



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов  
05.02.2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИЯ  
ДЕЙСТВУЮЩИХ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Информационные технологии в современных литейных процессах

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Литейных процессов и материаловедения
Курс	4
Семестр	7

Магнитогорск  
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

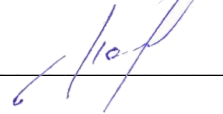
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения  
22.01.2026, протокол № 4

Зав. кафедрой  Н.А. Феоктистов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
05.02.2026 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ЛПИМ, канд. техн. наук  М.Г. Потапов

Рецензент:

доцент кафедры ПЭиБЖД, канд. техн. наук  А.Ю. Перятинский

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины «Проектирования новых и реконструкция действующих литейных цехов» являются:

- изучение обучающимися технико-экономического сравнения разнообразных технологических процессов производства литья и выбора наиболее приемлемого для конкретных условий цеха;
- умение произвести выбор и расчет количества технологического оборудования для осуществления технологического процесса;
- умение составить рациональную компоновку основного и вспомогательного оборудования цеха и организации грузопотоков в нем;
- умение составить технико-экономические показатели цеха и провести сравнение с передовыми цехами;
- подготовка обучающихся к выполнению выпускной квалификационной работы.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

- Проектирование литейной оснастки
- Основы конструирования литых деталей
- Теория литейных процессов
- Технология литейного производства
- Компьютерное моделирование литейных процессов
- Производство отливок из цветных сплавов
- Технология ювелирного литья

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

- Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
- Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
- Специальные чугуны

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен планировать производственный процесс подразделений литейных цехов по обеспечению количества и качества изделий
ПК-1.1	Оценивает производственную ситуацию технологически связанных процессов производства литейной продукции
ПК-1.2	Решает профессиональные задачи по планированию производственной деятельности подразделений

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 95,6 академических часов;
- аудиторная – 90 академических часов;
- внеаудиторная – 5,6 академических часов;
- самостоятельная работа – 30,7 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;
- подготовка к экзамену – 17,7 академических часов

Форма аттестации - экзамен, курсовой проект

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.								
1.1 Организация проектных работ и структура литейных цехов. Классификация и структура литейных цехов. Расчет производственной программы литейного цеха и его отделений.	7	6		9	5	Изучение технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций. Работа над курсовым проектом.	Консультации по КП.	ПК-1.1, ПК-1.2
1.2 Расчет и планировка основных производственных отделений. Расчет количества оборудования, числа и вместимости ковшей. Выбор технологического процесса и расчет показателей работы конвейеров.		6		9	5	Изучение технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций. Работа над курсовым проектом.	Консультации по КП.	ПК-1.1, ПК-1.2
1.3 Вспомогательные отделения и склады литейного цеха		6		9	5	Изучение технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций. Работа над курсовым проектом.	Аудиторная контрольная работа №1	ПК-1.1, ПК-1.2
1.4 Объемно-планировочная компоновка основного и		6		9	5	Изучение технической литературы из	Консультации по КП.	ПК-1.1, ПК-1.2

вспомогательного оборудования технологического и подъемно-транспортного оборудования. Характеристика грузовых потоков литейного цеха						основного списка, чтение конспекта лекций. Работа над курсовым проектом-том.		
1.5 Общие вопросы проектирования литейных цехов.	7	6		9	5	Изучение технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций. Работа над курсовым проектом.	Консультации по КП.	ПК-1.1, ПК-1.2
1.6 Особенности проектирования цехов специальных видов литья.		6		9	5,7	Изучение технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций. Работа над курсовым проектом-том.	Аудиторная контрольная работа №2	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		36		54	30,7			
Итого за семестр		36		54	30,7		экзамен, кп	
Итого по дисциплине		36		54	30,7		экзамен, курсовой проект	

## 5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Проектирования новых и реконструкция действующих литейных цехов» используется лекция «обратной связи» – лекция–провокация (изложение материала с заранее запланированными ошибками) и лекция-беседа.

Практические занятия проводятся в форме презентации – представление результатов работы над курсовым проектом с использованием специализированных программных сред.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература:

1. Вороненко, В. П. Проектирование машиностроительного производства : учебник / В. П. Вороненко, М. С. Чепчуров, А. Г. Схиртладзе ; под редакцией В. П. Вороненко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-4519-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206783> (дата обращения: 12.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### б) Дополнительная литература:

1. Соловьев, В.П. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов: учебное пособие / В.П. Соловьев, С.А. Гладышев, В.И. Воронцов. — 2-е изд., пере-раб. — Москва: МИСИС, 2004. — 227 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117050> (дата обращения: 20.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Основы металлургического производства : учебник / В. А. Бигеев, К. Н. Вдовин, В. М. Колокольцев [и др.] ; под общей редакцией В. М. Колокольцева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 616 с. — ISBN 978-5-8114-4960-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129223> (дата обращения: 20.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### в) Методические указания:

### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

#### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
--------------------------------	---------------------	-----------

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Электронная база периодических изданий ООО	<a href="https://eivis.ru/">https://eivis.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И.	<a href="https://host.megaprolib.net/MP0109/Web">https://host.megaprolib.net/MP0109/Web</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для выполнения курсовых проектов (работ) оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
4. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
5. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
6. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
  - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
  - инструментами для ремонта учебного оборудования;
  - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов» помимо выполнения и защиты практических работ предусмотрено выполнение аудиторных самостоятельных работ обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение тестирования, письменного опроса или устного опроса для проверки знаний по пройденному материалу.

Методические указания по подготовке к тестированию.

Успешное выполнение тестовых заданий является необходимым условием итоговой положительной оценки в соответствии с рейтинговой системой обучения. Выполнение тестовых заданий предоставляет студентам возможность самостоятельно контролировать уровень своих знаний, обнаруживать пробелы в знаниях и принимать меры по их ликвидации. Форма изложения тестовых заданий позволяет закрепить и восстановить в памяти пройденный материал. Предлагаемые тестовые задания охватывают узловые вопросы теоретических и практических основ по дисциплине. Для формирования заданий использована закрытая форма. У студента есть возможность выбора правильного ответа или нескольких правильных ответов из числа предложенных вариантов. Для выполнения тестовых заданий студенты должны изучить лекционный материал по теме, соответствующие разделы учебников, учебных пособий и других литературных источников. Контрольные тестовые задания выполняются студентами на практических занятиях. Примерный перечень тестовых заданий представлены ниже. С ними целесообразно ознакомиться при подготовке к тестированию.

### *Примерные задачи для аудиторных контрольных работ (АКР):*

1. Выбрать вместимости заливочного ковша. Рассчитать их количество. для условий крупносерийного производства отливок массой 100 кг при годовом объеме производства литья 18 тыс. т.
2. Выбрать технологический процесс и рассчитать количество и вместимость печей для производства стального литья в цехе, производящем 15 тыс. т в год
3. Рассчитать формовочно-заливочно-выбивное отделение для цеха с серийным характером производства масса отливки до 1000 кг производство 15 тыс. т чугуна литья
4. Составить баланс металла для цеха высокопрочного чугуна производительностью 20 тыс. т. в год
5. Выбрать технологический процесс изготовления стержней и рассчитать число машин для условий крупносерийного производства отливок массой до до 30 кг при годовом объеме производства литья 18 тыс. т. Группа сложности отливки – третья
6. Выбрать тип смесителя и рассчитать их число для чугунолитейного цеха с массовым характером производства на 25 тыс. т в год
7. Выбрать технологический процесс изготовления стержней и рассчитать число машин для условий крупносерийного производства отливок массой до до 30 кг при годовом объеме производства литья 18 тыс. т. Группа сложности отливки – третья
8. Выбрать технологический процесс и рассчитать количество и вместимость печей для производства стального литья в цехе, производящем 15 тыс. т в год
9. Выбрать оборудование и рассчитать потребность в нем при отливке в кокиль отливок массой до 2 кг, ((группа сложности 1) годовое производство 8 тыс. т в год

10. Выбрать технологический процесс и рассчитать количество и вместимость печей для производства легированного чугуна в цехе, производящем 15 тыс. т литья в год.

### **Аудиторная контрольная работа №2:**

#### ***Примерные задачи для аудиторных контрольных работ (АКР):***

1. Рассчитать потребность в складах формовочных материалов в условиях Севера для цеха на 60 тыс. т стального литья. Характер производства массовый, масса отливки 100 кг.
2. Выбрать оборудование и рассчитать потребность в нем при отливке в кокиль отливок массой до 2 кг, (группа сложности 1) годовое производство 8 тыс. т в год
3. Рассчитать формовочно-заливочно-выбивное отделение для цеха с серийным характером производства масса отливки до 1000 кг производство 15 тыс. т чугунного литья
4. Выбрать технологический процесс и рассчитать количество и вместимость печей для производства стального литья в цехе, производящем 15 тыс. т в год
5. Выбрать технологический процесс и рассчитать количество и вместимость печей для производства высокопрочного чугуна в цехе, производящем 15 тыс. т литья в год
6. Составить баланс металла для цеха высокопрочного чугуна производительностью 20 тыс. т. в год
7. Выбрать технологический процесс и рассчитать количество и вместимость печей для производства стального литья в цехе, производящем 15 тыс. т в год
8. Выбрать оборудование и рассчитать потребность в нем при отливке в кокиль отливок массой до 2 кг, ((группа сложности 1) годовое производство 8 тыс. т в год
9. Выбрать технологическую схему очистки чугунного литья массой от 10 до 400 кг для цеха производительностью 9 тыс. т/год
10. Выбрать технологический процесс изготовления стержней и рассчитать число машин для условий крупносерийного производства отливок массой до до 30 кг при годовом объеме производства литья 18 тыс. т. Группа сложности отливки - третья

#### **Примерный перечень вопросов для устного опроса/тестирования/письменного контроля:**

1. Роль плавильного отделения в работе литейного цеха
2. Структура плавильного отделения
3. Процессы для выплавки чугуна, общая характеристика и доля металла выплавляемого этими процессами.
4. Плавка чугуна в вагранках
5. Плавка чугуна в дуговых электрических печах. Плавка чугунной стружки в печах постоянного тока.
6. Плавка в индукционных печах
7. Дуплекс процессы, достоинства и области применения.
8. Дуплекс процесс доменная печь- индукционная печь.
9. Техничко-экономические показатели при различных процессах плавки
10. Выбор вместимости плавильного оборудования
11. Выплавка стали для литейного производства.
12. Дуговые печи. Технологии плавки в дуговых печах. Преимущества ДППТ (постоянного тока).
13. Индукционные печи для плавки стали. Сравнение ТЭП процессов выплавки стали
14. Выплавка цветных сплавов. Разновидности печей для плавки.
15. Выплавка алюминиевых сплавов и выбор оборудования для выплавки.
16. Плавка магниевых сплавов, агрегаты и их показатели при выплавке сплава.

17. Выбор оборудования для плавки медных сплавов.
18. Расчет параметров плавильного отделения
19. Требования к качеству металла для различных литейных цехов.
20. Установление потребности в жидком металле.
21. Выбор типа плавильного оборудования и его вместимости при определенной производственной программе.
22. Расчет шихты и потребности шихтовых материалах
23. Выбор вместимости заливочного ковша. Расчет их числа.
24. Планировочные решения по плавильному отделению с вагранками.
25. Планировочные решения по плавильному отделению с дуговыми печами
26. Планировочные решения по плавильному отделению с дуплекс процессом.
27. Основные размеры пролетов плавильных отделений.
28. Роль ФЗВО в структуре литейного цеха
29. Разновидности технологических процессов формовки и используемых связующих
30. Выбор габарита опок для ФЗВО
31. Этапы развития автоматических литейных линий (АЛЛ)
32. Особенности формовочных смесей для АЛЛ
33. Особенности линии Disa. Габариты кома и производительность их
34. Недостатки АЛЛ
35. Чем определяется экономичность АЛЛ. Какие АЛЛ имеют низшие показатели по капвложениям, затратам на обслуживание и ремонт и зарплату
36. Потери времени на АЛЛ и причины их возникновения
37. Области использования формовочных машин и способы уплотнения смеси
38. Области использования пескометов
39. Области использования наливной формовки
40. Области применения ХТС и вакуумно-пленочной формовки
41. Составление ведомости формовочно-сборочных работ
42. Установление производительности формовочной линии и расчет их числа
43. Расчет площади формовочного участка при формовке по-сырому и по-сухому
44. Общая формула для расчета длины конвейерной линии
45. Расчет скорости движения конвейерной линии
46. Расчет участков формовки и заливки
47. Расчет участков охлаждения и выбивки форм
48. Особенности планировки АЛЛ НИИ тракторсельхозмаш
49. Особенности планировки АЛЛ Кюнкель-Вагнер (КВ 301)
50. Особенности планировки АЛЛ SPO
51. Особенности планировки АЛЛ для производства отливок автотракторной промышленности
52. Связи плавильного и ФЗВО, схемы передачи металла и осуществления заливки

В начале изучения дисциплины преподаватель предлагает обучающимся на выбор перечень тем курсовых проектов. Обучающийся самостоятельно выбирает тему курсового проекта.

Совпадение тем курсовых проектов у студентов одной учебной группы не допускается. Утверждение тем курсовых проектов проводится ежегодно на заседании кафедры.

После выбора темы преподаватель формулирует задание по курсовому проекту и рекомендует перечень литературы для ее выполнения. Исключительно важным является использование информационных источников, а именно системы «Интернет», что даст возможность обучающимся более полно изложить материал по выбранной им теме.

В процессе написания курсового проекта обучающийся должен разобраться в теоретических и практических вопросах выбранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

Преподаватель, проверив работу, может вернуть ее для доработки вместе с письменными замечаниями. Студент должен устранить полученные замечания в установленный срок, после чего работа окончательно оценивается.

Курсовой проект должен быть оформлен в соответствии с СМК-О-СМГТУ-42-09 «Курсовой проект (работа): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления».

Курсовой проект состоит из пояснительной записки 35-40 стр. и двух чертежей формата А1 или А2 (план и разрез цеха или отделения)

Примерный перечень тем курсовых проектов и пример задания представлены в разделе

### Перечень примерных тем по курсовому проекту:

**Спроектировать (чугунолитейный, сталелитейный цветолитейный) цех или отделение цеха мощностью ..... тыс. тонн /год.**

№ пп	Исходные данные	Ед. изм.	Вариант								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Наименование отливки представителя		Дифференциал	Опора	Шкив	Корпус	Ролик	Кронштейн	Гнездо	Крышка	Тройник
	Годовой выпуск отливок (мощность цеха)	тыс. т	30	35	40	50	25	20	10	15	30
	Марка сплава	-	СЧ20	СЧ15	СЧ25	СЧ20	ВЧ35	ВЧ40	Ст 25Л	Ст 30 Л	Ст 45Л
	Масса отливки представителя	кг	6,6	11,0	14,0	30,0	32,0	3,0	5,4	8,0	10,0
	Количество наименований отливок в программе	шт.	50	65	100	120	80	40	30	70	75

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-1: Способен планировать производственный процесс подразделений литейных цехов по обеспечению количества и качества изделий		
ПК-1.1	Оценивает производственную ситуацию технологически связанных процессов производства литейной продукции	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теоретические вопросы:</li> <li>2. Роль плавильного отделения в работе литейного цеха</li> <li>3. Дуплекс процессы, достоинства и области применения.</li> <li>4. Дуплекс процесс доменная печь-индукционная печь.</li> <li>5. Техничко-экономические показатели при различных процессах плавки</li> <li>6. Требования к качеству металла для различных литейных цехов.</li> <li>7. Планировочные решения по плавильному отделению с вагранками.</li> <li>8. Планировочные решения по плавильному отделению с дуговыми печами</li> <li>9. Планировочные решения по плавильному отделению с дуплекс процессом.</li> <li>10. Основные размеры пролетов плавильных отделений.</li> <li>11. Роль ФЗВО в структуре литейного цеха</li> <li>12. Связи плавильного и ФЗВО, схемы передачи металла и осуществления заливки</li> <li>13. Области использования</li> </ol>

