

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Металлургия черных и цветных сплавов»

Г. В. Довнар

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Учебно-методическое пособие
для практических занятий, по курсовому и дипломному
проектированию для студентов специальности
1-42 01 01 «Металлургическое производство
и материалобработка (по направлениям)»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
Республики Беларусь по образованию
в области металлургического оборудования и технологий*

Минск
БНТУ
2020

УДК 621.74:658.512:378.147.091.313(075.8)

ББК 34.61я7

Д58

Рецензенты:

зав. кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов»

Гомельского государственного технического университета

им. П. О. Сухого, канд. техн. наук, доцент *Ю. Л. Бобарикин*;

доцент Частного института управления и предпринимательства,

канд. техн. наук *В. К. Винокуров*

Довнар, Г. В.

Д58 Проектирование литейных цехов: учебно-методическое пособие для практических занятий, по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» / Г. В. Довнар. – Минск: БНТУ, 2020. – 69 с.

ISBN 978-985-583-150-2.

Учебно-методическое пособие включает методику проектирования, справочные данные и ссылочную информацию, необходимые для выполнения заданий к практическим занятиям и курсового проекта по дисциплине «Проектирование литейных цехов», а также соответствующего раздела дипломного проекта.

УДК 621.74:658.512:378.147.091.313(075.8)

ББК 34.61я7

ISBN 978-985-583-150-2

© Довнар Г.В., 2020

© Белорусский национальный
технический университет, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Исходные данные для проектирования литейного цеха и их анализ	4
Практическая работа № 1 Проектирование плавильных отделений	5
Практическая работа № 2 Проектирование формовочно-заливочно-выбивных отделений	13
Практическая работа № 3 Проектирование стержневых отделений	26
Практическая работа № 4 Проектирование смесеприготовительных отделений	32
Практическая работа № 5 Проектирование термообрубных отделений	42
Практическая работа № 6 Проектирование складов шихтовых и формовочных материалов	53
Список использованных источников	63
Приложение	67

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА И ИХ АНАЛИЗ

К основным исходным данным для проектирования относятся:

1. Производственная программа выпуска изделий (деталей).
2. Чертежи, спецификации, технические условия на детали.
3. Нормы проектирования и другие регламентирующие документы.

В производственной программе выпуска деталей указываются:

- виды продукции (основная, запасные части, по кооперации, для собственных нужд;
- наименование деталей (номенклатура);
- сплав;
- масса;
- годовой выпуск.

Если сплав на этапе конструирования изделия не определен, это можно осуществить на основании рекомендаций, изложенных в работах: [1–10], [11, с. 173, 178, 182–185, 203, 204, 208, 211, 212, 214–221, 225–227, 229–231], [12, с. 47–65], [13, с. 16, 17, 22–25]; [14, с. 80–85]; [15, с. 222, 223].

На основании имеющихся исходных данных (сплав, наименование изделий и их масса, годовой выпуск, чертежи деталей, требования к изделиям, условия эксплуатации и др.) выбираются способы изготовления отливок для заданной номенклатуры деталей [11, с. 323–326]; [16, с. 36–42]; [17, с. 21–22]; [18, с. 289–291]; [19, с. 30–36].

Затем производится разбивка заданной номенклатуры отливок на весовые группы и анализ весовых групп с целью выбора рационального метода изготовления разовых форм или подбора металлической оснастки. Анализ производится с учетом веса (массы) отливок, конфигурации, класса точности и серийного производства. В результате для каждой весовой группы устанавливается экономически выгодный способ изготовления форм или оснастка и разрабатывается техническая документация по принятым процессам.

Типовые технологические процессы изготовления разовых объемных песчаных форм приведены в работах [17, с. 78]; [20, с. 49–51]; [21, с. 59–61].

После разработки модельно-технологических указаний на отливки определяются масса отливок, масса литниково-питающих систем (ЛПС), размер формы, количество отливок в форме, литейные стержни, их масса, количество на каждую отливку, размеры стержней, стержневых ящиков и количество стержней в них и др.

Практическая работа № 1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

Цель работы: в соответствии с вариантом задания произвести обоснованный выбор необходимого плавильного, подъемно-транспортного и другого оборудования, рассчитать его количество и разработать схему размещения оборудования в проектируемом отделении.

Этапы выполнения:

1. Провести анализ исходных данных и обосновать выбор необходимого оборудования.
2. Рассчитать требуемое количество плавильных агрегатов, подобрать или рассчитать грузоподъемность и количество ПТМ.
3. Составить таблицу баланса металла.
4. Рассчитать шихту.
5. Разработать схему размещения оборудования в отделении.
6. Сделать эскиз планировки отделения с указанием вида оборудования и основных грузопотоков (вид и направление движения грузов) и дать ей пояснения.

Методика расчета

Проектирование начинается с расчета требуемого количества жидкого металла. Исходные данные и результаты расчета могут быть представлены в виде таблицы (табл. 1.1).

Табл. 1.1 заполняется следующим образом. Колонки 1, 2, 3, 5, 7, 9 определяются заданием (производственной программой).

Масса отливки (колонка 4) указывается в задании или вычисляется по чертежу детали после нанесения припусков на механическую обработку, уклонов, конструктивных изменений технологического характера (закругления, ребра, приливы, рельефность и т. п.) с учетом массы детали (определяется конструктором).

Выпуск годных отливок, в тоннах за год, (колонка 6) вычисляется по значениям в колонках 4 и 5.

Приближенные значения массы ЛПС (колонка 8) могут вычисляться по данным колонок 6 и 7. Точные значения масс ЛПС для каждой отливки получаются после расчета и вычерчивания ЛПС при разработке технологии литейной формы.

Для расчета колонки 10 используются данные колонок 6 и 9, колонки 11 – данные колонок 10 и 7 (в приближенных расчетах).

Таблица 1.1

Схема таблицы для расчета требуемого количества жидкого металла

№ п/п	Сплав	Наименование отливки	Масса отливки, т/шт.	Выпуск годных отливок		ЛПС, % к годовому литью	Масса ЛПС годовых отливок в год, т/год	Планируемый брак отливок, % к годовому литью	Масса бракованных отливок, т/год	Масса ЛПС бракованных отливок, т/год
				шт./год	т/год					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										
2										
3										
4										
...										
Итого										

После заполнения табл. 1.1 выбирается число ступеней переплава (монопроцесс, дуплекс-процесс и т. д.), например, по рекомендациям [17, с. 46], и тип плавильного(ых) агрегата(ов) [11, с. 282–300]; [14, с. 96–103]; [16, с. 164–165]; [17, с. 33–35, 40–48], [20, с. 12–26].

Выбор плавильного агрегата можно осуществлять, отвечая на следующие вопросы:

– какие существуют плавильные агрегаты для плавки данного сплава?

– какие у них преимущества и недостатки?

– какая из плавильных печей и почему больше подходит для плавки заданного сплава?

При выборе печей необходимо учитывать особенности состава сплава, объем производства, номенклатуру отливок, требования к качеству отливок и их конструктивные особенности, технико-экономические показатели, перспективы развития цеха (участка) и другие параметры.

После выбора типа плавильного агрегата составляется таблица баланса металла (рис. 1.1).

Вид материала (статья баланса)	Количество	
	т/год	%
Годные отливки	①	⑬
Возврат: – ЛПС годных и бракованных отливок	②	⑫
– бракованные отливки (без ЛПС)	③	⑪
– сливы, скрап (0,5–1,0 % от годных отливок)	④	⑩
Итого жидкого металла:	⑤	⑦
Угар	⑧	⑥
Итого металлозавалка:	⑨	100

Рис. 1.1. Схема таблицы баланса металла и граф ее заполнения

Заполнение таблицы на рис. 1.1 рекомендуется производить в последовательности, определяемой графом. Необходимые данные берутся из табл. 1.1. Угар устанавливается в зависимости от вида сплава, типа плавильного агрегата, плотности шихты, вида процесса (основной, кислый) по данным работ [11, с. 164–165]; [13, с. 71]; [14, с. 90]; [16, с. 131]; [17, с. 36–39]; [20, с. 27]; [21, с. 38, 39].

В приближенных расчетах можно также использовать справочные данные по среднему выходу годного литья в процентах [16, с. 132] в зависимости от вида сплава на основе железа и отрасли промышленности.

В этом случае в табл. 1.1 в колонке 7 указывается средний выход годного в % к металлозавалке, а колонки 8 и 11 можно объединить.

После заполнения таблицы баланса металла по заданной марке сплава определяется его состав [1, 2, 22–34], подбираются компоненты шихты [11, с. 129–156, 166, 167]; [16, с. 133]; [17, с. 51–52]; [20, с. 28–29]; [27, 35–71], рассчитывается их содержание с учетом угара в металлозавалке. Полученные данные заносятся в таблицу (табл. 1.2).

Расчетное количество печей определяется по формуле:

$$n_{\text{п}} = \frac{N_{\text{мет}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot q_{\text{п}}},$$

где $n_{п}$ – расчетное количество печей, шт.;

$N_{мет}$ – требуемый годовой расход жидкого металла, т/год;

$\Phi_{д}$ – годовой действительный фонд времени работы печей, ч/год;

$q_{п}$ – производительность печи, т/ч.

Расчетные значения годового расхода жидкого металла берутся из таблицы баланса металла (рис. 1.1).

$\Phi_{д}$ зависит от типа оборудования и установленного количества смен работы [16, с. 27, 28]; [17, с. 24, 25]; [20, с. 11]; [21, с. 25–28].

