



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра технологии  
вяжущих веществ и бетонов

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Методические указания к практическим занятиям  
по направлению подготовки 08.03.01 Строительство,  
профиль «Производство и применение  
строительных материалов, изделий и конструкций»

© Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет, 2019

Москва  
Издательство МИСИ – МГСУ  
2019

УДК 691  
ББК 38.3  
П46

*Составители:*

О.В. Александрова, О.Ю. Баженова, В.Г. Соловьев, Е.А. Шувалова

*Рецензент* — кандидат технических наук *Б.И. Булгаков*,  
доцент кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов НИУ МГСУ

П46 **Проектирование предприятий строительной индустрии** [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство / [сост. : О.В. Александрова и др.]; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра технологии вяжущих средств и бетонов. — Электрон. дан. и прогр. (0,5 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2019. — Режим доступа: [http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r\\_91/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS](http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS). — Загл. с титул. экрана.

Методические указания предназначены для выполнения практических работ по дисциплине «Проектирование предприятий строительной индустрии». Данные методические указания позволяют студенту с помощью нормативных документов, учебно-методической и технической литературы самостоятельно принимать решения при создании бетонных и железобетонных изделий, участвовать в проектировании заводской технологии производства строительных материалов и изделий.

Для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль подготовки «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций».

*Учебное электронное издание*

© Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет, 2019

Редактор *Л.И. Ильина*  
Компьютерная верстка *О.В. Суховой*  
Дизайн первого титульного экрана *Д.Л. Разумного*

*Для создания электронного издания использовано:*  
Microsoft Word 2010, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 29.11.2019 г. Объем данных 0,5 Мб.

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»  
129337, Москва, Ярославское ш., 26

Издательство МИСИ – МГСУ  
Тел.: (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95,  
e-mail: [ric@mgsu.ru](mailto:ric@mgsu.ru), [rio@mgsu.ru](mailto:rio@mgsu.ru)

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА И МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ЗАВОДА.....	6
1.1. Номенклатура продукции и производственная программа завода .....	6
1.2. Режим работы предприятия .....	6
1.3. Материальный баланс завода.....	7
2. РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И ЦЕХОВ .....	9
2.1. Проектирование стендовой технологии.....	9
2.2. Проектирование кассетной технологии .....	10
2.3. Проектирование агрегатно-поточного производства .....	11
2.4. Проектирование конвейерной технологии .....	14
2.5. Бетоносмесительный участок .....	16
2.6. Проектирование арматурного цеха .....	18
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА .....	20
3.1. Расчет складов заполнителей .....	20
3.2. Расчет складов цемента .....	21
3.3. Расчет склада арматуры.....	22
3.4. Расчет склада готовой продукции .....	22
4. РЕСУРСЫ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НУЖДЫ.....	24
4.1. Расход пара .....	24
4.2. Расход электроэнергии .....	24
4.3. Расход сжатого воздуха .....	24
4.4. Расход природного газа .....	24
4.5. Расчет расхода смазки .....	25
4.6. Расход воды .....	25
5. ШТАТНАЯ ВЕДОМОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ (ЦЕХА) .....	26
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	26
Приложение 1. Режим тепловой обработки изделий из тяжелого бетона при температуре изобарической (изотермической) выдержки 80–85 °С .....	27
Приложение 2. Режим тепловой обработки изделий из легких бетонов.....	28
Приложение 3. Режим тепловой обработки изделий из тяжелых бетонов в кассетах (при расположении паровых отсеков через два рабочих отсека), в пакетах.....	29

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Проектирование предприятий строительной индустрии» в учебном плане подготовки бакалавра является базовой в числе профилирующих технологических дисциплин. Она базируется на ряде специальных и общенаучных дисциплин: технологии бетона, технологии изоляционных строительных материалов и изделий, вяжущих веществ и тесно связана с другими специальными дисциплинами.

Цель дисциплины «Проектирование предприятий строительной индустрии» — подготовка специалистов, глубоко знающих и представляющих себе роль проектирования предприятий строительных материалов при производстве бетонных и железобетонных изделий и изделий для развития индустриального строительства, его интенсификации и повышения эффективности инвестиций, рационального использования сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов.

После изучения данного курса студенты должны уметь самостоятельно обрабатывать информацию, обновлять свои знания, принимать решения при создании новых материалов для изделий и конструкций, участвовать в проектировании заводской технологии производства строительных материалов и изделий. Необходимо уделять особое внимание интенсивным энергосберегающим технологиям, экономии сырьевых ресурсов, топлива и электроэнергии, отдавая предпочтение безотходному производству и комплексному использованию побочных продуктов других отраслей народного хозяйства, экономически выгодных и способствующих решению экологических проблем, т.е. улучшению условий среды обитания, учитывать требования техники безопасности и безопасности жизнедеятельности человека.

С помощью методических указаний студенты смогут рассчитать производственную программу, режим работы и материальный баланс завода, произвести расчет технологических линий, складов и вспомогательных цехов.

# 1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА И МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ЗАВОДА

## 1.1. Номенклатура продукции и производственная программа завода

Под номенклатурой продукции следует понимать назначение, вид, марку (типоразмеры) изделий и материал или материалы, из которых они изготовлены (бетоны, керамика различных видов и т.п.), а также основные качественные показатели, установленные для данной продукции действующими ГОСТами и ТУ.

Программа выпуска продукции рассчитывается на основе задания по видам выпускаемой продукции (номенклатуре) в год, месяц, сутки, смену, час.

Таблица 1

Номенклатура и характеристики продукции

Наименование и эскиз изделия	Марка (типоразмер)	Размеры, мм			Класс (марка) бетона	Объем изделия, м <sup>3</sup>	Расход на одно изделие			Удельный расход стали на 1 м <sup>3</sup> бетона, кг	Программа выпуска изделий по группам		
		Длина	Ширина	Высота			бетона, м <sup>3</sup>	стали, кг	др. материалов		в год	в сутки	в час
											м <sup>3</sup> /шт.	м <sup>3</sup> /шт.	м <sup>3</sup> /шт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Годовая программа выпуска продукции должна быть близкой к заданной или несколько отличаться от нее в большую сторону. Точность вычислений значений производительности должна иметь следующий порядок: для часовой и месячной производительности — до десятых; для сменной производительности — до целых; для годовой производительности — до сотен.

В табл. 1 приводятся основные показатели выпускаемой продукции, описание изделий, области их применения, а также основные требования к бетону для всех видов выпускаемых изделий.

Кроме того, необходимо учитывать, что объем бетона в армированных изделиях, выполненных без пустот и выемок, на 4 % меньше за счет наличия арматуры, чем объем изделий (если объем бетона или изделия не указан в ГОСТе).

## 1.2. Режим работы предприятия

Режим работы предприятия устанавливается в соответствии с требованиями норм технологического проектирования предприятий (ОНТП) по производству соответствующих строительных изделий и конструкций.

Обычно заводы стройиндустрии работают по режиму прерывной недели с двумя выходными в неделю. Пропарочные камеры, автоклавы, печи обжига, вагранки и другие тепловые агрегаты работают в три смены, а цехи по формованию изделий, приготовлению сырьевых смесей работают в обычно две, реже в три смены.

