

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Технология бетона и строительные материалы»

П. И. Юхневский

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТРАСЛИ

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальности 1-70 01 01  
«Производство строительных изделий и конструкций»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области строительства и архитектуры*

Минск  
БНТУ  
2018

УДК 666.982  
ББК 38.626я7  
Ю94

**Р е ц е н з е н т ы:**

канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Химическая технология  
вяжущих материалов» БГТУ *А. А. Мечай*;  
канд. техн. наук, зав. лабораторией ГП «Институт жилища –  
НИПТИС им. С. С. Атаева» *Н. С. Протьюко*

**Юхневский, П. И.**

Ю94 Проектирование и реконструкция предприятий отрасли : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-70 01 01 «Производство строительных изделий и конструкций» / П. И. Юхневский. – Минск: БНТУ, 2018. – 54 с.  
ISBN 978-985-583-008-6.

В учебно-методическом пособии приведены сведения о тематике курсовых проектов, рекомендации по содержанию и оформлению разделов пояснительной записки и графической части проекта, а также рекомендации по организации работы над курсовым проектом.

В издании освещены принципы проектирования формовочных цехов заводов по производству сборных железобетонных изделий, дана методика проведения расчетов технологических линий, производственных площадей, энергетических ресурсов.

**УДК 666.982  
ББК 38.626я7**

**ISBN 978-985-583-008-6**

© Юхневский П. И., 2018  
© Белорусский национальный  
технический университет, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НАД КУРСОВЫМ ПРОЕКТОМ .....	6
1.1 Задание на курсовое проектирование .....	6
1.2 Состав и объем курсового проекта .....	7
1.3 Порядок выполнения курсового проекта .....	7
2. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ .....	8
2.1 Введение .....	8
2.2 Характеристика проектируемого предприятия .....	9
3. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТНЫХ УСЛОВИЙ, РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО УСЛОВИЯМ ИНСОЛЯЦИИ И АЭРАЦИИ .....	11
4. ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ, ОПАЛУБОЧНЫЙ И КОНСТРУКТИВНЫЙ ЭСКИЗ ИЗДЕЛИЯ .....	11
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА И ФОРМОВОЧНОГО ЦЕХА .....	12
5.1 Выбор вида бетона, технологических параметров и способов изготовления и уплотнения бетонной смеси .....	12
5.2 Выбор материалов для изготовления изделий .....	12
5.3 Проектирование состава бетона .....	13
5.4 Проектирование технологии формовочного цеха .....	13
5.5 Технологические расчеты производственной линии .....	15
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЛОЩАДИ ЦЕХА .....	29
7. ЛАБОРАТОРИЯ И ОТДЕЛ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ .....	34

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОЧИХ И ЦЕХОВОГО ПЕРСОНАЛА .....	35
9. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ .....	37
9.1 Расчет расхода электроэнергии на освещение.....	37
9.2 Расчет расхода электроэнергии на технологические нужды.....	38
9.3 Определение расхода сжатого воздуха .....	40
9.4 Расход пара на тепловую обработку.....	41
10. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ .....	43
11. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	44
12. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ, ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....	44
13. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ.....	45
14. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА .....	46
14.1 Содержание графической части.....	46
14.2 Оформление графической части .....	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	48
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	50

## ВВЕДЕНИЕ

Основой курсового проекта являются дисциплины «Проектирование предприятий отрасли», «Технология производства железобетонных изделий», «Организация, планирование и управление предприятием» и «Архитектурное проектирование».

Выполнение студентами курсового проекта является одной из основных форм обучения при подготовке инженеров-строителей-технологов. В процессе разработки проекта студент самостоятельно решает вопросы функциональной взаимосвязи подразделений предприятия, устанавливает взаимосвязь отдельных операций в общем технологическом процессе производства, приобретает навыки компоновки производственных участков, проявляет знания по расчету продолжительности отдельных технологических операций, знания технологии производства, учится обосновывать принятые в проекте решения.

Разработка курсового проекта способствует не только закреплению студентом приобретенных теоретических знаний, но и ознакомлению с рядом вопросов чисто производственного характера на действующих предприятиях, изучению специальной технической литературы и приобретению навыков проектирования.

В курсовом проекте студент выступает в качестве автора проекта, поэтому он несет полную ответственность за все проектные решения и расчеты. Ценность последних зависит не только от знаний по проектированию предприятий отрасли и технологии производства бетонных и железобетонных изделий, но и от общетехнической подготовки студента, его умения работать с литературой, логически мыслить и аргументированно излагать выводы.

В проекте должны реализовываться новейшие достижения науки, техники и передового отечественного и зарубежного опыта, комплексное использование сырья и материалов, организация безотходной, энергосберегающей технологии производства, высокая эффективность капитальных вложений.

# 1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НАД КУРСОВЫМ ПРОЕКТОМ

## 1.1 Задание на курсовое проектирование

Темами для проектирования являются формовочные цеха предприятий сборного железобетона.

В задании на курсовой проект указывается: название предприятия и проектируемого цеха, вид продукции и технические нормативно-правовые акты (ТНПА), способ производства изделий. Кроме того, в задании может быть предусмотрена реконструкция цеха, участка или технологической линии, разработка прогрессивных методов выполнения той или иной технологической операции, замена традиционных видов сырья отходами промышленности и т. д. Остальные сведения, необходимые для выполнения курсового проекта, студенты получают из норм технологического проектирования, каталогов, проектных материалов и опыта работы передовых родственных предприятий.

В исходных данных приводятся дополнительные сведения, конкретизирующие задание (сырьевые материалы, место строительства и другие).

Для более глубокой разработки основных частей проекта возможно выполнение группой студентов (два–три человека) проектов по одной теме, но с различными вариантами по производительности цеха, сырьевым материалам, способу производства изделий и сопоставлению полученных результатов.

Темы курсовых проектов могут включать элементы научно-исследовательских работ студентов, которые предусматривается выполнять в лаборатории с использованием научного оборудования, приборов и методов современного анализа вещества. Одинаковые элементы научно-исследовательских работ могут быть включены в задания нескольким студентам одновременно. В этом случае предусматривается коллективное проведение исследований, но индивидуальное использование их результатов в каждой конкретной теме проекта.

## **1.2 Состав и объем курсового проекта**

По содержанию курсовой проект должен приближаться к архитектурному проекту утверждаемой первой стадии при двухстадийном проектировании. Соответственно расширяются разделы анализа конструкции изделия, технологии бетона и производства изделий. Исключается в курсовом проекте, по сравнению со стадией «А» при двухстадийном проектировании, освещение вопросов инженерного оборудования, сетей и систем, генеральный план и транспорт, сметные расчеты. Принятое содержание и построение курсового проекта соответствует учебному плану подготовки специалиста и имеет целью обучить приемам проектирования промышленных объектов, привить навыки в оформлении проектной документации, ознакомить с требованиями, предъявляемыми к проектной документации на возведение предприятий сборного железобетона на различных стадиях проектирования.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки объемом 30–45 страниц рукописного текста или выполненного машинным способом объемом 28–35 страниц и графической части – одного листа чертежей формата А1. Общий объем пояснительной записки может быть распределен по разделам следующим образом: введение – 2–3, характеристика проектируемого предприятия – 1–2, обоснование проектных решений конструкции изделия – 3–6, проектирование технологии производства – 8–13, проектирование организации, планирования и управления предприятием – 4–5, архитектурно-строительная часть – 1–2, техника безопасности и охрана окружающей среды – 2–3, список использованных источников – 1 страница.

Графическая часть должна содержать план и разрезы формовочного цеха, выполненные с соблюдением правил оформления основных строительных решений и технологических компоновок с указанием размещения оборудования и транспортных средств.

## **1.3 Порядок выполнения курсового проекта**

Курсовой проект выполняется в девятом семестре обучения и в сроки, установленные графиком самостоятельной работы студента. Работу над проектом рекомендуется распределить на этапы, каждый из которых выполняется в течение недели.

1.3.1 Ознакомление с заданием на проектирование, методическими указаниями, посещение «родственного» предприятия и изучение технических нормативно-правовых актов на изделие.

1.3.2 Составление характеристики проектируемого предприятия. Выбор конструкции изделия, сырьевых материалов, схемы технологического процесса и согласование их с консультантом, расчет состава бетонной смеси.

1.3.3 Выбор режима работы цеха, расчет программы выпуска изделий, расхода сырья и полуфабрикатов. Выполнение расчетов продолжительности технологического цикла, производительности, количества основного оборудования.

1.3.4 Расчет потребности энергетических ресурсов.

1.3.5 Составление компоновочных чертежей, согласование с консультантом. Определение объемно-планировочного и конструктивного решений производственного цеха и бытовых помещений.

1.3.6 Графическое оформление плана и разрезов основного производственного цеха. Определение потребной численности рабочих и цехового персонала. Определение конкретных функций заводской лаборатории и отдела технического контроля при изготовлении изделий.

1.3.7 Проектирование организации, планирования и управления предприятием. Освещение вопросов техники безопасности и производственной санитарии, охраны окружающей среды.

1.3.5 Защита проекта.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

### **2.1 Введение**

Введение служит начальным разделом пояснительной записки, который знакомит с современным состоянием и перспективой развития производства намеченных к выпуску изделий; вводит в курс рассматриваемой темы; показывает, какие задачи были поставлены в задании на проектирование и как они решены в проекте. В нем приводится обоснование выбранной технологической схемы производства, а также эффективность принятых решений. Во введении излагаются основные выводы, полученные в результате разработки проекта.



## 2.2 Характеристика проектируемого предприятия

2.2.1 Обоснование проектирования предприятия. Приводится обоснование необходимости проектирования и строительства предприятия сборного железобетона по производству изделий, применяемых для возведения зданий и сооружений указанной отрасли народного хозяйства.

2.2.2 Продукция предприятия и мощность. В записке приводятся номенклатура и программа выпуска продукции проектируемого предприятия (таблица 2.1).

Таблица 2.1. – Условно-расчетная номенклатура и объем производства

Наименование и марка изделия	Габариты, мм	Масса, т	Вид и класс бетона	Расход на изделие		Выпуск изделий в год	
				бетона, м <sup>3</sup>	стали, т	штук	м <sup>3</sup>

Графа «Выпуск изделий в год» заполняется сразу, если задана производительность. Если производительность не задана, то графа заполняется после выполнения расчетов согласно п. 5.5.

2.2.3 Сырьевая база и транспорт. Приводятся данные об источниках поставки основных видов сырьевых материалов и полуфабрикатов, достаточность запасов сырьевой базы на амортизационный срок эксплуатации предприятия, экономичность доставки (имеются в виду вяжущие вещества, добавки, заполнители, арматура).

Рассматривается возможность и целесообразность использования промышленных отходов соседних предприятий (шлаки, золы и др.), карьеров.