Таблица 1.2

Схема таблицы состава шихты для выплавки сплава _____
(указывается марка сплава и его химический состав по ГОСТ)

№ п/п	Компонент шихты (название, марка, класс, категория, группа и т. п., № ГОСТа)	Химический состав выплавляе- мого сплава марки _____ ГОСТ _____						Количество компо- нентов в шихте	
		контролируемые элементы						в % к ме- талло- завалке	т на одну металло- завалку (или на 1000 кг шихты)
		min	max	min	max	min	max		
		Химический состав компонентов шихты							
1									
2									
...									
Итого металлошихта									
Добавки (сверх 100 %): флюсы, модификаторы и т. п.									

Выбор количества смен работы оборудования существенно зависит от характера производства (последовательный или параллельный, непрерывный или прерывистый). Поэтому вначале определяется серийность производства для каждой отливки по специальным таблицам [16, с. 21]; [17, с. 15]; [20, с. 7]; [21, с. 20, 22] (все для черных сплавов) и [21, с. 21] (для цветных сплавов) и выбирается преобладающая серийность. При высокой серийности (массовое и крупносерийное производство) обычно назначается параллельный режим работы отделений литейного цеха. Основная часть или все оборудо-

вание может работать в прерывистом режиме. Поэтому для литейных цехов обычно устанавливается двухсменный, редко трехсменный, режим работы [17, с. 22, 23].

Производительность плавильных агрегатов может выбираться из данных, приведенных в работах [11, с. 282–300]; [14, с. 98–103]; [16, с. 135, 144, 151, 153]; [17, с. 36–39]; [20, с. 13–26]; [21, с. 42–53] и, по возможности, должна учитывать полное время работы печи, т. е. время загрузки, плавки и выдачи расплава.

По расчетному количеству печей выбирается их количество с учетом требуемого коэффициента загрузки по формуле:

$$\frac{n_{\text{п}}}{n_{\text{п}}^{\text{в}}} = K_3 = 0,7 \dots 0,9,$$

где $n_{\text{п}}^{\text{в}}$ – выбранное количество печей, шт.;

K_3 – коэффициент загрузки печи.

Если в расчетах использовалась производительность печи без учета времени загрузки и выдачи расплава, уточняется, исходя из необходимости непрерывной и равномерной подачи жидкого металла на заливку, выбранное количество печей по формуле:

$$n_{\text{ут}} = \frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{разл}}} \cdot K_{\text{н}},$$

где $n_{\text{ут}}$ – уточненное количество печей;

$t_{\text{раб}}$ – полное время одной плавки, ч.

$$t_{\text{раб}} = t_3 + t_{\text{пл}} + t_{\text{разл}},$$

где t_3 – время загрузки печи, ч (устанавливается проектантом);

$t_{\text{пл}}$ – время плавки, ч;

$t_{\text{разл}}$ – время разливки одной плавки, ч.

$$t_{\text{пл}} = \frac{V_{\text{п}}}{q_{\text{п}}},$$

где $V_{\text{п}}$ – объем печи по жидкому металлу, т (справочные данные);
 $q_{\text{п}}$ – производительность печи, т/ч.

$$t_{\text{разл}} = \frac{V_{\text{п}}}{T_{\text{разл}}},$$

где $T_{\text{разл}}$ – требуемый темп разливки, т/ч;

$$T_{\text{разл}} = \frac{N_{\text{мет}}}{\Phi_{\text{д}}},$$

где $K_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности отбора металла из печи,
($K_{\text{н}} = 1, 1, \dots, 1, 2$).

Если получается, что $n_{\text{гт}} > n_{\text{п}}$, то устанавливается новое количество печей с учетом требуемого коэффициента загрузки.

Вместо уточненного расчета требуемого количества печей можно предусмотреть установку миксеров.

Оборудование для загрузки плавильных печей выбирается на основании рекомендаций, изложенных в работах [16, с. 139, 152]; [17, с. 40, 43, 51–55], а характеристики загрузочных и весовых устройств – по [16, с. 135, 139, 163]; [20, с. 13–26].

Компоновка печей может осуществляться по данным работ [16, с. 143, 144, 148, 154–171]; [17, с. 41–44, 54–59, 62–73]; [20, с. 30–44]; [21, с. 50–53, 55].

Количество мостовых кранов, необходимых для обслуживания плавильных отделений литейных цехов, рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{к}} = \frac{N_{\text{мет}} \cdot a_{\text{к}}}{\Phi_{\text{д}}},$$

где $n_{\text{к}}$ – расчетное число кранов;

$a_{\text{к}}$ – количество крано-часов на 1 т выплавки жидкого металла, ч/т;

$\Phi_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени работы крана, ч/год.

Количественные значения крано-часов устанавливаются из работ [16, с. 233]; [20, с. 35] в зависимости от типа плавильного агрегата, емкости печи, вида процесса и назначения крана.

Полученные расчетные данные сверяются с данными [16, с. 236], проверяется возможность нормального использования кранов по длине зоны обслуживания и в случае несоответствия производится уточнение длины и количества пролетов, а также количества и соотношения мостовых и консольных кранов.

Форма отчета

В отчете обоснование выбора и справочные данные должны сопровождаться ссылками в квадратных скобках на источники информации с указанием страниц.

Все используемые формулы должны быть расшифрованы с указанием размерности входящих в них величин и их количественных значений.

Отчет представляется на листах бумаги формата А4 в сброшюрованном виде.

Содержание отчета:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Исходные данные для расчета.
4. Обоснование выбора оборудования.
5. Методика и результаты расчетов.
6. Эскиз планировки отделения.
7. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. От каких параметров и каким образом зависит выбор типа плавильного агрегата?
2. Чем определяется требуемое количество плавильных печей?
3. Что нужно изменить, если расчетное значение коэффициента загрузки оборудования неприемлемо?
4. Как влияет изменение количества смен работы плавильного оборудования на расчетное его количество?

5. От чего зависит выход годного металла?
6. Как определить угар сплава?
7. Как рассчитывается баланс металла?
8. Какие статьи баланса металла участвуют в расчете количества печей, склада шихтовых материалов?
9. Как подбираются компоненты шихты?
10. Какие существуют методы расчета шихты?
11. Какие существуют способы транспортировки жидкого металла?
12. Какие требования предъявляются к грузопотокам металла?
13. Какие существуют способы загрузки различных плавильных агрегатов?

Практическая работа № 2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФОРМОВОЧНО-ЗАЛИВОЧНО-ВЫБИВНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

Цель работы: в соответствии с вариантом задания произвести обоснованный выбор необходимого оборудования и рассчитать его количество, определить требуемые параметры ПТМ, разработать схему размещения оборудования в проектируемом отделении.

Этапы выполнения:

1. Провести анализ исходных данных и обосновать выбор необходимого технологического оборудования.
2. Рассчитать требуемое количество АФЛ (формовочных машин), заливочных ковшей.
3. Обосновать выбор ПТМ и рассчитать:
 - а) тележечный конвейер (для АФЛ – только длину участка охлаждения;
 - б) подвесные конвейеры для стержней;
 - в) пластинчатые конвейеры для отливок;
 - г) мостовые краны (или подобрать).
4. Разработать схемы размещения оборудования в разрабатываемом отделении с указанием основных грузопотоков.

Методика расчета

Если разработка технологии формы для реализации производственной программы не требуется, количество отливок в форме (n_o) и размер формы можно установить по рекомендациям, приведенным в работах [16, с. 44–46]; [17, с. 75]; [20, с. 47], где размер опок определяется технологической группой отливок (развесом литья), а также по данным работ [16, с. 48, 49, 52, 55–59]; [17, с. 86–87]; [20, с. 57–59, 70–73]; [21, с. 63–69]; [72, с. 13, 16, 27–51, 220–227].

Расчет требуемого количества форм определенного типоразмера ведется отдельно для каждой отливки. Суммарное количество форм используется для расчета формовочных машин.

Годовая потребность в формах для каждой технологической группы отливок может быть вычислена по следующей формуле:

$$N_{\text{ф.г.}} = \sum_{i=1}^n (N_o/n_o)_i,$$

где $N_{\text{ф.г.}}$ – годовая потребность в формах для отливок данной группы, шт.;

N_o – годовая потребность в отливках i -го наименования данной группы с учетом брака литья, шт.;

n_o – количество отливок i -го наименования в одной форме, шт.;

n – количество наименований отливок в данной технологической группе.

Расчетное количество $N_{\text{ф.г.}}$ округляется до целых чисел.

Количество отливок в одной форме определяется из уравнения:

$$n_o = \frac{m_{\text{ср}}}{m_{\text{отл}}},$$

где $m_{\text{ср}}$ – средняя масса годных отливок в одной форме для данной массовой группы (статистические справочные данные);

$m_{\text{отл}}$ – масса отливки (по заданию), попадающей в данную массовую группу.

После расчета n_o округляется до целых значений.

При подборе форм необходимо стремиться к минимальному количеству типоразмеров форм, т. е. к унификации оснастки и оборудования.

Расчет требуемого количества однотипных пар формовочных машин (формовочных блоков АФЛ) производится по формуле:

$$n_{\text{ф.м.}}^p = \frac{N_{\text{ф.г.}} \cdot K_{\text{бр.ф.}}}{(\Phi_{\text{д}} - t_{\text{м}}) \cdot q_{\text{ф.м.}}},$$

где $n_{\text{ф.м.}}^p$ – расчетное количество формовочных машин (или пар – для верхней и нижней полуформ) или формовочных блоков АФЛ;

$K_{\text{бр.ф.}}$ – коэффициент, учитывающий брак форм, $K_{\text{бр.ф.}} = 1,005 \dots 1,010$ (если не определено заданием);

$q_{\text{ф.м.}}$ – производительность формовочной машины, форм (полуформ)/ч;

$\Phi_{\text{д}}$ – годового действительный фонд работы выбранного формовочного оборудования, ч/год;

$t_{\text{м}}$ – время смены подмодельных плит и настройки машины, ч/год;

$$t_{\text{м}} = \sum_{i=1}^m P_i \cdot b,$$

где i – порядковый номер отливки (группы отливок), имеющей отдельную подмодельную плиту (порядковый номер подмодельной плиты);

m – требуемое количество подмодельных плит для отливок данной технологической группы;

P – число партий отливок в год по каждой подмодельной плите, плит/год;

b – время на каждую смену плиты, ч/плиту.