Режим работы предприятия:

- номинальное количество рабочих суток в году — 260;
- то же по выгрузке сырья и материалов с железнодорожного транспорта — 365;
- количество рабочих смен в сутки (без тепловой обработки) — 2;
- количество рабочих смен в сутки (с тепловой обработкой) — 3;
- количество рабочих смен в сутки по приему сырья и материалов:
  - железнодорожным транспортом — 3;
  - автотранспортом (в зависимости от местных условий) — 2 или 3;
  - продолжительность рабочей смены, ч — 8.

Расчетное количество рабочих суток в году для полигонов в типовых проектах следует принимать:

- при ускоренном твердении изделий — такое же, как при размещении формовочных линий в цехах;
- при естественном твердении изделий — 150.

Таблица 2

**Определение режима работы предприятия**

Цех	Длительность плановых остановок на ремонт, суток	Количество			Годовой фонд времени, ч
		рабочих суток в году	смен в сутки	часов в смену	
Формовочный:					
а) агрегатно-поточные и стендовые линии, кассетные установки;	7	253	2	8	4048
б) конвейерные и кассетно-конвейерные линии	13	247	2	8	3952
Заготовительный (сырьевой)	-	365	3	8	8760
Бетоносмесительный	7	253	2	8	4048
Арматурный	7	253	2	8	4048

При проектировании полигонов на конкретных предприятиях и при естественном твердении изделий годовое количество суток работы определяется заданием на проектирование в зависимости от климатических и других местных условий.

Продолжительность плановых остановок и расчетов количества рабочих суток (годовой фонд времени работы основного технологического оборудования) принимается по табл. 2.

Годовой фонд рабочего времени основного технологического оборудования равен (ч):

$$C = B_p \cdot \tau \cdot h, \quad (1)$$

где  $B_p$  — расчетное количество рабочих суток в году (табл. 2);

$\tau$  — продолжительность рабочей смены, ч;

$h$  — количество рабочих смен в сутки.

Режим работы основных цехов и годовой фонд рабочего времени должны быть представлены в работе в виде таблицы, составленной по форме, приведенной ниже (табл. 3).

Таблица 3

**Режим работы цехов, отделений**

Наименование цехов, отделений, пролетов	Количество рабочих суток в году	Количество смен в сутки	Длительность рабочей смены, ч	Годовой фонд рабочего времени
1	2	3	4	5

**1.3. Материальный баланс завода**

На основании установленной программы предприятия и выполненного подбора состава бетонной смеси и составляющих материалов рассчитывают потребность в материалах в год, месяц, день, смену и час работы предприятия. При проектировании производства ограждающих, многослойных конструкций, пустотных и объемных изделий следует учитывать, что в этом случае объемы изделий и материала, из которого они состоят, не совпадают. Поэтому

для расчета потребности такого производства в сырье и полуфабрикатах необходимы дополнительные данные по пустотности изделий или соотношению объемов изделия и его материала.

Объем бетона в армированных изделиях, выполненных без пустот и выемок, на 4 % меньше за счет наличия арматуры, чем объем изделий.

Таблица 4

**Материальный баланс завода**

Наименование сырья и полуфабрикатов	Единицы измерения	Расход на единицу продукции	Расходы			
			в год	в смену	в сутки	в час
2	3	4	5	6	7	8
Бетонная смесь	м <sup>3</sup>					
Цемент	т					
Вода	м <sup>3</sup>					
Щебень	м <sup>3</sup>					
Песок	м <sup>3</sup>					
Добавки	т					
Сталь	т					

При расчете потребности в материалах учитывают возможные потери и естественную убыль материалов, максимальные величины которых приводятся в нормах на технологическое проектирование. Можно принять следующие ориентировочные величины потерь:

- потери бетонной смеси при транспортировании и укладке — 1,5 %;
- цемент при доставке в спецвагонах — 0,4–0,5 %;
- то же в обычных вагонах — 0,7–1,2 %;
- гравий и щебень — 1,5–2,0 %;
- песок — 3,0–5,0 %;
- при помоле материалов в мельницах — 20 %;
- при заготовке арматурной стали — 3,0–4,0 %;
- при формировании изделий из ячеистой бетонной смеси с учетом срезки горбушки ~2,0–2,5 %.

Результаты вычисления потребности в материалах даны в табл. 4.



## 2. РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И ЦЕХОВ

Выбрав номенклатуру продукции и способ производства изделий, студенты должны рассчитать производительность и количество технологических линий, потребность в формах и дать технологические расчеты камер тепловлажностной или тепловой обработки изделий.

### 2.1. Проектирование стандовой технологии

Изготавливают изделия в стационарных формах, а оборудование и рабочие звенья переключаются от одной формы к другой; тепловая обработка осуществляется в форме, т.е. все технологические процессы: распалубка, чистка и смазка форм, установка арматуры, формование и твердение — выполняются на одном месте. Стандовую технологию применяют при изготовлении тяжелых длинномерных конструкций, в основном предварительно напряженных — балок, ферм и других. Стенды бывают протяжные, пакетные и короткие.

В зависимости от номенклатуры изделий выбирают длинные или короткие стенды. На коротких стендах изготавливают одно изделие по длине и одно-два по ширине стенда (фермы, двускатные балки, колонны и т.п. длиной более 12 м).

Длинные стенды бывают протяженностью от 70 до 120 м, их используют для изготовления массивных, предварительно напряженных конструкций в формах, расположенных одна за другой, образующих формовочную полосу (обычно 4–15 изделий). Ширина стандовой полосы 3–6 м. Число стандовых полос в пролете не менее 2. Оборачиваемость стандов 1,0–1,5 суток. Для крупных изделий — до трех суток.

Годовую производительность стандовой технологической линии ( $m^3$ ) определяют по формуле

$$P_c = \frac{C \cdot n \cdot V}{T_{ст}}, \quad (2)$$

где  $C$  — годовой фонд рабочего времени основного технологического оборудования, ч,  $C = 4048$  ч;

$n$  — число изделий, одновременно формуемых на стенде;

$V$  — объем каждого изделия,  $m^3$ ;

$T_{ст}$  — время оборачиваемости стандовой технологической линии, ч.

Продолжительность оборота стандовой линии (в часах) определяют по формуле

$$T_{ст} = t_{ри} + t_{св} + t_{сн} + t_{си} + t_{чсф} + t_{уи} + t_{инн} + t_{ук} + t_{сф} + t_{ув} + t_{он} + t_6 + t_{оп} + t_{укр} + t_{тво}, \quad (3)$$

где  $t_{ри}$  — время на снятие крышек и распалубку изделий, принимается равным 0,15 ч;

$t_{св}$  — время на съем вкладышей — 0,12 ч;

$t_{сн}$  — время на снятие натяжения и обрезку арматуры — 0,37 ч;

$t_{си}$  — время на съем изделий и транспортирование — 0,26 ч;

$t_{чсф}$  — время на чистку и смазку форм — 0,52 ч;

$t_{уи}$  — время на укладку напрягаемой арматуры — 0,15 ч;

$t_{инн}$  — время на предварительное натяжение арматуры — 0,05 ч;

$t_{ук}$  — время на укладку каркасов и закладных деталей — 0,56 ч;

$t_{сф}$  — время на сборку форм — 0,5 ч;

$t_{ув}$  — время на установку вкладышей — 0,12 ч;

$t_{он}$  — время на окончательное натяжение арматуры — 0,05 ч;

$t_6$  — время на бетонирование — 1,27 ч;

$t_{оп}$  — время на отделку поверхности — 0,56 ч;

$t_{укр}$  — время на установку крышек — 0,15 ч;

$t_{тво}$  — предварительная выдержка и тепловая обработка изделий, ч (приложение 1).