		<p>формовочных машин и способы уплотнения смеси</p> <p>14. Области использования пескометов</p> <p>15. Области использования наливной формовки</p> <p>16. Области применения ХТС и вакуумно-пленочной формовки</p> <p>17. Особенности планировки АЛЛ НИИ «Тракторсельхозмаш»</p> <p>18. Особенности планировки АЛЛ Кюнкель-Вагнер (КВ 301)</p> <p>19. Особенности планировки АЛЛ SPO</p> <p>20. Особенности планировки АЛЛ для производства отливок автотракторной промышленности</p> <p>21. Этапы развития автоматических литейных линий (АЛЛ)</p> <p>22. Особенности формовочных смесей для АЛЛ</p> <p>23. Особенности линии Disa. Габариты кома и производительность их</p> <p>24. Недостатки АЛЛ</p> <p>25. Чем определяется экономичность АЛЛ. Какие АЛЛ имеют низшие показатели по капвложениям, затратам на обслуживание и ремонт и зарплату</p> <p>26. Потери времени на АЛЛ и причины их возникновения</p>
ПК-1.2	Решает профессиональные задачи по планированию производственной деятельности подразделений	<p>Решить задачу из профессиональной области:</p> <p>1. Выбрать оборудования для плавки сплавов (чугуна, стали или цветных сплавов) для литейного цеха мощностью 10, 20, 30, 40 тыс. тонн/год.</p>

		<p>2. Рассчитать площадь плавильного отделения для литейного цеха мощностью 10, 20, 30, 40 тыс. тонн/год.</p> <p>3. Установить потребность в жидком металле для литейного цеха мощностью 10, 20, 30, 40 тыс. тонн/год.</p> <p>4. Рассчитать шихту и потребности шихтовых материалах для плавки сплавов (чугуна, стали или цветных сплавов) для литейного цеха мощностью 10, 20, 30, 40 тыс. тонн/год.</p> <p>5. Выбрать вместимости заливочного ковша. Рассчитать их количество для разлива сплавов (чугуна, стали или цветных сплавов) для литейного цеха мощностью 10, 20, 30, 40 тыс. тонн/год.</p> <p>6. Выбрать технологический процесс и рассчитать количество и вместимость печей для производства стального литья в цехе, производящем 10, 20, 30, 40 тыс. тонн/год.</p> <p>7. Выбирать технологические процессы формовки и используемых связующих. Для литейного цеха мощностью 10, 20, 30, 40 тыс. тонн/год.</p> <p>8. Рассчитывать и выбирать габариты опок для ФЗВО. Для литейного цеха мощностью 10, 20, 30, 40 тыс. тонн/год.</p> <p>9. Рассчитывать скорости движения конвейерной линии. Для литейного цеха мощностью 10, 20, 30, 40 тыс. тонн/год.</p> <p>10. Рассчитывать длину участков формовки и заливки. Для литейного цеха мощностью 10, 20, 30, 40 тыс. тонн/год.</p>
--	--	--

		<p>11. Рассчитывать длину участков охлаждения и выбивки форм. Для литейного цеха мощностью 10, 20, 30, 40 тыс. тонн/год.</p> <p>12. Рассчитать формовочное-заливочное-выбивное отделение для цеха с серийным характером производства масса отливки до 1000 кг производство 15 тыс. т чугуна</p> <p>13. Составить баланс металла для цеха высокопрочного чугуна производительностью 20 тыс. т. в год</p> <p>14. Выбрать технологический процесс изготовления стержней и рассчитать число машин для условий крупносерийного производства отливок массой до 30 кг при годовом объеме производства литья 18 тыс. т. Группа сложности отливки – третья</p> <p>15. Выбрать тип смесителя и рассчитать их число для чугунолитейного цеха с массовым характером производства на 25 тыс. т в год</p> <p>16. Выбрать технологический процесс изготовления стержней и рассчитать число машин для условий крупносерийного производства отливок массой до 130 кг при годовом объеме производства литья 18 тыс. т. Группа сложности отливки – третья</p> <p>17. Производить сравнения технико-экономических показателей оборудования литейных цехов. Развитие АЛЛ в мире и РФ. Области их применения.</p>
--	--	---

		<p>18. Владеть приемами повышения качества выплавки стали, чугуна и цветных сплавов (СЧ, ВЧ, ИЧХ, Ст 45Л и др.).</p> <p>19. Выбрать технологическую схему очистки чугуна литья массой от 10 до 400 кг для цеха производительностью 9 тыс. т/год</p> <p>20. Выбрать технологический процесс и рассчитать количество и вместимость печей для производства стального литья в цехе, производящем 15 тыс. т в год</p> <p>21. Выбрать оборудование и рассчитать потребность в нем при отливке в кокиль массой до 2 кг, ((группа сложности 1) годовое производство 8 тыс. т в год</p> <p>22. Выбрать технологический процесс и рассчитать количество и вместимость печей для производства высокопрочного чугуна в цехе, производящем 15 тыс. т литья в год</p>
--	--	---

## **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Проектирования новых и реконструкция действующих литейных цехов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений.

*Экзамен* по данной дисциплине может проводиться в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание, либо в виде тестов, на усмотрение преподавателя.

Форма проведения экзамена (устная либо в виде тестирования) должна быть одинаковой для всех обучающихся в группе.

В случае спорной ситуации между обучающимся и преподавателем, принимающим промежуточную аттестацию, заведующий кафедрой может по заявлению обучающегося назначить комиссионную сдачу экзамена по тестированию утвержденному заседанием кафедры.

### **Показатели и критерии оценивания устного экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

### **Показатели и критерии оценивания экзамена в виде теста:**

Вопросы тестов должны охватывать весь объем изучаемой дисциплины в соответствии с РПД.

– **на оценку «отлично» (5 баллов)** – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно

оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности, **75% и более;**

- **на оценку «хорошо» (4 балла)** – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации, **74 – 60 %;**
- **на оценку «удовлетворительно» (3 балла)** – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации, **59- 50 %;**
- **на оценку «неудовлетворительно» (2 балла)** – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, **49 %.**

### **Показатели и критерии оценивания курсового проекта:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – проект выполнен выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

Методические указания для практических работ

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. РАЗРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ЦЕХА .....	5
1.1 Общие положения .....	5
1.2 Методика разработки точной программы .....	5
1.3 Методика разработки приведенной программы .....	6
1.4 Методика разработки условной программы .....	7
1.5 Содержание отчета.....	7
1.6 Вопросы для самоконтроля.....	8
2 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ И РАСЧЕТЫ ФОНДОВ ВРЕМЕНИ .....	8
2.1 Общие положения .....	8
2.2 Содержание отчета.....	10
2.3 Вопросы для самоконтроля.....	10
3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ .....	11
3.1 Общие положения .....	11
3.2 Выбор плавильного агрегата.....	11
3.3 Баланс металла.....	12
3.4 Определение количества плавильных печей.....	14
3.5 Расчет парка ковшей.....	15
3.6 Расчет кранового оборудования .....	16
3.7 Содержание отчета.....	17
3.8 Вопросы для самоконтроля.....	17
4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФОРМОВОЧНО-ЗАЛИВОЧНО-ВЫБИВНОГО ОТДЕЛЕНИЯ .....	18
4.1 Общие положения .....	18
4.2 Определение количества форм .....	20
4.3 Изготовление форм на машинах.....	20
4.4 Изготовление форм смесителями из самотвердеющих смесей.....	21
4.5 Изготовление форм на формовочных линиях .....	22
4.6 Изготовление форм в кессонах .....	23
4.7 Сушка форм .....	24
4.8 Расчеты транспортного оборудования участка.....	25
4.9 Содержание отчета.....	27
4.10 Вопросы для самоконтроля.....	27
5 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТЕРЖНЕВОГО ОТДЕЛЕНИЯ.....	28
5.1 Общие положения .....	28
5.2 Изготовление стержней на машинах.....	30
5.3 Изготовление стержней на стержневых линиях .....	31
5.4 Изготовление стержней смесителями из самотвердеющих смесей .....	31
5.5 Сушка стержней .....	32

5.6	Расчет площади стержневого отделения .....	33
5.7	Содержание отчета.....	34
5.8	Вопросы для самоконтроля.....	35
<b>6</b>	<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СМЕСЕПРИГОТОВИТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ .....</b>	<b>35</b>
6.1	Общие положения .....	36
6.2	Определение годовой потребности в смесях .....	36
6.3	Определение количества смесителей.....	38
6.4	Расчеты транспортного оборудования участка .....	38
6.5	Содержание отчета.....	39
6.6	Вопросы для самоконтроля.....	39
<b>7</b>	<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕРМООБРУБНОГО ОТДЕЛЕНИЯ.....</b>	<b>40</b>
7.1	Общие положения .....	40
7.2	Расчет количества оборудования для финишных операций .....	42
7.3	Расчет количества термических печей.....	44
7.4	Содержание отчета.....	45
7.5	Вопросы для самоконтроля.....	45
<b>8</b>	<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКЛАДОВ.....</b>	<b>46</b>
8.1	Общие положения .....	46
8.2	Расчет количества вспомогательных материалов и огнеупоров.....	47
8.3	Расчет площадей для хранения материалов.....	49
8.4	Участки подготовки формовочных и шихтовых материалов .....	50
8.5	Содержание отчета.....	51
8.6	Вопросы для самоконтроля.....	52
<b>9</b>	<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА .....</b>	<b>52</b>
9.1	Общие положения .....	52
9.2	Определение мощности цеха по установленному формовочному обо- рудованию.....	53
9.3	Определение мощности цеха по установленному плавильному обо- удованию.....	57
9.4	Содержание отчета.....	58
9.5	Вопросы для самоконтроля.....	58
	<b>СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>60</b>
	Приложение А. Формы программ и сводных ведомостей .....	51
	Приложение Б. Варианты заданий.....	67

## **1 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1**

### **РАЗРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ЦЕХА**

**Цель работы** – закрепление теоретических знаний и приобретение умений и практических навыков при анализе исходных данных для проектирования литейного цеха и разработке производственной программы.

#### **1.1 Общие положения**

Разработка проекта или реконструкции цеха начинается с анализа задания и исходных данных для проектирования. Эти данные включают в себя: производственную программу, вид сплава отливок, группу сложности, параметры и назначение изготавливаемых отливок, уровень требований к качеству литья, характер и особенности предприятия, в составе которого должен функционировать литейный цех, серийность производства.

По существующей классификации устанавливают характер проектируемого или реконструируемого цеха по мощности, номенклатуре отливок, серийности производства.

Производственная программа является основанием для разработки проекта. Имея программу, приступают к её анализу, цель которого - определение характера намечаемого производства. Для этого все отливки разбивают на группы по массе. Производственная программа может быть точной, приведенной или условной.

#### **1.2 Методика разработки точной программы**

Точная (подetailная) программа применяется при проектировании литейных цехов крупносерийного и массового производства с устойчивой и ограниченной номенклатурой литья. К ней прилагаются спецификации и чертежи для всей номенклатуры выпускаемых отливок. Примерная форма точной программы производства массовых и крупносерийных отливок приведена в табл. А.1. Расчеты в этом случае вести удобно, если число наименований отливок не превышает нескольких десятков.

Заполнение таблицы происходит в следующей очередности.

1. По данным чертежей и спецификаций на каждую конкретную отливку заполняются графы 1, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14.
2. В соответствии с заданной серийностью производства определяется необходимое количество отливок на программу (графа 2).
3. Значение графы 4 определяется как произведение значений в графах 2 и 3.

4. Определяется значение в графе 7.
5. По данным о количестве стержней на отливку и количестве отливок в форме определяется значение в графе 11.
6. Заполняется графа 13.

После заполнения таблицы по каждому наименованию отливки определяются суммарные значения по каждой группе отливок и по цеху в целом.

### 1.3 Методика разработки приведенной программы

Приведенная программа характерна для цехов серийного производства номенклатурой до 500 наименований при повторяемости не ниже 200 шт. в год по одной отливке. Расчет проекта по приведенной программе производится в случаях, если номенклатура известна, но очень обширна или чертежи и спецификации имеются только на часть подлежащих изготовлению отливок.

В таких случаях приведенная программа включает не всю номенклатуру, а так называемые типовые отливки-представители, имеющие наибольшую долю (25...50 %) в программе выпуска, аналогичные по массе, сложности, трудоемкости, технологическому процессу. Пересчет заданной программы на приведенную производится по группам литья по массе с помощью переводных коэффициентов. Переводной коэффициент определяется отношением суммарной массы всех отливок заданной программы к суммарной массе отливок, принятых за типовые. Пример расчета приведенной программы представлен в табл. А.2. Таблицу заполняют в следующей очередности.

1. По данным чертежей и спецификаций заполняются графы 1, 2, 4.
2. В соответствии с заданной серийностью производства определяется количество отливок каждого наименования на программу и их масса на годовой выпуск (графы 3 и 5).
3. В графе 6 рассчитывается масса годового выпуска всех отливок по данной группе. При этом, следует обратить внимание на то, что масса годового выпуска отливок-представителей должна составлять не менее 25...50 % от программы выпуска по данной группе отливок.
4. В графе 7 рассчитывается переводной коэффициент как частное от деления значения графы 6 на значение графы 5 для отливок-представителей.
5. В графе 8 рассчитывается приведенное годовое количество отливок-представителей для данной группы отливок.

#### 1.4 Методика разработки условной программы

Условная программа характерна для литейных цехов единичного и мелкосерийного производства при обширной номенклатуре и отсутствии чертежей и спецификаций по отливкам. В таких случаях производственная программа представляется примерным распределением отливок по массе.

Расчеты производятся на основании укрупненных технико-экономических показателей по данным передовых заводов, типовых проектов, справочным литературным данным. Пример условной программы представлен в табл. 1.1. При определении необходимого количества отливок на программу следует обращать внимание на заданную серийность производства.

Таблица 1.1 – Примерная форма условной программы цеха

Группа отливок по массе, кг	Наименование отливки	Сплав	Количество отливок на программу, шт	Масса	
				отливки, кг	отливок на программу, т
До 50	Корпус	СЧ10	125	25	3,125
	Блок	СЧ10	150	40	6,0
	Скоба	СЧ25	80	49	3,92
	...	...	...	...	...
Всего по группе			5200		12234,55
Св. 50...100	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...
Всего по группе			...		...
Св.100...250	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...
Всего по группе			...		...
...	...	...	...	...	...
Итого по цеху			...		...

#### 1.5 Содержание отчета

В соответствии с вариантом задания, детально изучить номенклатуру выпускаемых отливок, принять решение о классификации проектируемого или реконструируемого цеха по мощности, номенклатуре отливок, серийности производства и разработать производственную программу.

## 1.6 Вопросы для самоконтроля

1. По каким признакам классифицируют литейные цеха?
2. В каких случаях разрабатывается точная программа?
3. В каких случаях разрабатывается приведенная программа?
4. По каким признакам определяется отливка-представитель при разработке приведенной программы?
5. В каких случаях разрабатывается условная программа?

## 2 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ И РАСЧЕТЫ ФОНДОВ ВРЕМЕНИ

**Цель работы** – закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков при определении режима работы литейного цеха и расчете фондов времени работы оборудования и работающих.

### 2.1 Общие положения

В настоящее время в литейных цехах применяются два режима работы: *последовательный* и *параллельный*.

При *последовательном* режиме работы основные технологические операции выполняются последовательно в различные периоды суток на одной и той же площади. Существует несколько видов последовательных режимов работы. *Двухсменный последовательный режим* — в первую смену производится формовка и сборка, а во вторую заливка и выбивка. Этот режим применяется для простого среднего и мелкого тонкостенного литья, требующего немного времени на заливку, остывание, выбивку при небольшой площади цеха, небольших заказах и средней механизации производства. *Трехсменный последовательный режим* — в первую смену производится формовка и сборка, во вторую — заливка, в третью — выбивка и подготовка рабочих мест. Такой режим применяется при изготовлении крупных отливок в мелкосерийном и индивидуальном производстве мало-механизированных цехов.

При *параллельном* режиме работы все технологические операции выполняются одновременно на различных производственных участках. Бывают односменные, двухсменные и трехсменные параллельные режимы

работы. Параллельный режим работы организуется в механизированных литейных цехах мелкосерийного, серийного и массового производства.

Наибольшее распространение получил *двухсменный параллельный* режим, при котором третья смена отводится для профилактики и ремонта оборудования.

При единичном и мелкосерийном производстве чаще применяется *последовательный режим*, при крупносерийном и массовом производстве — *параллельный*. Для чугунолитейных цехов наиболее рациональным является *двухсменный параллельный* режим работы. В фасонно-сталелитейных цехах, где производственный процесс связан с непрерывной работой плавильных печей, целесообразно использовать *параллельный трехсменный* режим.

При выборе режима работы проектируемого цеха необходимо соблюдать требования охраны труда, которые не допускают в общем, изолированном помещении одновременно производить формовку, сборку и операции по заливке, выбивке литья, обрубке.

При проектировании применяют три вида годовых фондов времени работы оборудования и рабочих: *календарный, номинальный и действительный*.

Календарный,  $T_k$  Равен количеству дней или часов в году.