Потери времени на смену плит, зависящие от групп машин (габаритов опок в свету), приведены в работе [16, с. 50].

После вычисления и выбора требуемого количества пар (блоков) формовочных машин определяется коэффициент загрузки оборудования:

$$K_{\text{загр}} = \frac{n_{\text{ф.м.}}^{\text{р}}}{n_{\text{ф.м.}}^{\text{в}}},$$

где $K_{\text{загр}}$ – коэффициент загрузки формовочных машин (блоков), для отдельных машин $K_{\text{загр}} = 0,70...0,85$, для АФЛ – $0,85...0,90$;

$n_{\text{ф.м.}}^{\text{в}}$ – выбранное количество пар формовочных машин (АФЛ).

Производительность формовочных машин (АФЛ) может выбираться из данных, приведенных в работах [16, с. 44–46, 48–49, 52, 55–59]; [17, с. 86–87]; [20, с. 57–59, 65, 70–73]; [21, с. 63–69]; [72, с. 13, 16, 27–51, 202–227].

Результаты расчета рекомендуется представлять в виде таблицы (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Форма таблицы для расчета формовочных машин (АФЛ)

№ отливки	Масса отливки, кг	Годовой выпуск отливок, отл./год	Массовая группа отливок, кг	Рекомендуемый размер опок в свету, мм	Установленное количество отливок в форме, отл./форм	Годовая потребность в формах, форм/год	Модель формовочной машины (АФЛ)	Установленный размер опок (А×В×Н), мм	Производительность формовочной машины (АФЛ), опок/ч	Габаритные размеры формовочной машины (АФЛ), мм	Расчетное количество формовочных машин (АФЛ), шт.	Выбранное количество формовочных машин (АФЛ), шт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Литейный конвейер № 1												
Итого:												
Литейный конвейер № 2												
Итого:												
...												

Скорости литейных (тележечных) конвейеров для каждой группы форм вычисляются по формуле:

$$v_k^{\text{тел}} = \sum q_{\text{ф.м.}}^{\text{в}} \cdot T \cdot \frac{1}{K_3},$$

где $v_k^{\text{тел}}$ – скорость литейного конвейера, м/ч;

$\sum q_{\text{ф.м.}}^{\text{в}}$ – суммарная производительность блоков формовочных машин для данного литейного конвейера, форм/ч;

T – шаг тележки (платформы), м/форм;

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

Шаг тележек (T) устанавливается по ГОСТ 5938-73, исходя из размеров форм (платформ) и допустимой грузоподъемности (табл. 2.2).

Масса залитой формы может быть определена из работы [20, с. 45].

Расчетные значения скорости литейного конвейера в м/ч переводятся в м/мин и округляются до ближайших значений по ГОСТ 5938-77: **0,96; 1,20; 1,50; 1,92; 2,40; 3,00; 3,78; 4,80; 6,00; 7,50; 9,60; 12,00 м/мин.**

Если расчетное значение скорости конвейера превышает максимально допустимое по ГОСТ, необходимо увеличить количество конвейеров, при этом требуемая скорость их движения будет пропорционально уменьшаться.

При использовании АФЛ установленные для них скорости движения конвейера не вычисляются, а устанавливаются из технических характеристик линий.

Выбор типа выбивных устройств для форм осуществляется (если они не входят в состав АФЛ) на основании грузоподъемности и размеров выбивных решеток по массе залитой формы и ее геометрическим параметрам.

Таблица 2.2

Основные параметры тележечных литейных конвейеров по ГОСТ 5938-73

Длина платформы, мм	Ширина платформы, мм	Грузоподъемность платформы, кг	Шаг платформы, мм
1	2	3	4
650	500	500	800
800	500	500	1000
1000	500	500	1250
650	650	500	800
800	650	1000	1000
1000	650	500; 1000	1250
1250	650	1000	1600
800	800	1000	1000
1000	800	1000; 2000	1250
1250	800	1000; 2000	1600
1600	800	2000	2000
100	1000	2000	1250
1250	1000	2000; 4000	1600
1600	1000	2000; 4000	2000
2000	1000	4000	2500
1250	1200	4000	1600
1600	1200	4000, 8000	2000
2000	1200	4000; 8000	2500
2500	1200	8000	3150

Технические характеристики выбивных решеток приведены в работах [16, с. 70–73]; [20, с. 60]; [21, с. 75–76]; [72, с. 242–253].

Количество разливочных ковшей может быть подсчитано при использовании приведенной схемы таблицы (рис. 2.1).

Требуемое количество жидкого металла, т/год	Годовой действительный фонд работы плавильного оборудования, ч/год	Требуемый расход жидкого металла, т/ч	Принятая емкость ковша, т	Время наполнения ковша металлом, ч	Время движения ковша с металлом и без него, ч	Время заливки форм одним ковшом, ч	Время оборота одного ковша, ч	Производительность ковша, т/ч	Расчетное количество ковшей, шт.	Принятое количество ковшей, шт.
1	2	(1):(2)	4	5	6	7	8	9	10	11
							[(5)+(6)+ +(7)]·1,1	(4):(8)	(3):(9)	(10):1,3
I литейный конвейер										
II литейный конвейер и т. д.										

Рис. 2.1. Схема таблицы для расчета количества разливочных ковшей

Требуемое количество жидкого металла в год (колонка 1) и годовой действительный фонд времени (колонка 2) берутся из расчета плавильного отделения.

Стандартные емкости монорельсовых заливочных ковшей (100...800 кг) или крановых стопорных (конических) (1...70 т) и крановых барабанных (1...5 т) заливочных и раздаточных ковшей можно выбрать из таблиц, приведенных в работе [20, с. 45–46]. При выборе типа ковша учитывается марка сплава и металлоемкость формы. Выбор емкости ковша также зависит от металлоемкости формы и от скорости охлаждения металла в ковше.

При экспериментальном определении емкости ковша пользуются формулой:

$$E = \frac{M_{\text{мет}} \cdot \Delta T_{\text{доп}}}{\Delta T_{\text{факт}}} \cdot K_p,$$

где E – металлоемкость ковша, кг;

$M_{\text{мет}}$ – средняя металлоемкость одной формы (отливок одной формы с ЛПС), кг;

$\Delta T_{\text{доп}}$ – допустимое снижение температуры заливаемого расплава, °С;

$\Delta T_{\text{факт}}$ – фактическое снижение температуры расплава за время заливки одной формы, °С;

K_p – коэффициент резерва на непредвиденные потери времени, ($K_p = 0,75 \dots 0,50$).

При отсутствии экспериментальных результатов стандартная емкость ковша по ГОСТ 7358-78: **500, 1000, 2000, 3000, 5000, 6000, 8000, 10 000, 12 000, 16 000...500 000** кг может устанавливаться на основании опыта действующего аналогичного металлургического производства или с использованием данных, приведенных в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Данные по выбору вместимости ковша [20, с. 46], [21, с. 73]

Средняя масса металла в одной форме, кг	Вместимость ковша, кг
10	100; 160
15	160; 250
25	250; 400
100	500; 630

Принятые значения емкостей заливочных ковшей заносятся в колонку 4 таблицы на рис. 2.1.

Время наполнения ковша расплавленным металлом (5) и время движения (6) устанавливается экспериментально или на основании производственного опыта.

Время заливки форм металлом из одного ковша (7) может определяться на основании времени заливки одной формы с определенной металлоемкостью и толщиной стенки отливок [16, с. 64] и количеством форм, заливаемых из одного ковша.

Время оборота одного ковша (цикл оборота) – колонка 8 – складывается из времени наполнения ковша металлом, времени движения наполненного ковша на разливку, времени разливки металла, времени движения пустого ковша к месту наполнения и непредвиденных затрат (~ 10 % от продолжительности цикла).

В приближенных расчетах время оборота одного ковша можно принимать из следующего соотношения:

емкость ковша, кг:	160...250	250...500	500...630
цикл оборота, мин:	3...4	5...6	7...8

После вычисления производительности ковша (9), определяется расчетное количество одновременно работающих ковшей (10). Увеличив расчетное количество ковшей на 30 % (15 % в ремонте и 15 % в запасе), определяется необходимый парк ковшей (11).

Длина тележечного литейного конвейера (если это не АФЛ) определяется по формуле:

$$L_{\text{к}}^{\text{тел}} = L_{\text{ф}} + L_3 + L_0 + L_{\text{в}},$$

где $L_{\text{к}}^{\text{тел}}$ – длина тележечного конвейера, м;

$L_{\text{ф}}, L_3, L_0, L_{\text{в}}$ – длины соответственно формовочного, заливочного, охладительного и выбивного участков, м.

Длина формовочного участка конвейера определяется размерами формовочных машин, их расположением в плане, нормами расстояний от стен и между машинами [16, с. 262–264]; [21, с. 55].

Длину заливочного участка можно вычислить из выражения:

$$L_3 = n_{\text{ков}} \left[v_{\text{к}}^{\text{тел}} \cdot \tau_3^1 + \left(v_{\text{к}}^{\text{тел}} \cdot \tau_3^1 - T \right) \left(n_{\text{ф}} - 1 \right) \right],$$

где L_3 – длина заливочного конвейера, м;

$n_{\text{ков}}$ – количество одновременно участвующих в разливке ковшей;

$v_{\text{к}}^{\text{тел}}$ – скорость тележечного конвейера, м/с;

τ_3^1 – время заливки одной формы, с;

T – шаг платформ конвейера, м;

$n_{\text{ф}}$ – количество заливаемых из одного ковша форм.