Коэффициент оборачиваемости в сутки будет найден по формуле

$$K_{об} = 24/T_{ст}. \quad (4)$$

Исходя из годового объема производства ( $P_r$ ) по видам изделий и производительности станда, определяется количество стандов  $N_{ст}$  или силовых форм по формуле

$$N_{ст} = \frac{P_r}{P}. \quad (5)$$

## 2.2. Проектирование кассетной технологии

Кассетное производство является разновидностью стандовой технологии. Исходные данные для кассетного производства приведены в табл. 5.

Производительность кассетных установок можно увеличить путем двухстадийной тепловой обработки, т.е. после набора в кассете 40–45 %-ной марочной прочности проводят распалубку и изделия направляют в камеру для последующего твердения.

Таблица 5

Нормы проектирования кассетного производства

Наименование	Единица измерения	Норма
1	2	3
Количество отсеков в кассете при изготовлении панелей	шт.	8–14
Максимальная продолжительность операций для 10-отсечной кассеты:		
распалубка (разборка кассеты и извлечение изделий);	мин	60
подготовка кассеты (чистка, смазка, установка арматуры и закладных деталей, сборка кассеты);	мин	120
укладка и уплотнение бетонной смеси	мин	60
Среднее количество оборотов кассет в сутки при двухсменном формовании	оборот	Определяется по графику в зависимости от длительности формования и тепловой обработки, количества кассет в пролете и других факторов, но не менее одного оборота в сутки
Площадь текущего ремонта кассет на один пролет:		
при количестве кассет до 5	м <sup>2</sup>	До 50
то же, более 5	м <sup>2</sup>	До 100

Примечания.

1. При изготовлении конструкций для сейсмических условий максимальная продолжительность операций увеличивается на 20 мин.
2. При применении кассет с другим количеством отсеков к нормам вводятся коэффициенты: для 8-отсечной кассеты — 0,8; для 12-отсечной кассеты — 1,2; для 14-отсечной кассеты — 1,4.

Годовую производительность кассетной установки периодического действия определяют по формуле

$$\Pi_{ГК} = B_p \cdot D \cdot m \cdot V \cdot K_{исп}, \quad (6)$$

где  $B_p$  — годовой фонд рабочего времени, сут;

$D$  — количество оборотов кассетной установки в сут (табл. 5, приложение 3);

$m$  — количество отсеков в установке, шт.;

$V$  — объем изделия в отсеке, м<sup>3</sup>;

$K_{исп}$  — коэффициент использования отсеков кассеты — 0,9.

Количество кассетных установок (шт.) определяют по формуле

$$n = \Pi_r / \Pi_{ГК}, \quad (7)$$

где  $\Pi_r$  — годовая производительность завода, м<sup>3</sup>.

## 2.3. Проектирование агрегатно-поточного производства

Агрегатно-поточный способ производства эффективен при изготовлении изделий широкой номенклатуры (длиной до 12 м, шириной до 3 м и высотой до 1 м) на заводах мелкосерийного производства средней мощности при относительно небольших капиталовложениях.

Общий технологический процесс расчленяется по операциям. Подготовка формы, чистка, смазка, укладка арматуры осуществляются на одном посту; укладку бетонной смеси в форму и ее уплотнение производят на другом посту, а тепловлажностная обработка (ТВО) проводится в специальных тепловых агрегатах — ямных камерах. После ТВО осуществляют распалубку, отделку и прием изделий ОТК, а затем передают их на склад готовой продукции.

Исходные данные для проектирования приведены в табл. 6.

Годовая производительность линии по изготовлению изделий ( $\text{м}^3$ ) определенной номенклатуры определяется по формуле

$$\Pi_{\text{ГА}} = \frac{C \cdot 60 \cdot V_{\text{БИ}} \cdot n_{\text{И}}}{T_{\text{Ф}}}, \quad (8)$$

где  $C$  — годовой фонд рабочего времени основного технологического оборудования, ч;

$V_{\text{БИ}}$  — объем бетона в изделии в одной форме,  $\text{м}^3$ ;

$n_{\text{И}}$  — количество одновременно формируемых изделий;

$T_{\text{Ф}}$  — максимальная продолжительность ритма работы линий, мин.

Таблица 6

Нормы проектирования агрегатно-поточного производства

Характеристика формируемых изделий	Максимальная продолжительность ритма работы линий, мин, при длине изделий			
	До 6 м		Более 6 м	
	Объем бетона в одной формовке, $\text{м}^3$			
	До 1,5	1,5–3,5	До 3,5	3,5–5
Однослойные несложной конфигурации	12	15	20	25
Однослойные сложной конфигурации в одной форме	15	20	30	35
Многослойные крупногабаритные сложного профиля	20	30	35	40

Примечание.

1. При формировании изделий, характеристика которых значительно отличается (в сторону усложнения) от приведенных в таблице, продолжительность ритма может быть увеличена против указанной, но не более чем на 20 %.
2. Цикл формирования на установке для вибрирования струнотонных шпал в десятигнездных формах — 10 мин.

Количество формовочных постов (шт.), необходимых для выполнения производственной программы завода по данному виду изделий, определяют по формуле

$$n_{\text{а}} = \Pi_{\text{Г}} / \Pi_{\text{ГЛ}}, \quad (9)$$

где  $\Pi_{\text{Г}}$  — годовая производительность завода по данному виду изделий,  $\text{м}^3$ .

Если изделий несколько, то для каждого определяется производительность линии и их количество. Затем количество линий суммируется и принимается ближайшее большее целое число. Необходимое количество формовочных постов для изготовления изделий:

$$n = n_1 + n_2 + \dots + n_i. \quad (10)$$

Потребность в формах (шт.) для одной технологической линии агрегатно-поточного способа производства определяется по формуле

$$n_{\phi} = \frac{1,05 \cdot 60 \cdot T_{\text{об.}\phi}}{T_{\phi}}, \quad (11)$$

где 1,05 — коэффициент, учитывающий ремонт форм;  
 $T_{\text{об.}\phi}$  — продолжительность режима оборота формы, ч.

