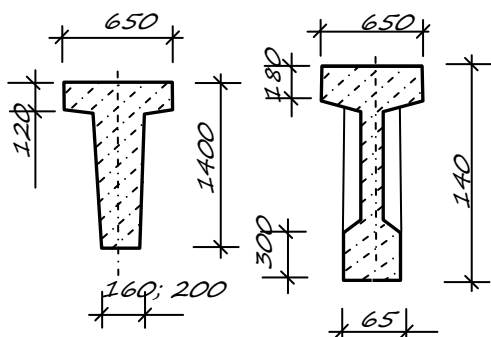


Рис. 12. Железобетонные подкрановые балки:

а) – при шаге колонн 6м; б) – то же, 12 м.

Высота унифицированных фундаментов составляет 1,5 и от 1,8 до 4,8 м с градацией через 0,6 м,

Размеры подошвы в плане от 1,5x1,5 до 6,6x7,2 с модулем 0,3 м.

Размеры подколонника в плане – от 0,9x0,9 до 1,2x2,7 м (через 0,3 м).

Высоту ступеней принимают 0,3 и 0,45 м с



совмещением уступов, обеспечивающих уклон 2:1.

*Подкрановые балки* предназначены для опирания рельсовых путей по которым передвигаются мостовые краны. Их изготавливают из железобетона и реже - из стали. Железобетонные подкрановые балки могут иметь тавровое или двутавровое сечение (рис. 12, 13, 14). Первые предусматривают при шаге колонн 6 м, вторые – при шаге 12 м. Железобетонные подкрановые балки устанавливают под краны грузоподъемностью до 32 т.

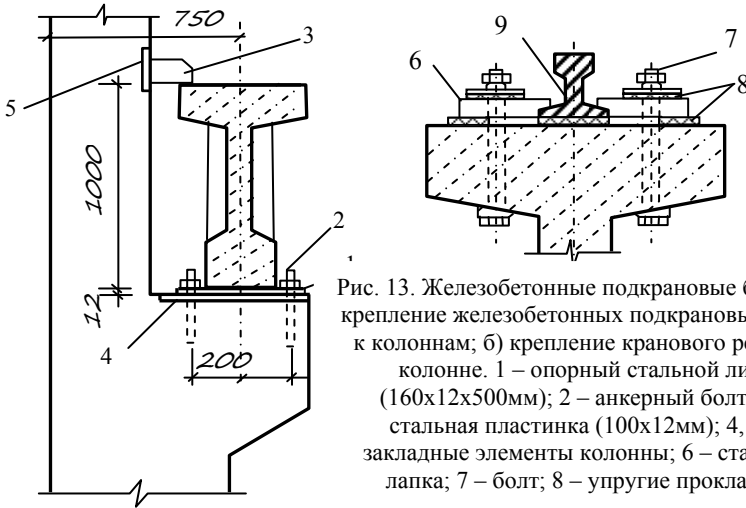


Рис. 13. Железобетонные подкрановые балки: а) крепление железобетонных подкрановых балок к колоннам; б) крепление кранового рельса к колонне. 1 – опорный стальной лист (160x12x500мм); 2 – анкерный болт; 3 – стальная пластина (100x12мм); 4, 5 – закладные элементы колонны; 6 – стальная лапка; 7 – болт; 8 – упругие прокладки

Подкрановые балки таврового сечения с обычным армированием предназначены под краны грузоподъемностью не свыше 5 т, балки таврово-трапециoidalного сечения - для кранов грузоподъемностью 6,0...30,0 т. двутаврового сечения - для кранов 30...50 т. Длина балок 6000 и 12 000 мм. высота 1000... 1400 мм (рис. 12)

К колоннам балки крепят сваркой закладных элементов и анкерными болтами (рис. 13, а). Рельсы с подкрановыми балками соединяют парными стальными лапками, располагаемыми через 750 мм (рис. 13, б; 14 д)

Стропильные и подстропильные фермы. В зависимости от очертания стропильные фермы подразделяют на: сегментные; безраскосные; с параллельными поясами; полигональные; треугольные (рис. 15).