Формула справедлива для случаев, когда $v_{\text{к}}^{\text{тел}} \cdot \tau_3^1 \geq T$; при $v_{\text{к}}^{\text{тел}} \cdot \tau_3^1 < T$, принимается $v_{\text{к}}^{\text{тел}} \cdot \tau_3^1 = T$.

Длина заливочного участка для приближенных расчетов может приниматься из интервала 8...12 м по рекомендации работы [16, с. 64].

Длина охлаждающего участка вычисляется по формуле:

$$L_o = v_k^{\text{тел}} \cdot \tau_{\text{охл}},$$

где L_o – длина охлаждающего участка литейного конвейера, м;

$v_k^{\text{тел}}$ – скорость конвейера, м/ч;

$\tau_{\text{охл}}$ – время охлаждения отливок в форме до выбивки, ч.

Время охлаждения отливок в форме определяется в основном массой отливки, толщиной стенок отливок, маркой сплава, конфигурацией отливок, наличием или отсутствием стержней и «болванов» и может быть приблизительно установлено по данным работ [16, с. 66–69]; [17, с. 81–84]; [20, с. 54–56].

При получении больших значений длины охлаждающего участка создаются дополнительные петли на этом отрезке трассы конвейера или применяются конвейеры с двухшарнирной цепью, позволяющей изгибать его трассу также в вертикальной плоскости и дающей возможность создавать петли в двух, а иногда и в трех ярусах.

Длина участка **выбивки** определяется размерами выбивной установки и обычно составляет 8...12 м [16, с. 65].

Парк опок вычисляется по формуле:

$$\Pi_o = \left(2L_k^{\text{тел}} / T \right) \cdot 1,2,$$

где Π_o – парк опок (верхних вместе с нижними);

$L_k^{\text{тел}}$ – длина тележечного конвейера, м;

T – шаг тележек, м;

1,2 – коэффициент запаса.

Если формовочный участок (литейный конвейер) оснащается подвесным конвейером для транспортирования стержней со стержневого на формовочный участок, его требуемую скорость можно определить по формулам:

$$v_k^{\text{подв}} = \frac{q_k^{\text{подв}} \cdot T_{\text{п}}}{n_{\text{пд}} \cdot \varphi},$$

где $v_k^{\text{подв}}$ – расчетная скорость подвешного конвейера, м/ч;

$q_k^{\text{подв}}$ – требуемая производительность конвейера, стержней/ч;

$$q_k^{\text{подв}} = \sum q_{\text{ф.м.}} \cdot n_{\text{ст}}^{\text{ф}}$$

или

$$q_k^{\text{подв}} = \frac{\sum N_{\text{ст}}}{\Phi_{\text{д}}},$$

где $\sum q_{\text{ф.м.}}$ – суммарная производительность всех формовочных машин (АФЛ) данного литейного конвейера, форм/ч;

$n_{\text{ст}}^{\text{ф}}$ – требуемое количество стержней на одну форму, стержней/форм;

$\sum N_{\text{ст}}$ – годовая потребность в стержнях для данного литейного конвейера (формовочного участка), стержней (штук)/год;

$\Phi_{\text{д}}$ – годовой действительный фонд работы стержневого (формовочного) отделения, ч/год;

$T_{\text{п}}$ – шаг подвесок (выбирается по ГОСТ 5946-79Е из значений, **кратных 320, 400, 480, 600, 640, 800** или **1000** мм), м;

$n_{\text{пд}}$ – количество стержней, укладываемых на одной подвеске (зависит от массы стержней, размеров стержней, размеров и количества полок), шт.;

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

или

$$v_k^{\text{подв}} = \frac{q_k^{\text{подв}} \cdot T_{\text{п}}}{m_{\text{пд}} \cdot \varphi},$$

где $q_k^{\text{подв}}$ – требуемая производительность конвейера, кг/ч;

$$q_k^{\text{подв}} = \sum q_{\text{ф.м.}} \cdot m_{\text{ст}}^{\text{ф}},$$

где $m_{\text{ст}}^{\text{ф}}$ – масса всех стержней в одной форме, кг/форм;

$m_{\text{пд}}$ – масса стержней на одной подвеске, кг.

Полученное по одной из приведенных формул значение $v_k^{\text{подв}}$ в м/ч переводится в м/мин и округляется до ближайших больших значений по ГОСТ: **0,30; 0,60; 0,75; 0,95; 1,18; 1,50; 1,90; 2,36; 3,00; 3,75; 4,75; 6,00; 7,50; 11,80; 15,00; 19,00; 23,60 м/мин.**

Пластинчатый конвейер для транспортировки горячих отливок после выбивки в термообрубное отделение рассчитывается следующим образом.

Вначале подбирается ширина настила конвейера – $V_{\text{пл}}$. Она определяется размерами блока отливок вместе с ЛПС, максимальный размер которого может быть приблизительно установлен равным длине опоки. Значения $V_{\text{пл}}$ выбираются больше предварительно установленного значения, исходя из следующего ряда (по ГОСТ 22281-76): **400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 мм.**

Затем рассчитывается требуемая скорость конвейера:

$$v_k^{\text{пл}} = \frac{q_k^{\text{пл}} \cdot T_{\Gamma}}{M_{\text{мет}} \cdot \varphi},$$

где $v_k^{\text{пл}}$ – скорость пластинчатого конвейера, м/ч;

$q_k^{\text{пл}}$ – расчетная производительность (значения для $q_k^{\text{пл}}$ можно взять из расчета количества заливочных ковшей для данного участка) – **это расход жидкого металла, т/ч;**

T_{Γ} – шаг грузов на настиле (для поштучной загрузки конвейера и создания, таким образом, благоприятных условий для их охлаждения необходимо принимать, что $T_{\Gamma} \geq C$, где C – максимальный размер отливок одной формы, объединенных с общей ЛПС. Можно принимать $C \approx A$, где A – длина опоки), м;

$M_{\text{мет}}$ – масса отливок с ЛПС в одной форме (**металлоемкость формы**), т;

φ – коэффициент загрузки конвейера (0,7...0,8).

Полученные после вычисления значения скорости пластинчатого конвейера в м/ч переводятся в м/с и округляются до ближайших значений по ГОСТ: **0,010; 0,016; 0,025; 0,040; 0,050; 0,063; 0,080; 0,100; 0,125; 0,160; 0,200; 0,250; 0,315; 0,400; 0,500; 0,630; 0,800; 1,000 м/с.**

Склады модельной оснастки оборудуются подъемными средствами, стеллажами, этажерками, допускающими укладку изделий в несколько ярусов. Транспортировка модельной оснастки осуществляется вилочными электропогрузчиками, электрокарами в унифицированной таре, на поддонах и др. Крупные модели транспортируются автомашинами. Хранение крупных опок и другой литейной оснастки в серийном, мелкосерийном и единичном производстве предусматривается на открытых эстакадах. В конвейерном производстве опоки хранятся в крытых складах.

Площади промежуточных складов модельной оснастки и опок принимаются в соответствии с нормами, приведенными в работах [16, с. 226, 227]; [21, с. 154–157].

Нормы определения количества мостовых и консольных кранов для обслуживания формовочно-заливочно-выбивных отделений указаны в работе [16, с. 234, 236].

Варианты компоновок формовочных участков и рекомендации по выбору мостовых кранов приведены в работах [16, с. 77–82]; [17, с. 91–113]; [20, с. 61–94].

Содержание отчета:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Исходные данные для расчета.
4. Обоснование выбора оборудования.
5. Методика и результаты расчета.
6. Эскиз планировки отделения с необходимыми пояснениями.
7. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. Какими факторами определяется выбор типа оборудования для формовочного отделения?
2. От каких параметров зависит требуемое количество формовочных машин?
3. Как можно, не меняя исходных данных, получить другое расчетное количество оборудования?
4. Как связано расчетное количество форм с программой выпуска отливок?

5. Как устанавливается (или рассчитывается) количество отливок в форме?

6. Как рассчитываются длины формовочного, заливочного, охлаждающего и выбивного участков тележечного литейного конвейера?

7. От каких факторов зависит длина охлаждающей ветви тележечного конвейера?

8. От чего зависит выбор объема раздаточного и заливочного ковшей?

9. От чего зависит продолжительность цикла работы заливочного ковша?

10. От чего зависит скорость тележечного конвейера?

11. Как рассчитывается подвесной конвейер?

12. Как передается формовочная смесь к формовочным машинам?

13. Как устанавливается скорость пластинчатого конвейера?

14. Как можно сократить длину грузопотоков?

Практическая работа № 3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТЕРЖНЕВЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

Цель работы: в соответствии с вариантом задания произвести обоснованный выбор необходимого оборудования и рассчитать его количество, разработать схему размещения оборудования в стержневом участке.

Этапы выполнения:

1. Произвести анализ исходных данных и обосновать выбор необходимого оборудования.
2. Рассчитать требуемое количество стержневых машин, складов стержней и оснастки.
3. Определить количество необходимого подъемно-транспортного оборудования.
4. Разработать схему размещения оборудования в разрабатываемом отделении с указанием грузопотоков.

Методика расчета

Расчет стержневого отделения рекомендуется производить с использованием таблицы на рис. 3.1.

Расчет стержневого отделения ведется в следующей последовательности:

- 1) разбивка номенклатуры стержней на весовые группы;
- 2) определение количество потоков для каждой или нескольких весовых групп;
- 3) выбор метода изготовления стержней и расчет оборудования.