Номинальный,  $T_n$  Это годовое время, в течение которого по принятому режиму предприятие может работать без потерь. Номинальный фонд времени работы ориентировочно можно определить по формуле

$$T_n = k \cdot a \cdot P, \quad (2.1)$$

где  $k$  – количество часов в смене,

$a$  – число смен работы,

$P$  – количество рабочих дней в году.

Действительный,  $T_d$ , определяется путем исключения из номинального фонда неизбежных потерь времени для нормально организованного производства.

Для определения действительного фонда времени работы оборудования из номинального фонда времени исключают время пребывания оборудования в плановых ремонтах, установленное Нормами системы планово-предупредительных ремонтов (ППР). Эти потери (в %) зависят от типа оборудования и от сменности работы оборудования [1, 3]. Все проектные расчеты ведут относительно действительного фонда времени работы оборудования.

Действительный годовой фонд времени рабочих мест (кессонов, стендов и т.п.) принимается равным номинальному фонду или (чаще при реконструкции литейных цехов) определяется по выражению:

$$T_{рм} = \frac{T_{р\partial} \cdot r \cdot k_{см}}{r_{\partialи}}, \quad (2.2)$$

где  $T_{р\partial}$  – количество рабочих дней,  
 $r$  – число часов работы в неделю,  
 $k_{см}$  – количество смен работы данного участка формовки,  
 $r_{\partialи}$  – количество рабочих дней в неделю.

Для определения действительного фонда времени рабочих из номинального односменного фонда времени исключают 10...12 % плановых потерь времени (отпуск, больничные и т. д.).

Все расчеты фондов времени сводят в таблицу.

Таблица 2.1 – Расчет фондов времени работы

Отделения цеха	Вид оборудования	Количество смен работы	Годовой фонд времени		
			Рабочего места	Оборудования	Рабочего
Плавильное	ДСП 6 ДСП 12				
Формовочное	...				
Стержневое	...				
...	...				

## 2.2 Содержание отчета

В соответствии с разработанной программой цеха (практическая работа №1) определить и обосновать режимы работы отделений литейного цеха. Произвести расчеты фондов времени работы оборудования и работающих для выбранных режимов работы.

## 2.3 Вопросы для самоконтроля

1. От каких факторов зависит выбор режима работы цеха?
2. Как определяется номинальный фонд времени работы?
3. В каких случаях применяется параллельный режим работы?
4. В каких случаях применяется последовательный режим работы?
5. В каких случаях применяют трехсменный режим работы?
6. Как определяется действительный годовой фонд времени работы оборудования и работающих?
7. От чего зависит процент потерь рабочего времени для оборудования и для работающих?

### **3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ**

**Цель работы** – закрепление теоретических знаний и приобретение умений и практических навыков при разработке проекта плавильного отделения литейного цеха.

#### **3.1 Общие положения**

Проектирование плавильного отделения заключается в составлении баланса металла по выплавляемым маркам, выборе типа и определении числа плавильных агрегатов, расчете расхода шихтовых материалов на годовой выпуск отливок и разработке схемы размещения основного оборудования в проектируемом отделении.

#### **3.2 Выбор плавильного агрегата**

При выборе типа, емкости и производительности плавильных печей необходимо учитывать особенности состава сплава, объем и серийность производства, номенклатуру отливок, требования к качеству отливок и их конструктивные особенности, технико-экономические показатели, перспективы развития цеха и другие параметры.

Основным плавильным агрегатом для выплавки стали в литейных цехах являются электродуговые печи. Их применение обеспечивает быстрое ведение плавки, большую маневренность, широкую номенклатуру марок выплавляемой стали и используемых шихтовых материалов. Используются печи с кислой и основной футеровкой. Кислый процесс более дешевый и производительный, но шихта должна быть чистой по сере, фосфору и легирующим элементам. Основной процесс применяют для получения легированных и специальных сталей. Электродуговые печи емкостью до 12 т устанавливаются в цехах мелкого и среднего литья, печи больших емкостей - при изготовлении крупных отливок. В настоящее время разработан новый тип плавильных электродуговых печей, работающих на постоянном токе. Дуговые печи постоянного тока разработаны для плавки стали (ДППТС), чугуна (ДППТЧ), цветных сплавов на основе алюминия и меди (ДППТА, ДППТМ) и др.

В чугунолитейном производстве для плавки применяют вагранки и электрические печи (индукционные, дуговые). Наиболее распространенным агрегатом является вагранка с очисткой отходящих газов от пыли и СО. Основной недостаток вагранок - трудность получения жидкого метал-

ла с точным химическим составом и его невысокая температура 1340...1380 °С. Современные ваграночные комплексы, оборудованные системами очистки ваграночных газов, дожигания и утилизации тепла. Так же следует учитывать, что вагранки являются печами непрерывного действия, позволяющими производить отбор металла по мере необходимости. При этом для накопления большого количества металла предусматривается установка обогреваемых копильников, печей-миксеров.

Для дуговых и индукционных печей емкость печи определяется как возможностью снабжения металлом литейных конвейеров непрерывно сравнительно небольшими порциями, так и необходимостью заливки крупных и тяжелых отливок. Для индукционных печей промышленной частоты, если емкость печи не обусловлена максимальной массой отливки, минимальная емкость печи должна быть в 2...3 раза больше часовой потребности в жидком металле.

Типы (модели) плавильных агрегатов и их производительность выбирают из числа выпускаемых серийно или планируемых к выпуску по каталогам и рекламным проспектам машиностроительных предприятий и фирм и по другим источникам.

### 3.3 Баланс металла

В массовом и крупносерийном производстве и при наличии точной программы (см. п. 1.2) расход металла определяют подетальным расчетом на основании годовой программы по каждому виду сплава отдельно. В мелкосерийном и индивидуальном производстве при отсутствии подетально разработанной технологии изготовления отливок потребность в металлозавалке определяется укрупненным расчетом. Потребность металлозавалки определяется по каждой массовой группе и по каждому виду сплава. Масса металлозавалки на программу литья складывается из суммы масс металлозавалки отдельных групп.

После выбора типа плавильного агрегата составляется таблица баланса металла по каждой марке выплавляемого в цехе сплава (табл. 3.1).

Заполнение таблицы производится в следующей очередности.

1. Из производственной программы заполняется графа 1.
2. По опыту работы базового цеха устанавливается процент брака отливок (графа 2) и пересчитывается количество литья (графа 3).
3. По значению технологического выхода годного (ТВГ), используя формулу (3.1), рассчитывают количество жидкого металла  $M_{ж}$  и заполняется графа 4. Значение ТВГ зависит от рода металла, отрасли промышленности и характера литья. Принимается по опыту работы базового цеха или по данным [1, 5].

$$M_{ж} = \frac{(M_{год.отл.} + M_{бр.})}{ТВГ} \cdot 100, \quad (3.1)$$

где  $M_{год.отл.}$  – масса годных отливок на программу для данной группы литья, т, (значение в графе 1);

$M_{бр.}$  – масса бракованных отливок на программу для данной группы литья, т, (значение в графе 3);

4. Рассчитывается значение графы 5.

Таблица 3.1 – Баланс металла

Статья баланса	Сплав 1						Итого, т
	Мелкое литье		...		...		
	т	%	т	%	т	%	
Годные отливки	(1)	(9)	...	...	...	...	
ЛПС годных и бракованных отливок	(5)=(4)-(3)-(1)	(10)	...	...			
Бракованные отливки	(3)	(2)	...	...			
Всего жидкого металла	(4)	(11)	...	...			
Угар	(7)	(6)	...	...			
Итого металлозавалка	(8) = (4)+(7)	100	...	...			

5. В зависимости от вида сплава, типа плавильного агрегата, плотности шихты и вида процесса устанавливается величина угара (графа 6) и рассчитывается значение в графе (7).

6. Рассчитывается масса металлозавалки в графе 8.

7. Принимая массу металлозавалки равной 100%, рассчитываются значения в графах 9, 10, 11.

Такие расчеты производят по всем группам отливок для каждого вида сплава отдельно.

После заполнения таблицы баланса металла по всем маркам сплава определяется его состав, подбираются компоненты шихты, рассчитывается их количество с учетом угара в металлозавалке. При выполнении расчета шихты долю возврата собственного производства необходимо принимать в соответствии с данными, рассчитанными по балансу металла для данной марки сплава (литники + брак). Полученные данные заносятся в таблицу ведомости шихтовых материалов (табл.3.2).

### 3.4 Определение количества плавильных печей

Расчетное количество выбранных плавильных печей определяется по формуле:

$$N_n = \frac{Q_{ж} \cdot K_n}{T_d \cdot q}, \quad (3.2)$$

где  $Q_{ж}$  – годовой расход жидкого металла, т/г,

$T_d$  – действительный годовой фонд времени работы печей, ч,

$q$  – производительность печи, т/ч,

$K_n$  – коэффициент неравномерности работы плавильного оборудования. Коэффициент неравномерности работы принимают равным 1,1...1,2 для массового, 1,2...1,3 для серийного, 1,3...1,4 для единичного производства.

Таблица 3.2 – Пример ведомости шихты и баланса металла

Статья баланса	Шихта						Всего на программу
	Сплав 1		...		...		
	т	%	т	%	т	%	
Чугун литейный							
Чугун передельный							
Лом стальной							
Отходы (ЛПС+брак)	(3)=(1)+(2)						
....							
Ферросплавы							
<b>Итого металлозавалка</b>		<b>100</b>					
Добавки (сверх 100%): флюсы, модификаторы и т. п.							
<b>Выход</b>							
Годные отливки							
ЛПС отливок	(1)						
бракованные отливки	(2)						
Итого жидкого металла							
Угар							
<b>Итого металлозавалка</b>		<b>100</b>					

При получении в расчёте количества плавильных агрегатов дробного числа его округляют в *большую* сторону и действительный коэффициент загрузки определяется как частное от деления расчетного  $N_{расч}$  количества единиц оборудования на количество принятых  $N_{прин}$  (после округления):

$$k_3 = N_{расч} / N_{прин} . \quad (3.3)$$

Для оборудования плавильных отделений коэффициент загрузки  $k_z$  принимают обычно 0,7...0,85. Если величина  $k_z$  оказывается неудовлетворительной (слишком малой или выше верхнего рекомендуемого предела), выбирают, по возможности, другой тип оборудования, печь другой емкости или производительности. Иногда целесообразным является перегруппировка производственной программы.

В случаях, если при реконструкции плавильного отделения литейного цеха число единиц печей задано заранее, формула (3.2) преобразуется так, что позволяет определить требуемую (расчетную) величину часовой производительности печи при заданном числе их единиц:

$$q = \frac{Q_{ж} \cdot K_n}{N_n \cdot T_{\partial} \cdot K_z} \quad (3.4)$$

По полученному значению производительности по справочным данным выбирают тип (модель) печи. Действительный коэффициент загрузки в этом случае можно определить:

$$k_{z \text{ действ}} = q_{\text{расч}} / q_{\text{прин}} \quad (3.5)$$

где  $q_{\text{расч}}$   $q_{\text{прин}}$  – расчетная и действительная часовая производительность принятого оборудования.

Все данные по расчету количества плавильных печей сводятся в итоговую ведомость (табл А.3).

### 3.5 Расчет парка ковшей

При заливке форм чугуном применяются поворотные ковши. Транспортировка чугуна на большие расстояния может осуществляться барабанными ковшами различной емкости. Для сравнительно небольших ответственных чугунных отливок массой до одной тонны служат чайниковые ковши, которые можно использовать и для разлива нелегированных марок стали. Но чаще сталь разливается стопорными ковшами. При расчете парка ковшей сперва рассчитывают число одновременно работающих разливочных ковшей, исходя из количества жидкого металла, необходимого для каждой технологической группы литья, емкости ковша и длительности одного оборота ковша:

$$n = \frac{Q \cdot t}{T_{\partial} \cdot P} \quad (3.6)$$

где  $Q$  – годовое количество жидкого металла, заливаемого из данного типа ковшей, т,

$t$  – время оборота ковша, ч,

$T_d$  – действительный годовой фонд времени работы линии или заливочного участка, ч,

$P$  – емкость ковша, т.

Для расчета числа ковшей, работающих в одну смену, можно применить следующее выражение:

$$n_1 = \frac{8 \cdot n}{\tau}, \quad (3.7)$$

где  $n$  – число одновременно работающих ковшей, шт,

$8$  – продолжительность рабочей смены, ч;

$\tau$  – продолжительность работы ковша между ремонтами, ч.

Парк ковшей рассчитывается по формуле:

$$N = K \cdot K_1 \cdot n_1, \quad (3.8)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий количество ковшей в ремонте,  $K = 1 \dots 2$ ;

$K_1$  – коэффициент запаса,  $K_1 = 1, 2$ .

Все справочные данные для расчета количества ковшей можно принять из [2, 5].

### 3.6 Расчет кранового оборудования

Основными грузоподъемными средствами плавильных отделений служат мостовые краны, их параметры выбираются по нормам технологического проектирования [1-4, 14]. Количество мостовых кранов, необходимых для обслуживания плавильных отделений литейных цехов рассчитывается по формуле:

$$n_k = \frac{N_{ж}^I \cdot n_n^k \cdot a_k}{T_d}, \quad (3.9)$$

где  $N_{ж}^I$  – годовой выпуск жидкого металла одной печью, т/г,

$n_n^k$  – количество обслуживаемых краном печей,

$a_k$  – количество крано-часов на 1 т выплавки жидкого металла, ч/т,

$T_d$  – действительный годовой фонд времени работы крана, ч/г.

Количественные значения крано-часов устанавливаются согласно [1] в зависимости от типа плавильного агрегата, емкости печи, вида процесса и назначения крана.

### 3.7 Содержание отчета

На основе анализа исходных данных, и данных, полученных при выполнении практической работы №1, обосновать выбор необходимого плавильного оборудования. Составить баланс металла и ведомость шихтовых материалов для каждого из сплавов, выплавляемых в цехе. На основании данных, полученных при выполнении практической работы №2 произвести расчеты количества плавильных агрегатов для проектируемого или реконструируемого цеха. Выбрать тип, емкость и рассчитать парк ковшей. Обосновать грузоподъемность и рассчитать количество кранового оборудования. Разработать схему размещения оборудования в плавильном отделении.

### 3.8 Вопросы для самоконтроля

1. Какие исходные данные необходимы для проектирования плавильного отделения цеха?
2. На основании какой информации осуществляется выбор типа плавильного агрегата?
3. Как определяется емкость плавильных печей?
4. Какие статьи баланса металла участвует в расчете количества печей?
5. От чего зависит величина угара?
6. Как определяется процент брака отливок?
7. На основании каких данных определяется требуемое количество плавильных печей?
8. Что характеризует действительный коэффициент загрузки оборудования?
9. Что нужно изменить, если расчетное значение коэффициента загрузки оборудования неприемлемо?
10. Как влияет изменение количества смен работы плавильного оборудования на расчетное его количество?
11. Какие ковши применяются для заливки форм чугуном?
12. Какие ковши применяются для заливки стальных отливок?
13. В зависимости от чего определяются время оборота ковша и продолжительность работы ковша между ремонтами?
14. Как определяется грузоподъемность электромостовых кранов для плавильного отделения цеха?

## 4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФОРМОВОЧНО-ЗАЛИВОЧНО-ВЫБИВНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

**Цель работы** – закрепление теоретических знаний и приобретение умений и практических навыков при разработке проекта формовочно-заливочно-выбивного отделения литейного цеха.

### 4.1 Общие положения

Как правило, при проектировании формовочно-заливочно-выбивных отделений решаются следующие вопросы:

- распределение номенклатуры выпускаемых отливок на технологические потоки (группы), для каждой из групп выбор вид форм, их размеры, способ изготовления, количество отливок в форме, среднюю металлоемкость;
- рассчитывается годовое количество форм каждой группы, выбирается оборудование для изготовления этих форм, рассчитывается необходимое количество его единиц;
- определяется схема организации и выбирается оборудование для заливки форм;
- выбирается оборудование для выбивки форм;
- выбирается и рассчитываются технологические параметры основного подъемно-транспортного оборудования;
- разрабатывается план расположения оборудования на участке.

Перед началом расчетов номенклатура отливок распределяется на группы по технологическим потокам или участкам, исходя из габаритов, массы, толщины стенок, сложности конфигурации, класса точности и серийности отливок. *При определении потоков необходимо стремиться к минимальному количеству типоразмеров форм, т.е. к унификации оснастки и оборудования.* На основании анализа для каждой из групп устанавливается наиболее технологически и экономически целесообразный способ и оборудование для изготовления форм, определяются размеры форм и их количество на годовую программу.