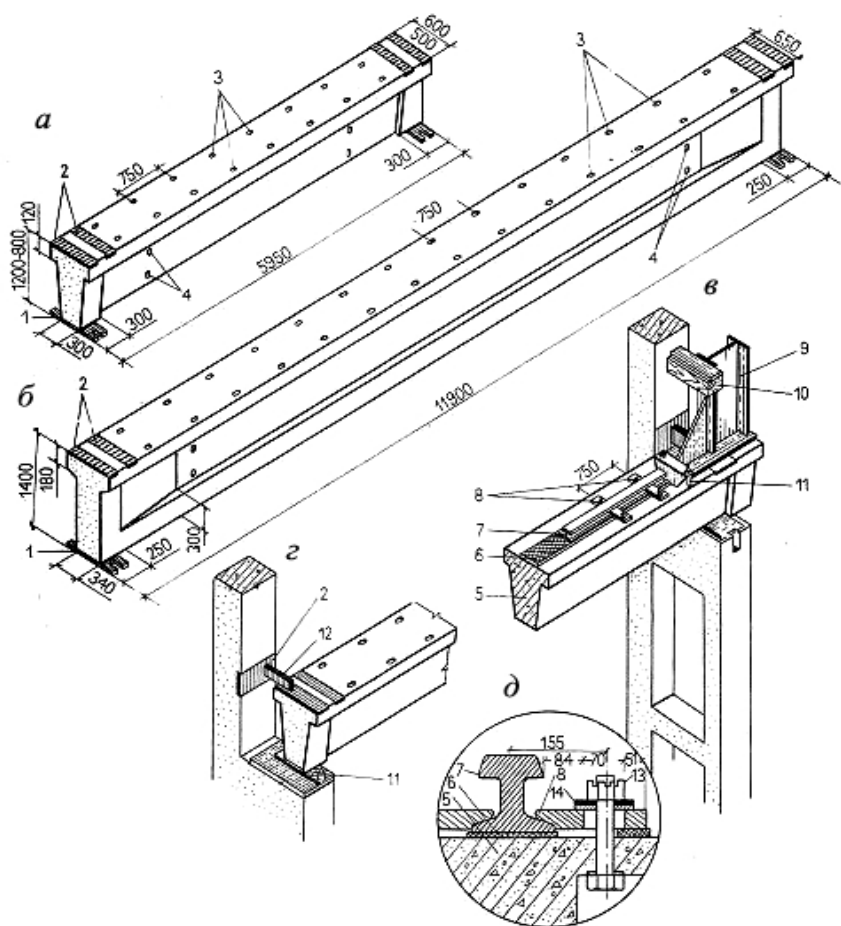


Рис. 14. Железобетонные подкрановые балки: а - таврового сечения для шага 6 м; б - двутаврового сечения для шага 12 м; в - концевой упор на балке; г - опирание на колонну; д - крепление кранового рельса; 1 - стальной опорный лист; 2 - закладные детали; 3 - отверстия диаметром 20 мм для крепления рельсов; 4 - отверстия диаметром 25 мм; 5 - подкрановая балка; 6 - упругая подкладка; 7 - крановый рельс; 8 - прижимные «лапки»; 9 - стальной упор; 10 - тормозной брус; 11 - болт; 12 - стальная накладка; 13 - гайка со шплинтом; 14 - шайба