Таблица 7

**Примерная продолжительность операций по формированию изделий**

Наименование операции	Продолжительность, мин
Установка и закрепление формы с арматурой	1–2
Укладка и размещение первого слоя бетонной смеси	1,5–2
Вибрирование первого слоя	0,5–1
Ввод пуансонов	0,5–1,5
Установка боковой и верхней арматуры с ее подноской	1–2
Укладка второго слоя бетонной смеси с разравниванием и виброуплотнением	2–3
Опускание виброшита, вибрирование и подъем виброшита	1–3
Извлечение пуансонов	1–2
Отделка поверхности изделия и снятие изделия с виброплощадки	1–2

Продолжительность режима оборота формы для данного вида изделий (ч):

$$T_{\text{об.}\phi} = t_{\text{ТВО}} + t_{\text{р}} + t_{\text{а}} + t_{\phi} + t_{\text{з}} + t_{\text{в}} + t_{\text{о}}, \quad (12)$$

где  $t_{\text{ТВО}}$  — продолжительность режима тепловой обработки (предварительное выдерживание, подъем температуры, изотермический прогрев и остывание изделия), приложение 1 и 2;  
 $t_{\text{р}} = 0,2$  ч — продолжительность распалубки, чистки и смазки формы;  
 $t_{\text{а}} = 0,05$  ч — продолжительность установки и при необходимости натяжения арматуры;  
 $t_{\phi}$  — продолжительность формирования изделий, ч, принимается по табл. 6;  
 $t_{\text{з}}$  — продолжительность загрузки форм в камеру тепловой обработки и закрытия крышки, ч:

$$t_{\text{з}} = \frac{m \cdot T_{\phi}}{60} + 0,1, \quad (13)$$

где  $m$  — количество форм в камере тепловой обработки, шт.;

$t_{\text{в}} = 0,1 \cdot m$  — продолжительность выгрузки форм из камеры, ч;

$t_{\text{о}} = 0,05$  ч — продолжительность ожидания формы перед формированием.

Потребность в формах  $n_{\phi\text{а}}$  для обеспечения заданной производительности  $\Pi_{\Gamma}$  по данному виду изделий определяется по формуле (шт.):

$$n_{\phi\text{а}} = n_{\phi} \cdot n_{\text{а}}. \quad (14)$$

Примерная продолжительность операций по формированию изделий показана в табл. 7.

Количество камер тепловой обработки периодического действия (ямных камер) для одной технологической линии определяется по формуле, шт.:

$$n_{\text{к}} = \frac{60 \cdot \tau \cdot h \cdot T_{\text{об.к}}}{24 \cdot T_{\phi} \cdot m}, \quad (15)$$

где  $\tau$  — продолжительность рабочей смены — 8 ч;  $h$  — количество рабочих смен в сутки — 2;  
 $T_{\text{об.к}}$  — средняя продолжительность оборота камеры, ч:

$$T_{\text{об.к}} = t_{\text{от}} + t_{\text{р}} + t_{\text{ТВО}} + t_{\text{з}}, \quad (16)$$

где  $t_{от}$  — продолжительность снятия крышки — 0,1 ч;  
 $t_p$  — продолжительность разгрузки и очистки камеры — 0,33 ч;  
 $t_{тво}$  — продолжительность режима тепловой обработки (предварительное выдерживание, подъем температуры, изотермический прогрев и остывание изделий) (приложение 1 и 2);  
 $t_3$  — продолжительность загрузки форм в камеру тепловой обработки и закрытия крышки, ч:

$$t_3 = \frac{m \cdot T_{\phi}}{60} + 0,1, \quad (17)$$

где  $T_{\phi}$  — цикл формования, мин (табл. 6);

$m$  — количество форм в одной камере, шт.

Потребность в камерах тепловой обработки  $n_{к.а}$  для обеспечения заданной производительности  $\Pi_r$  составит, шт.:

$$n_{к.а} = n_k \cdot n_a. \quad (18)$$

Размеры камеры тепловой обработки (ямной камеры) для агрегатно-поточного способа производства определяются по следующим формулам:

– длина камеры (м):

$$l_k = m_r \cdot l + (m_r + 1) \cdot l_1, \quad (19)$$

где  $m_r$  — количество форм по длине камеры, шт.;

$l$  — длина формы, м;

$l_1$  — расстояние между формами и стенкой камеры, м,  $l_1 = 0,4-0,5$  м;

– ширина камеры (м):

$$b_k = n_1 \cdot b + (n + 1) \cdot b_1, \quad (20)$$

где  $n_1$  — количество изделий по ширине камеры;

$b$  — ширина формы, м;

$b_1$  — расстояние между формами и стенкой камеры, м,  $b_1 = 0,35-0,4$  м;

– высота (глубина) камеры (м):

$$h_k = m \cdot (h + h_1) + h_2 + h_3, \quad (21)$$

где  $m$  — число форм по высоте камеры, шт.;

$h$  — высота формы, м;

$h_1$  — расстояние между формами, м,  $h_1 = 0,2$  м;

$h_2$  — расстояние между формой и дном камеры, м,  $h_2 = 0,15$  м;

$h_3$  — расстояние между верхним изделием и крышкой камеры, м,  $h_3 = 0,05$  м.

Коэффициент загрузки камеры определяется по формуле

$$K_3 = \frac{m \cdot V_{БИ}}{V_k}, \quad (22)$$

где  $m$  — количество изделий в камере, шт.;

$V_{БИ}$  — объем бетона одного изделия, м<sup>3</sup>;

$V_k$  — объем камеры, м<sup>3</sup>.

Коэффициент использования объема камеры определяется по формуле

$$K_{исп} = \frac{m \cdot V_{\phi}}{V_k}, \quad (23)$$

где  $V_{\phi}$  — объем формы, м<sup>3</sup>.

## 2.4. Проектирование конвейерной технологии

При конвейерном способе формы с изделиями перемещаются в принудительном ритме по всем постам линии специальным транспортом периодически или непрерывно. Среднее число постов 10–22, скорость перемещения от 0,9 до 1,3 м/мин.

Исходные данные для проектирования приведены в табл. 8.

Годовая производительность конвейерной линии импульсного типа ( $m^3$ ) определяется по формуле

$$P_{гкн} = \frac{C \cdot 60 \cdot V_{би} \cdot \alpha}{P_c}, \quad (24)$$

где  $C$  — годовой фонд рабочего времени основного технологического оборудования, ч;

$V_{би}$  — объем бетона в изделии в одной форме,  $m^3$ ;

$\alpha$  — коэффициент расчетного времени на переналадку конвейера, необходимый при переходе с одного вида изделий на другой (обычно  $\alpha = 1$ );

$P_c$  — максимальная продолжительность ритма работы линии, мин (табл. 8).

Таблица 8

Нормы проектирования конвейерного производства

Характеристика формуемых изделий	Максимальная продолжительность ритма работы линии, мин, при объеме бетона в одной формовке, $m^3$	
	До 3,5	От 3,5 до 5
Однослойные несложной конфигурации	12	22
Однослойные сложной конфигурации, несколько изделий в одной форме	18	28
Многослойные крупногабаритные сложного профиля	25	35

Примечания.

1. При формовании изделий, характеристика которых значительно отличается (в сторону усложнения) от приведенных в таблице, продолжительность ритма может быть увеличена против указанной в таблице, но не более чем на 20 %.
2. При распределении операций по постам, выборе оборудования, назначении количества постов и т.п., кроме учета регламентируемых затрат времени (перерывов), добавляется резерв на неравномерность к продолжительности технологических операций, в среднем 15 %. Общая продолжительность операций с резервами не должна превышать ритмов, приведенных в табл. 8.

Ритм конвейера зависит от скорости конвейера и набора операций при изготовлении тех или иных изделий. Скорость конвейера 0,3–0,5 м/мин.

Количество конвейерных линий определяется по формуле

$$n_{кн} = P_r / P_{гкн}, \quad (25)$$

где  $P_r$  — заданная мощность завода,  $m^3$ .