При определении технологических потоков (групп) для разных условий серийности производства рекомендуется разбивка номенклатуры литья, приведенная в табл. 4.1 [1, 5, 10].

Таблица 4.1 – Технологические группы литья

Группа	Размеры опок в свету (кессонов), мм	Средняя металлоемкость, кг	Масса отливок, кг
Мелкосерийное и индивидуальное производство			
I	800x700x300/300	50	До 100
II	1200x1000x500/500	160	До 500
III	1600x1200x600/600	400	100...1000
IV	2000x1600x700/700	700	200...2500
V	2500x2000x800/800	1500	400...5000
VI	3000x2000x900(1000)	5000	500...10000
VII	Кессон 3000x4000x1500	10000...18000	5000...20000
	5000x5000x2000		
	6000x5000x2000		
VIII	Кессон 5000x5000x2500	30000	Более 10000
	6000x6000x3000		
	8000x7000x3000		
Серийное производство			
I	500x400x150/150(200)	10	До 20
II	800x700x150/300	50	20...100
	1000x800x250/500	60	
III	1200x1000x200/500	150	50...250
	1200x1000x500/500	160	100...300
IV	1600x1200x200/500	250	300...500
	1600x1200x600/600	400	100...1000
V	2000x1600x300/600	500	500...1000
	2000x1600x500/700	700	
VI	2500x1800x300/600	1250...1500	1000...2000
	2500x2000x500/700		
	3000x1700x600/600		
VII	3000x2500x500/700	1500...3000	1000...5000
	3000x2500x600/700	3500	2000...5000
VIII	4000x2500x600/600	7500	5000...10000
Крупносерийное и массовое производство			
I	500x400x100/150	8	До 8
	900x500x120/150	15	
II	900x600x200/200	25	До 20
III	800x700x200/200	27	До 50
	1000x800x300/300	35	
IV	1200x1000x400/400	110	20...100
V	1400x1000x400/400	200	50...250
VI	1600x1200x500/500	400	100...500

## 4.2 Определение количества форм

В условиях крупносерийного и массового производства при наличии точной программы количество форм определяется по каждому наименованию отливок с учетом количества отливок в одной форме (табл. 1.1). При этом также необходимо учитывать запланированные процент брака отливок и потери, вызванные браком форм. При наличии приведенной программы количество форм определяется по приведенному годовому выпуску отливок-представителей (табл. 1.2).

В условиях единичного и мелкосерийного производства при наличии условной программы и отсутствии спецификаций по отливкам требуемое для выполнения программы количество форм рассчитывается по формуле:

$$N_{\phi} = \frac{Q}{M_{cp}}, \quad (4.1)$$

где  $Q$  – мощность технологического потока по годному литью, т  
 $M_{cp}$  – средняя металлоемкость формы данного технологического потока, т.

Полученный результат необходимо увеличить с учетом потерь на брак форм. Потери на брак форм принимаются по данным базового предприятия в зависимости от сложности конфигурации, способа уплотнения форм и протяжки моделей (2...6%).

## 4.3 Изготовление форм на машинах

Машинная формовка используется как в массовом и крупносерийном, так и в мелкосерийном и индивидуальном производстве. Кроме того, машинная формовка может использоваться для изготовления отдельных частей формы с последующей их сборкой в кессонах.

Тип (модель) формовочной машины выбирается из числа современных выпускаемых серийно или планируемых к выпуску машин по каталогам и рекламным проспектам машиностроительных предприятий, фирм и по другим источникам в зависимости от выбранного технологического процесса изготовления форм, размеров опок и необходимой производительности.

После выбора модели формовочной машины по формулам, аналогичным (3.2...3.5), производятся расчеты их количества. Следует обратить внимание на то, что если часовая производительность выбранного формовочного агрегата указана в полуформах, в расчетах следует принимать удвоенное количество форм. Принятое после расчетов количество формовочных машин должно быть четным и не превышать 4...6.

При получении неудовлетворительного результата или большой неравномерности загрузки оборудования следует произвести перераспределение технологических потоков или выбрать другое подходящее оборудование и повторить расчеты до достижения оптимального решения.

#### 4.4 Изготовление форм смесителями из самотвердеющих смесей

Потребное количество смесителей для изготовления форм из холодных самотвердеющих смесей (ХТС) определяют по формуле:

$$n = \frac{S \cdot t}{Q \cdot K}, \quad (4.2)$$

где  $S$  – масса смеси на 1 форму, т;  
 $t$  – производительность участка, форм/ч;  
 $Q$  – производительность смесителя, т/ч;  
 $K$  – коэффициент, учитывающий время установки опок и снятия форм (0,6...0,75).

Массу смеси на 1 форму в первом приближении можно определить по габаритным размерам выбранных опок и плотности формовочной смеси. Производительность формовочного участка определяется как частное от годового количества форм на программу для данного технологического потока и годового действительного фонда времени работы участка, оборудованного выбранными смесителями.

Если на формовочном участке предусматривается изготовление литейных форм из ХТС в разных по размерам опоках, потребное количество смесителей можно определить по формуле:

$$N_n = \frac{Q_c \cdot K_n}{T_d \cdot q}, \quad (4.3)$$

где  $Q_c$  – годовое количество смеси для изготовления форм, т,  
 $T_d$  – действительный годовой фонд времени работы смесителя, ч,  
 $q$  – производительность смесителя, т/ч,  
 $K_n$  – коэффициент неравномерности работы смесителя,  
 $K_n = 1,3 \dots 1,4$ .

Годовое количество смеси можно определить по габаритным размерам выбранных опок, плотности формовочной смеси и годовому количеству форм на программу для каждого размера опок.

#### 4.5 Изготовление форм на формовочных линиях

Автоматизированные и автоматические формовочные линии являются главным средством повышения производительности труда и качества выпускаемых отливок. Модели современных формовочных линий выбираются из выпускаемых или планируемых к выпуску моделей по каталогам, рекламным проспектам предприятий, фирм и по другим источникам в зависимости от выбранного технологического процесса изготовления форм, размеров опок и необходимой производительности.

После выбора модели формовочной линии расчет количества производится аналогично расчету количества формовочных машин. При получении неудовлетворительного значения коэффициента загрузки  $k_3$  следует произвести перераспределение технологических потоков или выбрать другую модель формовочной линии и повторить расчеты до достижения оптимального результата.

В случае, если оптимального решения достичь не удастся, проектом предусматривается применение формовочной линии оригинальной конструкции с необходимой для проекта производительностью. При принятии данного решения необходимо выбрать формовочный агрегат, обеспечивающий изготовление форм с заданной производительностью и выполнить расчеты основных параметров оригинальной линии:

- скорости движения конвейера (или средней скорости перемещения форм),

- длин участков простановки стержней, заливки форм, охлаждения отливок в формах.

Формовочный агрегат (машина, автомат, смеситель) для линии оригинальной конструкции выбирается в зависимости от выбранного технологического процесса изготовления форм и размеров опок. Количество формовочных агрегатов рассчитывают по методикам, описанным выше. Следует обратить внимание на то, что принятое после расчетов количество формовочных машин (автоматов), устанавливаемых на линии, должно быть четным и не превышать 4 (в редких случаях 6), смесителей – не более 2, значения коэффициента загрузки  $k_3$  находиться в интервале 0,65...0,85.

Скорость движения литейного конвейера формовочной линии вычисляется по формуле:

$$V_K = \sum q \cdot S \cdot K_3, \quad (4.4)$$

$q$  – производительность формовочных агрегатов для данного литейного конвейера, форм/ч;

$S$  – шаг конвейера, м/форму;

$K_3$  – коэффициент загрузки конвейера (0,8...0,9).

Шаг тележек конвейера  $S$  устанавливается, исходя из размеров форм (платформ) и допустимой грузоподъемности.

Расчетное значение скорости литейного конвейера в м/ч переводят в м/мин и сравнивают с практической скоростью конвейера, которая может находиться в пределах 1,6...10 м/мин [14].

Длины участков простановки стержней, заливки и охлаждения находятся следующим образом:

$$L_{CT} = V_K \cdot \tau_{CT}, \quad (4.5)$$

$$L_{ЗАЛ} = V_K \cdot \tau_{ЗАЛ}, \quad (4.6)$$

$$L_{ОХЛ} = V_K \cdot \tau_{ОХЛ}, \quad (4.7)$$

где  $\tau_{CT}$ ,  $\tau_{ЗАЛ}$ ,  $\tau_{ОХЛ}$  – время простановки стержней, заливки и охлаждения соответственно, мин,

$V_K$  – скорость литейного конвейера, м/мин.

Обычно длина участка простановки стержней составляет 10...30 м, длина заливочного участка - 8...12 м. Длина участка охлаждения должна рассчитываться по времени охлаждения наиболее крупной и толстостенной отливки. При получении больших значений длины охлаждающего участка создаются дополнительные петли на этом отрезке трассы конвейера.

При проектировании формовочного участка, оборудованного формовочными линиями, необходимо рассчитать парк опок для обеспечения их непрерывной работы. Парк опок для каждой формовочной линии вычисляется по формуле:

$$Po = (2 \cdot L_K / S) \cdot 1,2, \quad (4.8)$$

где  $L_K$  – длина конвейера, м;

1,2 – коэффициент запаса.

#### 4.6 Изготовление форм в кессонах

При кессонной формовке количество кессонов рассчитывается из длительности полного технологического цикла формовки, сборки, заливки, охлаждения и выбивки кессона  $t_{ц}$ .

Первоначально необходимо принять размеры базового кессона в соответствии с табл. 4.1 и определить его металлоемкость. Средняя металлоемкость принятого кессона должна находиться в пределах границ технологических групп отливок по массе, которые будут изготавливать формовкой в этих кессонах.

Металлоемкость (среднюю) кессона можно определить по формуле:

$$M_{cp} = 0,5 \cdot V_{\phi} (0,1 \dots 0,15) \cdot \gamma \quad (4.9)$$

где  $V_{\phi}$  – объем кессона рассчитанный по его габаритным размерам,  $\text{м}^3$ ,  
 $\gamma$  – плотность металла отливки,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Длительность цикла кессонной формовки  $t_{\text{ц}}$  принимается в зависимости от средней металлоемкости кессона  $M_{cp}$ :

До 10 т – 6...10 суток;

св. 10...20 т – 10...15 суток;

св. 20...40 т – 12...18 суток;

св. 40 т – 15...25 суток.

После назначения длительность цикла кессонной формовки  $t_{\text{ц}}$  определяется количество циклов с 1 рабочего места в год:

$$K_{\text{ц}} = T_{\text{н}} / t_{\text{ц}}, \quad (4.10)$$

где  $T_{\text{н}}$  – номинальный годовой фонд времени рабочего места (кессона), суток.

Количество рабочих мест (кессонов) для каждого технологического потока определяется:

$$N_{\text{кес}} = N_{\phi} / K_{\text{ц}}, \quad (4.11)$$

где -  $N_{\phi}$  - количество форм, шт,

$K_{\text{ц}}$  - количество циклов с 1 рабочего места в год.

Требуемое для выполнения программы количество форм рассчитывается по формуле (4.1).

После округления полученного результата в большую сторону до целого значения рассчитывают общую площадь кессонов и участка кессонной формовки в целом, которую принимают в 4 раза больше. Также, по методике, описанной в п. 4.4 необходимо рассчитать количество формовочных агрегатов для изготовления кессонов.

#### 4.7 Сушка форм

При проектировании формовочного отделения, если предусмотрены технологические процессы, связанные с тепловой сушкой форм, необходимо определить тип и рассчитать количество или размеры сушильных печей и установок.

Расчет количества камерных сушил производится по формуле:

$$P_p = \frac{W \cdot t_c \cdot K_H}{T_d \cdot V \cdot S}, \quad (4.12)$$

где  $W$  – годовой объем форм, подвергаемых сушке, м<sup>3</sup>;  
 $t_c$  – время цикла сушки с учетом времени загрузки и выгрузки сушила, ч;

$K_H$  – коэффициент неравномерности работы сушила;

$T_d$  – действительный фонд времени работы сушила, ч;

$V$  – внутренний объем сушила, м<sup>3</sup>;

$S$  – коэффициент использования объема сушила, (для форм 0,15...0,20; для стержней – 0,08...0,12).

Годовой объем форм, подвергаемых сушке, определяется по размерам и годовому количеству форм. Время цикла сушки определяется по технологическим инструкциям или справочным данным. Время загрузки и выгрузки сушила принимается равным 2 часам. Внутренний объем сушила можно рассчитать по габаритным размерам рабочей камеры (паспортные данные). Действительный фонд времени работы сушила целесообразно принимать для трехсменного режима.

Если для сушки форм применяют проходные сушила, то их длину определяют как произведение необходимого времени сушки и скорости движения конвейера линии, рассчитанной по формуле (4.4).

#### 4.8 Расчеты транспортного оборудования участка

Если на формовочном участке предусматривается подвесной конвейер для транспортирования стержней со стержневого на формовочный участок, необходимо определить его производительность и требуемую скорость движения.

Производительность конвейера определяется:

$$q_{пк} = \sum q_{\phi\phi} \cdot n_{ст}^{\phi}, \quad (4.13)$$

где  $\sum q_{\phi\phi}$  – суммарная производительность формовочного участка, который обслуживается данным конвейер, форм/ч.

$n_{ст}^{\phi}$  – среднее количество стержней на одну форму, шт.

Среднее количество стержней на одну форму можно определить по выражению:

$$n_{\phi} = \frac{n_{CT}}{N_{\phi}}, \quad (4.14)$$

где  $n_{CT}$  – количество стержней на программу,

$N_{\phi}$  – количество форм на программу, шт.

Скорость движения рассчитывается для каждого конвейера отдельно по формуле:

$$V_{ПК} = \frac{q_{ПК} \cdot T_{П}}{n \cdot \varphi}, \quad (4.15)$$

где  $q_{ПК}$  – требуемая производительность конвейера, стержней/ч;

$T_{П}$  – шаг подвесок (выбирается из значений кратных 0,4, 0,6, 0,8 или 1,0), м;

$n$  – количество стержней на одной подвеске (зависит от массы стержней, размеров стержней, размеров и количества полок), шт.

$\varphi$  – коэффициент загрузки конвейера ( $\varphi = 0,8 \dots 0,9$ ).

Полученное значение скорости подвешного конвейера в м/ч переводится в м/мин. Практическая скорость конвейера находится в пределах 0,5...20 м/мин [14].

Пластинчатый конвейер для транспортирования горячих отливок после выбивки в термообрубное отделение рассчитывается следующим образом [14].

Вначале подбирается ширина настила конвейера –  $B_{нст}$ . Она может быть приблизительно установлена равной длине опоки. Затем рассчитывается требуемая скорость пластинчатого конвейера (м/с):

$$V_{ПЛК} = \frac{q_{ПЛК} \cdot T_{Г}}{M \cdot \varphi}, \quad (4.16)$$

где  $q_{ПЛК}$  – расчетная производительность конвейера, т/ч (значение можно взять из расчета количества заливочных ковшей для данного участка – это расход жидкого металла, т/ч),

$T_{Г}$  – шаг грузов на настиле, м (равна длине опоки),

$M$  – металлоемкость выбитой формы, т,

$\varphi$  – коэффициент загрузки конвейера (0,7...0,8).

Полученные после вычисления значения скорости пластинчатого конвейера в м/ч переводятся в м/с. Практическая скорость конвейера находится в пределах 0,01...0,8 м/с [14]. Все расчетные данные по формовочному отделению сводятся в табл. А.4.

#### **4.9 Содержание отчета**

На основе анализа данных, полученных при выполнении практических работ №1 и №2 распределить номенклатуру отливок на технологические потоки, назначить технологические процессы для изготовления литейных форм, произвести выбор необходимого технологического оборудования и рассчитать его количество. При необходимости, назначить размеры кессонов, рассчитать их количество, выбрать и определить число формовочных агрегатов для изготовления форм в кессонах. Обосновать необходимость и определить тип и количество сушильных агрегатов для форм. Произвести обоснование, выбор и расчет основного подъемно-транспортного оборудования участка. Разработать схему размещения оборудования в отделении.

#### **4.10 Вопросы для самоконтроля**

1. По каким параметрам происходит распределение номенклатуры отливок на группы?
2. Что такое средняя металлоемкость литейной формы?
3. На основании каких факторов определяется выбор оборудования для формовочного отделения?
4. Что нужно изменить, если расчетное значение коэффициента загрузки оборудования неприемлемо?
5. Как можно, не меняя исходных данных, получить другое расчетное количество оборудования?
6. Как рассчитываются длины основных участков формовочной линии?
7. Как правильно выбрать размеры кессона?
8. От каких факторов зависит длительность цикла кессонной формовки?
9. Как определить общую площадь участка кессонной формовки?
10. В каких случаях необходимо рассчитывать количество или размеры сушильных печей?
11. Как определить годовой объем форм, подвергаемых сушке?
12. Как транспортируется жидкий металл от плавильных агрегатов к заливочным устройствам?