Описываются транспортные связи проектируемого предприятия с источниками сырья и потребителями продукции.

Рассматривается вопрос непосредственного примыкания к источникам сырья или топлива для бесперегрузочной подачи с целью уменьшения их запасов на заводе.

2.2.4 Режим работы предприятия. Режим работы завода выбирают в соответствии с нормами технологического проектирования. Определяется количеством рабочих дней в году, рабочих смен в сутки и часов работы в смену.

На заводах железобетонных изделий работа ведется по режиму прерывной недели с двумя выходными днями в неделю в две или три смены. Отделения тепловой обработки, склады по приему сырья работают в три смены, а все остальные цеха (бетоносмесительные, формовочные, арматурные) – в две или три смены в соответствии с ОНТП 07–85.

Годовой фонд рабочего времени оборудования в часах определяется по формуле

$$V_{рч} = V_{рс} N_{см} T_{см} K_{ио},$$

где  $V_{рс}$  – количество рабочих дней в году;

$N_{см}$  – количество смен в сутки;

$T_{см}$  – продолжительность смены, ч;

$K_{ио}$  – коэффициент использования оборудования по времени, учитывающий остановки на ремонт. Величина его устанавливается нормами технологического проектирования и составляет 0,8–0,97.

Результаты расчетов записывают в таблицу 2.2.

Таблица 2.2. – Расчет фонда рабочего времени работы оборудования

Наименование отделения	Рабочих суток в году	Рабочих смен в сутки	Длительность смены в час	Коэффициент использования оборудования	Годовой фонд времени работы оборудования, час

Производственная программа цеха рассчитывается по условной номенклатуре исходя из годового фонда работы оборудования и оформляется в виде таблицы 2.3.

Таблица 2.3. – Программа выпуска продукции

Наименование изделия или материала	Единица измерения	Выпуск изделий			
		$P_{год}$	$P_{сутки}$	$P_{смену}$	$P_{час}$

### **3. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТНЫХ УСЛОВИЙ, РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО УСЛОВИЯМ ИНСОЛЯЦИИ И АЭРАЦИИ**

Приводятся сведения о климатических условиях на месте возведения проектируемого предприятия, которые необходимы для правильного размещения зданий и сооружений на генплане, а также для назначения технологического режима изготовления изделий. Необходимо привести сведения о направлении ветров и господствующем ветре в летний период, количестве осадков и относительной влажности при сухой и жаркой погоде, периоде теплого времени года с устойчивыми среднесуточными температурами воздуха  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  и выше, периоде холодного времени года с устойчивыми среднесуточными температурами воздуха  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже по данным СНБ 2.04.02–2000 с изменениями № 1 «Строительная климатология».

Строят розу ветров и производят размещение здания на местности с учетом требований ТКП 45-3.01-155–2009 «Генеральные планы промышленных предприятий. Строительные нормы проектирования».

### **4. ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ, ОПАЛУБОЧНЫЙ И КОНСТРУКТИВНЫЙ ЭСКИЗ ИЗДЕЛИЯ**

В этом разделе проекта студент должен показать подготовленность в вопросах расчета и проектирования основных видов железобетонных конструкций.

В пояснительной записке для основных типов изделий принятой номенклатуры должны быть приведены следующие сведения:

а) требуемые эксплуатационные качества (вид бетона, средняя плотность, прочность, трещиностойкость, морозостойкость, водонепроницаемость и др.);

б) основные технические требования по изготовлению изделий (в соответствии с ГОСТ 13015–2012 «Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения» и другими ТНПА);

в) способы транспортирования и монтажа;

г) характеристика армирования;

д) спецификация материалов и основные требования, предъявляемые к их качеству (классы и марки стали, класс бетона и вид вяжущего, необходимые добавки и т. п.);

е) основные требования по изготовлению, распалубке, складированию и транспортированию изделий (порядок натяжения арматуры и величина контролируемого напряжения, прочность бетона в момент передачи напряжения бетону, распалубочная прочность, отпуская прочность и т. д.).

Материалы данного раздела проекта являются основанием для выбора способа производства основных изделий, входящих в номенклатуру, и выполнения соответствующих технологических расчетов (расчета длительности цикла формования изделий, выбора режима напряжения арматуры и др.).

## **5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА И ФОРМОВОЧНОГО ЦЕХА**

### **5.1 Выбор вида бетона, технологических параметров и способов изготовления и уплотнения бетонной смеси**

На основании анализа конструкции изделий и условий их службы выбирается вид и средняя плотность бетона.

В зависимости от способа уплотнения бетонной смеси конструкции изделия назначается величина подвижности или жесткости бетонной смеси.

### **5.2 Выбор материалов для изготовления изделий**

Вяжущие вещества выбираются из условия службы конструкций, режима твердения бетона и получения требуемой прочности в заданные сроки. Приводятся обоснования соотношения величин активности цемента и марки бетона, учитывается дальность доставки к заданному месту строительства.

Приводится обоснование необходимости введения добавок (активных минеральных, пластифицирующих, ускорителей твердения, повышающих свойства затвердевшего бетона и др.).

В зависимости от вида и размеров конструкций, условий их службы и применяемого бетона устанавливаются вид заполнителей и их характеристики.

Излагаются основные требования к заполнителям для данного вида изделий. Приводятся характеристики принятых заполнителей (фракционный состав, плотность, пустотность, удельная поверхность, водопотребность).

Излагаются основные требования к воде для приготовления бетона (указывается допустимое содержание в воде органических поверхностно-активных веществ, сахаров или фенолов, растворенных солей, ионов  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}$ , взвешенных частиц, а также водородный показатель).

Приводятся виды применяемой для изготовления изделий арматурной стали, их классы, марки и диаметры.

### **5.3 Проектирование состава бетона**

При проектировании состава бетона используют любой расчетный метод определения состава бетона, обеспечивающий получение в изделиях и конструкциях прочности и других показателей качества, в соответствии с установленными нормативными документами или проектной документацией на эти изделия и конструкции, а также рациональное использование материальных и энергетических ресурсов.

Расход цемента в бетоне устанавливается подбором состава бетона, а максимальный расход проверяется в соответствии с типовыми нормами (СНиП 5.01.23–83).

### **5.4 Проектирование технологии формовочного цеха**

5.4.1 Обоснование технологической схемы производства. Если способ производства изделий в задании на проектирование не указан, то производится выбор и обоснование основных технологических решений. Выбор технологического способа зависит от номенклатуры изделий, объема выпускаемой продукции в год каждого наименования и типоразмера, технических условий на изготовление продукции, особенностей армирования, составов бетона, режимов тепловлажностной обработки, размеров производственных цехов, технологического оборудования и т. д.

Выбор технологического способа осуществляется сравнением нескольких вариантов. Приемлемым является тот способ, внедрение которого требует наименьших капитальных затрат при обеспечении

наименьшей себестоимости продукции. При этом необходимо предусмотреть полное использование оборудования, сокращение затрат труда, расходов сырья и топлива на единицу продукции, повышение качества изделий.

Технологическая схема сопровождается пояснительной запиской, в которой дается анализ технологических решений по литературным данным и решений, принятых на действующих предприятиях, обосновываются параметры и оборудование выбранного решения.

5.4.2 Подготовка форм. Выбирают рациональный тип и конструкцию форм, способ активной очистки. Тип смазки и способ ее нанесения, приготовление и способ подачи смазки к рабочему месту. Принимаемые решения необходимо обосновать технологическими расчетами.

5.4.3 Укладка арматурных элементов в форму (отдельные стержни, каркасы, сетки, укрупнительная сборка). Обосновывается способ натяжения арматуры в предварительно напряженных конструкциях (механический, электротермический, электротермомеханический, химический).

Определяется величина начального напряжения арматуры с учетом потерь напряжения. Производится выбор натяжного устройства, типа захвата, вида и способа анкеровки, расчет тягового усилия домкрата, удлинения арматуры при напряжении, температуры нагрева. Приводятся характеристики выбранного оборудования.

5.4.4 Транспортирование бетонной смеси к месту укладки. Обосновывается выбор способа транспортирования бетонной смеси от раздаточных бункеров бетоносмесительного цеха к месту укладки в формовочном цехе. Приводятся расчеты интенсивности доставки бетонной смеси.

5.4.5 Укладка и уплотнение бетонной смеси. Излагается способ укладки бетона в форму. Обосновываются методы, параметры и режимы уплотнения бетонной смеси. Приводятся способы и приемы обработки открытых поверхностей изделий.

5.4.6 Режимы ускорения твердения бетона. Обосновывается режим твердения бетона с учетом вида цемента, состава и удобоукладываемости бетонной смеси, требуемой прочности и деформативности бетона, обеспечения минимальной величины падения напряжения в преднапряженной арматуре.

5.4.7 Распалубка, комплектация и отделка изделий. Излагается последовательность проведения операций по передаче натяжения арматуры на бетон, извлечению изделий из формы (снятию с поддона), комплектации и отделке изделий.

5.4.8 Контроль качества готовой продукции. Приводятся сведения о требованиях по осуществлению приемочного контроля готовой продукции.

5.4.9 Вывоз изделий на склад готовой продукции. Обосновывается выбор транспортного средства для вывоза готовой продукции на склад. Устанавливается число одновременно вывозимых изделий. Приводятся требования по продолжительности выдержки изделий в цехе после тепловлажностной обработки и продолжительности выдержки изделий после отделки. Обосновывается принятая продолжительность выдерживания готовых изделий в цехе при температуре наружного воздуха ниже 0 °С.

## **5.5 Технологические расчеты производственной линии**

Определяется количество ведущих формовочных агрегатов и другого оборудования (бетоноукладчики, виброплощадки, формоукладчики и др.), габариты и число устройств для тепловой обработки, число форм и поддонов, транспортных средств. Производится расчет загрузки мостовых кранов и их числа, обосновывается необходимость использования другого подъемно-транспортного оборудования.

Выбор оборудования и расчет его производительности выполняется только для основного технологического оборудования, приведенного в технологической схеме производства. При этом необходимо стремиться к сокращению количества однотипных машин за счет применения более производительного оборудования.

Если не задана производительность цеха, вначале определяют длительность технологического цикла изготовления изделия с учетом выполнения отдельных операций. Полученную величину сравнивают с требованиями норм технологического проектирования для соответствующего способа производства и вида изделий, а затем рассчитывают максимальную производительность технологической линии. При этом число ведущих агрегатов принимают с учетом рационального использования площадей цеха.

Необходимо учитывать, что изделия изготавливают комплектно, например, лотки теплотрасс и крышки к ним, шахты лифтов и плиты перекрытия и днища и т. д. С этой целью в цеху организуют на разных постах производство соответствующих изделий.

В конце расчета приводится краткая техническая характеристика каждой машины или установки, или конвейерной линии, принятая по паспортным или каталожным данным.