Разбивка стержней на весовые группы (объемы) и габариты позволяет определить возможность сведения нескольких (или всех) весовых групп в один технологический поток для изготовления на однотипном оборудовании.

Разбивка на весовые группы может производиться с учетом параметров стержневых машин по **максимальной массе** изготавливаемых стержней (старая классификация): до 1,0 кг; 1,0...2,5 кг; 2,5...6,0 кг; 6,0...10,0 кг; 10,0...16,0 кг; 16,0...40,0 кг; 40,0...100,0 кг; или по **объему** (новая классификация): до 1,6 дм³; 1,6...4,0 дм³; 4,0...10,0 дм³; 10,0...25,0 дм³; 25,0...63,0 дм³; 63,0...100,0 дм³; 100,0...160,0 дм³.

Номер (наименование отливки)	Количество отливок на годовую программу с учетом брака отливок, шт./год	Порядковый номер стержня	Количество стержней на одну отливку, шт.	Масса стержня, кг	Габаритные размеры стержня, мм	Объем стержня, дм ³	Количество стержней на годовую программу с учетом брака отливок и стержней, шт./год	Выбранная модель стержневой машины	Действительная производительность машины, съемов/ч	Габаритные размеры машины (А×В), м	Габаритные размеры стержневого ящика, мм	Максимально допустимая масса стержней в ящике, кг	Максимально допустимый объем стержней в ящике, дм ³	Установленное количество стержней в ящике, шт.	Требуемое количество ящиков (объемов) на годовую программу с учетом брака отливок и стержней, шт./год	Масса стержней на годовую программу с учетом брака отливок и брака стержней, кг/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1														(13)/(5)	(8)/(15)	(5)·(8)
2																
::																
Итого:																

Рис. 3.1. Форма таблицы для расчета стержневого отделения

Если параметры стержней не входят в задание, они определяются по технологическим разработкам, выполненным по чертежам отливок.

При отсутствии технологических материалов о стержнях их усредненные параметры могут устанавливаться по данным работ [17, с. 114, 116, 117]; [20, с. 95, 99].

При определении годового количества и массы стержней следует учитывать потери из-за брака отливок, поломки стержней и т. д. Эти потери обычно составляют около 10 % (если не определено заданием).

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

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

Технологический процесс изготовления стержней может выбираться на основании рекомендаций, приведенных в работах [16, с. 85–103]; [17, с. 115–123]; [20, с. 96–98]; [21, с. 93–94].

Оборудование для изготовления стержней выбирается с учетом наибольшей допустимой массы (объема) стержней в стержневом ящике, массы (объема) стержня и количества стержней в стержневом ящике, габаритных размеров стержней и стержневых ящиков, производительности машин и других параметров.

Технические характеристики оборудования для изготовления стержней приведены в работах [16, с. 86, 87, 90–93, 95–96, 99–102]; [17, с. 123]; [20, с. 102–104, 107, 110, 111]; [21, с. 96–101]; [72, с. 55–63, 227–242].

Количество стержневого оборудования по каждому типу выбранных машин определяется по формуле:

$$n_{\text{ст.м.}} = \frac{N_{\text{ящ}} \cdot K_{\text{бр}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot q_{\text{ст.м.}}},$$

где $n_{\text{ст.м.}}$ – расчетное количество стержневых машин;

$N_{\text{ящ}}$ – количество стержневых ящиков (съемов) на годовую программу, съемов/год;

$K_{\text{бр}}$ – коэффициент брака отливок и стержней ($K_{\text{бр}} = 1,08 \dots 1,10$, если не определено заданием);

$\Phi_{\text{д}}$ – годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч/год;

$q_{\text{ст.м.}}$ – производительность стержневого оборудования, съемов/ч.

Расчетное количество съемов определяется из уравнения:

$$N_{\text{ящ}} = \frac{N_{\text{ст}}}{n_{\text{ст}}^{\text{я}}},$$

где $N_{\text{ст}}$ – годовая потребность стержней для данного стержневого оборудования, шт./год;

$n_{\text{ст}}^{\text{я}}$ – количество стержней в стержневом ящике (одном съеме), шт./съем.

Расчетное количество $N_{\text{ящ}}$ округляется до целых чисел.

Коэффициент загрузки стержневых машин рекомендуется устанавливать в пределах **0,70...0,85**.

Полезная площадь для хранения суточного запаса сухих стержней определяется по формуле:

$$S_{\text{ст}}^{\text{сут}} = \frac{q \cdot t \cdot S \cdot K_1}{\Pi},$$

где $S_{\text{ст}}^{\text{сут}}$ – площадь хранения суточного запаса сухих стержней, м²;

q – часовая производительность стержневого отделения, ст./ч;

t – время работы стержневого отделения в сутки, ч/сут;

S – площадь, занимаемая наибольшим стержнем, м²;

K_1 – коэффициент усреднения размеров стержней;

Π – этажность хранения стержней.

Значения S , K_1 и Π в данной формуле в зависимости от массы стержня приводятся в работе [21, с. 156].

Для определения общей площади склада для хранения запаса стержней полезная площадь умножается на норму запаса (n_3) по данным работы [16, с. 226, 227] или [21, с. 154] и на коэффициент **1,4**, учитывающий площадь проходов:

$$S_{\text{ст}} = S_{\text{ст}}^{\text{сут}} \cdot n_3 \cdot 1,4, \text{ м}^2.$$

Полезная площадь для хранения стержневых ящиков в течение суток определяется по формуле:

$$S_{\text{ящ}}^{\text{сут}} = \frac{N_1 \cdot t \cdot S_1 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{\Pi},$$

где N_1 – часовая потребность стержневого отделения в стержневых ящиках, ящиков/ч;

t – время работы стержневого отделения в сутки, ч/сут;

S_1 – площадь, занимаемая наибольшим ящиком, м²;

K_1, K_2, K_3 – соответственно коэффициенты усреднения размеров ящика, серийности отливок и повторяемости стержня на форму.

Значения параметров S_1, K_1, K_2, K_3 и Π в зависимости от массы стержня приводятся в работе [21, с. 156].

Общая площадь склада стержневых ящиков определяется по формуле:

$$S_{\text{ящ}} = S_{\text{ящ}}^{\text{сут}} \cdot n'_3 \cdot K_{\Pi},$$

где n'_3 – норма запаса хранения стержневых ящиков; принимается по данным работы [16, с. 226, 227] или [21, с. 154, 155], суток;

K_{Π} – коэффициент, учитывающий площадь проходов, ($K_{\Pi} = 2$ для стержневых ящиков объемом до $0,1 \text{ м}^3$ и $K_{\Pi} = 1,5$ для ящиков объемом $0,1 \dots 0,7 \text{ м}^3$).

В массовом и крупносерийном производстве хранение и транспортировка стержней может производиться на подвесных конвейерах.

Для хранения и транспортировки мелких и средних стержней рекомендуется использовать оборотную составную тару с унифицированными размерами, позволяющую применять многоярусное хранение в стеллажах и этажерках, а в качестве транспорта – электропогрузчики и штабелеры.

Нормы определения количества мостовых и консольных кранов для обслуживания стержневых отделений приведены в работе [16, с. 234, 236].

Примеры компоновок стержневых отделений приведены в работах [16, с. 94, 97, 102, 104, 110, 111]; [17, с. 123–126, 131–139]; [20, с. 112–119]; [21, с. 105].

Содержание отчета:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Исходные данные для расчета.
4. Обоснование выбора оборудования.
5. Методика и результаты расчета.
6. Эскиз планировки отделения с необходимыми пояснениями.
7. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. Какими факторами определяется выбор типа оборудования для стержневого отделения?
2. От каких параметров зависит требуемое количество стержневых ящиков?
3. Как можно, не меняя исходных данных, получить другое расчетное количество оборудования?
4. Какие характеристики стержней определяют выбор модели стержневой машины?
5. Как связано число съемов со стержневой машины с программой выпуска стержней?
6. Как устанавливается количество стержней, изготавливаемых в одном стержневом ящике за один цикл?
7. Как подается стержневая смесь в бункеры над стержневыми машинами?
8. В чем отличие транспортировки ХТС от транспортировки смеси для изготовления стержней в горячей оснастке?
9. Как подаются стержни в формовочное отделение?

Практическая работа № 4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СМЕСЕПРИГОТОВИТЕЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

Цель работы: в соответствии с вариантом задания произвести обоснованный выбор и рассчитать количество требуемого технологического оборудования, определить количество и основные параметры ПТМ, разработать схему размещения оборудования в проектируемом отделении.

Этапы выполнения:

1. Провести анализ исходных данных и обосновать выбор необходимого оборудования.
2. Рассчитать требуемое количество машин для приготовления формовочной и стержневой смеси.
3. Рассчитать необходимые параметры и количество ПТМ (ленточные конвейеры, элеваторы).
4. Разработать схему размещения оборудования в отделении и схему основных грузопотоков.

Методика расчета

Для определения необходимого количества смесеприготовительного оборудования требуется знать годовую потребность формовочной и стержневой смеси. Для этого необходимо определить годовой расход форм и расход смесей на одну форму.

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

$$V_{\text{ф.см.}} = V_{\text{ф}} - V_{\text{мет}} - V_{\text{ст}},$$

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

$V_{\text{ф}}$ – объем формы, м^3 ;

$V_{\text{мет}}$ – объем металла в форме (металлоемкость формы), м^3 ;

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

$V_{\text{ф}}$ вычисляется на основании данных, приведенных в табл. 3.1.

$$V_{\phi} = (A \cdot B \cdot H_1) + (A \cdot B \cdot H_2), \text{ м}^3,$$

где A, B, H_1, H_2 – соответственно длина, ширина, высота верхней и нижней опок, м.