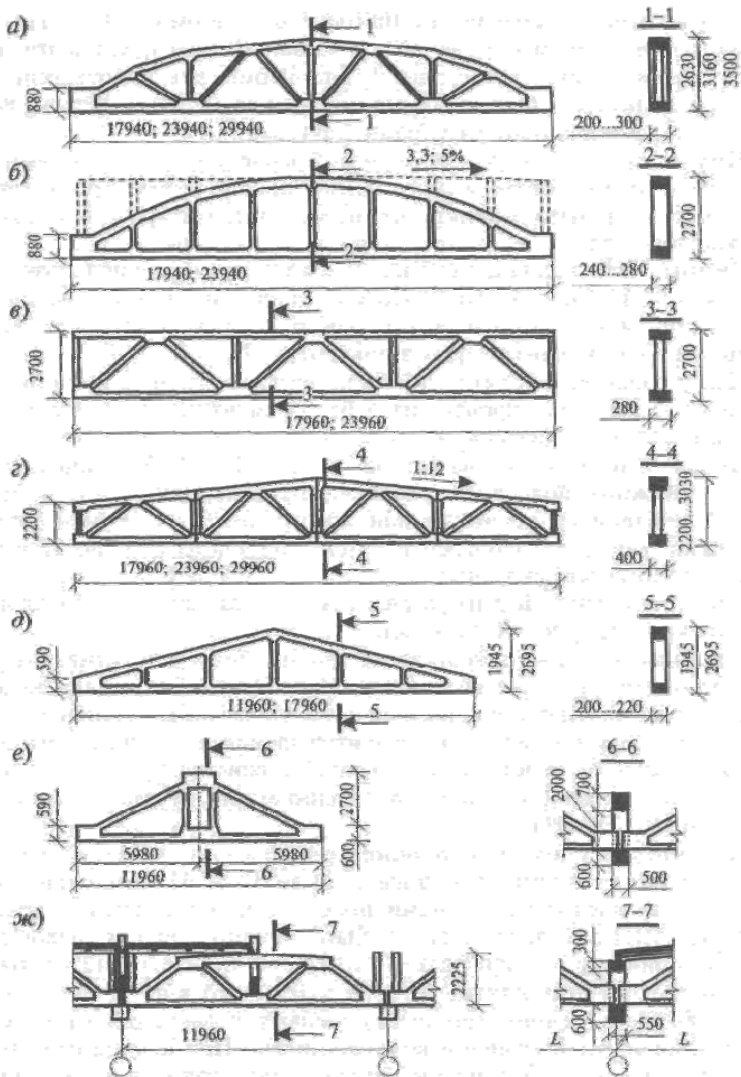


Рис.15. Железобетонные фермы: а – сегментные; б – безраскосные; в – с параллельными поясами; г – полигональные; д – треугольные; е – подстропильные для малоуклонных кровель; ж – подстропильные для скатных кровель (в монтированном положении в покрытии).

Сегментные раскосные фермы (рис. 15, а) можно установить с шагом 6 и 12 м на железобетонные колонны или подстропильные фермы. К ним можно подвешивать краны грузоподъемностью от 1 до 5 т. Очертание верхнего пояса позволяет использовать для покрытия плиты шириной 3 м. Безраскосные фермы (рис. 15, б) можно применять при шаге 6 и 12 м для покрытий со скатной и малоуклонной кровлей. К ним предусмотрена подвеска кранов грузоподъемностью 1–5 т.

*Ворота* предназначаются для пропуска транспортных средств (железнодорожных составов, автомашин, автокранов и др.) и больших масс людей. Их расположение и число определяются с учетом специфики технологического процесса. Размеры ворот принимаются в соответствии с размерами перевозимого оборудования. Их размеры должны превышать габариты подвижного состава в груженом состоянии по ширине на 0,5...1 м, по высоте на 0,2...0,5 м.

Размеры проемов ворот принимаются кратными модулю 0,6 м. Установлены следующие типовые размеры ворот: 2,4×2,5; 3×3 м; 3,6×3; 3,6×3,6; 3,6×4,2 и 4,8×5,4 м. В отдельных цехах, выпускающих большеразмерные виды продукции, ворота могут иметь размеры до нескольких десятков метров.

По способу открывания ворота бывают распашные, раздвижные, складчатые, подъемные, шторные, секционные, рулонные и др. (табл. 3)

Таблица 3.

Обозначение дверей в соответствии с ГОСТ 21.201-2011

Наименование	Изображение
Дверь (ворота) одногюльная	
Дверь (ворота) двупольная	
Дверь (ворота) раздвижная двупольная	
Дверь (ворота) подъемная	
Дверь (ворота) складчатая	

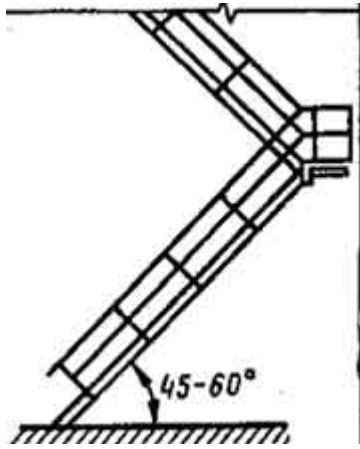


Рис. 16. Служебная стальная лестница

Лестницы промышленных зданий служат для связи между этажами многоэтажных зданий, а также для сообщения с рабочими площадками внутри здания и для аварийных выходов. В соответствии с назначением лестницы бывают основные, служебные, пожарные и аварийные.

Служебные лестницы (рис. 16) ведут на рабочие площадки и антресоли. Их устраивают для осмотра и обслуживания оборудования и наиболее ответственных строительных конструкций. Чаще всего их выполняют из прокатных профилей (швеллеров и уголков) и крепят к полу, строительным конструкциям и оборудованию. Служебные лестницы для их интенсивного использования монтируются из маршей и переходных площадок.