Необходимое количество форм на конвейерной линии определяется по формуле

$$N_{ф} = 1,05 \cdot (m_k + N_k + g), \quad (26)$$

где 1,05 — коэффициент, учитывающий ремонт форм;

$m_k$  — количество форм (вагонеток) на технологических постах линии;

$N_k$  — количество форм в камере тепловой обработки, шт.;

$g$  — количество форм на передаточных устройствах, шт.,  $g = 1$ .

Количество форм  $m_k$  принимается из условия обеспечения распалубки изделий — 2 поста; чистки и смазки форм — 1–2 поста; при необходимости укладки облицовочной плитки — 1 пост; установки арматуры — 1–2 поста; формирования нижнего слоя — 1 пост; формирования верхнего слоя — 1 пост; отделки поверхности — 1 пост; установки закладных деталей — 1 пост и 2–3 резервных поста. Итого 10–13 постов. Если предварительное выдерживание изделий осуществляют на конвейерной линии, т.е. вне камеры тепловой обработки, то дополнительное количество постов  $n_{дп}$  определяется по формуле (шт.):

$$n_{дп} = t_{пв} \frac{60}{P_c}, \quad (27)$$

где  $t_{пв}$  — продолжительность предварительного выдерживания изделий перед тепловой обработкой, ч (обычно 2 ч).

Если предварительное выдерживание изделий осуществляется в камере тепловой обработки, то количество форм в камере тепловой обработки составит (шт.):

$$N_k = \frac{60 \cdot \tau \cdot h \cdot t_{тво}}{24 \cdot P_c}, \quad (28)$$

где  $\tau$  — продолжительность рабочей смены, ч,  $\tau = 8$  ч;  $h$  — количество рабочих смен,  $h = 2$ ;  $t_{тво}$  — продолжительность режима тепловой обработки, ч, принимается с учетом или без учета предварительного выдерживания изделий (продолжительность тепловой обработки назначается в зависимости от вида и класса бетона и толщины изделия) (приложение 1 и 2).

Число ярусов в камере тепловой обработки, длина которой принимается равной длине конвейерной линии, составит (шт.):

$$n_{я} = \frac{60 \cdot t_{тво}}{m_k \cdot P_c}. \quad (29)$$

Реальный цикл тепловой обработки (ч) определяется по формуле

$$T_p = \frac{n_{я} \cdot m_k \cdot P_c}{60}. \quad (30)$$

Размеры камеры тепловой обработки для конвейерного способа производства определяются по приведенным ниже формулам.

Длина камеры, равная длине конвейера (м):

$$l_k = m_k \cdot l + (m_k - 1) \cdot l_1, \quad (31)$$

где  $m_k$  — количество вагонеток по длине камеры, шт.;

$l$  — длина вагонетки, м;

$l_1$  — расстояние между вагонетками, м,  $l_1 = 0,4–0,5$  м.

Ширина камеры (м):

$$b_k = b_n + 2b_1, \quad (32)$$

где  $b_n$  — ширина колеи, на 0,4–0,5 превышающая ширину изделия, м;

$b_1$  — расстояние от оси рельса до стенки камеры, м,  $b_1 = 0,15–0,2$  м.

Высота камеры (м):

$$h_k = (h_1 + h_2 + h_3) \cdot n_{я} + h_{кон} \cdot (n_{я} - 1), \quad (33)$$

где  $h_1$  — высота вагонетки от головки рельса до верха, м,  $h_1 = 0,6$  м;

$h_2$  — высота рельса, м,  $h_2 = 0,2$  м;

$h_3$  — зазор между верхом вагонетки и низом консоли, поддерживающий рельсовый путь, м,  $h_3 = 0,1$  м;

$n_{я}$  — количество ярусов, шт.;  $h_{кон}$  — высота консоли, м,  $h_{кон} = 0,18$  м.

## 2.5. Бетоносмесительный участок

По принципу работы бетоносмесительные установки (БСУ) классифицируются на установки циклического и непрерывного действия, по маркировке оборудования подразделяются на одноступенчатые и двухступенчатые.

По схеме расположения смесительных машин:

- однорядные, когда для каждой машины необходим один комплект дозаторов и расходные бункеры;
- двухрядные, когда один комплект расходных бункеров и дозаторов обслуживает две смесительные машины;
- гнездовые, когда вокруг вертикальной оси устанавливают три, пять смесительных машин.

По компоновке оборудования:

- одноступенчатые (высотные);
- двухступенчатые (партерные).

В состав установок БСУ входит следующее оборудование: смесители, дозаторы, бункеры, устройства для транспортировки, переработки и подачи исходных материалов и готовой смеси.

Часовая производительность бетоносмесителя ( $\text{м}^3$ ) равна:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{V_{\text{б}} \cdot n_{\text{з}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{н}} \cdot m}{1000}, \quad (34)$$

где  $V_{\text{б}}$  — объем бетоносмесителя, л (табл. 10, 11);

$n_{\text{з}}$  — количество замесов в час, шт. (табл. 9);

$K_{\text{в}}$  — коэффициент использования времени — 0,91;

$K_{\text{н}}$  — коэффициент неравномерности выдачи бетонной смеси — 0,8;

$m$  — коэффициент выхода бетонной смеси — 0,67–0,75.

Годовая производительность бетоносмесителя ( $\text{м}^3$ ) равна:

$$Q_{\text{г}} = Q_{\text{ч}} \cdot T_{\text{см}} \cdot N \cdot T_{\text{ф}}, \quad (35)$$

где  $Q_{\text{ч}}$  — часовая производительность бетоносмесителя,  $\text{м}^3$ ;

$T_{\text{см}}$  — время работы в смену, ч;

$N$  — количество смен;

$T_{\text{ф}}$  — годовой фонд рабочего времени оборудования, сут.

Таблица 9

### Нормы проектирования бетоносмесительных цехов

Наименование показателей	Единица измерения	Норма
1	2	3
Расчетное количество замесов в час для бетонов:		
на плотных заполнителях тяжелых бетонных и растворных смесей с автоматическим дозированием:		
бетонные смеси, изготавливаемые в смесителе принудительного действия	замес	35
то же с гравитационным смесителем	замес	25–30
то же на пористых заполнителях в бетоносмесителях принудительного перемешивания при плотности бетона в высушенном состоянии:		
более 1700 $\text{кг}/\text{м}^3$	замес	20
1400–1700;	замес	17
1000–1400;	замес	15
1000 и менее	замес	13



1	2	3
Количество отсеков для заполнителей и цемента в одной секции бетоносмесительного цеха:		
смеситель с объемом готового замеса 500 л и менее:		
щебень (гравий)	шт.	2
песок, золошлаковая смесь	шт.	2
цемент, зола-унос	шт.	2
смеситель с объемом готового замеса более 500 л:		
щебень (гравий)	шт.	4
песок, золошлаковая смесь	шт.	2
цемент, зола-унос	шт.	2
декоративные заполнители	шт.	2–3
цветные цементы		1–2
Запас материалов в расходных бункерах (емкостях):		
заполнителей	ч	1–2
цемента, золы-уноса	ч	2–3
рабочего раствора добавок	ч	4–5
Угол наклона ленточных конвейеров для подачи бетонной смеси:		
подвижных	град	до 10
жестких	град	до 15

Количество бетоносмесителей  $N_B$ , необходимое для обеспечения заданной годовой производительности  $\Pi_r$  по бетону ( $m^3$ ), определяется по формуле

$$N_B = \Pi_r / Q_r. \quad (36)$$

При расчетах надо учитывать установку запасных бетоносмесителей.