Исходными данными для расчетов количества тепловых установок служат режимы тепловой обработки, скорость движения конвейера (ритм конвейерной линии), требуемая производительность передела.

Для определения необходимого количества форм длительность цикла определяется суммой затрат времени на распалубку изделий, чистку и смазку форм, укладку арматуры, укладку бетонной смеси, формование изделий, тепловлажностную обработку бетона.

Рациональными областями применения конвейерных технологических линий считают специализированное производство изделий одного вида и типа или близких по форме изделий. Конвейер, как правило, имеет от 6 до 15 рабочих постов, а скорость перемещения конвейера составляет от 0,9 до 1,8 м/с. Для конвейерного способа рассчитывают число постов конвейера, число форм, рабочую длину тоннельных камер тепловой обработки.

Если задана производительность цеха при расчете конвейерной линии вначале определяют расчетный (плановый) ритм конвейера. При формовании изделий по 1 штуке в форме

$$R = \frac{V_{рч} g_{ф}}{\Pi_{г}}, \quad (5.1)$$

где  $V_{рч}$  – расчетный фонд рабочего времени в час,  $V_{рч} = N_{дн} N_{см} t_{см}$ ;

$N_{дн}$  – количество дней работы в году;

$N_{см}$  – количество смен за сутки;

$t_{см}$  – продолжительность смены в час;

$\Pi_{г}$  – требуемая годовая программа цеха, шт.;

$g_{ф}$  – количество одновременно формуемых изделий, шт.

В случае одновременного формования множества изделий (тротуарных плит и т. п.) в формулу (5.1) подставляют годовую произ-



водительность цеха (линии) в  $\text{м}^3$ , а вместо  $g_{\phi}$  – объем одновременно формируемых изделий в  $\text{м}^3$ .

Полученный ритм необходимо согласовать с данными, приведенными в ОНТП, и при необходимости уточнить производительность конвейерной линии. Если производительность линии не задана, то ритм рассчитывают по операциям, сравнивают с указанным в ОНТП и затем по формуле (5.1), решив ее относительно  $\Pi_r$ , рассчитывают производительность линии.

Требования ОНТП 07–85 для конвейерной линии:

– однослойные изделия несложной конфигурации, объем бетона до  $3,5 \text{ м}^3$  – ритм не более 12 мин; то же, объем бетона  $3,5\text{--}5 \text{ м}^3$  – не более 22 мин;

– однослойные сложной конфигурации, группа изделий в одной форме при объеме бетона до  $3,5 \text{ м}^3$  – ритм не более 18 мин; то же, объем бетона до  $5 \text{ м}^3$  – 28 мин;

– многослойные изделия, крупногабаритные и сложные, при объеме бетона до  $3,5 \text{ м}^3$  – ритм не более 25 мин; то же, при объеме бетона  $3,5\text{--}5 \text{ м}^3$  – 35 мин.

Число ведущих агрегатов (одновременно это количество технологических линий) определяют по формуле

$$N_{\text{фм}} = \frac{\Pi_r R}{V_{\text{рч}} g_{\phi}}, \quad (5.2)$$

где  $R$  – ритм линии;

$g_{\phi}$  – количество одновременно формируемых изделий.

Ритм конвейера определяется по наиболее загруженному его посту: посту формирования, посту напряженного армирования с натяжением арматуры. Для обеспечения непрерывности и ритмичности работы конвейера с принятым ритмом необходимо, чтобы затраты времени на выполнение отдельных элементных циклов на постах были равны между собой или кратны этому ритму, т. е.  $t_{\text{эл. ц.}} \alpha = R$ , где  $\alpha$  – (целое число) коэффициент кратности.

Производительность конвейера непрерывного действия (вибропрокатного стана) обычно задана. При необходимости она может быть рассчитана по формуле

$$\Pi_{\Gamma} = V_{\text{рч}} V_{\text{к}} b K_{\text{пл}} H_{\text{ср}},$$

где  $V_{\text{к}}$  – скорость конвейера, м/ч;

$b$  – ширина ленты, м;

$K_{\text{пл}}$  – потери формующей ленты на бортоснастку;  $K_{\text{пл}} = 0,9-0,95$ ;

$H_{\text{ср}}$  – толщина формируемого изделия, м.

Число постов конвейерной линии без учета ТВО может быть рассчитано по формуле

$$N_{\Pi} = \frac{\sum (t_{k_i} k_{n_i})}{R}$$

или с учетом ТВО, как отдельного поста, по формуле

$$N_{\Pi}^* = \frac{T_{\text{ц}} + R - t_{\text{ТО}}}{R},$$

где  $t_{k_i}$  – продолжительность полного цикла операций на конвейерной линии (до формовки, формование, но без ТВО);

$k_{n_i}$  – операционный коэффициент неравномерности, учитывающий неоднородность распределения времени на выполнение отдельных технологических операций, принимается по таблица 5.1;

$T_{\text{ц}}$  – продолжительность технологического цикла, включая ТВО, ч;

$t_{\text{ТО}}$  – продолжительность тепловой обработки, ч.

Длина линии формования, если на каждом посту размещается по одной формовагонетке:

$$L_{\text{фл}} = l_{\text{ф}} (N_{\Pi} + 2) + l (N_{\Pi} - 1) + 2l_{\text{р}} + 2l_{\text{м}},$$

где  $l_{\text{ф}}$  – длина формы, м;

$l$  – величина промежутков между формами ( $l = 0,3 - 0,5$ );

$l_{\text{р}}$  – расстояние от крайних форм до подъемника-снижателя ( $l_{\text{р}} = 0,4-0,5$  м);

$l_{\text{м}}$  – величина участка, где размещается механизм подъема-опускания, равная 1,5–2,5 м.

Таблица 5.1. – Операционный коэффициент неравномерности

Вид операции	Изделия простой конфигурации, однослойные	Изделия сложной конфигурации, многослойные
Автоматизированные	1,05	1,05
Механизированные	1,15/1,1	1,25/1,15
Ручные	1,25/1,15	1,35/1,20

*Примечание:* над чертой – при выполнении операций на определенных постах; под чертой – при возможности переноса операций на другие посты.

Требуемое количество форм для пульсирующего конвейера с учетом запаса на ремонт может быть определено по формулам

$$N_{\text{фк}} = K_{\text{рф}} \left( N_{\text{пк}} + \frac{t_{\text{ТО}} - z t_{\text{оп}}}{R} \right), \text{ шт.},$$

или

$$N_{\text{фк}} = K_{\text{рф}} \left( N_{\text{п}}^* - 1 + n_t \right), \text{ шт.},$$

где  $K_{\text{рф}}$  – запас форм на ремонт;  $K_{\text{рф}} = 1,05$ ;

$N_{\text{пк}}$  – число форм на постах конвейера, обычно по одной;

$t_{\text{оп}}$  – продолжительность обеденного перерыва, ч;

$z$  – количество обеденных перерывов за время технологического цикла;

$t_{\text{ТО}}$  – продолжительность ТВО с загрузкой и выгрузкой, мин.

Число форм, одновременно находящихся на тепловой обработке:

$$n_t = \frac{t_{\text{ТО}} - z t_{\text{оп}}}{R}.$$

Рабочая длина тоннельных камер тепловой обработки бетона

$$l_{\text{к}} = n_t l_{\text{ф}} + (n_t - 1)l + 2l_{\text{р}}, \text{ м},$$

где  $l_{\text{ф}}$  – длина формы с изделием, м;

$l$  – зазор между формами: 0,3–0,5 м – при цепном приводе; 0 м – при толкании (формы вплотную);

$l_p$  – расстояние от крайних форм до конца камеры;  $l_p = 0,4-0,5$  м.

Требуемая длина конвейерной линии состоит из расчетной длины формовочной линии и камеры ТВО:

$$L_{\text{фк}} = L_{\text{фл}} + l_{\text{к}}.$$

Конвейерная линия включает минимум две ветви (формовочная и ТВО).

При твердении изделий в штабелях термоформ число пакетов определяют по формуле

$$N_{\text{пф}} = \frac{n_t}{g_t} + 1, \text{ шт.},$$

где  $g_t$  – число изделий в камере (пакете).

При проектировании полуконвейерного производства используют расчетные формулы, применяемые при проектировании как агрегатно-поточного, так и конвейерного способа производства.

Поточно-агрегатный способ производства применяют при мелкосерийном производстве на предприятиях малой и средней мощности. Этот способ предпочтительнее для изготовления изделий длиной до 12, шириной до 3 и высотой до 1 м. Для поточно-агрегатного способа производства рассчитывают размеры и количество камер тепловой обработки, число и оборачиваемость форм для изготовления изделий.

При проектировании линии расчет начинают с установления количества главных агрегатов (бетоноукладчики, виброплощадки, камеры ТВО и др.). Требуемое количество формующих машин при изготовлении однотипных изделий определяют по формуле (5.2)

Ритм или время одного цикла формования ( $\tau$ ) берется по ОНТП или рассчитывается. Требования ОНТП 07–85:

– однослойные изделия несложной конфигурации длиной до 6 м, при  $V_{\text{бет}} \text{ до } 1,5 \text{ м}^3 - T_{\text{ц}} = 12 \text{ мин}$ ; при  $V_{\text{бет}} = 1,5-3,5 \text{ м}^3 - T_{\text{ц}} = 15 \text{ мин}$ ;

– то же, длиной более 6 м, при  $V_{\text{бет}} \text{ до } 3,5 \text{ м}^3 - T_{\text{ц}} = 20 \text{ мин}$ , при  $V_{\text{бет}} = 3,5-5 \text{ м}^3 - T_{\text{ц}} = 25 \text{ мин}$ ;

– однослойные сложной конфигурации длиной до 6 м, при  $V_{\text{бет}}$  до  $1,5 \text{ м}^3 - T_{\text{ц}} = 15$  мин, при  $V_{\text{бет}} = 1,5-3,5 \text{ м}^3 - T_{\text{ц}} = 20$  мин;

– то же, длиной более 6 м, при  $V_{\text{бет}}$  до  $3,5 \text{ м}^3 - T_{\text{ц}} = 30$  мин, при  $V_{\text{бет}} = 3,5-5 \text{ м}^3 - T_{\text{ц}} = 35$  мин;

– многослойные, длиной до 6 м, при  $V_{\text{бет}}$  до  $1,5 \text{ м}^3 - T_{\text{ц}} = 20$  мин, при  $V_{\text{бет}} = 1,5-3,5 \text{ м}^3 - T_{\text{ц}} = 30$  мин;

– то же, длиной более 6 м, при  $V_{\text{бет}}$  до  $3,5 \text{ м}^3 - T_{\text{ц}} = 35$  мин,  $V_{\text{бет}} = 3,5-5 \text{ м}^3 - T_{\text{ц}} = 40$  мин.