13. От чего зависят производительность и скорость пластинчатого конвейера?
14. От чего зависят производительность и скорость подвесного конвейера?
15. От каких факторов зависит выбор типа выбивных устройств?

## **5 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТЕРЖНЕВОГО ОТДЕЛЕНИЯ**

**Цель работы** – закрепление теоретических знаний и приобретение умений и практических навыков при разработке проекта стержневого отделения литейного цеха.

### **5.1 Общие положения**

Расчет стержневого отделения ведется в следующей последовательности.

1. Расчет программы стержневого отделения.
2. Разбивка номенклатуры стержней на группы по массе, определение технологических потоков стержней и их мощности.
3. Выбор метода изготовления стержней.
4. Расчет количества стержневого оборудования.
5. Определение площадей стержневого отделения.

Программой стержневого отделения является годовое количество и масса стержней, необходимые для обеспечения выпуска проектной программы годных отливок.

При массовом или крупносерийном производстве при наличии точной программы расчет количества стержней производится по имеющимся данным полной номенклатуры отливок (табл. 1.1). При отсутствии технологических разработок на часть или всю номенклатуру отливок (например, при мелкосерийном и единичном производстве) количество стержней определяют по нормам расхода на 1 т годового выпуска отливок, которые приведены в [3-5].

Разбивка стержней на группы по массе позволяет определить количество, массу или объем стержней данной группы и дает возможность свести несколько групп в один технологический поток для изготовления их на одном оборудовании. При определении годового количества и массы стержней следует учитывать потери из-за брака стержней. Величина по-

терь уточняется по данным базового предприятия и обычно составляет 3...6 %.

Выбор способа получения стержней и составов стержневых смесей определяется в основном следующими факторами:

- массой и размерами стержней;
- сложностью стержней;
- серийностью производства.

При определении технологических потоков (групп) стержней рекомендуется следующая разбивка номенклатуры (табл. 5.1) [3, 4].

Таблица 5.1 – Технологические группы разовых песчаных стержней

Группа стержней	Масса, кг		Усредненные максимальные размеры стержневого ящика, мм	
	Массовое и крупносерийное производство	Серийное и единичное производство	Массовое и крупносерийное производство	Серийное и единичное производство
Мелкие	< 1	< 1	400x320x230...400	800 x 630 x 500
	Св. 1...2,5	Св. 1...2,5		
	Св. 2,5...6	Св. 2,5...6		
		Св. 6...10		
		Св. 10...16		
		Св. 16...25		
		Св. 25...40		
Средние	Св. 6...10	Св. 40...60	630 x 550 x 300	1200x800x500
	Св. 10...16	Св. 60...100		
	Св. 16...25	Св. 100...250		
Крупные	Св. 25	Св. 250...600	800 x 630 x 500 и более	1300x1000x600 и более
		Св. 600...1000		
		Св. 1000...1600		
		Св. 1600		

В зависимости от массы стержней и объема программы выбирается стержневое оборудование. На участке могут изготавливаться стержни одной или нескольких групп. Стержневое отделение может состоять из одного или нескольких участков. Стержневые участки отделения комплектуются стержневыми машинами (пескодувными, пескострельными автоматами), автоматизированными или механизированными стержневыми линиями.

При проектировании принимается число стержневых машин, линий и другого оборудования отличное от расчетного, так как учитывается коэффициент загрузки оборудования. Рекомендуемый коэффициент загрузки - 0,69...0,85; при этом коэффициент загрузки стержневого оборудования должен быть *ниже или равен* соответствующему коэффициенту для формовочного оборудования. Это необходимо для того, чтобы стержневое отделение не задерживало работу формовочно-сборочных участков цеха.

При получении неудовлетворительного распределения стержней между потоками и участками стержневого отделения и большой неравномерности загрузки оборудования (чрезмерно низкий или высокий  $k_2$ ) следует произвести перераспределение потоков или выбрать другое подходящее оборудование и повторить расчеты до достижения оптимального решения.

## 5.2 Изготовление стержней на машинах

Основанием для выбора стержневой машины (автомата) является выбранный технологический процесс, масса стержня и максимальные размеры стержневого ящика. Тип (модель) стержневой машины выбирается из числа современных выпускаемых серийно или планируемых к выпуску машин по каталогам и рекламным проспектам фирм Disamatik, Laempe, АНВ и другим источникам.

Количество стержневых машин  $N_M$  для каждого технологического потока определяется по формуле:

$$N_M = \frac{N_C \cdot K_H}{T_d \cdot q \cdot m}, \quad (5.1)$$

где  $N_C$  – годовое количество стержней данного технологического потока, шт,

$T_d$  – действительный годовой фонд времени работы стержневой машины, ч,

$m$  – количество стержней в одном стержневом ящике, шт,  $m = 1 \dots 4$ ,

$q$  – производительность стержневой машины, циклов/ч,

$K_H$  – коэффициент неравномерности работы стержневой машины,

$K_H = 1, 3 \dots 1, 4$ .

В случае если часовая производительность многопозиционной стержневой машины не известна, то ее можно определить по времени цикла работы:

$$q = \frac{3600 \cdot n \cdot m}{T_{\text{ц}}}, \quad (5.2)$$

где  $n$  – число позиций машины,

$m$  – количество стержней в одном стержневом ящике, шт,

$T_{\text{ц}}$  – время цикла, с.

### 5.3 Изготовление стержней на стержневых линиях

При проектировании современных литейных цехов целесообразно полностью механизировать и автоматизировать изготовление стержней путем применения поточных комплексно – механизированных и автоматизированных линий [8, 16–18].

На базе стандартных линий можно спроектировать стержневые линии с другой производительностью и габаритами, рассчитав необходимые технические данные отдельных участков линий и производительность смесителя [5, 8, 10].

Количество стержневых линий  $N_{л}$ , необходимых для выполнения программы, рассчитывается по формуле:

$$N_{л} = \frac{Q \cdot 1000}{m \cdot q \cdot T_{д} \cdot \eta}, \quad (5.3)$$

где  $Q$  – проектная мощность технологического потока стержней, т  
 $m$  – средняя масса стержней в одном стержневом ящике, кг,  
 $T_{д}$  – годовой действительный фонд времени работы линии, ч;  
 $q$  – часовая производительность стержневой линии, съёмов/ч  
 $\eta$  – коэффициент неравномерности потребления стержней,  
( $\eta = 0,7 \dots 0,9$ ).

### 5.4 Изготовление стержней смесителями из самотвердеющих смесей

Изготовление средних и крупных по массе стержней в стержневых ящиках на плацу из ХТС при помощи отдельно установленных лопастных смесителей целесообразно в условиях мелкосерийного и единичного производства.

Тип (модель) смесителя можно выбрать из числа современных выпускаемых смесителей по каталогам и рекламным проспектам фирм Spartan, WEBAC, FAT COMBIMIX.

Потребное количество смесителей для изготовления форм из холодных самотвердеющих смесей (ХТС) определяют по формуле:

$$N_n = \frac{Q \cdot K_n}{T_{д} \cdot q}, \quad (5.4)$$

где  $Q$  – масса стержней на годовую программу по данному технологическому потоку,

$T_d$  – действительный годовой фонд времени работы смесителя, ч,

$q$  – производительность смесителя, т/ч,

$K_H$  – коэффициент неравномерности работы смесителя ( $K_H = 1,3 \dots 1,4$ ).

### 5.5 Сушка стержней

С целью повышения прочности и газопроницаемости стержней, изготовленных из песчано-глинистых, песчано-жидкостекольных и некоторых других стержневых смесей применяется тепловая сушка; так же необходимо осуществлять сушку противопопригарных покрытий на водной основе, если стержни изготавливаются из смесей, не требующих сушки. Сушка может производиться в камерных, этажерочных, тележечных сушилах периодического действия, либо в различных конвейерных сушилах непрерывного действия. При необходимости сушки стержней в стержневом отделении следует предусмотреть установку сушил и распределить стержни по сушилам с учетом размеров и требуемого режима сушки.

Расчет количества сушил производится по формулам:

- для конвейерных сушил:

$$n = \frac{S \cdot t \cdot l \cdot K_H}{\zeta \cdot n \cdot T_d \cdot L_k \cdot \eta}, \quad (5.5)$$

- для камерных сушил:

$$n = \frac{V \cdot t \cdot K_H}{V_c \cdot T_d \cdot \eta}, \quad (5.6)$$

где  $S$  – площадь сушильных плит на годовую программу,  $m^2$ ; (см. формулу 5.7),

$t$  – время цикла сушки или подсушки стержней, ч;

$l$  – расстояние между этажерками конвейерного сушила, м;

$\zeta$  – площадь одной полки этажерки,  $m^2$ ;

$n$  – число полок на этажерке;

$T_d$  – действительный фонд времени работы сушила, ч;

$L_k$  – длина конвейера в зоне сушила, м;

$\eta$  – коэффициент заполнения объема сушила (0,75...0,92);

$V$  – годовой объем стержней (с учетом брака),  $m^3$ ;

$V_c$  – объем сушила,  $m^3$ .

$K_H$  – коэффициент неравномерности работы сушила.

Время цикла сушки или подсушки стержней принимается в зависимости от типа стержневой смеси и массы стержней, подвергаемых сушке. Действительный фонд времени работы сушила, особенно для средних и крупных стержней, целесообразно принимать для трехсменного режима.

Пользуясь формулой (5.5) можно определить необходимую длину проходного сушила, встроенного в комплексную линию; из формулы (5.6) можно рассчитать необходимый объем камерного сушила.

### 5.6 Расчет площади стержневого отделения

Величина площади стержневого отделения зависит от серийности производства, габаритов стержней и установленного оборудования. В цехах массового и крупносерийного производства с использованием автоматических и механизированных линий площади стержневых отделений составляют 50...100 % от площади формовочного отделения. При изготовлении стержней на плацу расчет площадей может производиться по количеству рабочих мест. По укрупненным показателям площадь на одно рабочее место составляет для мелких стержней – 6 м<sup>2</sup>, средних 8 м<sup>2</sup>, крупных – 12 м<sup>2</sup>. Площадь каркасного отделения принимается в зависимости от мощности цеха: при мощности цеха 10...20 тыс. т/г площадь участка равна 15...24 м<sup>2</sup>; при мощности 20...50 тыс. т/г – 24... 120 м<sup>2</sup>.

В составе стержневого отделения необходимо предусмотреть также площади для хранения суточного запаса стержней и стержневых ящиков.

Полезная площадь для хранения суточного запаса готовых стержней для каждого технологического потока  $S_{CT}$  находится по формуле:

$$S_{CT} = \frac{T_{16} \cdot S \cdot K_1}{P}, \quad (5.7)$$

где  $T_{16}$  – суточное количество стержней, шт,

$S$  – площадь, занимаемая самым большим стержнем, м<sup>2</sup>,

$K_1$  – коэффициент усреднения размеров стержня,

$P$  – этажность хранения стержней.

Суточное количество стержней на программу по данному потоку  $T_{16}$  определяется:

$$T_{16} = \frac{N \cdot h}{T_H}, \quad (5.8)$$

где  $N$  – годовое количество стержней на программу, шт,

$T_H$  – номинальный фонд времени работы стержневого участка, ч,

$h$  – количество рабочих часов в течение суток, ч (для двухсменного режима работы  $h = 16$ ).

Общая площадь хранения суточного запаса стержней с учетом проходов рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{общ}} = S \cdot f, \quad (5.9)$$

где  $f$  — коэффициент, учитывающий проходы ( $f = 1,5 \dots 2,0$ ).

Полезная площадь для хранения стержневых ящиков  $S_{\text{я}}$  можно определить:

$$S_{\text{я}} = \frac{T_{\text{я}} \cdot S \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{P}, \quad (5.10)$$

где  $T_{\text{я}}$  — суточное количество стержневых ящиков, шт;

$S$  — площадь, занимаемая самым большим стержневым ящиком, м<sup>2</sup>;

$K_1$  — коэффициент усреднения размеров ящика;

$K_2$  — коэффициент серийности литья;

$K_3$  — коэффициент повторяемости стержня на форму;

$P$  — этажность хранения стержневых ящиков.

Значения коэффициентов для расчета площадей хранения стержней и стержневых ящиков в условиях мелкосерийного и индивидуального производства приведены в [1].

Суммарная площадь склада для хранения суточного запаса готовых стержней с учетом проходов определяется по формуле, аналогичной (5.9).

Площади складов хранения стержневых ящиков и стержней должны обслуживаться подъемно-транспортным оборудованием.

В стержневом отделении организуется комплектовка и контроль качества стержней. Готовые стержни транспортируются в формовочные отделения с помощью подвесных замкнутых конвейеров, толкающих конвейеров с автоматическим адресованием, электрокар на стержневых платформах, этажерках или коробах.

Все расчетные данные по стержневому отделению сводятся в табл. А.5.

## 5.7 Содержание отчета

На основе анализа данных, полученных при выполнении практических работ №1, №2 и №4 произвести расчет количества и массы стержней на годовую программу, назначить технологические потоки. Обосновать выбранные технологические процессы изготовления стержней, произвести выбор технологического оборудования, и рассчитать его количество. Рассчитать площади складов для хранения стержней и оснастки. Выбрать основное подъемно-транспортное оборудование, разработать схему размещения оборудования в проектируемом отделении.

## 5.8 Вопросы для самоконтроля

1. Как производится расчет программы стержневого отделения цеха в условиях массового или крупносерийного производства?
2. Как производится расчет программы стержневого отделения цеха в условиях мелкосерийного и единичного производства?
3. Зачем производится разбивка номенклатуры стержней на технологические потоки?
4. На основании чего определяется выбор технологических процессов изготовления стержней?
5. Какие характеристики стержней определяют выбор модели стержневого автомата или стержневой линии?
6. Как связаны время цикла стержневого автомата с его производительностью?
7. Как можно, не меняя исходных данных, получить другое расчетное количество оборудования?
8. Почему коэффициент загрузки стержневого оборудования должен быть меньше или равен коэффициенту загрузки формовочного оборудования?
8. В каких случаях принимается решение о необходимости установки в стержневом отделении сушил?
9. Почему при расчетах количества сушил допускается проводить расчеты, применяя трехсменный режим работы?
10. Как транспортируются стержни в формовочное отделение?
11. Как можно определить необходимую длину проходного сушила, встроенного в комплексную линию?
12. Каким образом можно рассчитать необходимый объем камерного сушила?

## 6 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СМЕСЕПРИГОТОВИТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

**Цель работы** – закрепление теоретических знаний и приобретение умений и практических навыков при разработке проекта смесеприготовительного отделения литейного цеха.

## 6.1 Общие положения

Для проектирования смесеприготовительного отделения и определения необходимого количества оборудования для приготовления смесей требуется знать годовую потребность в формовочных и стержневых смесях. Централизованные смесеприготовительные участки проектируют в составе цехов только в том случае, когда проектом предусмотрены технологические процессы изготовления форм и стержней с применением пластично-вязких смесей (песчано-глинистых, песчано-масляных, песчано-жидкостекольных).

В случае применения в формовочном и стержневом отделениях холоднотвердеющих смесей, смесеприготовительное отделение в проектируемом цехе не предусматривается и отдельных расчетов оборудования для приготовления формовочных и стержневых смесей проводить не следует.

## 6.2 Определение годовой потребности в смесях

Общий расход смесей на годовую программу определяется по данным расчетов формовочных и стержневых отделений и рассчитывается отдельно по видам смесей.

В условиях крупносерийного производства при наличии точной программы (табл. 1.1) расчет необходимого расхода смесей производится по видам и по размерам форм для каждого наименования отливки.

Объем уплотненной формовочной смеси в одной форме можно вычислить по формуле:

$$V_{ф.см} = V_{ф} - V_{мет} - V_{ст}, \quad (6.1)$$

где  $V_{ф.см}$  – объем уплотненной формовочной смеси в форме,  $м^3$ ;

$V_{ф}$  – объем формы,  $м^3$ ;

$V_{мет}$  – объем металла в форме,  $м^3$ ;

$V_{ст}$  – суммарный объем стержней в форме,  $м^3$ .

Объем формы вычисляется по размерам в свету применяемых опок.