Таблица 10

#### Технические характеристики стационарных гравитационных смесителей

Показатели	СБ-91А	СБ-10БМ	СБ-153А	СБ-101	СБ-16Б	СБ-10Б	СБ-103	СБ-80
Вместимость по загрузке, л	750	1200	1500	100	500	1200	3000	250
Объем готового замеса, л	500	800	1000	65	330	800	2000	165
Наибольшая крупность заполнителей, мм	120	120	120	40	70	120	70	40
Мощность электродвигателя, кВт	4,0	13,0	13,0	0,75	4,0	13,0	22,0	5,5
Частота вращения барабана, об/мин	18	17	17,6	27	18	17	12,6	31
Габариты, м	1,75 2,0 1,8	3,7 2,7 2,5	2,6 2,52 2,3	1,45 1,069 1,27	2,55 2,02 2,85	3,22 2,81 2,52	2,5 4,1 2,33	1,91 1,55 1,08
Масса, кг	1250	3600	2700	213	1900	3900	7600	1170

Таблица 11

## Технические характеристики смесителей принудительного действия

Показатели	СБ-146	СБ-238	СБ-152А	СБ-1500	СБ-35	СБ-29	СБ-138
Вместимость по загрузке, л	750	1500	1000	1500	550	750	1500
Объем готового замеса, л							
по бетонной смеси	500	1000	650	1000	375	500	1000
по раствору	600	1200	800	1200	–	–	–
Наибольшая крупность заполнителей, мм	70	70	70	70	70	70	70
Мощность электродвигателя, кВт	22	37	30	37	13	30	40
Частота вращения вала, об/мин	26	24	25	24	32	26	22,6
Габариты, м	2,0 2,23 1,8	2,85 2,0 1,85	3,0 2,51 1,53	3,58 2,69 1,63	2,6 1,97 1,08	2,6 2,37 2,56	3,58 3,0 1,67
Масса, кг	2750	4700	4800	4540	2000	3500	4700

Рекомендуемая продолжительность смешивания бетонных смесей на плотных заполнителях в стационарных смесителях приведена в табл. 12.

Таблица 12

## Рекомендуемая продолжительность смешивания бетонных смесей на плотных заполнителях в стационарных смесителях

Вместимость смесителя по загрузке, л	Продолжительность смешивания, с			
	в гравитационных смесителях для смесей марок			в смесителях принудительного действия для смесей
	Ж 1, П1	П2	П3-П5	
750 и менее	30	75	60	50
Свыше 750 до 1500	120	105	90	50
Свыше 1500	135	135	120	50

Рекомендуемая продолжительность смешивания бетонных смесей на пористых заменителях в смесителях принудительного действия приведена в табл. 13.

Таблица 13

## Рекомендуемая продолжительность смешивания бетонных смесей на пористых заменителях в смесителях принудительного действия

Вместимость смесителя по загрузке, л	Продолжительность смешивания, с, при средней плотности, кг/м <sup>3</sup>			
	1 600 и более	1400–1600	1000–1400	1000 и менее
750 и более	105	120	150	180
св. 750 до 1500	120	150	180	210
свыше 1500	135	180	210	240

## 2.6. Проектирование арматурного цеха

Компоновка арматурного цеха определяется видами выпускаемых изделий и их плотностью. Необходимо дать описание цеха и устанавливаемого в нем оборудования. В зависимости от типа арматурного цеха определяют и его расположение по отношению к формовочному

цеху: в одном блоке с формовочным цехом или в отдельном корпусе. Если завод имеет ограниченную номенклатуру изделий, не превышающую 10 типоразмеров, то целесообразно располагать арматурный цех вместе с формовочным в одном блоке. Сблокированный с формовочным цехом арматурный цех имеет две схемы планировки оборудования.

При первой схеме оборудование размещается впереди формовочных агрегатов, в тех же пролетах, а при второй схеме — параллельно формовочному цеху, в отдельном пролете и чаще в отдельном поперечном пролете, примыкающем к торцам формовочного пролета.

### 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

#### 3.1. Расчет складов заполнителей

В зависимости от производительности завода (тыс. м<sup>3</sup> в год) ориентировочно можно применять склады следующих типов:

- штабельные полубункерной системы с многоточечным фронтом разгрузки — до 250;
- траншейно-штабельные с фронтальной разгрузкой разгрузочной машины С-492 — до 150;
- штабельно-траншейные — до 100;
- силосные — до 50.

В настоящее время разработаны проекты типовых складов заполнителей открытого и закрытого типов. Техническая характеристика закрытых типовых складов заполнителей показана в табл. 14.

Исходными данными для определения емкости склада являются расходы заполнителей в год, сутки, смену, час.

Таблица 14

Техническая характеристика закрытых типовых складов заполнителей

Тип склада	Емкость склада, м <sup>3</sup>	Мощность, кВт	Расход электроэнергии, тыс. кВт	Численность рабочих		Размеры штабеля, м	
				всего	в смену	длина	ширина
Эстакадно-полубункерный с разгрузочной машиной и надштабельным конвейером	4500	358,3	135,7	3	2	72	30
	7500	379,5	254,3	3	2	108	30
	10 000	398,7	412	3	2	144	30
	14 000	738	588	5	3	180	30
Штабельно-полубункерный с разгрузочной машиной ТР-2 (С-492)	5500	232	79	3	2	108	30
	8000	215	144,7	3	2	144	30
	10000	260	227	3	2	180	30

Вместимость склада заполнителей  $V_3$  (м<sup>3</sup>) определяется по формуле

$$V_3 = Q_{\text{сут}} \cdot T_{\text{хр}} \cdot 1,2 \cdot 1,02, \quad (37)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  — суточный расход материалов, м<sup>3</sup>;

$T_{\text{хр}}$  — нормативный запас хранения материалов, сут (табл. 15);

1,2 — коэффициент разрыхления;

1,02 — коэффициент, учитывающий потери при транспортировке.

Общая площадь склада заполнителей  $A_{\text{скл.}}$  равна

$$A_{\text{скл.}} = A_{\text{п}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (38)$$

где  $A_{\text{п}}$  — полезная площадь склада, равная суммарной площади всех штабелей, м<sup>2</sup> (размеры штабеля в зависимости от объема можно взять из табл. 14);

$K_{\text{п}}$  — коэффициент увеличения площади склада для устройства проездов,  $K_{\text{п}} = 1,4-1,5$ .

## Нормы проектирования складов заполнителей

	Единица измерения	Норма
Запас заполнителей на заводских складах при поступлении: железнодорожным транспортом автотранспортом	Расчетные рабочие сутки	7–10 5–7
Запас декоративного заполнителя	сут	30
Максимальная высота штабеля при свободном падении за- полнителя	м	12
Наименьшее количество отсеков для хранения заполнителей различных видов и фракций:		
песка	шт.	2
крупного заполнителя	шт.	4

## 3.2. Расчет складов цемента

Склады цемента классифицируются следующим образом:

- по привязке к транспортным коммуникациям: на прирельсовые и притрассовые;
- по одновременной вместимости цемента в силосах на склады: 240, 360, 480, 720, 1100, 1700, 2500 и 4000 т;
- по типам складов: на металлические и железобетонные;
- по способу управления: механизированные и автоматизированные;
- по способу подачи цемента в расходные бункеры бетономесительных цехов: с пневматической и механической подачей.