При проектировании линии расчет начинают с установления количества главных агрегатов (бетоноукладчики, виброплощадки, камеры ТВО и др.). Требуемое количество формирующих машин при изготовлении однотипных изделий

$$N_{\text{фм}} = \frac{\Pi_{\Gamma} T_{\text{ц}}}{V_{\text{рч}} n K_{\text{ио}}} \quad \text{или} \quad \frac{\Pi_{\Gamma} T_{\text{ц}}}{V_{\text{рч}} V_{\text{бф}} K_{\text{ио}}} \quad \text{или} \quad \frac{\Pi_{\Gamma} R}{V_{\text{рч}} \varepsilon_{\text{ф}}},$$

где  $T_{\text{ц}}$ ,  $R$  – время одного цикла формования берется по ОНТП или рассчитывается, ч;

$V_{\text{рч}}$  – расчетный фонд рабочего времени, ч;

$n$  – число одновременно формируемых изделий, шт.;

$V_{\text{бф}}$  – объем бетона в форме,  $\text{м}^3$ ;

$K_{\text{ио}}$  – коэффициент использования оборудования;  $K_{\text{ио}} = 1 -$

$$- \frac{7}{260} = 0,97.$$

При известных типе и производительности формирующей машины требуемое их количество

$$N_{\text{фм}} = \frac{\Pi_{\Gamma}}{V_{\text{рч}} \Pi_{\text{фм}} K_{\text{ио}}},$$

где  $\Pi_{\text{фм}}$  – часовая производительность формирующей машины.

Для выбора типа и марки виброплощадки необходимо установить требуемые условную грузоподъемность и габариты.

Грузоподъемность виброплощадки

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{ф}} + Q_{\text{б}} + Q_{\text{пр}},$$

где  $Q$  – соответственно масса формы, бетона и пригруза.

$$Q_{\text{б}} = 0,96 V_{\text{и}} \rho_{\text{бс}} K_{\text{п}},$$

где 0,96 – коэффициент, учитывающий степень уплотнения;

$V_{\text{и}}$  – объем изделия,  $\text{м}^3$ ;

$\rho_{\text{бс}}$  – расчетная средняя плотность бетонной смеси,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

$K_{\text{п}}$  – коэффициент присоединения: для виброплощадки с линейными колебаниями  $K_{\text{п}} = 0,25$  для пластичной смеси и 0,4 – для жесткой.

Для ударных виброплощадок с одной рабочей массой  $K_{\text{п}} = 0,8$  и с двумя рабочими массами  $K_{\text{п}} = 1,0$ .

Масса пригруза

$$Q_{\text{пр}} = 100 S_{\text{и}} P_{\text{уд}},$$

где  $S_{\text{и}}$  – площадь изделия,  $\text{м}^2$ ;

$P_{\text{уд}}$  – удельное давление ( $P_{\text{уд}} = 0,001\text{--}0,002$  МПа).

Масса формы

$$Q_{\text{ф}} = V_{\text{и}} M_{\text{уд}},$$

где  $M_{\text{уд}}$  – удельная металлоемкость форм,  $\text{т}/\text{м}^3$ .

Удельная металлоемкость форм в зависимости от способа формования принимается следующей,  $\text{т}/\text{м}^3$ :

– ригеля, прогоны длиной до 6 м (переносные формы) – 1,8–2,0;

– балки покрытий, ригеля пролетом 12–18 м (стационарные формы, горизонтальное положение формования) – 2,2–2,5;

– балки покрытий, ригеля пролетом 12–18 м (стационарные формы, вертикальное положение формования) – 2,6–3,0;

– плиты покрытий ребристые  $3 \times 6$  и  $3 \times 12$  (переносные формы) – 3,0–3,5;

– стеновые панели для производственных зданий – 0,8–1,3;

– стеновые панели для жилых зданий – 1,1–1,8;

– колонны одноэтажных производственных зданий длиной до 6 м (переносные формы) – 1,7–2,5;

- колонны одноэтажных производственных зданий длиной более 6 м (стационарные формы) – 0,8–1,1;
- колонны многоэтажных производственных зданий длиной до 6 м (переносные формы) – 1,4–1,7;
- колонны многоэтажных производственных зданий длиной более 6 м – 0,6–0,8;
- фермы подстропильные пролетом 12 м (стационарные формы) – 2,2;
- фермы стропильные длиной 18–30 (стационарные формы) – 2,0–2,7;
- сваи преднапряженные (переносные формы) – 1,9–2,1;
- балки покрытий, фундаментные балки длиной до 6 м (переносные формы) – 1,0–1,2.

Количество бетоноукладчиков, как правило, равно количеству принятых виброплощадок. Требуемая вместимость бункера бетоноукладчика

$$V_{\text{б.к.}} = V_{\text{н}} K_1 K_2,$$

где  $K_1$  – коэффициент запаса;  $K_1 = 1,1–1,2$ ;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий неполноту заполнения геометрического объема;  $K_2 = 1,2–1,4$ .

Потребное количество камер тепловлажностной обработки бетона определяется в зависимости от их оборачиваемости, длительности цикла тепловой обработки, суточной производительности цеха.

Оборачиваемость камер

$$K_{\text{об}} = \frac{24}{T_k},$$

где  $T_k$  – длительность полного цикла тепловой обработки, ч;

$$T_k = t_{\text{загр}} + t_{\text{выдержки}} + t_{\text{обаб(тверд)}} + t_{\text{разгрузки}}.$$

Число камер для ТВО определяем, исходя из условий тепловой обработки, по формуле

$$N_{\text{к}} = \frac{\Pi_{\Gamma}}{B_{\text{рс}} \cdot N_{\text{и}} \cdot K_{\text{об}}},$$

где  $B_{\text{рс}}$  – число рабочих суток в году;

$N_{\text{и}}$  – число изделий в камере,

или по другой формуле

$$N_{\text{к}} = \frac{n_t}{g_t} + 1,$$

где  $n_t$  – число форм с изделиями, находящихся одновременно на ТВО ( $n_t = (t_{\text{ТО}} - z t_{\text{оп}}) / R$ );

$g_t$  – число изделий в камере.

Коэффициент заполнения камер

$$K_{\text{зк}} = \frac{V_{\text{ик}}}{V_{\text{к}}},$$

где  $V_{\text{ик}}$  – объем изделий в камере;

$V_{\text{к}}$  – объем камеры.

$K_{\text{зк}}$  для плит пустотных равен 0,36, лестничных маршей – 0,25, ригелей – 0,27, колонн – 0,34.

Длина ямной камеры

$$L_{\text{к}} = l_{\text{формы}} + 2l_1,$$

где  $l_1$  – зазор по длине, равный 0,5 м.

Ширина камеры

$$B_{\text{к}} = n_{\text{ш}} (b_{\text{ф}} + 2l_2),$$

где  $n_{\text{ш}}$  – число форм по ширине камеры;

$b_{\text{ф}}$  – ширина формы;

$l_2$  – зазор между формами, равный 0,3 м.



Высота камеры

$$H_{\text{к}} = n_{\text{в}} h_{\text{ф}} (n_{\text{в}} - 1) h_n + h_1 + h_2,$$

где  $n_{\text{в}}$  – число форм по высоте;

$h_{\text{ф}}$  – высота формы;

$h_n$  – высота зазора между формами;

$h_1$  и  $h_2$  – зазоры между днищем (0,3 м) и крышкой (0,05 м).

Объем камеры

$$V_{\text{к}} = L_{\text{к}} B_{\text{к}} H_{\text{к}}.$$

Унифицированные размеры камер ( $L \times B \times H$ ) –  $7 \times 3,75 \times 3,5$ ;  $7,2 \times 2,5 \times 3,5$ ;  $7,2 \times 4,24 \times 3,5$ ;  $8,5 \times 3,75 \times 3,5$ ;  $14,5 \times 4,0 \times 4,0$  м.

Съем продукции в кубических метрах с  $1 \text{ м}^3$  объема камеры в сутки

$$C_{\text{п}} = K_{\text{об}} K_{\text{зк}}.$$

Требуемое количество форм с учетом запаса на ремонт ( $K_{\text{рф}} = 1,05$ ) определяют по формуле

$$N_{\text{ф}} = K_{\text{рф}} (m + g_t - 2 + n_t), \text{ шт.},$$

где  $m$  – число постов технологической линии, включая ТВО, как отдельный пост,  
или по формуле

$$N_{\text{ф}} = \frac{\Pi_{\text{г}} K_{\text{рф}}}{B_{\text{рс}} V_{\text{бф}} K_{\text{об.ф}} K_{\text{ио}}},$$

(если в формуле  $\Pi_{\text{г}}$  в штуках, то внизу вместо  $V_{\text{бф}}$  пишут  $n_{\text{и}}$  – число одновременно формуемых изделий)

где  $K_{\text{рф}} = 1,05$  – коэффициент запаса форм на ремонт;

$V_{\text{бф}}$  – объем бетона в форме,  $\text{м}^3$ ;

$K_{\text{об.ф}}$  – коэффициент оборачиваемости формы в сутки:

$$K_{\text{об.ф}} = \frac{24}{T_{\text{ф}}}$$

$$T_{\text{ф}} = T_{\text{к}} + T_{\text{п}} = 24 / K_{\text{об}} + T_{\text{п}},$$

где  $T_{\text{к}}$  – продолжительность цикла ТВО, ч;

$T_{\text{п}}$  – продолжительность операций с формами вне камеры (распалубка, чистка, смазка, армирование и сборка), ч;  $T_{\text{п}} = 0,4-0,6$  ч.

Стендовые технологические линии целесообразно использовать для изготовления крупноразмерных преднапряженных изделий, которые неэффективно изготавливать на поточно-агрегатных или конвейерных линиях. Для стендового способа определяют число стендов (стендовых линий) и коэффициент оборачиваемости стенда в сутки. При кассетном способе производства определяют число кассетных установок, обеспечивающих необходимую производительность.

Число стендовых линий для длинных стендов или число коротких стендов, включая кассетные установки, определяют по формуле

$$N_{\text{сл}} = \frac{\Pi_{\text{г}} T_{\text{с}}}{V_{\text{рч}} n_{\text{и}}},$$

где  $\Pi_{\text{г}}$  – заданная годовая производительность, шт.;

$T_{\text{с}}$  – продолжительность оборота (цикла работы) стенда, ч;

$V_{\text{рч}}$  – фонд рабочего времени, ч;

$n_{\text{и}}$  – число изделий, одновременно изготавливаемых на одной линии (стенде), шт.

Продолжительность технологического цикла или оборота стенда

$$T_{\text{с}} = t_{\text{по}} + t_{\text{ф}} + t_{\text{ТО}},$$

где  $t_{\text{по}}$  – продолжительность распалубки, разрезки арматуры и съема изделий, сборки форм, чистки и смазки; раскладки арматуры и напряжения до 50 % (1-я ступень); раскладки ненапрягаемой арматуры и окончательное напряжение;

$t_{\text{ф}}$  – продолжительность формования (укладка и уплотнение бетона);

$t_{\text{ТО}}$  – продолжительность ТВО.