Объем металла в форме можно определить по массе заливаемого жидкого металла:

$$V_{MT} = \frac{M_{ж}}{\rho}, \quad (6.2)$$

где  $M_{ж}$  – масса жидкого металла в форме, кг,

$\rho$  – плотность заливаемого сплава,  $кг/м^3$ .

Суммарный объем стержней в форме вычисляется по формуле:

$$V_{ст} = \frac{\sum_{j=1}^r (m_{ст} \cdot n_{ст})_j \cdot n_{отл}}{\rho_{ст}}, \quad (6.3)$$

где  $m_{ст}$  – масса  $j$ -того стержня, кг,

$n_{ст}$  – количество стержней  $j$ -того наименования (номера) в отливке, шт.

$n_{отл}$  – количество отливок в форме, шт.

$\rho_{ст}$  – плотность стержня, кг/м<sup>3</sup>,

$r$  – количество номеров стержней в отливке, шт.

Годовая потребность в уплотненной формовочной смеси определяется по формуле:

$$V_{ф.см.}^y = \sum_{i=1}^z (V_{ф.см.} \cdot N_{ф})_i \quad (6.4)$$

где  $V_{ф.см.}^y$  – годовой объем уплотненной формовочной смеси для данной отливки, м<sup>3</sup>/г,

$N_{ф}$  – годовая потребность форм для  $i$ -той отливки с учетом брака отливок и брака форм, форм/г;

$z$  – количество наименований отливок.

Для расчетов можно применять следующие значения плотностей:

- уплотненная формовочная (облицовочная, наполнительная, единая) или стержневая смесь – 1500...1820 кг/м<sup>3</sup>;

- неуплотненная формовочная или стержневая смесь – 1100...1250 кг/м<sup>3</sup>;

- жидкие самотвердеющие смеси – 1300...1400 кг/м<sup>3</sup>.

При наличии точной или приведенной программ результаты расчета требуемых объемов формовочных смесей рекомендуется представлять отдельно для каждого типоразмера опок в соответствии с расчетами формовочного отделения (таблица А.6).

В условиях мелкосерийного и индивидуального производства при отсутствии точных данных пользуются средними нормами расхода смесей на 1 т годных отливок в зависимости от их массы и размера выбранных опок [1, 4].

Требуемые объемы стержневых смесей для выполнения годовой программы определяются по данным расчетов стержневого отделения (практической работы 5).

Для расчета количества смесителей требуется знать объем неуплотненной смеси. Расчетный объем неуплотненной формовочной смеси ориентировочно можно определить по выражению:

$$V_{ф.см.}^H = V_{ф.см.}^y \cdot 0,757, \quad (6.5)$$

где  $V_{ф.см.}^H$  – годовой расчетный объем неуплотненной формовочной смеси, м<sup>3</sup>/Г,  
 $V_{ф.см.}^y$  – годовой объем уплотненной формовочной смеси, м<sup>3</sup>/Г.

### 6.3 Определение количества смесителей

Расчеты количества смесителей для приготовления формовочных и стержневых смесей можно проводить по формуле 4.3.

Производительность смесителя может указываться в м<sup>3</sup>/ч, тогда необходимо перевести ее в т/ч по заданной плотности неуплотненной смеси. Если в справочнике указан лишь объем замеса, производительность смесителя можно вычислить, задавая время перемешивания.

При расчетах количества смесителей следует обращать внимание на то, что их коэффициент загрузки не должен превышать коэффициент загрузки формовочного и стержневого оборудования. Все расчетные данные по смесеприготовительному отделению цеха сводятся в таблицу А.7.

Зная составы и расчётный годовой расход формовочных и стержневых смесей, составляют форму состава и годового расхода компонентов (таблица А.8). Результаты этих расчетов используются в расчётах складов и оборудования для подготовки исходных материалов. Типовые составы формовочных и стержневых смесей приведены в справочной литературе.

### 6.4 Расчеты транспортного оборудования участка

Для подачи сыпучих материалов (сухой песок, сухая молотая глина и др.) в бункера над бегунами рекомендуется применять пневмотранспорт. Подготовленная обратная смесь транспортируется с помощью ленточных конвейеров. Жидкие компоненты смесей (крепители, эмульсии, вода) поступают в бегуны по трубопроводам. Подача готовых песчано-глинистых формовочных и стержневых смесей от смесеприготовительных участков к местам потребления осуществляется ленточными конвейерами.

Для расчета вспомогательного оборудования, в частности машин непрерывного транспорта, требуется знать состав формовочных и стержневых смесей.

Ширина ленты ленточного конвейера для транспортирования свежих формовочных материалов, а также формовочных смесей (свежих и отработанных) может рассчитываться по следующей формуле:

$$L = \alpha \cdot \sqrt{\frac{q \cdot f}{v \cdot \gamma}}, \quad (6.6)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий вид передаваемых компонентов смесей ( $\alpha = 0,08$  – для сухих компонентов;  $\alpha = 0,045 \dots 0,06$  – для сырых компонентов),

$q$  – необходимая производительность ленточного конвейера, т/ч,

$f$  – коэффициент, учитывающий неравномерность подачи материала на ленту и наклон конвейера ( $f = 2,5 \dots 3,0$  – для конвейеров от смесителей;  $f = 1,5 \dots 2,5$  – для транспортирования отработанной смеси из-под выбивных решеток;  $f = 1,15 \dots 1,25$  – для наклонных конвейеров с углом наклона более  $15^\circ$ ;  $f = 1,0$  – для конвейеров с углом наклона до  $15^\circ$ ),

$v$  – скорость движения ленточного конвейера, м/с (устанавливается из ряда значений 0,250; 0,400; 0,500; 0,630; 0,800; 1,000; 1,250; 1,600; 2,000),

$\gamma$  – объемная масса транспортируемого материала, т/м<sup>3</sup> (кварцевый песок – 1,5, молотая глина – 1,0; отработанная и свежая смесь – 1,2...1,4; феррохромовый шлак – 1,1; каменный уголь (в порошке) – 0,7...0,8; древесные опилки – 0,3...0,4).

Расчетные значения  $L$  округляются до ближайших значений: 300, 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 2000, 2500, 3000 мм.

## 6.5 Содержание отчета

На основе анализа данных, полученных при выполнении практических работ №4 и №5 произвести расчет количества формовочных и стержневых смесей на годовую программу цеха. Обоснованно выбрать и рассчитать количество смесеприготовительного оборудования. Назначить составы и произвести расчет количества исходных компонентов смесей. Рассчитать необходимые технологические параметры транспортного оборудования (ленточные конвейеры, элеваторы и т. д.). Разработать схему размещения оборудования в смесеприготовительном отделении.

## 6.6 Вопросы для самоконтроля

1. Как производится расчет расхода формовочных смесей в условиях массового или крупносерийного производства при наличии точной программы?
2. Как производится расчет расхода формовочных смесей в условиях мелкосерийного и единичного производства?

3. Каким образом определяется годовое количество исходных компонентов формовочных и стержневых смесей?
4. Как определяется годовой объем неуплотненной формовочной смеси?
5. На основании чего выбирается тип и модель смесеприготовительного оборудования?
6. Каким образом можно определить производительность выбранного смесителя, если она не указана в паспортных данных?
7. Какой транспорт применяется в смесеприготовительных отделениях литейных цехов и для каких целей?
8. Каким образом определить необходимую производительность ленточного конвейера?
9. Какие данные необходимы для расчета ширины ленты транспортирующего конвейера?

## **7 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕРМООБРУБНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ**

**Цель работы** – закрепление теоретических знаний и приобретение умений и практических навыков при разработке проекта термообрубного отделения литейного цеха.

### **7.1 Общие положения**

В термообрубном отделении могут выполняться следующие операции:

- отбивка или отрезка ЛПС (вручную, в галтовочных барабанах, на кривошипных прессах, с помощью пресс-кусачек, станков с ленточными и дисковыми пилами, пламенем газокислородных резаков и др.);
- очистка литья от пригара и окалины (галтовочными барабанами, дробеструйным, дробеметным, вибрационным, гидравлическим, химическим, электрогидравлическим, электрохимическим, газовым и другими методами);
- удаление стержней из отливок, которое частично или полностью для некоторых отливок происходит во время их очистки, а для трудноудаляемых стержней – на вибрационных установках, в гидравлических и электрогидравлических камерах;
- обрубка и зачистка отливок пневматическими молотками и зубилами, специальными установками, снабженными абразивными кругами, специальными вибрационными машинами и на заточных шлифовальных станках;

- исправление дефектных отливок;
- термическая обработка отливок. Если термообработка отливок производится в печи без защитной атмосферы, после охлаждения отливок иногда требуется повторная их очистка для удаления окалины;
- грунтовка отливок для предохранения их от коррозии (в проходных или тупиковых окрасочных камерах);
- контроль отливок (промежуточный – в процессе очистки, обрубки и зачистки литья, и окончательный – перед грунтовкой). Вид контроля устанавливается в зависимости от служебных свойств, предъявляемых к отливкам.

*Не каждая отливка, даже в одном и том же литейном цехе, подвергается всем или одним и тем же из перечисленных операций.* Поэтому при проектировании отделения целесообразно предусматривать для каждой группы отливок требуемые технологические операции.

Отливки, выбитые из литейных форм, проходят определенный по длительности цикл охлаждения. Нормы времени остывания отливок (на конвейере или площадке) используются при расчете (определении скорости, длины пути) пластинчатых или подвесных конвейеров для транспортирования горячих отливок с мест выбивки в термообрубное отделение.

Проектирование термообрубного отделения начинается с анализа номенклатуры отливок и выполнения последовательно следующих операций:

- разбивки всей номенклатуры отливок на группы с одинаковыми операциями (оборудованием), которая осуществляется с учетом вида сплава и массы отливок, их конфигурации, серийности производства и требований, предъявляемых к качеству отливки;
- установления оптимальной мощности потока для каждой группы;
- выбора рационального технологического процесса и оборудования для данной группы;
- расчета и компоновки оборудования и рабочих мест, т. е. создания технологической линии.

В массовом и крупносерийном производстве оборудование распределяется на основании подетальных расчетов (табл. А.9), а в серийном, мелкосерийном и единичном – по укрупненным показателям для отдельных групп отливок. При проектировании отделения отливки, обрабатываемые однотипными операциями, объединяются в группы (табл. А.10).

В каждой группе необходимо стремиться организовать поток, т.е. непрерывный техпроцесс, включающий последовательное расположение соответствующего оборудования, связанного между собой конвейерами или другим транспортным оборудованием.

Марку, производительность и другую характеристику рассчитываемого оборудования можно принимать по справочным данным [4-6, 9, 11, 14], данным каталогов оборудования и др.

При расчетах количества обрубного и зачистного оборудования для цехов массового и крупносерийного производства, предпочтительнее предусматривать использование возможно более производительных автоматов и установок, поскольку при прочих равных условиях они обеспечи-

вают наилучшие экономические показатели – по занимаемой производственной площади, металлоёмкости, расходу энергии и заработной плате на единицу выпускаемой продукции. Из соображений уменьшения риска остановки цеха при выходе из строя оборудования, а также из-за вероятности значительных потерь рабочего времени в связи с большой длительностью их планового ремонта, количество такого оборудования должно приниматься не менее двух единиц.

В условиях мелкосерийного и единичного многономенклатурного производства, а также в цехах и на участках малой мощности ввиду низкой загрузки оборудования желателен выбор возможно меньшего числа типов оборудования, предусматриваться его установка по одной единице.

## 7.2 Расчет количества оборудования для финишных операций

Расчет количества однотипного оборудования (гидрокамер, галтовочных барабанов, установок электрогидроочистки и т. п.) имеющего размерность производительности (т/ч) выполняется по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot K_H}{T_d \cdot q}, \quad (7.1)$$

где  $Q$  – масса отливок на годовую программу, подвергаемых обработке на данном оборудовании, т,

$T_d$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч,

$q$  – производительность оборудования, т/ч,

$K_H$  – коэффициент неравномерности работы ( $K_H = 1,3 \dots 1,4$ ).

Для расчета количества зачистного оборудования, имеющего размерность производительности (отливок/ч), используется формула:

$$n = \frac{N_0 \cdot K_n \cdot n_1}{T_d \cdot q \cdot n_2}, \quad (7.2)$$

где  $N_0$  – годовое количество отливок, зачищаемых на данной зачистной установке, шт,

$n_1$  – количество зачищаемых поверхностей в отливке,

$T_d$  – действительный фонд времени работы зачистной установки, ч,

$n_2$  – количество одновременно зачищаемых на станке поверхностей,

$q$  – производительность зачистной установки, отл/ч,

$K_n$  – коэффициент неравномерности работы оборудования ( $K_n = 1,3 \dots 1,4$ ).

Производительность зачистного оборудования так же может указываться в килограммах счищаемого с отливки металла в час. В этом случае расчетное количество зачистных машин можно определить по формуле:

$$n = \frac{N_0 \cdot K_n \cdot m}{T_d \cdot q}, \quad (7.3)$$

где  $N_0$  – годовое количество отливок, зачищаемых на данном оборудовании, шт,

$m$  – масса остатков литников, приходящаяся на одну отливку, кг/отл (принимается 0,5...2% от массы отливки),

$q$  – производительность машины, кг/ч,

$T_d$  – действительный фонд времени работы, ч.

В паспортных характеристиках оборудования для отделения прибылей от отливок (станки для механической резки прибылей, установки для электроконтактной, кислородной и плазменной резки и т.п.) вместо производительности часто указана скорость реза в миллиметрах в минуту или в секунду. В этом случае скорость реза следует пересчитать в метры в час и количество установок рассчитать по эмпирической формуле:

$$n = \frac{N_0 \cdot K_n \cdot z}{T_d \cdot v}, \quad (7.4)$$

где  $N_0$  – годовое количество отливок на годовую программу, подвергаемых обработке на данном оборудовании, шт,

$T_d$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч,

$z$  – эмпирический коэффициент (табл 7.1),

$v$  – скорость реза, м/ч,

$K_n$  – коэффициент неравномерности работы ( $K_n = 1,3 \dots 1,4$ ).

Таблица 7.1 – Значения коэффициента  $z$

Масса отливок, кг	Преобладающая толщина стенки отливки, мм	Значения коэффициента $z$
До 50	До 20	0,065...0,085
	Св. 20...35	0,08...0,10
	Св. 35	0,095...0,12
Св.50...100	До 20	0,085...0,11
	Св. 20...50	0,09...0,16
	Св. 50	0,15...0,30
Св.100...500	До 30	0,20...0,60
	Св. 30...50	0,56...0,76
	Св. 50	0,74...0,90
Св.500...1000	До 30	0,55...0,80
	Св. 30...60	0,65...0,9
	Св. 60	0,70...1,10
Св.500...1000	До 40	0,9...1,2
	Св. 40...60	1,0...1,35
	Св. 60	1,25...1,6
Св.1000...5000	До 40	1,70...1,90
	Св. 40...80	1,75...2,00
	Св. 80	1,80...2,15
Св.5000	До 50	1,75...2,10
	Св. 50...90	1,8...2,15
	Св. 90	2,0...2,20

### 7.3 Расчет количества термических печей

Для отливок из стали, ковкого чугуна и других сплавов в очистных отделениях предусматриваются участки для термической обработки отливок. Вид термической обработки обуславливается технологическими условиями на отливки. В массовом производстве и крупносерийном производстве применяются методические печи толкательного, конвейерного, элеваторного и туннельного типов, а в серийном и единичном производстве – камерные термические печи периодического действия. Возможно также использование шахтных электрических печей. Режим термической обработки отливок определяется по технологическим картам или справочной литературе.

Производительность термической печи камерного типа определяется площадью пода, удельной нагрузкой на  $1\text{ м}^2$  площади и продолжительностью цикла термической обработки:

$$q = \frac{m \cdot F}{t}, \quad (7.5)$$

где  $m$  – удельная нагрузка на  $1\text{ м}^2$  площади пода печи, т,

$F$  – площадь пода печи,  $\text{м}^2$ ,

$t$  – продолжительность цикла термообработки, включая время на загрузку и выгрузку печи, ч.

Продолжительность цикла определяется выбранным режимом термообработки для конкретного технологического потока отливок. Площадь пода и удельная нагрузка на  $1\text{ м}^2$  площади – по справочным данным.

Необходимое количество термических печей и их типы определяются отдельно для каждого вида термообработки по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot K_H}{T_d \cdot q}, \quad (7.6)$$

где  $Q$  – масса годных отливок на годовую программу, подвергаемых термической обработке, т,

$T_d$  – действительный годовой фонд времени работы печи, ч,

$q$  – производительность печи, т/ч,

$K_H$  – коэффициент неравномерности работы ( $K_H = 1,3 \dots 1,4$ ).