Для разгрузки крытых железнодорожных вагонов применяют пневматические разгрузчики.

Для подачи цемента из приемного бункера пневмоподъемника в силосы склада и из них в расходные бункеры применяют:

- пневматические винтовые подъемники;
- пневматические винтовые, камерные и струйные насосы.

## Нормы проектирования складов цемента

Характеристика склада	Единица измерения	Нормы
Запас цемента на складе при поступлении: железнодорожным транспортом автотранспортом	Расчетные рабочие сутки	7–10 5–7
Запас декоративного цемента	сут	5–7
Количество емкостей для хранения цемента на заводах мощностью		
до 100 тыс., м <sup>3</sup> /г	шт.	не менее 4
свыше 100 тыс., м <sup>3</sup> /г	шт.	не менее 6
Коэффициент заполнителя емкости	–	не менее 0,9

Вместимость складов цемента  $V_{ц}$  рассчитывается по формуле (т):

$$V_{ц} = \frac{Q_{сут} \cdot T_{хр}}{0,9}, \quad (39)$$

где  $Q_{сут}$  — суточный расход цемента;

$T_{хр}$  — нормативный запас хранения цемента (табл. 16);

0,9 — коэффициент заполнения емкостей.

Данные для расчета и проектирования складов цемента указаны в табл. 17.

Таблица 17

**Техническая характеристика  
автоматизированных складов цемента**

Способ приема цемента	Емкость склада, т	Количество силосов, шт.	Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /мин	Мощность, кВт	Число работающих, чел.	
					Всего	В смену
Прием цемента с автоцементовозов	360	6	10,5	60,8	2	1
	240	4	10,5	50,8	2	1
	720	6	10,5	60,8	2	1
	480	4	10,5	50,8	2	1
Прием цемента из всех видов транспорта	720	6	36,4	156	4	3
	480	4	36,4	141	4	3
	1700	6	47,5	270	4	3
	1100	4	47,5	240	4	3
	4000	6	71,5	400	4	3
	2500	4	71,5	335	4	3

### 3.3. Расчет склада арматуры

Площадь для складирования арматурной стали определяется по формуле

$$A = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot T_{\text{хр}} \cdot K}{m}, \quad (40)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  — суточная потребность с учетом 4 % потерь, т;

$T_{\text{хр}}$  — срок хранения, сут;

$K$  — коэффициент, учитывающий площадь склада с проходами при хранении стали на стеллажах в закрытых складах;

$m$  — масса стали, размещаемой на складе, т/м<sup>2</sup>.

Нормы для хранения арматуры на складах приведены в табл. 18.

### 3.4. Расчет склада готовой продукции

Площадь склада готовой продукции определяется по формуле

$$A = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot T_{\text{хр}} \cdot K_1 \cdot K_2}{Q_n}, \quad (41)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  — количество изделий, поступающих в сутки, м<sup>3</sup>;

$T_{\text{хр}}$  — продолжительность хранения, сут;

$K_1$  — коэффициент, учитывающий площадь склада на проходы,  $K_1 = 1,5$ ;

$K_2$  — коэффициент, учитывающий увеличение площади склада при применении различных кранов,  $K_2 = 1,3-1,7$ ;

$Q_n$  — нормативный объем изделий, допускаемых для хранения на 1 м<sup>2</sup> площади склада, м<sup>3</sup>.

## Нормы проектирования складов арматуры

Характеристика складов	Единица измерения	Норма
Запас арматурной стали на складе	сутки	20–25
Масса стали, размещаемой на 1 м <sup>2</sup> площади склада	т	1,2
Бухты в бункерах	т	3,0
Сталь в мотках (бухтах)	т	1,2
Сталь в прутках и сортовой прокат	т	3,2
Полосовая сталь	т	2,1
Листовая сталь	т	3,0
Сетки в рулонах	т	0,4
Запас готовых арматурных изделий в цехе	ч	8
Коэффициент использования площади склада при хранении арматурной стали на стеллажах и в закрытых складах емкостью:		
до 500 т	–	2
свыше 500 т	–	3
Запас товарных арматурных сеток и каркасов на складе	сут	1–4
Высота хранения сеток и каркасов:		
в горизонтальном положении	м	1,5
в вертикальном положении	м	4,0

Вместимость склада определяется по формуле

$$V_{ск} = V_{сут} \cdot T_{хр}, \quad (42)$$

где  $V_{сут}$  — суточный объем изделий, м<sup>3</sup>;

$T_{хр}$  — продолжительность хранения, сут.

Нормы проектирования склада готовой продукции приведены в табл. 19.

Таблица 19

## Нормы проектирования склада готовой продукции

Характеристика склада	Единица измерения	Норма
Запас готовых изделий на складе	сутки	10–14
Объем изделий панелей, хранящихся в горизонтальном положении на 1 м <sup>2</sup> площади склада:		
ребристые (в бетоне)	м <sup>3</sup>	0,5
пустотные (в объеме изделия)		1,8
линейные элементы правильной формы (в бетоне)		1,0
Объем изделий (панелей), хранящихся в вертикальном положении на 1 м <sup>2</sup> площади склада	м <sup>3</sup>	1,2
Коэффициент, учитывающий проходы между штабелями	–	1,5
Минимальная ширина прохода между штабелями	м	0,8
Коэффициент, учитывающий проезды и площадь под путями кранов, тележек, площадь под проезд автомашин и под железнодорожные пути для складов с кранами:		
мостовым	–	1,3
башенным	–	1,5
козловым	–	1,7

## 4. РЕСУРСЫ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НУЖДЫ

### 4.1. Расход пара

В соответствии с ОНТП 07–85 расход пара на пароразогрев бетонной смеси принимается из расчета 1,5 кг на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси при нагреве на 1 °С.

Обычно расход пара на 1 м<sup>3</sup> бетона на технологические нужды составляет 0,6–1,0 т. При этом на тепловую обработку на 1 м<sup>3</sup> бетона затрачивается: в ямных камерах около 0,3–0,4 т, в кассетах — 0,15–0,2 т, в термоформах — 0,2–0,25 т, в автоклавах — 0,3–0,35 т, на вибропрокатных станах — 0,2–0,25 т.

### 4.2. Расход электроэнергии

Расход электроэнергии на электротермообработку изделий принимается для изделий из:

- тяжелого и легкого конструкционного бетона не более 80 кВт·ч/м<sup>3</sup>;
- легкого конструкционно-теплоизоляционного бетона не более 100 кВт·ч/м<sup>3</sup>.

В среднем всего расход электроэнергии на обычных заводах железобетонных изделий составляет 30–35 кВт·ч на 1 м<sup>3</sup> бетона. Расход электроэнергии на заводах ячеистого бетона с мокрым помолом песка составит около 40–60 кВт·ч на 1 м<sup>3</sup> бетона. Если необходим электропрогрев бетона, то расход электроэнергии будет 30–40 кВт·ч на 1 м<sup>3</sup> бетона.