Нормы проектирования для стендового способа следующие:

– продолжительность оборота стенда ( $T_c$ ) для длинных и коротких стендов составляет одни сутки.

Коэффициент оборачиваемости стенда

$$K_{\text{об.с}} = \frac{24}{T_c}.$$

При проектировании длинных и коротких стендов необходимо провести раскладку форм с изделиями и определить габариты линий.

Длину длинного стенда определяют по формуле

$$L_c = nL_{\text{ф}} + (n-1)L_{\text{п}} + 2L_y + L_{\text{нм}},$$

где  $n$  – число форм (стендов) с изделиями в линии;

$L_{\text{ф}}$  – длина формы с изделием, м ( $L_{\text{ф}} = L_{\text{и}} + 0,2$ );

$L_{\text{п}}$  – величина промежутка между формами (0,2–0,3 м);

$L_y$  – расстояние от формы с изделием до упора. Величина  $L_y$  зависит от типа формуемого изделия, типа напрягаемой арматуры и проектного положения ее в конструкции с учетом допускаемого угла отклонения (см. ОНТП).  $L_y$  принимается 0,5–2,5 м;

$L_{\text{нм}}$  – величина места для размещения натяжной машины или тележки с гидродомкратом.

Длина короткого стенда зависит от типа его (стенд-камера с силовой стенкой или с упорной балкой, силовая форма), а также способа натяжения. Например, длину стенда с силовой балкой определяют по формуле

$$L_c = nL_{\text{ф}} + 2L_{\text{пс}} + 2L_y + L_{\text{ст}},$$

где  $L_y = 0,30$ – $0,40$  м;

$L_{\text{пс}}$  – величина промежутка между упорами и внутренней стенкой камеры, м;

$L_{\text{ст}}$  – толщина стенки пропарочной камеры (принимают по теплотехническому расчету); ориентировочно  $L_{\text{ст}}$  можно принять равным 0,3–0,4 м.

По длине необходимо располагать наибольшее число форм, так как от этого зависит съём продукции с  $1 \text{ м}^2$  производственной или формовочной площади.

При проектировании линий с кассетными установками необходимо провести раскладку изделий по кассетам, определить требуемую производительность и количество их.

Требуемое количество кассетных установок выбранной марки определяют по формуле

$$N_{\text{к}} = \frac{\Pi_{\text{г}} T_{\text{к}}}{n_{\text{отс}} B_{\text{рч}}},$$

где  $T_{\text{к}}$  – продолжительность оборота кассеты;

$n_{\text{отс}}$  – число отсеков в кассетной установке.

(Если производительность не задана, число кассетных установок необходимо принять из условия рационального использования площади цеха и определить максимальную производительность.)

Продолжительность технологического цикла или оборота кассеты определяют по формуле

$$T_{\text{к}} = t_{\text{р}} + t_{\text{ч}} + t_{\text{ф}} + t_{\text{тв}},$$

где  $t_{\text{р}}$  – продолжительность распалубки и съема изделий, ч;

$t_{\text{ч}}$  – чистка, смазка, установка арматуры, ч;

$t_{\text{ф}}$  – укладка и уплотнение бетонной смеси, ч;

$t_{\text{тв}}$  – продолжительность ТВО, ч.

Коэффициент оборачиваемости кассеты в сутки

$$K_{\text{об.к.}} = 24 / T_{\text{к}}.$$

Суточный съём продукции с одной кассеты

$$C_{\text{кас}} = K_{\text{об.к.}} V_{\text{и}} n_{\text{отс}}, \text{ м}^3.$$

Нормы проектирования для кассетного способа производства:

– количество отсеков в кассете при изготовлении панелей – 8–14 шт.;

- максимальная продолжительность операций для 10-отсечной кассеты, мин:
- распалубка – до 60 мин;
- подготовка кассеты (чистка, смазка, установка арматуры и сборки) – до 120 мин;
- укладка и уплотнение бетонной смеси вибрированием – до 60 мин;
- среднее количество оборотов кассет в сутки при двухсменном формовании – не менее одного оборота в сутки;
- площадь для текущего ремонта кассет на один пролет при количестве кассет до 5 шт. – до 50 м<sup>2</sup>.

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЛОЩАДИ ЦЕХА

Закончив основные технологические расчеты, приступают к определению площади цеха.

Необходимая общая площадь формовочных цехов определяется как площадь для размещения оборудования с учетом рабочих мест, проходов и проездов в соответствии с ОНТП плюс вспомогательная площадь. Требуемая площадь цеха определяется по формуле

$$S_{ц} = [(S_1 + S_2 + \dots + S_6)K_1 + S_{армат}]K_2 + S_{бет.эстак.} + S_{склад.изд.}$$

где  $S_1$  – площадь, занятая формующей машиной и пропарочными камерами (производственная площадь);

$S_2$  – площадь для хранения резервных форм и оснастки;

$S_3$  – площадь для хранения запаса столярных изделий и комплектующих;

$S_4$  – площадь для ремонта форм (или изделий);

$S_5$  – площадь под тележкой для вывоза готовых изделий и ввоза арматуры;

$S_6$  – площадь для распалубки и подготовки форм;

$S_7$  – площадь для хранения резервных форм;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий проходы и проезды;  $K_1 = 1,5$ ;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий вид крана: для мостовых кранов  $K_2 = 1,3$ .

Требуемую площадь под формующей машиной и пропарочными камерами определяют по формуле

$$S_1 = (S_1' + S_1''),$$

а производственную

$$S_{\text{произв.}} = (S_1' + S_1'') K_1 K_2$$

или

$$S_{\text{произв.}} = \Pi_{\Gamma} / C_{\text{пр}},$$

где  $S_1'$  и  $S_1''$  – соответственно площадь, занятая формующим агрегатом и пропарочными камерами;

$C_{\text{пр}}$  – съем продукции с  $1 \text{ м}^2$  производственной площади цеха;

$\Pi_{\Gamma}$  – годовая производительность цеха,  $\text{м}^3/\text{год}$ .

Производственная площадь  $S_1'$  определяется как ширина  $\times$  длину ( $a \times b$ ). При конвейерном способе производства – это площадь, занятая конвейерной линией.

Через съем продукции необходимая производственная площадь может определяться исходя из среднеотраслевых показателей съема готовой продукции с  $1 \text{ м}^2$  производственной площади,  $\text{м}^3/\text{м}^2$  в год (таблица 6.1).

Таблица 6.1. – Съем продукции с  $1 \text{ м}^2$  производственной площади цеха при изготовлении различных изделий

Конструкция	Способ производства				
	Агрегатно-поточный	Полу-конвейерный	Конвейерный	Кассетный	Стендовый
Плиты покрытия и перекрытия	10–14	12–16	21–27	100	4–6
Наружные стеновые панели	13–15	17–19	19–23	–	–

Окончание таблицы 6.1

Конструкция	Способ производства				
	Агрегатно-поточный	Полу-конвейерный	Конвейерный	Кассетный	Стендовый
Внутренние стеновые панели	79	14–20	–	100	–
Блоки фундаментов	12–16	17–20	–	–	–
Арки, балки, фермы	10–11	–	–	–	7–9
Опоры ЛЭП	4–6	5–7	–	–	–
Объемные элементы	–	–	–	–	6–8
Трубы	8–22	–	–	–	–
Среднее	10		20	100	6

Вспомогательная площадь включает:

1) площадь для хранения резервных форм и оснастки

$$S_2 = S_{\phi} n_c, \text{ (укрупненно)}$$

где  $S_{\phi}$  – норма площади на 100 т форм,  $m^2$ ;  $S_{\phi} = 20$  для заводов ЖБИ и  $S_{\phi} = 30$  – для заводов КПД;

$n_c$  – число сотен тонн форм подлежащих хранению, в том числе и неполных; определяется как

$$n_c = \frac{\sum M_i}{100} = \frac{\text{масса всех форм}}{100}.$$

Более точно площадь для хранения резервных форм определяется как

$$S_2 = 0,05 N_{\phi} M_{\phi} / H_{\text{сф}},$$

где  $N_{\phi}$  – число форм;

$M_{\phi}$  – масса одной формы;

$H_{\text{сф}}$  – норма складирования ( $0,7 \text{ т/м}^2$ );

2) площадь для хранения запаса столярных изделий, теплоизоляционных материалов и комплектующих

$$S_3 = m_k Z_k / N_{\text{дн}} N_{\text{см}} t_{\text{см}} m_{\text{ук}},$$

где  $m_k$  – годовая потребность (шт., м<sup>3</sup> и т. д.);

$Z_k$  – норма запаса (4 ч);

$m_{\text{ук}}$  – норма размещения на 1 м<sup>2</sup> площади цеха  $m_{\text{ук}} = 0,01–0,05$  т/м<sup>2</sup>;

3) площадь для ремонта форм (изделий)

$$S_4 = 0,05 \Pi_r S_{\text{и}} K_{\text{оо}} / B_{\text{рч}},$$

где  $\Pi_r$  – годовая программа цеха, шт;

$S_{\text{и}}$  – площадь, занимаемая одним изделием при ремонте;

$K_{\text{оо}}$  – коэффициент, учитывающий место, занимаемое обслуживающим персоналом и оборудованием.

Площадь для текущего ремонта форм

$$S_4 = 0,05 n_c 30, \text{ м}^2,$$

где 30 – площадь для текущего ремонта на 100 т форм;

0,05 – число форм в ремонте.

Площадь для текущего ремонта кассет на один пролет: до 50 м<sup>2</sup> при количестве кассет до 5 шт и до 100 м<sup>2</sup> – более 5 шт.

Для стеновых панелей  $S_4$  равна площади, занимаемой линией отделки;

4) площадь, занимаемая тележкой для вывоза готовых изделий и ввоза арматуры:

$$S_5 = b_m l_k,$$

где  $b_m$  – ширина тележки (изделий);

$l_k$  – длина колеи в цехе;

5) площадь для распалубки и подготовки форм

$$S_6 = N_{\text{фк}} S_{\text{ф}},$$

где  $N_{\text{фк}}$  – количество форм с изделиями в камере;

$S_{\text{ф}}$  – площадь, занимаемая одной формой;



б) площадь для хранения запаса арматурных изделий

$$S_{\text{армат}} = m_a Z_a / B_{\text{рч}} m_{\text{ya}},$$

где  $m_a$  – потребление арматурных изделий в год, т:

$$m_a = \Pi_{\Gamma} \Phi_a \rho_a,$$

где  $\Phi_a$  – % армирования, доли единицы;

$\rho_a$  – плотность стали,  $\rho_a = 7,8 \text{ т/м}^3$ ;

$Z_a$  – норма запаса арматурных элементов – 4 ч;

$m_{\text{ya}}$  – масса арматурных изделий, размещаемых на  $1 \text{ м}^2$  площади, т.