При длительных циклах термообработки действительный фонд времени работы термической печи целесообразно принимать для трехсменного режима. В случаях термической обработки тяжелых отливок следует принимать во внимание, что отделение прибылей от отливок проводят после проведения операции термообработки.

При расчетах количества оборудования термообручного отделения коэффициент загрузки  $k_z$  принимают обычно  $0,65 \dots 0,85$ . Если величина  $k_z$  оказывается неудовлетворительной (слишком малой или выше верхнего

рекомендуемого предела), выбирают другой тип оборудования или перегруппировывают программу.

На основании расчетов количества оборудования определяется необходимая для его размещения площадь и производится компоновка отделений.

Готовые отливки хранятся на складах готового литья в стеллажах, ящиках на полу. В литейных цехах предусматриваются также промежуточные склады отливок до и после термообработки, комплекточный склад готового литья. Нормы для расчета промежуточных складов отливок до и после термической обработки приводятся в литературе [1, 5].

Количество мостовых кранов термообручного отделения и их рекомендуемая грузоподъемность в зависимости от массы обрабатываемых отливок устанавливаются по нормативам [1] или из расчета длины участка, обслуживаемого одним краном. Необходимое число кран-балок и электроталей, подвесных цепных конвейеров и другого подъемно-транспортного оборудования устанавливается при компоновке отделения, а их расположение и трассы – с учетом необходимости создания кратчайших технологических потоков.

#### **7.4 Содержание отчета**

На основе анализа производственной программы разбить всю номенклатуру отливок на технологические потоки с оптимальной мощностью, выбрать рациональные технологические процессы для финишной обработки. Произвести обоснованный выбор необходимого технологического и транспортного оборудования и рассчитать его количество. Разработать схему размещения оборудования в термообручном отделении.

#### **7.5 Вопросы для самоконтроля**

1. Какие операции могут выполняться в термообручном отделении?
2. Какие существуют способы отделения литниково - питающих систем от отливок?
3. Какие самые распространенные способы очистки отливок?
4. По каким признакам выбирается оборудование для очистки отливок при различных условиях серийности производства?
5. Какими способами можно определить количество необходимого однотипного зачистного оборудования?
6. От чего зависит производительность термической печи? Каким образом она определяется?
7. Как можно избежать повторной очистки отливок после термической обработки?

8. В чем состоит особенность расчетов количества оборудования для отделения прибылей от отливок?

9. Каким образом определяется количество мостовых кранов для термообрубного отделения?

## **8 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКЛАДОВ ШИХТОВЫХ И ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Цель работы** – закрепление теоретических знаний и приобретение умений и практических навыков при разработке проекта складов шихтовых и формовочных материалов литейного цеха и участков подготовки исходных материалов.

### **8.1 Общие положения**

Характерной особенностью литейного производства является потребление большого количества исходных материалов. На 1 т годного литья потребляется до 3...5 т различных материалов. Общезаводские склады, обслуживают все или несколько цехов завода, организуются на небольших заводах, потребляющих исходные материалы в небольших количествах. На крупных заводах организуются прицеховые склады.

Для машиностроительных заводов склады формовочных, шихтовых материалов, топлива и флюсов рекомендуется проектировать при литейных цехах. В зависимости от производственной мощности цеха склады шихтовых и формовочных материалов бывают объединенные (при производственной мощности цеха до 15...20 тыс. т годных отливок) и самостоятельные (раздельные).

Все формовочные и шихтовые материалы рекомендуется хранить в закрытых помещениях. Склады шихтовых материалов могут не отапливаться. Формовочные материалы надо хранить при температуре не ниже +5<sup>0</sup>С. В южных малоснежных районах металлические материалы можно хранить на открытых площадках.

Формовочные пески хранятся в железобетонных закромах, заглубленных в землю на 2,5...4,0 м или металлических и железобетонных бункерах. Большой запас сухих песков рекомендуется хранить в железобетонных или металлических силосах вне здания цеха. Сырая глина хранится в приемных ямах или железобетонных закромах, сухая молотая глина и бентонит – в за-

крытых металлических бункерах и емкостях. Жидкие связующие хранятся в цистернах и специальных емкостях в отапливаемых помещениях.

Чушковые чугуны – в закромах или штабелях. Каждая марка чугуна – отдельно. Чугунный и стальной лом хранится на вымощенных бетонированных площадках или в закромах, отдельно по видам и габаритам. Чушки цветных металлов – на поддонах в грузовых пакетах в закрытом помещении. Стружка и отходы цветных металлов – в металлических закрывающихся ящиках по сплавам, виду и качеству. Ферросплавы – в закромах, в контейнерах или в таре поставщика в закрытом помещении. Кокс – в закромах, приемных ямах.

Флюсы – в контейнерах или в таре поставщика в закрытом помещении.

Огнеупоры – в закрытых складах в контейнерах, пакетах или штабелях на площадках.

Между штабелями различных материалов в чушках или пакетах должны быть проходы шириной 1 м. Проходы для людей на шихтовом дворе не должны проходить в зоне действия магнитных и грейферных кранов.

Величина запаса различных материалов на складе зависит от климатического пояса, в котором размещен цех, вида материала, мощности цеха и колеблется: для металлических материалов от 15 до 45 дней; для песка и глины – от 20 до 120 дней.

Количество основных материалов (шихтовых и формовочных), хранящихся на складе, определяется согласно расчетам плавильного и смесеприготовительного отделений.

## 8.2 Расчет количества вспомогательных материалов и огнеупоров

К вспомогательным материалам для производства жидкой стали и чугуна относятся шлакообразующие материалы, раскислители и окислители: шамот, плавиковый шпат, известняк и др. В зависимости от типа сплава, способа получения и емкости печи, среднее количество шлакообразующих материалов определяется их расходом на 1 т жидкого металла (табл. 8.1).

Таблица 8.1 – Нормы расхода вспомогательных материалов для выплавки металла, кг/т

Материалы	Тип сплава			
	Углеродистые стали	Низко- и среднелегированные стали	Высоколегированные стали	Чугун, в т.ч. ВЧШГ
Известняк	50...65	45...65	35...70	0...35
Шамотный бой	0...8	0...8	3...6	0...6
Плавиковый шпат	0...12	0...12	3...6	0...15

Расход окислителей (окатыши или окалина), применяемых при плавке с окислительным периодом, составляет 3...9 кг/т жидкого для сплавов, получаемых методом окисления в зависимости от марки выплавляемой стали.

Нормы расхода огнеупорных материалов для ремонта плавильных печей и разливочных ковшей приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2 – Нормы расхода огнеупорных материалов для выплавки металла, кг/т

Материалы	Расход материалов						
	Стальное литье			Чугунное литье			
	Ремонт дуговых печей	Ремонт индукционных печей	Ремонт ковшей	Ремонт дуговых печей	Ремонт индукционных печей	Ремонт ковшей	Ремонт вагранок
Кирпич шамотный	15...25	-	9,7... ...9,8	12...20	-	6,0...8,5	10,0
Кирпич dinasовый	7,0...9,5	-	-	-	-	-	-
Кирпич периклазовый	6,5...7,5	-	-				
Кирпич хромопериклазовый	6,5...7,5	-	-				2,0
Порошок периклазовый	1,2...1,5	-	-	-	-	-	2,5
Картон асбестовый	1,0	2,0...5,0	0,1... ...0,2	0,8	2,0...4,0	0,21	-
Кварц молотый	-	24...35	-	10	20...34	-	-
Стопорный припас	-	-	6,0... ...9,0	-	-	-	-

Для термических печей укрупненная норма расхода огнеупорных материалов при термообработке стального литья составляет: кирпич шамотный для футеровки пода стен и свода печей – 5,3 кг на 1 т термообрабатываемого литья; картон асбестовый – 2,5.

Расход кокса при плавке чугунов в коковых вагранках принимают 12...15% от массы металлической части шихты, причем больший расход относится к вагранкам малой производительности.

Расход количества всех вспомогательных материалов на годовую программу устанавливают на основании принятых нормативных данных по каждому виду материала (на 1т годного литья или жидкого металла) в соответствии с табл. 8.3.

### 8.3 Расчет площадей для хранения материалов

Исходной базой для проектирования складов служат результаты расчетов площади закровов для каждого материала и всей площади склада. Эти расчеты должны выполняться в соответствии с нормами проектирования литейных цехов.

Таблица 8.3 – Расход вспомогательных материалов

Материал	Назначение	Расход, т, м <sup>3</sup>	
		На 1 т годного (жидкого металла)	На программу
Флюсы			
Известняк	Раскислитель	55,0	660,0
Окатыши	Окислитель	4,0	48,0
...	...	...	...
Всего флюсов			Σ
Огнеупоры			
Кирпич шамотный	Ремонт дуговых печей	20,0	240,0
Кирпич шамотный	Ремонт ковшей	9,7	116,4
...	...	...	...
Всего огнеупоров			Σ

Этими нормами предусматриваются расход материалов, сроки их хранения, режим работы и фонд времени литейного цеха.

Нормы для расчета складов шихтовых и формовочных материалов в зависимости от климатического пояса и наличия на заводе базисного склада приведены в [1]. Расчет площадей для хранения шихтовых и формовочных материалов а также для хранения огнеупоров ведется по формуле:

$$F = 1,1 \dots 1,25(f_1 + f_2 + \dots + f_n), \quad (8.1)$$

где  $f_1 \dots f_n$  – расчетные площади для хранения компонентов шихты и других материалов.

Площади закровов для отдельных компонентов определяются:

$$f = \frac{k \cdot b}{T_H \cdot H \cdot \gamma}, \quad (8.2)$$

где  $k$  – количество компонента на программу, т,

$b$  – норма хранения, дней,

$T_H$  – годовой номинальный фонд времени работы склада, дней,

$H$  – высота хранения компонента, м,  
 $\gamma$  – насыпная масса компонента, т/м<sup>3</sup>.

Результаты расчетов площадей складов представляют по форме таблицы А.11.

Таблица заполняется в следующем порядке.

1. По результатам расчетов плавильного (табл. 3.2) и смесеприготовительного отделений (данные из формы А.7), а так же по данным, полученным в результате расчетов количества вспомогательных материалов и огнеупоров (табл. 8.3) заполняются графы 1 и 3.

2. В соответствии с данными, приведенными в [1], выбирают значения и заполняют графы 2, 5, 6 и 7.

3. Суточная потребность для каждого материала (графа 4) определяется как частное от деления значения в графе 3 на годовой номинальный фонд времени работы склада.

4. Требуемый запас на складе для каждого материала определяется путем произведения значений в графах 4 и 5.

5. По формуле (8.2) определяют расчетную площадь хранения каждого компонента (графа 8).

Так же на площадях складов необходимо предусматривать места для приема и разгрузки материалов. Площадь, занятая внутренними эстакадами и местами для разгрузки, определяется длиной склада (длиной пролета), количеством эстакад и необходимой шириной мест разгрузки:

$$F_э = m \cdot l \cdot n, \quad (8.3)$$

где  $m$  – ширина разгрузки, (6...8), м,

$l$  – длина эстакады, м

$n$  – количество эстакад.

#### 8.4 Участки подготовки формовочных и шихтовых материалов

Практически все шихтовые и формовочные материалы перед поступлением в производство подвергаются подготовительной обработке. Участки подготовки формовочных и шихтовых материалов рекомендуется создавать при складах.

Формовочные пески проходят следующие подготовительные операции.

1. Разрыхление и дробление комьев при получении смерзшегося песка.

2. Просев в полигональных барабанных ситах, где отделяются крупные включения и дробятся непрочные комки сырого и ссохшегося песка.

3. Сушка при температуре для кварцевых песков  $\leq 600$  °С, для глинистых  $\leq 200$  °С до влажности 0,5...1,0 %. При небольших объемах песков, подвергаемых сушке, применяют барабанные сушилки, в других случаях – сушку в пневмопотоке и сушку в кипящем слое.

4. Охлаждение до  $+30^{\circ}\text{C}$  при отсутствии склада сухого песка.
5. Просев через сито.

Глина или бентонит в кусках проходит следующие операции.

1. Измельчение комков на куски размером  $70 \times 70$  мм.

2. Сушка при температуре  $\leq 400^{\circ}\text{C}$  до влажности 4...5% в барабанных сушилах.

3. Размол до частиц менее 1 мм.

4. Просев через сито

При использовании в смесях глинистых суспензий сушка и размол глины исключаются.

Часто в состав участков подготовки формовочных материалов включаются участки регенерации отработанных смесей.

Шихтовые материалы также подвергаются подготовительным операциям.

Чушковые чугуны разламываются чушколомом. Для автоматической загрузки вагранок диаметром до 1100 мм разламываются все чушки. Для больших вагранок литейные чугуны массой до 25 кг не разламываются, а передельные и специальные – массой до 50 кг разламываются для всех вагранок.

Стальной и чугунный лом, как правило, поступают в разделенном виде. При необходимости разделяются копрами и разрезаются аллигаторными ножницами и газовыми резаками.

Собственный возврат – очищается в галтовочных барабанах и в случае необходимости измельчаются на копрах.

Ферросплавы подвергаются дроблению.

Расчет необходимого количества оборудования по подготовке шихтовых и формовочных материалов производится по формулам, аналогичным (3.2...3.5). Выбранное количество оборудования должно обеспечивать коэффициент загрузки  $K_3 = 0,7...0,9$ . Характеристики сушил для песка и глины, дробилок и мельниц для шихтовых и формовочных материалов, сит и другого оборудования приведены в справочной литературе.

## 8.5 Содержание отчета

На основе анализа данных, полученных при выполнении практических работ №3 и №6, определить количество вспомогательных материалов для выполнения программы цеха, рассчитать площади для хранения шихтовых и формовочных материалов и площади складов в целом. Обосновать выбор необходимого технологического оборудования для участков подготовки материалов и рассчитать требуемое количество. Обосновать выбор и подобрать подъемное или подъемно-транспортное оборудование для складов.

## 8.6 Вопросы для самоконтроля

1. Каким образом необходимо хранить шихтовые и формовочные материалы?
2. Какие материалы относятся к вспомогательным?
3. От чего зависит вид применяемых огнеупорных материалов? Как определяется их количество на годовую программу?
4. На основании каких данных можно определить вид и количество шлакообразующих материалов?
5. Какие данные, используемые в расчете складов, являются основными?
6. От чего зависит величина запаса материалов на складе?
7. Какие технологические операции могут выполняться на участке подготовки формовочных материалов?
8. Какие технологические операции могут выполняться на участке подготовки шихтовых материалов?
9. Перечислите основные средства механизации складов.

## 9 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА

**Цель работы** – закрепление теоретических знаний и приобретение умений и практических навыков при разработке проекта реконструкции действующего литейного цеха.

### 9.1 Общие положения

Разработка проекта реконструкции цеха начинается с анализа задания и исходных данных для проектирования. Эти данные включают в себя: планировку цеха и отдельных его участков, производственную программу, вид сплава отливок, группу сложности, параметры и назначение изготавливаемых отливок, уровень требований к качеству литья, характер и особенности предприятия, в составе которого должен функционировать литейный цех, серийность производства.

Расчеты производятся на основании укрупненных технико-экономических показателей по данным предприятия-прототипа и справочным литературным данным.

Рекомендует следующий порядок выполнения работы.

1. Анализ производственной программы цеха, характеристика отливок по массе, серийности, литейным сплавам и технологическим потокам изготовления (см. практическую работу №1).

2. Расчет фондов времени рабочих и основного технологического оборудования всех отделений цеха в соответствии с принятым режимом работы (см. практическую работу №2).

3. Определение мощности литейного цеха по установленному формовочному оборудованию.

4. Определение мощности литейного цеха по установленному плавильному оборудованию.

5. Сопоставление мощностей цеха и определение коэффициента несоответствия.

Коэффициент несоответствия мощностей определяется как частное от деления мощностей цеха формовочного и плавильного отделений (меньшая величина делится на большую). Если полученный коэффициент значительно отличается от 1, то дальнейшую разработку проекта реконструкции цеха ведут по меньшей величине.

## **9.2 Определение мощности цеха по установленному формовочному оборудованию**

Мощность литейного цеха по установленному формовочному оборудованию определяется по формуле

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n, \quad (9.1)$$

где  $Q_1 \dots Q_n$  – мощности формовочных участков по каждому технологическому потоку изготавливаемых отливок.

В соответствии с данными цеха-прототипа вся номенклатура отливок, выпускаемых в цехе, распределена на группы по технологическим потокам или участкам, исходя из габаритов, массы, толщины стенок, сложности конфигурации, класса точности и серийности отливок. При выполнении работы количество технологических потоков цеха ориентировочно можно определить по установленному формовочному оборудованию.