Металлоемкость формы включает металл всех отливок в форме вместе с литниково-питающей системой.

$$V_{\text{мет}} = n_o (m_o + m_{\text{ЛПС}}) / \rho_{\text{мет}},$$

где n_o – количество отливок в форме, шт.;

m_o – масса одной отливки в форме, кг;

$m_{\text{ЛПС}}$ – масса ЛПС для одной отливки, кг;

$\rho_{\text{мет}}$ – плотность сплава, кг/м³.

Объем, занимаемый стержнями в форме, вычисляется по формуле:

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

где $m_{\text{ст}}$ – масса j -го стержня, кг;

$n_{\text{ст}}$ – количество стержней j -го наименования (номера) в отливке, шт.;

n_o – количество отливок в форме, шт.;

$\rho_{\text{ст}}$ – плотность стержня, кг/м³;

r – количество номеров стержней в отливке.

Коэффициент металлоемкости формы вычисляется по уравнению:

$$K_{\text{м.ф.}} = \frac{M_{\text{мет}}}{M_{\phi} + M_{\text{ст}}},$$

где $M_{\text{мет}}$ – масса металла в форме, кг;

M_{ϕ} – масса формовочной смеси в форме, кг;

$M_{\text{ст}}$ – масса стержней в форме, кг.

Масса вычисляется по V и ρ .

Для практических работ можно использовать следующие значения плотности (объемной массы):

Материал	Плотность (объемная масса), кг/м ³
СЧ	6900...7300
КЧ	7200...7400
ВЧ	7100...7400
Белый чугун	7400...7700
Легированный чугун	5500...7500
Сталь	7800
Al	2700
Mg	1700
Cu	8900
Zn	7100
Уплотненная формовочная смесь	1600...1800
Песчаный стержень	1500...1700
Неуплотненная формовочная или стержневая смесь	1200...1300
Жидкие самотвердеющие смеси	1350

Годовая потребность в уплотненной формовочной смеси определяется по уравнению:

$$V_{\text{ф.см.}}^y = \sum_{i=1}^z (V_{\text{ф.см.}} \cdot N_{\text{ф}}),$$

где $V_{\text{ф.см.}}^y$ – годовой объем уплотненной формовочной смеси для данной отливки, м³/год;

i – порядковый номер отливки;

z – количество наименований отливок;

$N_{\text{ф}}$ – годовая потребность форм для i -й отливки с учетом брака отливок и брака форм, форм/год.

Для расчета смесителей требуется знать объем неуплотненной смеси. Расчетный объем неуплотненной формовочной смеси определяется по уравнению:

$$V_{\text{ф.см.}}^H = V_{\text{ф.см.}}^y \cdot \frac{\rho_{\text{ф.см.}}}{\rho_{\text{ф.см.}}^H} \cdot K_{\text{пот}},$$

где $\rho_{\text{ф.см.}}$ – плотность формы, кг/м³;

$\rho_{\text{ф.см.}}^{\text{н}}$ – плотность разрыхленной (неуплотненной) формовочной смеси, кг/м³;

$K_{\text{пот}}$ – коэффициент потерь формовочной смеси при транспортировке, формовке, удалении вентиляции и т. п., $K_{\text{пот}} = 1,05 \dots 1,10$ (если не определено заданием).

Требуемый объем стержневой смеси можно определить по данным табл. 4.1 или вычислить по формуле:

$$V_{\text{ст.см.}}^{\text{н}} = \sum_{i=1}^z (V_{\text{ст.}} \cdot N_{\text{ф}})_i \cdot \frac{\rho_{\text{ст.}}}{\rho_{\text{ст.см.}}} \cdot K_{\text{бр}},$$

где $\rho_{\text{ст.}}$ – плотность стержней, кг/м³;

$\rho_{\text{ст.см.}}$ – плотность стержневой смеси, кг/м³;

$K_{\text{бр}}$ – коэффициент брака стержней, $K_{\text{бр}} = 1,05 \dots 1,07$ (если не определено заданием).

Результаты расчета требуемых объемов формовочной и стержневой смеси рекомендуется представлять отдельно для каждого литейного конвейера (типоразмера опок), так как такой вид результатов (табл. 4.1) удобен для расчета ленточных и подвесных конвейеров, подающих свежую формовочную смесь и стержни к формовочным машинам отдельно для каждого литейного конвейера.

Для приближенных усредненных расчетов требуемое количество формовочной и стержневой смеси можно установить по данным работ [16, с. 119]; [17, с. 144–146]; [20, с. 121, 122]; [21, с. 89–92, 106].

Расчетное количество смесителей для приготовления формовочной смеси определяется по формуле:

$$n_{\text{см}} = \frac{V_{\text{см}}^{\text{н}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot q_{\text{см}}},$$

где $n_{\text{см}}$ – расчетное количество смесителей;

$\Phi_{\text{д}}$ – годовой действительный фонд времени работы смесителей, ч/год;

$q_{\text{см}}$ – производительность смесителя, м³/ч;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности потребления смеси, $K_{\text{н}} = 1,1 \dots 1,3$ – для массового и крупносерийного производства; $1,2 \dots 1,3$ – для серийного; $1,3 \dots 1,4$ – для мелкосерийного и индивидуального.

$\Phi_{\text{д}}$ устанавливается из работ [16, с. 27, 28]; [17, с. 24, 25]; [20, с. 11]; [21, с. 25–28]; $q_{\text{см}}$ – [16, с. 124]; [17, с. 153]; [20, с. 127, 128]; [21, с. 107–112]; [72, с. 149, 150, 151, 162, 163, 168, 191, 192, 194, 195, 196, 198].

При установлении значения $q_{\text{см}}$ следует учитывать:

1. Производительность смесителя может указываться в т/ч, тогда необходимо перевести ее в м³/ч по заданной объемной массе смеси.

2. Если в справочнике указан лишь объем замеса, производительность смесителя можно вычислить, задавая время перемешивания.

Коэффициент загрузки смесителей определяется по уравнению:

$$K_z = \frac{n_{\text{см}}}{n_{\text{см}}^{\text{в}}},$$

где $n_{\text{см}}^{\text{в}}$ – выбранное количество смесителей.

Коэффициент загрузки смесителей должен составлять **0,7...0,8**.

Аналогично рассчитываются смесители для приготовления стержневой смеси.

Характеристики аэраторов для разрыхления готовых смесей приведены в работе [72, с. 149, 150, 184, 185].

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

Типовые составы формовочных и стержневых смесей приведены в работах [16, с. 124–127]; [17, с. 141–143].

Состав смеси позволяет получить исходные данные для расчета ленточных конвейеров и элеваторов, подающих песок в смесители для формовочной смеси (освежение) и стержневой смеси (основа). Транспортные средства для других компонентов смеси определяются принятой технологией.

Таблица 4.1

Форма таблицы результатов расчета требуемых объемов формовочной и стержневой смеси

1	№ отливки																			
2	Выпуск годного литья, отл./год																			
3	Масса отливки, кг																			
4	Масса ЛПС, кг																			
5	Весовая группа отливок, кг																			
6	Размер формы, м																			
7	Объем формы, м ³																			
8	Количество отливок в форме, шт.																			
9	Металлоемкость формы, кг																			
10	Плотность сплава, кг/м ³																			
11	Объем металла в форме, м ³																			
12	Порядковый номер стержня																			
13	Масса стержня, кг																			
14	Количество стержней на одну отливку																			
15	Плотность стержня, кг/м ³																			
16	Годовой объем неуплотненной стержневой смеси, м ³																			
17	Количество форм на годовую программу с учетом брака отливок и форм, форм/год																			
18	Годовой объем уплотненной формовочной смеси, м ³ /год																			
19	Годовой объем неуплотненной формовочной смеси, м ³ /год																			
20	Коэффициент металлоемкости формы																			
Литейный конвейер № 1																				
																				Итого:
Литейный конвейер № 2 и т. д.																				
																				Итого:

Примечание: если все отливки изготавливаются в одинаковых формах, суммарный объем металла в формах за год может вычисляться по данным табл. 2.2 с учетом плотности сплава.

Ширина ленты ленточного конвейера для транспортировки свежих формовочных материалов, а также формовочных смесей (свежих и отработанных), может рассчитываться по следующим приближенным формулам:

1. Сухие компоненты и плоская опора

$$B_{\text{л}} = 0,08 \sqrt{\frac{q_{\text{к}}^{\text{лГ}} \cdot f}{v_{\text{к}}^{\text{л}} \cdot \gamma_{\text{м}}}} = 0,08 \sqrt{\frac{q_{\text{к}}^{\text{лМ}^3} \cdot f}{v_{\text{к}}^{\text{л}}}}$$

2. Сухие компоненты и желобчатая опора или сырые компоненты и плоская опора.

$$B_{\text{л}} = 0,06 \sqrt{\frac{q_{\text{к}}^{\text{лГ}} \cdot f}{v_{\text{к}}^{\text{л}} \cdot \gamma_{\text{м}}}} = 0,06 \sqrt{\frac{q_{\text{к}}^{\text{лМ}^3} \cdot f}{v_{\text{к}}^{\text{л}}}}$$

3. Сырые компоненты и желобчатая опора

$$B_{\text{л}} = 0,045 \sqrt{\frac{q_{\text{к}}^{\text{лГ}} \cdot f}{v_{\text{к}}^{\text{л}} \cdot \gamma_{\text{м}}}} = 0,045 \sqrt{\frac{q_{\text{к}}^{\text{лМ}^3} \cdot f}{v_{\text{к}}^{\text{л}}}}$$

где $B_{\text{л}}$ – ширина ленты, м;

$q_{\text{к}}^{\text{лГ}}$ – 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; $f = 1,0 \dots 2,0$ – для других конвейеров с сырой смесью; $f = 1,5 \dots 2,5$ – для транспортировки отработанной смеси из-под выбивных решеток; $f = 1,15 \dots 1,25$ – для наклонных конвейеров ($15 \dots 24^\circ$); $f = 1,0$ – для прочих конвейеров с углом наклона до 15°);

$v_{\text{к}}^{\text{л}}$ – скорость движения ленточного конвейера, м/с (устанавливается по ГОСТ из ряда значений: **0,250; 0,315; 0,400; 0,500; 0,630; 0,800; 1,000; 1,250; 1,600; 2,000** м/с; $v_{\text{к}}^{\text{л}} > 2$ м/с для условий литейного производства принимать не рекомендуется);

γ_m – объемная масса транспортируемого материала, т/м³ (**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);

$q_k^{лм^3}$ – производительность ленточного конвейера, м³/ч.