Нормы хранения арматурных изделий с учетом проходов приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2. – Норма складирования арматурных изделий

Диаметр арматуры изделий, мм	Норма складирования, т/м <sup>2</sup>
До 12	0,01
14–22	0,05
26–40	0,15
Стержни в пакете	1,0

7) площадь, занимаемая бетоновозной эстакадой:

$$S_{\text{бет.эстак.}} = B_{\text{пр.}} l_2,$$

где  $B_{\text{пр.}}$  – ширина пролета, м.

8) площадь для выдержки готовых изделий перед отправкой на склад готовой продукции (при температуре наружного воздуха меньше  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ )

$$S_{\text{скл.изд.}} = \frac{\Pi_{\Gamma} t_{\text{хр.изд}} K_1 K_2}{B_{\text{рч}} V_{\text{хр.изд}}},$$

где  $t_{\text{хр.изд}}$  – продолжительность выдержки в цехе (по ОНТП принимается 12 ч; при реконструкции действующих предприятий, в случае отсутствия необходимых площадей для выдерживания, длительность выдерживания может быть сокращена до 6–8 ч);

$V_{\text{хр.изд}}$  – объем изделий, размещаемых на 1 м<sup>2</sup> площади цеха, м<sup>3</sup>:

– 0,35 – ребристые панели в горизонтальном положении;

– 1,0 – пустотные панели, ригеля простой формы в горизонтальном положении;

– 0,6 – то же, сложной формы в горизонтальном положении;

– 1,2 – для изделий в вертикальном положении при ширине до 3 м;

– 1,5 – то же, при ширине более 3 м;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий проходы;  $K_1 = 1,5$ ;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий вид крана (для мостовых  $K_2 = 1,3$ ).

Расчетная длина цеха

$$L_{\text{цр}} = S_{\text{ц}} / B_{\text{пр}}.$$

Ширину пролета принимают 18 или 24 м и получают длину цеха. В зависимости от полученного значения принимают либо 144 м (УТП-1) или иную длину, кратную 12.

После расстановки оборудования и выполнения графической части определяют фактическую площадь цеха.

## **7. ЛАБОРАТОРИЯ И ОТДЕЛ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

В пояснительной записке необходимо изложить цели и задачи лаборатории и отдела технического контроля для данного производства. Необходимо привести объекты и способы контроля и испытания на разных этапах производственного процесса, нормативные требования периодичности испытания материалов, полуфабрикатов и изделий. На чертежах отводится место для размещения лаборатории и отдела технического контроля.

В пояснительной записке приводится перечень основного лабораторного оборудования и приборов.

## 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОЧИХ И ЦЕХОВОГО ПЕРСОНАЛА

Потребное число рабочих устанавливается на основании по-сменной их расстановки на рабочих местах. К производственным рабочим относят лиц, непосредственно участвующих в технологическом процессе производства, управляющих работой оборудования, контролирующих и регулирующих выполнение отдельных технологических операций по изготовлению изделий, переработке исходных строительных материалов и бетонной смеси. К производственным рабочим относят также дежурных слесарей, монтеров, рабочих складов заполнителей, цемента и готовой продукции.

В состав цехового персонала входят начальник цеха, мастера, механики и младший обслуживающий персонал. При определении потребности в цеховом персонале следует руководствоваться типовыми проектами и планами по труду передовых аналогичных предприятий, а также собственными соображениями исходя из принятого технологического процесса и компоновки оборудования.

К вспомогательным рабочим относятся слесари, электрики, транспортные рабочие и другие. Численность вспомогательных рабочих обычно составляет 20–40, а цехового персонала – 8–15 % от численности производственных рабочих.

Количество производственных рабочих подсчитывают по рабочим местам, необходимым для выполнения соответствующих операций, при этом учитывают возможность совмещения операций, а также применения новаторских приемов и приспособлений. Определение числа необходимых рабочих мест должно предусматривать создание условий для бесперебойной ритмичной работы оборудования и выпуска продукции надлежащего качества. Ведомость работающих составляют по форме таблицы 8.1.

Списочное число рабочих (производственных и вспомогательных, учитывая потери рабочего времени на отпуски, болезни и прочие причины в объеме 10 %) определяется приближенно по формуле

$$N_{\text{сп}} = N_{\text{я}} K_{\text{п}},$$

где  $N_{я}$  – явочная численность рабочих (устанавливается исходя из принятого режима работы и количества рабочих мест; берется из таблицы 2.2);

$K_{п}$  – коэффициент подмены

$$K_{п} = \frac{N_{дн}}{N_{р}},$$

где  $N_{дн}$  – количество рабочих дней в году для цеха;

$N_{р}$  – годовой фонд времени одного рабочего, дней (устанавливается Министерством труда и социальной защиты Республики Беларусь на каждый календарный год).

Таблица 8.1. – Состав работающих

№ п/п	Наименование профессий или работ	Число работающих			
		1 смена	2 смена	3 смена	Всего
1	<i>Производственные рабочие:</i>				
	– формовщик 3 разряда	1	1		2
	– формовщик 4 разряда	3	3		6
	– крановщик 4 разряда	2	2		4
	– стропальщик 3 разряда	1	1		2
	– оператор установок ТО 5 разряда	1	1		2
	Итого	8	8		16
2	<i>Вспомогательные рабочие:</i>				
	– слесарь 3 разряда	1	1		2
	– электрик 3 разряда	1	1		2
	Итого	2	2		4
3	<i>Цеховой персонал:</i>				
	– начальник цеха	1			1
	– мастер	1	1		2
	– младший обслуживающий персонал	1	1		2
	Итого	3	2		5
	<i>Всего по цеху</i>	13	12		25

## 9. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ

К энергетическим ресурсам относят топливо, пар, электроэнергию и сжатый воздух, которые используются при проведении технологических операций изготовления изделий.

Электрическая энергия в цеху расходуется на освещение и технологические нужды.

### 9.1 Расчет расхода электроэнергии на освещение

9.1.1 Тип, количество и мощность светильников для освещения закрытых помещений подбирают применительно к данному производству на основании удельных норм внутреннего освещения

$$P_{\text{уд}} = 0,16 - 0,25 E_{\text{min}} K_{\text{зап}}, \text{ Вт/м}^2,$$

где  $E_{\text{min}}$  – нормативная освещенность площади, лк;

$K_{\text{зап}}$  – коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока.

Нормативная освещенность по ТКП 45-2.04-153–2009 принимается следующей:

- для формовочных и арматурных цехов – 50–75 лк;
- наружной территории предприятия – 0,5 лк;
- автодорог и площадок – 0,5–1 лк;
- складов готовой продукции – 10 лк (1 лк = 1 лм / 1 м<sup>2</sup>).

Коэффициент запаса принимается:

- для передвижных осветительных устройств здания – 1,2;
- для помещений с малыми выделениями пыли – 1,3;
- при среднем выделении пыли – 1,5;
- при большом выделении пыли – 1,7;

#### 9.1.2 Общая мощность светильников

$$P_{\text{об}} = P_{\text{уд}} S_{\text{ц.осв.}},$$

где  $S_{\text{ц.осв.}}$  – освещаемая площадь цеха, м<sup>2</sup> (принимается производственная площадь цеха согласно п. п. 6.3, 6.4. Ориентировочная потребная мощность для освещения 1 м<sup>2</sup> производственных помещений – 5 Вт, бытовых – 10 Вт).

### 9.1.3 Количество светильников

$$n = P_{\text{об}} / P_{\text{л}},$$

где  $P_{\text{л}}$  – мощность лампы, Вт.

9.1.4 Расчеты расхода электроэнергии на освещение сводят в таблицу 9.1.

Таблица 9.1. – Потребители электроэнергии в цеху

№ п/п	Наименование помещения	Площадь помещения, м <sup>2</sup>	Удельная установленная мощность, Вт/м <sup>2</sup>	Общая мощность, Вт	Количество светильников
-------	------------------------	-----------------------------------	--	--------------------	-------------------------

## 9.2 Расчет расхода электроэнергии на технологические нужды

### 9.2.1 Исходные данные:

– номинальная (паспортная) установленная мощность токоприемника;

– приведенная установленная мощность токоприемника.

Для электродвигателей длительного режима работы приведенная установленная мощность принимается равной номинальной. Для электродвигателей кратковременного режима работы приведенную установленную мощность определяют по формуле

$$P_{\text{п}} = \sqrt{\text{ПВ}} P_{\text{ном}},$$

где  $P_{\text{п}}$  – приведенная установленная мощность, кВт;

ПВ – относительная продолжительность включения;

$P_{\text{ном}}$  – номинальная (паспортная) установленная мощность.

Для бетоноукладчика, раздаточного бункера самоходной тележки и виброплощадки ПВ = 25 %, крана мостового ПВ = 40 %, формоукладчика, установки для электротермического натяжения ПВ = 50 %.

Для сварочных трансформаторов

$$P_{\text{п}} = \sqrt{\text{ПВ}} P_{\text{ном}} \cos\varphi,$$

где  $P_{\text{ном}}$  – номинальная установленная мощность трансформатора, кВт;  
 $\cos\varphi$  – коэффициент мощности трансформатора;  $\cos\varphi = 0,4-0,6$ .  
 Для сварочных трансформаторов ПВ= 40–60 %.

9.2.2 Для расчета действительной мощности, которая требуется предприятию от источника питания, необходимо определить максимальную нагрузку

$$S_m = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_{mi}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_{mi}\right)^2},$$

где  $P_m$  – суммарная максимальная активная нагрузка, кВт;  
 $Q_m$  – суммарная максимальная реактивная нагрузка, кВ·А;

$$P_m = P_n K_c,$$

$$Q_m = P_m \operatorname{tg}\varphi,$$

где  $K_c$  – коэффициент спроса.

Коэффициент спроса и  $\cos\varphi$  принимаются по таблице 9.2.

Таблица 9.2. – Значения коэффициентов мощности для различного оборудования

№ п/п	Вид электрооборудования	Коэффициенты		
		спроса $K_c$	мощности $\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
1	Арматурные станки, в том числе сварочные автоматы	0,3	0,6	1,34
2	Насосы, компрессоры	0,7	0,8	0,75
3	Вентиляторы	0,8	0,75	0,88
4	Вибраторы на бункерах	0,1	0,6	1,34–1,33
5	Дозаторы	0,1	0,5	1,73
6	Конвейеры ленточные	0,6	0,75	0,88
7	Другие виды оборудования БСЦ	0,6–0,7	0,6–0,7	1,33–1,02
8	Бетоноукладчики	0,3	0,65	0,57
9	Вибропрессы	0,6	0,75–0,8	0,88–0,75
10	Другие виды оборудования формовочного цеха	0,3	0,7–0,8	1,02–0,75
11	Мостовые краны и другие подъемные механизмы	0,2	0,5–0,6	1,73–1,33

### 9.2.3 Полный расход электроэнергии на технологические нужды

$$W_{\text{п}} = \sqrt{W_{\text{а}}^2 + W_{\text{р}}^2}, \text{ кВ} \cdot \text{А} \cdot \text{ч},$$

где  $W_{\text{а}}$  – расход активной электрической энергии за расчетный период (сутки, год), кВт;

$W_{\text{р}}$  – расход реактивной электроэнергии, кВ·А·ч.

$$W_{\text{а}} = P_m t,$$

$$W_{\text{р}} = Q_m t,$$

где  $t$  – расчетное рабочее время цеха, ч.