В случае, если подлежащий реконструкции литейный цех в своем составе содержит формовочный участок, оборудованный формовочными машинами или комплексно-механизированными линиями для изготовления разовых опочных форм из песчаных смесей, рекомендуется следующий порядок расчетов.

1. По паспортным данным установленного оборудования определяют его производительность и размеры применяемых на этих машинах

опок. При отсутствии таких данных допускается использовать характеристики аналогичного оборудования.

2. Рассчитывается количество изготавливаемых форм  $N_{\phi}$ , с учетом 75...85 % паспортной производительности.

$$N_{\phi} = \frac{q \cdot T_{\partial} \cdot n \cdot (0,75 \dots 0,85)}{2 \cdot K_n \cdot a}, \quad (9.2)$$

где  $q$  – паспортная производительность формовочного оборудования, полуформ/ч,

$T_{\partial}$  – действительный годовой фонд времени работы формовочной оборудования, ч,

$n$  – количество однотипных установок,

$K_n$  – коэффициент неравномерности работы формовочного оборудования ( $K_n = 1,25 \dots 1,35$ ),

$a$  – коэффициент, учитывающий брак форм ( $a = 1,02 \dots 1,06$ ).

В случае если на линии предусмотрены операции сборки, заливки, охлаждения и выбивки литейных форм, количество изготавливаемых в течение года форм можно определить по формуле

$$N_{\phi} = \frac{q \cdot T_{\partial} \cdot n \cdot (0,75 \dots 0,85)}{K_n \cdot a}, \quad (9.3)$$

где  $q$  – паспортная производительность формовочной линии, форм/ч

3. По данным табл. 4.1 в зависимости от размеров опок определяется средняя металлоемкость одной формы  $M_{сп}$ . Также металлоемкость формы может быть определена как среднее арифметическое между максимальной и минимальной массами отливок, изготавливаемых в данном технологическом потоке.

4. Определяется мощность формовочного участка по годовому литью.

$$Q = N_{\phi} \cdot M_{сп} \quad (9.4)$$

При изготовлении форм в опоках на плацу из ХТС рекомендуется следующий порядок расчетов.

1. По паспортным данным установленного смесителя определяется его часовая производительность по количеству приготовленной смеси (т/ч).

2. Рассчитывается годовое количество формовочной смеси  $M_{см}$  приготовляемое однотипными смесителями.

$$M_{см} = \frac{q \cdot T_{\partial} \cdot n \cdot (0,75 \dots 0,85)}{K_n} \quad (9.5)$$

где  $q$  – паспортная производительность смесителя, т/ч,  
 $T_d$  – действительный годовой фонд времени работы смесителя, ч,  
 $n$  – количество однотипных смесителей,  
 $K_n$  – коэффициент неравномерности работы.

Если в паспортных данных указан лишь объем замеса, производительность смесителя можно вычислить, задавая время перемешивания.

3. По данным предприятия или справочным данным о нормах расхода формовочной смеси на 1 т годных отливок определяется возможный выпуск годного литья, изготовленного с применением этих смесей (мощность формовочного участка по годному литью).

$$Q = w \cdot M_{см}, \quad (9.6)$$

где  $w$  – удельный расход формовочной смеси на 1 т годных отливок.  
 При отсутствии информации об удельном расходе формовочной смеси сперва определяется годовой объем полученной формовочной смеси  $V_{см}$ .

$$V_{см} = \frac{M_{см}}{\rho}, \quad (9.7)$$

где  $\rho$  – плотность ХТС.

По размерам в свету применяемых опок определяется объем одной литейной формы  $V_{\phi}$ .

$$V_{\phi} = l \cdot b \cdot 2 \cdot h, \quad (9.8)$$

где  $l, b, h$  – длина, ширина и высота опоки в свету соответственно, м.  
 Определяется годовое количество форм по данному технологическому потоку.

$$N_{\phi} = \frac{V_{см}}{V_{\phi} \cdot a} \quad (9.9)$$

где  $a$  – коэффициент, учитывающий брак изготовленных форм.

По данным табл. 4.1 в зависимости от размеров опок определяется средняя металлоемкость формы  $M_{ср}$  и по формуле (9.4) определяется возможный выпуск годного литья.

Расчеты необходимо проводить по каждому типу формовочного оборудования отдельно.

При отсутствии информации об установленном формовочном оборудовании мощность формовочного участка ориентировочно определяют по количеству рабочих мест:

$$Q = K_{рм} \cdot M_{ср} \cdot \frac{T_{рм}}{\tau_{у}}, \quad (9.10)$$

где  $K_{рм}$  – количество рабочих мест формовочного участка,  
 $T_{рм}$  – годовое время рабочего места, ч. (см. п.1),  
 $\tau_{и}$  – время цикла изготовления отливки в одной форме, ч.

Время цикла изготовления отливки в одной форме определяется в зависимости от средней металлоемкости формы  $M_{ср}$  по данным [1].

Количество рабочих мест формовочного участка можно определить по следующему выражению.

$$K_{рм} = \frac{S\phi}{(4,5...5) \cdot S_o}, \quad (9.11)$$

где  $S\phi$  – площадь участка формовки, м<sup>2</sup>, (ориентировочно определяется по планировке цеха),

$S_o$  – площадь одной опоки в свету, м<sup>2</sup>.

При наличии в цехе одного или нескольких участков кессонной формовки анализируется полная информация о характеристиках всех кессонов (фонд времени работы участка, количество кессонов, их размеры, средняя металлоемкость, время цикла изготовления отливок и т.д.).

Мощность участка в этом случае можно определить по формуле, аналогичной (9.10). В случае, если участок кессонной формовки в своем составе имеет кессоны различных размеров, расчеты необходимо проводить по каждому типоразмеру кессонов отдельно.

При отсутствии частичной или полной информации о характеристиках кессонов расчеты рекомендуется проводить следующим образом.

1. По планировке цеха ориентировочно определяется общая площадь участка формовки в кессонах  $S_y$ .
2. Определяется суммарная площадь всех кессонов  $S_{к\sum}$

$$S_{к\sum} = S_y / 4. \quad (9.12)$$

3. По номенклатуре отливок, изготавливаемых на участке кессонной формовки определяется средняя металлоемкость одного кессона  $M_{ср}$ , как среднее арифметическое между максимальной и минимальной массой отливок, изготавливаемых в данном технологическом потоке. В зависимости от  $M_{ср}$  определяется время цикла  $\tau_{и}$  изготовления отливки в данном кессоне.

4. Рассчитывается объем одного кессона

$$V_1 = \frac{M_{ср}}{(0,05...0,075) \cdot \gamma}, \quad (9.13)$$

где  $\gamma$  – плотность металла отливок (для стальных отливок 7,8 т/м<sup>3</sup>, чугуновых – 7,2 т/м<sup>3</sup>).

5. Принимая глубину кессона 1,5...2 м, определяют площадь 1 кессона  $S_k$ .

6. Рассчитывается количество однотипных кессонов.

$$n = \frac{S_{K_{\Sigma}}}{S_K}. \quad (9.14)$$

7. По формуле (9.10) определяется мощность участка кессонной формовки

Если в цехе предусмотрено несколько технологических потоков изготовления отливок в кессонах (несколько участков кессонной формовки), то аналогичные расчеты проводятся по каждому технологическому потоку отдельно.

### 9.3 Определение мощности цеха по установленному плавильному оборудованию

Для определения мощности цеха необходимо из планировки или цеховой спецификации выбрать установленное плавильное оборудование. Пользуясь данными цеха-прототипа, каталогами плавильного оборудования или других справочных источников устанавливаются технические характеристики выбранных плавильных агрегатов.

Мощность литейного цеха по установленному плавильному оборудованию в общем случае определяется

$$Q = \frac{Q_{ж}}{ТВГ} \cdot 100, \quad (9.15)$$

где  $Q_{ж}$  – возможный выпуск металла установленным плавильным оборудованием, т,

$ТВГ$  – средний процент выхода годного литья (принимается по данным предприятия или выбирается по литературным данным в зависимости от рода металла и массы отливок).

Возможны следующие варианты проектных решений – в цехе установлены вагранки, индукционные или электропечи.

В любом случае возможный выпуск жидкого металла определяется по формуле

$$Q_{ж} = \frac{T_{д} \cdot n \cdot p}{\kappa}, \quad (9.16)$$

где  $T_{д}$  – действительный годовой фонд времени работы плавильного агрегата, ч,

$n$  – количество однотипных плавильных печей,

$p$  – производительность плавильной печи, т/ч,

$\kappa$  – коэффициент неравномерности потребления жидкого металла,  $\kappa = 1,2 \dots 1,4$ .

Если в цехе установлены плавильные агрегаты различного типа и разной производительности, возможный выпуск жидкого металла необходимо определять отдельно.

#### 9.4 Содержание отчета

На основе анализа планировки цеха и отдельных его участков, производственной программы цеха и характеристики отливок определить технологические потоки. В соответствии с принятым в цехе режимом работы произвести расчеты фондов времени рабочих мест и основного технологического оборудования всех отделений цеха. Определить мощность литейного цеха по установленному формовочному и плавильному оборудованию. Провести анализ полученных результатов, определить коэффициент несоответствия мощностей и дать рекомендации по реконструкции цеха.

#### 9.5 Вопросы для самоконтроля

1. Каким образом можно определить мощность формовочного участка цеха, оборудованного формовочными машинами?
2. Каким образом можно определить мощность формовочного участка цеха, оборудованного автоматизированными формовочными линиями?
3. Почему при расчетах количества однотипного формовочного оборудования необходимо принимать 75...85 % паспортной производительности?
4. На основании чего определяется средняя металлоемкость одной формы при формовке в опоках?
5. Как вычислить производительность смесителя по времени перемешивания смеси?
6. Как рассчитать мощность формовочного участка при отсутствии данных о формовочном оборудовании?
7. На основании чего определяется время цикла изготовления отливки в форме?
8. На основании чего определяется средняя металлоемкость одной формы при формовке в кессонах?
9. На основании чего определяется время цикла изготовления отливки в кессоне?
10. Как определить возможный выпуск жидкого металла в литейном цехе по установленному плавильному оборудованию?

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Логинов, И. З.** Проектирование литейных цехов / И. З. Логинов. – Минск : Вища школа, 1976. – 320 с.
2. Проектирование машиностроительных заводов и цехов : справочник. В шести томах / под общей ред. Е. С. Ямпольского. – Т. 2. Проектирование литейных цехов и заводов / под ред. В. М. Шестопада. – М. : Машиностроение, 1974. – 294 с.
3. Основы проектирования литейных цехов и заводов / под ред. Б. В. Кнорре. – М. : Машиностроение, 1979. – 376 с.
4. **Туманский, Б. Ф.** Проектирование литейных цехов / Б. Ф. Туманский. – Киев : УМК ВО, 1992. – 192 с.
5. Проектирование литейных цехов. Пособие для выполнения курсового проекта для студентов специальности «Литейное производство черных и цветных металлов и сплавов» всех форм обучения / сост. О. В. Приходько. – Краматорск : ДГМА, 2015. – 62 с.
6. ОНТП 07-86. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Литейные цехи и склады шихтовых и формовочных материалов.
7. **Исагулов, А. З.** Проектирование литейных цехов : учебное пособие / Л. С. Кипнис, А. З. Исагулов, Д. К. Исин. – Караганда : КарГТУ, 2003. – 83 с.
8. Типовые нормы расхода ферросплавов и легирующих материалов по производству стали и сплавов в электропечах. – М. : Metallurgia, 1974, 112 с.
9. **Орлов, Г. М.** Автоматизация и механизация процесса изготовления литейных форм / Г. М. Орлов. – М. : Машиностроение, 1988. – 262 с.
10. **Шестопад, В. М.** Специализация и проектирование литейных цехов и заводов / В. М. Шестопад. – М. : Машиностроение, 1974. – 195 с.
11. Литейные машины : каталог / под ред. Тарского В. Л. – М. : Машиностроение, 1970. – Вып. 1–9 ; 1980. – Вып. 10–13.
12. **Довнар, Г. В.**, Расчет конвейеров литейных цехов : учебно-методическое пособие для практических занятий по дисц. «Механическое оборудование литейных цехов» для студ. спец. Т 02.01 Metallургические процессы и металлообработка» / Г. В. Довнар, М. М. Козел. – Мн. : БГПА, 2000. – 62 с.
13. **Ширяев, В. И.** і ін. Основи автоматизації ливарного виробництва і контрольно-вимірювальні прилади. М.: Машинобудування, 1994.
14. **Немировский, Р. Г.** Автоматические линии литейного производства : Учеб. пособие для вузов / Р. Г. Немировский. – Киев – Донецк : Вища школа, головное изд-во, 1981. – 208 с.
15. Производственно-технологическая комплектация литейных цехов / Д. А. Демин [и др.]. – Харьков : Технологический центр», 2012. – 319 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**Формы программ и сводных ведомостей**

*Таблица А.1 – Примерная форма точной программы цеха*

Наименование отливки	Количество отливок на программу, шт.	Масса, кг					Количество отливок в форме, шт.	Габариты опок, мм
		отливки	отливок на программу, т	отливок в форме	Литниково-питающей системы	Жидкого металла на форму		
<b>Мелкое литье</b>								
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)х(3)	(5)	(6)	(7)=(6)+(3)х(5)	(8)	(9)
Вилка	285000	6,1	1738,5	36,6	31,3	67,8	6	500х400х150
Коромысло	150000	3,0	450	24,0	20,0	44	8	500х400х150
...	...	...	...	...	...	...	...	500х400х150
<b>Всего по группе</b>	<b>Σ</b>		<b>Σ</b>		<b>Σ</b>	<b>Σ</b>		
<b>Среднее литье</b>								
Шкив	185000	18	3330	36...	35	71	2	800х600х200
...	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Всего по группе</b>	<b>Σ</b>		<b>Σ</b>		<b>Σ</b>	<b>Σ</b>		
<b>ИТОГО по цеху</b>	<b>Σ</b>		<b>Σ</b>		<b>Σ</b>	<b>Σ</b>		

Таблица А.4 – Сводная ведомость формовочного отделения

Группа отливок, кг	Количество годового литья, т	Размер опок в свету (кессонов), мм	Средняя металлоемкость формы, кг	Количество форм с учетом брака		Тип формовочного агрегата, линии	Производительность формовочного агрегата
				в год	в час		
До 100							
Св. 100 ...500							
...							

Таблица А.5 – Расчетная ведомость стержневого отделения

Группа стержней по массе, кг	Количество стержней, шт			Масса		Годовой объем стержней, м <sup>3</sup>	<sup>1</sup> Годовая площадь сушильных плит, м <sup>2</sup>	Тип стержневого оборудования
	На программу	На покрытие брака	Всего на год	Средняя одного стержня, кг	На программу, т			
До 16	...							Л16Г
Св. 16...40	...							Л40Х
...	...	...	...	...	...	...		...
...	...	...	...	...	...	...		...
Всего	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$	-	$\Sigma$	$\Sigma$		-

Таблица А.6 – Расчет расхода формовочных смесей

Размер формы, мм	Выпуск в год		Объем одной формы, м <sup>3</sup>	Объем, м <sup>3</sup> /год		
	отливок, т	форм, шт		смеси всех форм	в том числе	
					металла	стержни
800x700x 300/300	18000	360000	0,336	120960	3900	3750
.....						
Всего						

Таблица А.7 – Расчетные данные по смесеприготовительному отделению цеха

Вид смеси	Расход смеси, м <sup>3</sup>		Тип смесителя	Производительность смесителя, м <sup>3</sup> /ч	Классификация
	на программу	в час			
Формовочные смеси					
Смесь №1					
Смесь №2					
....					
Итого					
Стержневые смеси					
...					
...					
Итого					
Всего по цеху					
.....					
Всего	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ



Таблица А.11 – Форма расчета площадей складов

Материалы	Объемная масса, т/м <sup>3</sup>	Годовая потребность, т	Суточная потребность, т	Норма хранения, дней	Требуемый запас на складе, т
(1)	(2)	(3)	(4)=(3)/T <sub>H</sub>	(5)	(6)=(4)x(5)
<i>Шихтовые</i>					
Чугун литейный	3,0	16255,25	65,02		975,32
Чугун передельный	...	...	...		...
...	...	...	...		...
Итого					
<i>Формовочные</i>					
Песок кварцевый	1,6	24520,88	98,08		1471,25
Глина каолиновая	...	...	...		...
...	...	...	...		...
Итого					
Прочие					
Флюсы	...	...	...		...
Огнеупоры	...	...	...		...
...					