Расчетные значения $V_{л}$ округляются до ближайших значений по ГОСТ: **300, 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 2000, 2500, 3000 мм.**

Если в смесеприготовительном отделении устанавливаются ленточные элеваторы, параметры их устанавливаются и рассчитываются по уравнению:

$$v_э = \frac{q_э \cdot T_k}{3,6 \cdot u \cdot \varphi},$$

где $v_э$ – расчетная скорость элеватора, м/с;

$q_э$ – требуемая производительность элеватора, м³/ч;

T_k – шаг ковшей на ленте, м;

u – емкость ковша, л;

φ – коэффициент загрузки ковшей (**0,6**).

Некоторые параметры ленточных элеваторов приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Некоторые параметры ленточных элеваторов

Типоразмеры элеваторов	Ширина ковша, мм	Емкость ковша, л	Масса ковша, кг	Шаг ковша, мм	Ширина ленты, мм	Диаметр приводного барабана, мм	Скорость движения ковшей, м/с
1	2	3	4	5	6	7	8
ЛГ-100	100	0,20	0,3	200	125	250	1,0–2,0
ЛГ-125	125	0,40	0,5	320	160	320	1,0–2,0
Ж-160	160	0,60	0,9	320	200	400	1,0–2,0
ЛГ-200	200	1,30	1,8	400	250	400	1,0–2,0
ЛГ-250	250	2,00	3,0	400	300	500	1,0–2,0
ЛГ-320	320	4,00	5,0	500	370	500	1,25–2,5
ЛГ-400	400	6,30	11,0	500	450	630	1,25–2,5

1	2	3	4	5	6	7	8
ЛГ-500	500	12,00	18,0	630	550	630	1,25–2,5
ЛГ-650	650	16,80	20,0	630	700	630	1,25–2,5
ЛМ-100	100	0,10	0,2	200	125	250	1,0–2,0
ЛМ-125	125	0,20	0,4	320	160	320	1,0–2,0
ЛМ-160	160	0,35	0,7	320	200	400	1,0–2,0
ЛМ-200	200	0,75	1,5	400	250	400	1,0–2,0
ЛМ-250	250	1,40	2,0	400	300	500	1,0–2,0
ЛМ-320	320	2,70	5,0	500	370	500	1,25–2,5
ЛМ-400	400	4,20	11,0	500	450	630	1,25–2,5
ЛМ-500	500	6,80	16,0	630	550	630	1,25–2,5
ЛМ-650	650	11,50	18,0	630	700	630	1,25–2,5
ЛО-160	160	0,65	2,0	160	200	400	0,4–0,63
ЛО-200	200	1,30	4,0	200	250	400	0,4–0,63
ЛО-250	250	2,00	7,0	200	300	500	0,4–0,63
ЛО-320	320	4,00	10,0	250	370	500	0,4–0,63
ЛО-400	400	7,80	12,0	320	450	630	0,4–0,63

Расчетные значения v_3 должны попадать в рекомендуемый интервал скоростей (табл. 4.2) из ряда значения по ГОСТ: **0,40; 0,50; 0,63; 0,80; 1,00; 1,25; 1,60; 2,50 м/с.**

Если расчетная скорость движения ленты элеватора слишком мала ($< 0,4$ м/с), установка элеватора нецелесообразна, если $v_3 > 2,5$ м/с – требуется установка нескольких элеваторов.

Варианты размещения оборудования на смесеприготовительных участках представлены в работах [16, с. 128–130, 266–284], [17, с. 156–159, 285–301], [20, с. 130–131, 249–265], [72, с. 86].

Содержание отчета:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Исходные данные для расчета.
4. Методика и результаты расчета.
5. Обоснование выбора оборудования.
6. Эскиз планировки смесеприготовительного отделения с необходимыми пояснениями.
7. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит выбор типа смесителя?
2. Какие параметры определяют требуемое количество смесителей?
3. Как рассчитывается годовая потребность формовочной и стержневой смеси?
4. Как рассчитывается объем формовочной смеси в одной форме?
5. Где теряется часть готовой формовочной и стержневой смеси?
6. Как восполняются неизбежные потери формовочной смеси?
7. Как вычислить объем уплотненной смеси, исходя из объема уплотненной?
8. Как определить производительность смесителя, если задан только объем замеса?
9. Какое подъемно-транспортное оборудование может устанавливаться в смесеприготовительном отделении?
10. Как получить требуемый коэффициент загрузки оборудования?
11. Какие стандартные размеры пролетов промышленных зданий?
12. Какие расстояния между колоннами устанавливают строительные ГОСТы?

Практическая работа № 5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕРМООБРУБНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

Цель работы: в соответствии с вариантом задания произвести обоснованный выбор необходимого технологического и подъемно-транспортного оборудования и определить их количество, разработать схему размещения оборудования в отделении.

Этапы выполнения:

1. Провести анализ исходных данных и обосновать выбор необходимого технологического оборудования.
2. Рассчитать требуемое количество оборудования для отделения литниково-питающей системы, очистки, зачистки, обрубки, термообрубки, исправления дефектов и грунтовки отливок.
3. Обосновать выбор ПТМ и рассчитать основные параметры и количество транспортирующих машин, подобрать подъемное оборудование.
4. Разработать схему размещения оборудования в разрабатываемом отделении с указанием основных грузопотоков.

Методика расчета

Отливки, выбитые из литейных форм, проходят определенный по длительности цикл охлаждения.

Нормы времени остывания отливок (на конвейере или площадке) из сталей и чугунов после выбивки из форм (при естественном охлаждении) приведены в работах [16, с. 172]; [17, с. 161]; [20, с. 133]. Эти нормы используются при расчете (определении скорости, длины пути) пластинчатых или подвесных конвейеров для транспортировки горячих отливок с мест выбивки в термообрубное отделение.

В термообрубном отделении могут выполняться следующие операции:

- 1) 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.);
- 2) очистка литья от пригара и окалины (галтовочными барабанами, дробеструйным, дробеметным, вибрационным, гидравлическим,

химическим, электрогидравлическим, электрохимическим, газовым и другими методами);

3) удаление стержней из отливок, которое частично или полностью для некоторых отливок происходит во время их очистки, а для трудноудаляемых стержней – на вибрационных участках, в гидравлических и электрогидравлических камерах.

Примечание: некоторые составы стержневой смеси обеспечивают разрушение стержней и удаление их с отливок на этапе выбивки форм;

4) обрубка и зачистка отливок пневматическими молотками и зубилами, специальными установками, снабженными абразивными кругами, специальными вибрационными машинами и на заточных шлифовальных станках;

5) исправление дефектных отливок заделыванием поверхностных неровностей мастиками и замазками, газовой или электрической заваркой, пропиткой, специальными составами для устранения пористости, правкой в специальных прессах;

6) термическая обработка отливок для снятия внутренних напряжений и улучшения обрабатываемости отливок, для придания сплаву определенной структуры и получения заданных физико-механических свойств. Операции и режимы термической обработки назначаются с учетом требований к качеству получаемых отливок, согласно ТУ и выполняются в термических печах различных конструкций;

7) грунтовка отливок для предохранения их от коррозии (в проходных или тупиковых окрасочных камерах);

8) 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 рассматриваемого отделения целесообразно предусматривать для каждой отливки или для группы отливок требуемые технологические операции.

Разбивка отливок на группы с одинаковыми операциями (оборудованием) осуществляется с учетом:

- вида сплава;
- массы отливок;

- габаритных размеров отливки;
- конфигурации отливки;
- серийности производства;
- требований к качеству отливки.

Рекомендации по выбору технологических процессов в термообрубных отделениях приведены в работах [16, с. 173–201], [17, с. 161–168], [20, с. 133–145], [21, с. 134].

При расчете требуемого числа технологического оборудования годовой выпуск отливок (с учетом бракованных и дефектных отливок) распределяется по операциям принятого технологического процесса. В массовом и крупносерийном производстве оборудование распределяется на основании подетальных расчетов (табл. 5.1), а в серийном, мелкосерийном и единичном – обычно по укрупненным показателям для отдельных групп отливок.

При подетальных расчетах отливки, обрабатываемые однотипными операциями, объединяются в группы (табл. 5.2). В каждой группе необходимо стремиться организовать поток, т. е. непрерывный техпроцесс, включающий последовательное расположение соответствующего оборудования, связанного между собой конвейерами.

С учетом характера и объема термообрубных операций, выбирается технологическое оборудование для их выполнения, расчет которого сводится в табл. 5.3.

Марку, производительность и другие характеристики рассчитываемого оборудования можно принимать по данным работ:

- а) отделение ЛПС [16, с. 191, 193], [21, с. 145];
- б) очистка [16, с. 179–189, 194], [17, с. 171], [20, с. 136–140], [21, с. 124–129], [72, с. 253–272];
- в) удаление стержней [20, с. 138];
- г) обрубка и зачистка [16, с. 177–178], [20, с. 136, 141, 142], [21, с. 130, 132, 133], [72, с. 134];
- д) исправление дефектов [16, с. 199];
- е) термообработка [16, с. 196–199], [17, с. 164], [20, с. 134–136], [21, с. 135–141];
- ж) грунтовка [16, с. 200–201], [17, с. 173–174], [21, с. 142–143].