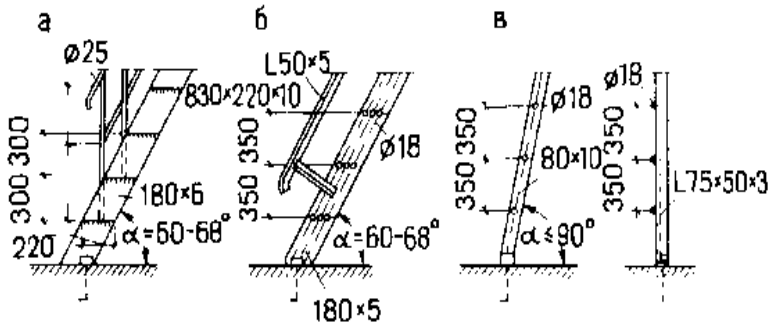


Рис. 17 Стальные служебные лестницы, ведущие на площадки для обслуживания машин: а – со ступенями из листовой стали; б – со ступенями из прутков; в – стремянки

#### 4.5. СИТУАЦИОННАЯ СХЕМА СООРУЖЕНИЙ (ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН)

Взаимное расположение зданий, цехов, сооружений, складов, железнодорожных путей, безрельсовых дорог, инженерно-технологических коммуникаций (энерго-, водо-, теплоснабжение), объектов административнобытового комплекса с элементами благоустройства промплощадки является генеральным планом фабрики [4].

Вычерчивается в масштабе 1:500 или 1:1000 (рис. 18). Приводятся все основные и вспомогательные здания и сооружения.

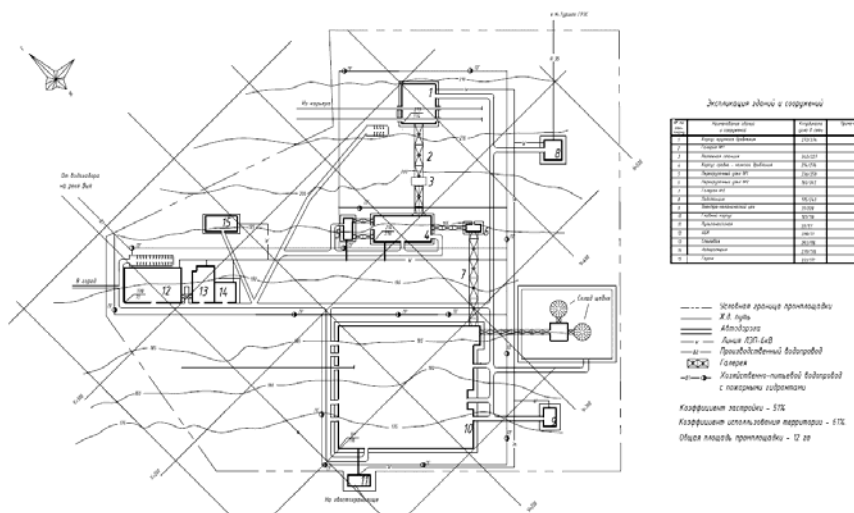


Рис. 18. Пример оформления генерального плана обогатительной фабрики

Основные подразделения фабрики: отделение приема и усреднения сырья, цех крупного дробления и предконцентрации руды, дозировочно-аккумулирующие бункеры, цех среднего и мелкого дробления, отделения измельчения, обогащения, обезвоживания и сушки, склад готовой продукции и отгрузки, цех удаления и складирования хвостов и кондиционирования оборотных вод. Корпуса должны иметь простую форму (квадратную, прямоугольную), без выступов, пристроек.

К вспомогательным подразделениям обогатительных фабрик относятся механические, электроремонтные мастерские, реагентное отделение, складские помещения запасных частей, материалов, топлива, котельные, участки водо- и электроснабжения, управление фабрикой, административно-хозяйственная служба, научно-исследовательская лаборатория, отдел технического контроля [4].

Так же на плане указываются автомобильные и железные дороги, пожарный водовод, озеленённые территории. Допускается раскраска изображений. В левом верхнем углу помещается график «розы ветров», по повторяемости и силе ветра.

Условные обозначения зданий, сооружений и инженерных сетей на генеральном плане фабрики, а также графические изображения элементов озеленения и благоустройства имеют стандартные обозначения и приведены в [4, табл. 11.3-11.4]

## **РЕКОМЕНДОВАННЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Правила оформления курсовых и квалификационных работ: Методические указания // Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: И.О. Онушкина, П.Г. Талалай. СПб.: 2016. 58 с., режим доступа: <http://ops.spmi.edu.ru/UMK-service/rules/Rules/Rules.doc>, свободный.

2. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых Учебник для вузов: в 2 т. // М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006. Т.1. Обоганительные процессы. 417 с.

3. Перов В.А., Разумов К.А. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов // 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1982. 518 с.

4. Федотов К.В., Никольская Н.И. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов // М.: Издательство «Горная книга», 2012. - 536 с.

5. Адамов Э. В Основы проектирования обогатительных фабрик: Учебник // Изд-во НИТУ МИСиС, М., 2012 г., 647 с.

6. Морозов Ю.П. Проектирование обогатительных фабрик: Учебник // Екатеринбург: Таилс Ко, 2009, 304 с.

7. Чуянов Г.Г. Обезвоживание, пылеулавливание и охрана окружающей среды// М.: Недра, 1987. с.260.

8. Самыгин В. Д., Игнаткина В. А., Коржова Р. В. Обезвоживание и очистка сточных вод при обогащении минерального сырья (разделение твёрдой и жидкой фаз): Учебник // НИТУ МИСиС, М., 2013 г. 247 с.

9. Морозов В.В., Топчаев В.П., Улитенко К.Я., Ганбаатар З., Дэлгэрбат Л. Разработка и применение автоматизированных систем управления процессами обогащения полезных ископаемых // М.: Издательский дом «Руда и Металлы», 2013. 512 с.

10. Васильев К.А., Николаев А.К., Сазонов К.Г. Транспортные машины и грузоподъёмное оборудование обогатительных фабрик // СПб.: Наука, 2006, 359 с.

11. Гришин И.А., Сединкина Н.А. Внутрифабричный транспорт. Учебное пособие для студентов высшего профессионального образования, обучающихся по специальности «Горное дело» // Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2015. стр. 104.

12. Электроснабжение и электрооборудование заводов цветной металлургии и обогатительных фабрик: Метод. Указания к электротехнической части дипломных проектов для студентов спец. 130405, 150102, 220301. 4.1 / Сост.: Бауман В.Г., Каменев П.М. // СППГИ (ТУ). Каф. электротехники и электромеханики, 2007. 33 с.

13. Охрана окружающей среды Метод. Указания по дипломному проектированию для студентов специальности 130302 // Санкт-Петербургский государственный горный университет. Сост. Баркан М.Ш. СПб, 2011. 14 с.

14. Медунецкий В.М. Содержание и структура патентных исследований // СПб: Университет ИТМО, 2015. 46 с.

15. Адамов Э.В., Игнаткина В.А. Методические указания к выполнению дипломных проектов и дипломных работ по специальности «Обогащение полезных ископаемых» // М.:МИСиС, 2007, 82 с.



# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## Схема складывания чертежей

Формат	Схема складывания	Складывание	
		продольное	поперечное
A0 (841x1189)			
A1 (594x841)			
A2 (420x594)			
A3 (297x420)			

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Структура и содержание курсового проекта .....	3
2. Исходные данные для курсового проекта.....	4
3. Требования к содержанию.....	5
3.1. Титульный лист .....	5
3.2. Задание на курсовой проект .....	5
3.3. Аннотация .....	5
3.4. Содержание .....	5
3.5. Введение.....	5
3.6. Характеристика сырьевой базы.....	5
3.7. Технологическая часть.....	6
3.7.1. Выбор и расчёт качественно – количественной и водно-шламовой схем, схемы рудоподготовки и обогащения.....	6
3.7.2. Выбор и расчёт основного и вспомогательного технологического оборудования.....	8
3.7.3. Специфические условия ведения технологического процесса.....	8
3.8 заключение.....	8
3.9 список использованной литературы .....	8
3.10. Приложение .....	8
4. Требования к графической части проекта.....	9
4.1. Общие требования к оформлению графической части.....	9
4.2. Качественно-количественная и водно-шламовая схема.....	10
4.3. Схема цепи аппаратов .....	14
4.4. Планы и разрезы по цехам фабрики .....	15
4.5. Общие сведения о строительном проектировании.....	19
Рекомендованный библиографический список .....	31
Приложение 1 .....	33

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК**

*Методические указания по курсовому проектированию  
для студентов специальности 21.05.04*

Сост.: *А.О. Ромашев, Н.В. Николаева*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
обогащения полезных ископаемых

Ответственный за выпуск *А.О. Ромашев*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 30.06.2020. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 2,0. Усл.кр.-отт. 2,0. Уч.-изд.л. 1,9. Тираж 50 экз. Заказ 455.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2