### 4.3. Расход сжатого воздуха

Обычно расход сжатого воздуха на заводах железобетонных изделий составляет 10–20 м<sup>3</sup>/мин, из этого количества на работу пневмотранспорта затрачивается 8–10 м<sup>3</sup>/мин.

### 4.4. Расход природного газа

Расход природного газа при тепловой обработке тяжелого и легкого бетонов класса В 10 и выше в закрытых цехах принимается из расчета 18 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> бетона, для легкого бетона класса В 7,5 до 10 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, на открытых полигонах, для бетона класса В 20 — до 12 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Таблица 20

Перечень профессий рабочих,  
занятых в производстве железобетонных изделий

Профессия	Примерное число рабочих на технологической линии
1	2
Автоклавщик	1 для каждого автоклава
Антикоррозийщик	1–2
Арматурщик	1–2
Бетонщик	2–3
Газосварщик	1
Крановщик	по 1 на каждом кране
Машинист бетоноукладчика	по 1 на каждом бетоноуклад.



1	2
Машинист (оператор):	
бетонирующего комбайна	1
виброплощадки	1
вибропрокатного стана	1
выпрессовщика	1
кантователя	1
навивочной машины	по 1 на каждой установке
натяжной станции	1–2
передаточного моста	по 1 на каждом мосту
формовочной машины	1
центрифуг	по 1–2 на каждой центрифуге
Моторист электрокаров, самоходных и передаточных тележек	по 1 на каждой машине
Опалубщик	1–2
Офактурщик	1–2
Подсобный рабочий	1–2
Пропарщик	2–3
Распиловщик изделий	1–2
Такелажник	2
Шлифовщик изделий	2–3
Электросварщик	По числу постов сварки

Количество удаляемых из камер продуктов сгорания природного газа принимается равным  $15 \text{ м}^3$ , а с доувлажнением —  $20 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  сжигаемого природного газа.

#### 4.5. Расчет расхода смазки

Обычно расход смазки на заводах ЖБИ составляет  $2,0\text{--}2,5 \text{ кг}$  на  $1 \text{ м}^3$  бетона и зависит от вида смазки и способа производства.

#### 4.6. Расход воды

Расход воды на технологические нужды, включая расход воды на приготовление бетонной смеси, на заводах железобетонных изделий составляет  $2,0\text{--}2,5 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  бетона.

## 5. ШТАТНАЯ ВЕДОМОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ (ЦЕХА)

В штатной ведомости предприятия или цеха приводится полный явочный состав производственных рабочих и цехового персонала, обслуживающих технологическое оборудование и выполняющих производственные операции.

К производственным рабочим относятся лица, непосредственно управляющие технологическим процессом: работой оборудования, а также осуществляющие контроль и регулирование процессов переработки сырья и готовой продукции.

В состав цехового персонала входят: начальник цеха, мастера, младший обслуживающий персонал. Перечень профессий рабочих, занятых в производстве железобетонных и бетонных изделий, дан в табл. 20.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. — Москва : АСВ, 2011. — 528 с.
2. Баженов Ю.М. Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий / Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин, Н.В. Трескова. — Москва : АСВ, 2005. — 472 с.
3. Алимов Л.А. Технология строительных изделий и конструкций. Бетонведение : учебник для вузов / Л.А. Алимов, В.В. Воронин. — Москва : Академия, 2010. — 425 с.
4. СНиП 18.13330.2011. «Генеральные планы промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП II-89-80\*». — Москва : ФГУП ЦПП, 2011. — 51 с.
5. СНиП 3.09.01-85. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий / Госстрой России. — Москва : ФГУП ЦПП, 2005. — 44 с.
6. ОНТП 07-85. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона. — Москва: Минстройматериалов СССР, 1986. — 51 с.
7. ОНТП 09-85. Предприятия по производству изделий из ячеистого и плотного бетона автоклавного твердения. Нормы технологического проектирования. — Москва : Минстройматериалов СССР, 1986. — 116 с.
8. Производство строительных материалов, изделий и конструкций : учебное пособие для курсового и дипломного проектирования для студентов бакалавриата направления подготовки 08.03.01 Строительство по профилю «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций» / Моск. гос. строит. ун-т, каф. технологии вяжущих веществ и бетонов; сост.: О.Ю. Баженова, В.И. Сохряков, К.С. Стенечкина, С.И. Баженова. — Москва : НИУ МГСУ, 2016. — 159 с. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/57298>. — ЭБС «IPRbooks»

**Режим тепловой обработки изделий из тяжелого бетона  
при температуре изобарической (изотермической)  
выдержки 80–85 °С**

Класс (марка) бетона	Режим тепловой обработки, ч, при толщине бетона в изделии, мм		
	до 160	до 300	более 300
В 15 (М 200)	11 (3,5 + 5,5 + 2)	12 (3,5 + 6,5 + 2)	13 (3,5 + 6,5 + 3)
В 22,5 (М 300)	9 (3 + 4 + 2)	10 (3 + 5 + 2)	11 (3,5 + 5 + 2,5)
В 30 (М 400)	8,5 (3 + 3,5 + 2)	9,5 (3 + 3,5 + 2)	10 (3 + 4,5 + 2,5)
В 37,5 (М 500)	8 (3 + 3 + 2)	9 (3 + 4 + 2)	10 (3 + 3,5 + 2,5)
В 45 (М 600)	7 (3 + 2 + 2)	8 (3 + 3 + 2)	8 (3 + 3,5 + 2,5)

**Режим тепловой обработки изделий из легких бетонов**

Класс (марка) бетона	Способ тепловой обработки	Толщина изделий, мм	Режим тепловой обработки, ч
В 3,5 – В 7,5 (М 50 – М 100)	Сухой прогрев при 120–150 °С	До 300	9 (2 + 5 + 2)
		300 и более	10 (2 + 6 + 2)
	Прогрев в термоформах или в камерах «глухим» паром при температуре 90–95 °С	До 300	9 (3 + 5 + 1)
		300 и более	11 (3 + 6 + 2)
В 3,5 – В 15 (М 50 – М 200)	Тепловлажностная обработка при температуре 80–85 °С	До 200	10 (3 + 6 + 1)
		200–300	12 (3 + 7 + 2)
		Более 300	13 (3 + 8 + 2)
В 22,5 – В 30 (М 300 – М 400)	Тепловлажностная обработка при температуре 80–85 °С	До 200	8 (2,5 + 5 + 2)
		200–300	9,5 (2,5 + 5 + 2)
		Более 300	10 (2,5 + 5,5 + 2)

**Режим тепловой обработки изделий из тяжелых бетонов  
в кассетах (при расположении паровых отсеков  
через два рабочих отсека), в пакетах**

Толщина бетона в изделиях, мм	Класс (марка) бетона	Режим тепловой обработки при 80–90 °С
До 100	В 12,5 (М 150)	$1 + 4 + 4 = 9$
101–200	В 12,5 (М 150)	$1 + 5 + 5 = 11$
До 100	В 15 (М 200)	$1 + 3,5 + 3,5 = 8$
101–200	В 15(М 200)	$1 + 4 + 4,5 = 9,5$
До 100	В 25(М 350)	$1 + 3 + 3 = 7$
101–200	В 25(М 350)	$1 + 3,5 + 4,5 = 9$