9.2.4 Все расчеты по расходу электрической энергии сводят в таблицу 9.3.

Таблица 9.3. – Годовой расход электроэнергии в цеху

Наименование электроприемников	Номинальная установленная мощность, кВт или кВ·А	Приведенная установленная мощность, кВт или кВ·А	Максимальная нагрузка			Годовой расход электроэнергии		
			Активная $P_m$ , кВт	Реактивная $Q_m$ , кВ·А	Полная $S_m$ , кВ·А	Активная $W_{\text{а}}$ , кВт·ч	Реактивная $W_{\text{р}}$ , кВ·А·ч	Полная $W_{\text{п}}$ , кВ·А·ч

9.2.5 Удельный расход электроэнергии на производство продукции рассчитывают по годовому расходу активной энергии

$$\omega_{\text{уд}} = \frac{W_{\text{а}}}{\Pi_{\Gamma}},$$

где  $\Pi_{\Gamma}$  – годовая производительность цеха, м<sup>3</sup>.

### 9.3 Определение расхода сжатого воздуха

В пролетах УТП-1 при агрегатно-поточном или стендовом производствах расход сжатого воздуха не превышает 27 тыс. м<sup>3</sup> в год, при кассетном производстве – 40 тыс. м<sup>3</sup> в год.



Пневмотранспортом на транспортирование 1 м<sup>3</sup> материала следует предусматривать 40 м<sup>3</sup> воздуха, а также на очистку (для бетоновода четыре раза в смену) 40 м<sup>3</sup> воздуха на одну очистку.

9.3.1 Общий расход сжатого воздуха в год

$$V_{\text{сж.возд.}} = \Sigma V_{\text{в}} K_1 K_2,$$

где  $V_{\text{в}}$  – расход сжатого воздуха на конкретные нужды в год;

$K_1$  – коэффициент одновременности потребления сжатого воздуха: при одном потреблении принимается  $K_1 = 1$ , при двух–трех  $K_1 = 0,9$ , при 4–6 –  $K_1 = 0,8$ , при 7–10  $K_1 = 0,7$ , при 11–25  $K_1 = 0,6$ , при 26 и более  $K_1 = 0,5$ ;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий потери воздуха от износа механизмов; принимается  $K_2 = 1,15–1,4$ .

9.3.2 Определяем расход сжатого воздуха в минуту, а по нему подбираем компрессор:

$$V_{\text{уд.в.}} = V_{\text{сж.возд.}} / N_{\text{дн}} N_{\text{см}} t_{\text{см}} 60,$$

где  $N_{\text{дн}}$  – число рабочих дней в году;

$N_{\text{см}}$  и  $t_{\text{см}}$  – соответственно число и продолжительность смены, ч.

Для формовочного цеха может быть принят компрессор марки ВВ-10/8 с подачей воздуха 10 м<sup>3</sup>/мин и рабочим давлением 0,8 МПа. Мощность электродвигателей 75 кВт.

## 9.4 Расход пара на тепловую обработку

9.4.1 В дипломном проектировании расход пара определяется теплотехническим расчетом.

При составлении Обоснований инвестиций необходимости проектирования предприятия расход пара определяется по укрупненным показателям. Основными материалами для получения необходимых данных должны служить нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона, типовые или повторно используемые экономичные проекты, а также показатели, полученные на передовых предприятиях, выпускающих аналогичную продукцию.

На основании ОНТП 07–80 расход пара рассчитывают следующим образом. Все цементы по активности при пропаривании делятся на три группы, характеризующиеся коэффициентом эффективности.

$$K_{\text{п}} = \frac{R_{\text{е}}}{R_{\text{п}}},$$

где  $R_{\text{п}}$  – активность цемента при пропаривании;

$R_{\text{е}}$  – активность цемента при естественном твердении:

1 группа – высокоэффективные цементы –  $K_{\text{п}} < 0,68$ ;

2 группа – среднеэффективные цементы –  $K_{\text{п}} = 0,57–0,68$ ;

3 группа – низкоэффективные цементы –  $K_{\text{п}} = 0,56$ .

Для каждой группы по эффективности при пропаривании приняты следующие коэффициенты теплотрат:

1 группа –  $K_{\text{з.т}} = 1$ ;

2 группа –  $K_{\text{з.т}} = 1,2–1,3$ ;

3 группа –  $K_{\text{з.т}} = 1,4–1,6$ .

Фактический расход пара на  $1 \text{ м}^3$  бетона составит

$$M_{\text{п}} = m_{\text{н}} K_{\text{з.т}},$$

где  $m_{\text{н}}$  – нормативный расход пара, принимается по ОНТП 07–85 в зависимости от способа производства: для кассетной установки  $m_{\text{н}} = 200 \text{ кг/м}^3$ ; для ямных камер  $m_{\text{н}} = 170 \text{ кг/м}^3$ ; для термоформ  $m_{\text{н}} = 250 \text{ кг/м}^3$ ; для туннельных камер  $m_{\text{н}} = 200 \text{ кг/м}^3$ ; для вертикальных камер  $m_{\text{н}} = 120 \text{ кг/м}^3$ .

9.4.2 Расход пара на подогрев заполнителей в зимний период года.

Для Минска заполнители необходимо обогревать в течение 134 суток в году. Среднее значение температуры в холодный период года –  $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В соответствии с ОНТП 07–85 для бетона класса В15 принимаем расход песка равным  $0,6 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  бетона, а крупного заполнителя –  $0,75 \text{ м}^3$ , расчетную плотность соответственно  $1600 \text{ кг/м}^3$  и  $1500 \text{ кг/м}^3$ .

Количество теплоты, необходимое для подогрева  $0,6 \text{ м}^3$  песка, составит (без учета теплоты на таяние льда)

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{п}} &= 0,6 [\rho_3 C_3 (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) + \rho_3 W_3 C_{\text{в}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) / 100 ] = \\
 &= 0,6 [1600 \cdot 0,84 (20 - (-4)) + 1600 \cdot 5 \cdot 4,2 (293 - 269) / 100] = \\
 &= 24\,192 \text{ кДж},
 \end{aligned}$$

где  $\rho_3$  – насыпная плотность заполнителя, кг/м<sup>3</sup>;

$C_3$  и  $C_{\text{в}}$  – удельная теплоемкость заполнителя и воды, кДж/кг град;

$W_3$  – влажность заполнителя, %;

$t_{\text{к}}$  и  $t_{\text{н}}$  – конечная и начальная температура, град С.

Количество теплоты для подогрева 0,75 м<sup>3</sup> крупного заполнителя составит

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{к.з.}} &= 0,75 [1500 \cdot 0,84 (20 - (-4)) + \\
 &+ 1500 \cdot 0,5 \cdot 4,2 (293 - 269) / 100] = 23\,247 \text{ кДж}.
 \end{aligned}$$

Расход пара на подогрев заполнителя на 1 м<sup>3</sup> бетона

$$M_{\text{у}} = (Q_{\text{п}} + Q_{\text{к.з.}}) / r = (24\,192 + 23\,247) / 2260 = 20,98, \text{ кг},$$

где  $r$  – удельная теплота испарения, кДж/кг.

## 10. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В пояснительной записке приводится:

– обоснование принятых унифицированных габаритных схем и краткая их характеристика в соответствии с основными положениями по унификации объемно-планировочного и конструктивного решений промышленных зданий;

– характеристика основных конструкций фундаментов, несущего каркаса, подкрановых балок, наружных и внутренних стен, перекрытий, покрытий, полов, кровель и других с указанием материала, типа конструкции, марки по каталогу или стандарту.

На чертежах приводятся конструкции, основные строительные размеры и отметки, состав кровли и пола с указанием материала, толщины и уклона.

## 11. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для выявления технико-экономической эффективности проектного решения должны быть приведены следующие технико-экономические показатели:

- производительность цеха, м<sup>3</sup>;
- потребность в бетонной смеси, м<sup>3</sup>;
- потребность в арматурной стали, т;
- потребность в сжатом воздухе, м<sup>3</sup>;
- съем готовой продукции с 1 м<sup>2</sup> производственной площади в год, м<sup>3</sup>;
- выпуск продукции на одного рабочего в год, м<sup>3</sup>;
- среднесписочное число производственных рабочих, чел.

Все показатели следует представить в сравнении. С этой целью необходимо привести технико-экономические показатели аналогичных действующих или запроектированных предприятий.

Удельные расходы сырья и полуфабрикатов вычисляются делением соответствующих годовых расходов на годовую производительность цеха.

Съем продукции с 1 м<sup>2</sup> производственной площади характеризует степень использования производственных площадей и вычисляется делением годовой производительности цеха на суммарную площадь производственного здания.

## 12. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ, ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

При разработке проекта предприятия должны быть предусмотрены мероприятия по охране труда, технике безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности на основе действующих норм проектирования Республики Беларусь, СанПин и ТКП 45-1.03-42–2008. Необходимо обосновать требования промышленной вентиляции и аспирации, указать места отсоса выделенных паров вредных веществ, описать мероприятия по уменьшению вредного воздействия на рабочих производственного шума и вибрации. Предусмотреть мероприятия по охране труда при выполнении

нии отдельных производственных операций при арматурных и сварочных работах, формованию изделий, тепловой обработке и т. д.

В проекте необходимо предусмотреть меры пожарной безопасности с обоснованием этажности, проходов, выходов, противопожарных разрывов, проездов и т. д.

В соответствии с требованиями ТКП 45-1.02-295–2014\* в составе проекта должен разрабатываться раздел по охране окружающей природной среды, включающий данные по охране атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, защите окружающей среды от шума и тепловыделений, утилизации тепла и отходов.

В пояснительной записке необходимо дать перечень проектных решений по усовершенствованию технологических процессов, обеспечивающих снижение вредных выбросов в атмосферу, привести способы утилизации тепла с использованием его в качестве вторичных энергоресурсов.

### **13. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

Пояснительная записка выполняется на одной стороне листа писчей бумаги формата А4 с соблюдением требований стандартов: ГОСТ 2.105–95 и ГОСТ 21.103–93. Записка должна начинаться с титульного листа (приложение А), за которым помещается задание на проектирование, затем содержание и текст записки. На листе содержания вплотную к рамке вычерчивается угловой штамп по ГОСТ 21.501–93 (приложение Б), на последующих листах – штамп по ГОСТ 21.501–93 (приложение В). В конце записки помещается список использованных источников, в котором указывают: номер по порядку, фамилию и инициалы автора, наименование источника и издательства, место и год издания, количество страниц в источнике.

Все страницы записки нумеруются, начиная с титульного листа (на титульном листе и задании номера не ставятся). Изложение материала в пояснительной записке должно быть кратким, ясным, без повторов, текст по мере надобности иллюстрируется схемами, графиками и рисунками, которые размещаются по мере упоминания и нумеруются, а в тексте записки дается на них ссылка в круглых скобках. Ссылки на литературные источники даются в квадратных скобках.

## 14. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА

### 14.1 Содержание графической части

Графическая часть проекта должна содержать план и разрезы основного производственного здания, на которых должно быть представлено размещение отделений и участков, оборудования, подъемно-транспортных средств, площадок обслуживания, входов и въездов в здание. На чертеже должны быть показаны основные строительные конструкции здания (стены, колонны, покрытия, перекрытия, балки).

Любое предприятие необходимо проектировать с максимально возможным применением типовых проектов технологических линий и производственных цехов. Это позволяет использовать типовое, серийно выпускаемое оборудование, и отпадает необходимость в конструировании и изготовлении нестандартного оборудования. При отсутствии типовых технологических линий планы цехов разрабатывают с применением размерных контурных эскизов либо плоских макетов оборудования. На чертежах планов цехов наносят: разбивочные оси здания, толщину стен и перегородок и их привязку к разбивочным осям здания, размеры и привязку проемов и отверстий в стенах и перегородках, размеры и привязку оборудования, оси рельсовых путей и их привязку к разбивочным осям здания, отметки и уклоны полов, размеры и привязку каналов, категорию помещений по взрывопожарной и пожарной опасности (по ТКП 474–2013).

Положение разрезов принимают по наиболее сложному технологическому оборудованию и, как правило, чтобы в разрез попадали оконные и дверные проемы, аэрационные фонари. Пол на грунте и кровлю изображают одной сплошной линией. Грунт, утеплитель и прочее обозначают только на разрезах в масштабе 1:100 и менее. Конструкцию полов и покрытия указывают в выносной надписи как для многослойной конструкции.

Здания производственных цехов проектируют, как правило, каркасными одноэтажными и многопролетными. Многоэтажные здания проектируют в тех случаях, когда оборудование и рабочие площадки для его обслуживания по технологическим требованиям располагаются по вертикали. Отдельные производства следует размещать, как правило, в одном помещении, если это не противоречит условиям техно-

логического процесса, санитарным и противопожарным требованиям. Все габариты технологических и конструктивных элементов производственных цехов должны быть увязаны с геометрическими параметрами зданий, соответствующими требованиям ГОСТ 23838–89, в котором определены основные координационные размеры зданий (ширина пролетов, шаг колонн и т. д.) и установлены габаритные схемы для наземной части производственных зданий.

## 14.2 Оформление графической части

Графическая часть проекта выполняется на листах бумаги формата А1. Линии рамки должны отстоять от края листа справа, снизу и сверху на 5 мм, а слева – на 20 мм. В правом нижнем углу формата вплотную к рамке вычерчивается угловой штамп по ГОСТ 21.101–93 (приложение Г). Чертеж выполняется карандашом или тушью.

Чертежи должны выполняться с учетом условных графических обозначений элементов зданий, сооружений и конструкций по ГОСТ 21.501–93 и строительных материалов по ГОСТ 2.306–68 с изменениями. Оборудование на чертежах планов и разрезов вычерчивается в масштабе с обозначением контуров основных узлов. План этажа необходимо изображать в виде горизонтального разреза на уровне дверных и оконных проемов с указанием отметки пола.

Все чертежи сопровождаются краткими, четкими и легко выполняемыми надписями (по ГОСТ 2.105–95), количество которых должно быть минимальным. Надписи и постановка размеров на чертежах выполняются шрифтом согласно ГОСТ 2.304–81. Чертежи по ГОСТ 2.302–68, ГОСТ 21.101–93 и ГОСТ 21.508–93 выполняют в масштабах: планы и разрезы – 1:200, 1:500 (1:100, 1:50); фрагменты планов и фасадов – 1:100 (1:50); узлы – 1:10, 1:20 (1:5); генпланы – 1:500, 1:1000 (1:2000). В скобках указаны допускаемые масштабы.

Если план этажа не умещается на листе, то его допускается расчленить на несколько участков, располагая их на отдельных листах. В этом случае на каждом листе приводят схематический план всего этажа с выделением штриховкой размещаемого на данном листе участка плана этажа и обозначением основных координационных осей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий : учебник для вузов / Ю. М. Баженов [и др.]. – Москва: изд-во АСВ, 2005. – 472 с.
2. Кудяков, А. И. Основы технологического проектирования заводов сборного железобетона : учебное пособие : в 2 ч. / А. И. Кудяков. – Томск, 1986. – Ч. 2. – 301 с.
3. Попов, Л. Н. Основы технологического проектирования заводов ЖБИ : учебное пособие для техникумов / Л. Н. Попов, Е. Н. Ипполитов, В. Ф. Афанасьева. – Москва: Высшая школа, 1988.
4. Судаков, В. И. Практический курс по технологии бетонных и железобетонных изделий : учебное пособие / В. И. Судаков. – Хабаровск, 1991.
5. Никулин, А. Д. Проектирование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций : учебное пособие для вузов / А. Д. Никулин, Е. И. Шмитько, Б. М. Зуев. – Санкт-Петербург: Проспект науки, 2006. – 354 с.
6. Францен, В. Б. Проектирование предприятий по производству сборных железобетонных изделий : учебное пособие / В. Б. Францен. – Барнаул, 1990. – 61 с.
7. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона : ОНТП 07–85. – Введен. 01.01.1986. – Москва: 1986. – 50 с.
8. Правила охраны труда при работе на высоте / Утв. постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 28.04.2001 № 52 (в редакции постановления Министерства труда и соцзащиты Республики Беларусь от 19 ноября 2007 г. № 150).
9. Требования к санитарно-защитным зонам организаций, сооружений и иных объектов, оказывающих воздействие на здоровье человека и окружающую среду : санитарные нормы и правила. – Утв. постановлением Министеррства здравоохранения Республики Беларусь 11.10.2017 № 91. – Введены 02.11.2017. – 42 с.
10. Строительная климатология : СНБ 2.04.02–2000 : изменение № 1. – Введен с 01.07.2007. – 23 с.
11. Строительство. Проектная документация. Состав и содержание : ТКП 45-1.02-295–2014 [с изм.]. – Введен с 01.04.2014. – 54 с.



12. Производственные здания. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-3.02-90–2008. – Введен с 01.11.2008. – 12 с.

13. Ограничение распространения пожара в зданиях и сооружениях. Объемно-планировочные и конструктивные решения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.02-92–2007. – Введен с 01.07.2008. – 48 с.

14. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.04-153–2009 [с изм.]. – Введен с 01.01.2010. – 110 с.

15. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : ТКП 474–2013 [с изм.]. – Введен с 15.04.2013. – 60 с.

16. Безопасность труда в строительстве. Строительное производство : ТКП 45-1.03-44–2006 [с измен.]. – Введен с 01.07.2007. – 42 с.

17. Безопасность труда в строительстве. Производство строительных материалов, конструкций и изделий : ТКП 45-1.03-42–2008.

18. Единая система конструкторской документации. Форматы : ГОСТ 2.301–68. – Введен с 01.01.1971. – 8 с.

19. Единая система конструкторской документации. Масштабы : ГОСТ 2.302–68. – Введен с 01.01.1971. – 8 с.

20. Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные : ГОСТ 2.304–81. – Введен с 01.01.1982. – 24 с.

21. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам : ГОСТ 2.105–95. – Введен с 01.01.1997. – 34 с.

22. Система проектной документации для строительства. Основные требования к рабочей документации : ГОСТ 21.101–93. – Введен с 01.01.1981. – 42 с.

23. Система проектной документации для строительства. Основные требования к рабочей документации : ГОСТ 21.101–93.

24. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения спецификации оборудования, изделий и материалов : ГОСТ 21.110–95.

25. Подъемно-транспортное оборудование. Условные изображения : ГОСТ 21.112–87.

26. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения архитектурно-строительных рабочих чертежей : ГОСТ 21.501–93.

27. Типовые нормы расхода цемента для приготовления бетонов сборных и монолитных бетонных, железобетонных изделий и конструкций : СНиП 5.01.23–83. – Москва: Стройиздат, 1985. – 22 с.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Образец оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

---

Кафедра «Технология бетона и строительные материалы»

### КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Проектирование и реконструкция  
предприятий отрасли» на тему «Формовочный цех завода ЖБИ  
для жилищно-гражданского строительства с разработкой  
конвейерной технологии производства трехслойных  
панелей наружных стен»

### ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Автор проекта – студент гр. 11202114

Руководитель проекта – канд. техн. наук, доцент

С. А. Иванов

И. И. Иванов

Минск 20\_\_

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Основная надпись и дополнительные графы к ней для текстовых документов (первый лист)

						КП–номер зачетной книжки-2018 – РПЗ			
<b>Изм.</b>	<b>Кол.</b>	<b>Лист</b>	<b>№ док</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>				
Разработал		Иванов			2018	Цех по производству ребристых плит	<b>Стадия</b>	<b>Лист</b>	<b>Листов</b>
Проверил		Петров			2018		<b>У</b>	<b>1</b>	
Н. контр.					2018		!-70 01 01 БНТУ, г. Минск		

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

**Основная надпись и дополнительные графы к ней  
для чертежей строительных изделий и текстовых  
документов (последующие листы)**

					РПЗ	<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Основная надпись и дополнительные графы к ней на листах основного комплекта рабочих чертежей



185					
65			120		
КП - номер зачетной книжки - 2018-01					
Завод по производству железобетонных изделий для промышленного строительства					
Изм.	Кол.	Лист	Ндок	Подп.	Дата
Разработ.	Иванов				
Проверил	Петров				
Формовочный цех по производству ребристых плит				Стадия	Лист
				У	1
План цеха				1- 70 01 01 БНТУ, г.Минск	
Н.контр					

Учебное издание

**ЮХНЕВСКИЙ** Павел Иванович

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТРАСЛИ**

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальности 1-70 01 01  
«Производство строительных изделий и конструкций»

Редактор *Т. В. Грищенкова*  
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 18.10.2018. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 3,20. Уч.-изд. л. 2,50. Тираж 300. Заказ 270.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.