Таблица 5.1

Форма таблицы распределения отливок по операциям термообрубных работ

№ отливки	Наименование отливки	Масса одной отливки, кг	Годовой выпуск отливок с учетом брака и дефектных отливок		Выбивка стержней		Отделение литниковой системы		Отделение прибылей		Очистка		Обрубка		Зачистка		Термообработка		Контроль		Исправление дефектов		Грунтовка	
			шт./год	т/год	шт./год	т/год	шт./год	т/год	шт./год	т/год	шт./год	т/год	шт./год	т/год	шт./год	т/год	шт./год	т/год	шт./год	т/год	шт./год	т/год	шт./год	т/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Таблица 5.2

Форма таблицы объема термообрубных работ

№ операции	Операция	Оборудование	Годовое число отливок													Всего		
			Группы отливок по массе, кг (примерное)															
			0-8		8-20		20-50		50-100		100-250		250-500		...	шт./год	т/год	
			шт./год	т/год	шт./год	т/год	шт./год	т/год	шт./год	т/год	шт./год	т/год	шт./год	т/год	...			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

Таблица 5.3

Форма расчета технологического оборудования термообрубного отделения

Группа отливок по массе, кг	Операция	Объем обрабатываемых отливок		Объем обрабатываемых отливок с учетом K_n		Технологическое оборудование						
		т/год	шт./год	т/год	шт./год	принятые модели	расчетная производительность		геометрические параметры	число единиц		коэффициент загрузки
							шт./ч	т/ч		расчетное	принятое	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Примечание: коэффициент загрузки оборудования принимается равным **0,70...0,85**.

Расчет количества необходимого однотипного технологического оборудования термообрубных отделений выполняется по ранее указанной формуле:

$$n = \frac{N_o \cdot K_n}{\Phi_d \cdot q},$$

где n – расчетное количество оборудования;

N_o – масса или количество отливок в год, проходящих обработку на оборудовании данного типа, кг/год или шт./год, мм/год и т. п.;

Φ_d – годовой действительный фонд времени, ч/год;

q – производительность оборудования, шт./ч или кг/ч, мм/ч и т. п.;

K_n – коэффициент неравномерности работы оборудования ($K_n = 1,1 \dots 1,3$ при наличии промежуточного склада отливок, в другом случае – $K_n = 1,0$).

Расчет резаков огневой резки для отделения ЛПС производится по формуле:

$$n_p = \frac{\sum T}{\Phi_d \cdot q_p},$$

где n_p – расчетное количество резаков, шт.;

Φ_d – годовой действительный фонд времени работы резака, ч/год;

q_p – производительность резака, мм/ч [16, с. 191, 193];

$\sum T$ – суммарная толщина разрезаемой части ЛПС всех отливок годовой программы, мм/год;

$$\sum T = N_o \cdot h,$$

где N_o – годовое количество обрабатываемых отливок с учетом брака, отл./год;

h – общая толщина разреза отделяемых элементов для одной отливки, мм/отл.

Под отделяемыми элементами понимаются питатели, прибыли, выпоры, технологические приливы и т. п.

Расчет (подбор) высоты (толщины) питателей и других параметров ЛПС с учетом вида сплава, массы отливки, типа ЛПС, высоты формы рассматривается в курсе ТЛФ.

Производительность термических печей рассчитывается по формулам:

– камерные печи:

$$q_{\text{п}} = \frac{M_{\text{с}}}{t_{\text{Т}}} = \frac{S_{\text{п}} \cdot a}{t_{\text{Т}}},$$

где $q_{\text{п}}$ – производительность печи, кг/ч;

$M_{\text{с}}$ – масса загрузки (садки) печи, кг;

$t_{\text{Т}}$ – длительность термообработки, ч [16, с. 191–192]; [17, с. 164]; [20, с. 134–135];

$S_{\text{п}}$ – площадь пода печи, м² (устанавливается с учетом ГОСТ 19841-83);

a – удельная допустимая нагрузка на площадь пода печи, кг/м² [16, с. 196]; [20, с. 135–136];

– проходные печи с пульсирующим циклом:

$$q_{\text{п}} = \frac{N_{\text{п}} \cdot m_1}{t_{\text{Т}}},$$

где $N_{\text{п}}$ – количество поддонов, шт.;

$$N_{\text{п}} = \frac{L_{\text{п}}}{e},$$

где $L_{\text{п}}$ – длина печи, м;

e – шаг поддонов (ширина поддона или ряда), м;

m_1 – масса отливок на одном поддоне (ряде), кг;

$$m_1 = a \cdot S_{\text{п}}^1,$$

где $S_{\text{п}}^1$ – площадь одного поддона (ряда), м²;

– конвейерные печи:

$$q_{\text{п}} = v_{\text{к}} \cdot m_2,$$

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

$$v_k = \frac{L_{\text{п}}}{t_{\text{т}}};$$

m_2 – приведенная масса садки конвейера печи, кг/м;

$$m_2 = \frac{M_{\text{с}}}{L_{\text{н}}}.$$

Если термообработка отливок производится в печи без защитной атмосферы, после охлаждения отливок требуется повторная их очистка для удаления окалины.

Для расчета количества **зачистного оборудования, имеющего раз- мерность производительности, отл./ч (т/ч)**, используется формула:

$$n_3 = \frac{N_o \cdot K_{\text{н}} \cdot n_1}{\Phi_{\text{д}} \cdot q \cdot n_2},$$

где n_3 – расчетное количество зачистных станков;

N_o – годовой объем зачищаемых отливок, отл./год, т/год;

n_1 – количество зачищаемых поверхностей в отливке;

n_2 – количество одновременно зачищаемых на станке поверх- ностей;

q – производительность оборудования, отл./ч (т/ч).

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

$$n_3 = \frac{N \cdot K_{\text{н}} \cdot m_{\text{п}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot q},$$

где N – годовое количество обрабатываемых отливок, отл./год;

$m_{\text{п}}$ – масса остатков литников, приходящаяся на одну отливку, кг/отл.;

q – производительность машины, кг/ч.

Масса остатков литников (питателей), приходящаяся на одну отливку, определяется по задаваемой высоте остатков, суммарной площади сечения питателей и плотности сплава:

$$m_{\text{п}} = \sum F_{\text{пит}} \cdot h_{\text{пит}} \cdot \rho_{\text{м}},$$

где $\sum F_{\text{пит}}$ – суммарная площадь питателей на одну отливку, м²;

$h_{\text{пит}}$ – высота остатков питателей, м;

$\rho_{\text{м}}$ – плотность сплава, кг/м³.

Готовые отливки хранятся на складах готового литья в стеллажах, ящиках на полу. В литейных цехах предусматриваются также промежуточные склады отливок до и после термообработки, комплектовочный склад готового литья.

Нормы для расчета промежуточных складов отливок до и после термической обработки приводятся в работе [16, с. 226, 227]. Площади оперативных складов отливок можно устанавливать также по данным работы [21, с. 157] (табл. 5.3).

Нормы для расчета комплектовочных складов и складов готового литья приведены в работе [16, с. 226, 227].

Таблица 5.3

Площади оперативных складов отливок, м²

Годовой выпуск отливок	Склады отливок	
	до термообработки	после термообработки
< 10	20	10
10...20	30	15
20...30	40	20
30...50	50	30

Подъемно-транспортное оборудование

При межоперационной транспортировке и на комплектовочный склад мелкие отливки передаются в унифицированной таре с помощью электро- и автокаров. Более крупные отливки транспортируются мостовыми кранами общего назначения, кран-балками, электроталиями, подвесными цепными и толкающими конвейерами, электрифицированными тележками.

Для передачи тележек с отливками в термические печи иногда предусматривают трансбордерные платформы.

Необходимое количество мостовых кранов термообрубного отделения и их рекомендуемая грузоподъемность, в зависимости от массы обрабатываемых отливок, устанавливаются по нормативам [16, с. 234, 236]; [17, с. 105, 106, 174]; [20, с. 147] или из расчета длины участка, обслуживаемого одним краном: обрубного 20–30 м, грунтовочного 25–40 м и термического 25–30 м. Необходимое число кран-балок и электроталей (их рекомендуемая грузоподъемность 1–5 т), подвесных цепных конвейеров и другого подъемно-транспортного оборудования устанавливается при компоновке отделения, в зависимости от производственной установки (число участков обработки отливок различной массы, типы применяемого технологического оборудования и др.), а их расположение и трассы – с учетом необходимости создания кратчайших технологических потоков.

Варианты компоновок термообрубных отделений представлены в работах [16, с. 202–209], [17, с. 175–181], [20, с. 145–152].

Содержание отчета:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Исходные данные для расчета.
4. Обоснование выбора оборудования.
5. Методика и результаты расчета.
6. Эскиз планировки термообрубного отделения с необходимыми пояснениями.
7. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы отделения ЛПС от отливок?
2. Как выбирается способ и оборудование для удаления ЛПС?
3. Какие существуют способы очистки отливок?
4. Как выбирается необходимый способ очистки литья?
5. Как осуществляется выбор из трех основных дробеметных устройств для очистки отливок: камеры, столы и барабаны?
6. Как влияет масса отливок на выбор способа отделения ЛПС и очистки отливок?

7. Как влияет материал отливок на выбор способа отделения ЛПС?
8. Какая предельная масса отливок, обрабатываемых в галтовочных барабанах?
9. Какие самые распространенные способы зачистки отливок?
10. Как влияет количество обрабатываемых поверхностей в отливке на расчет зачистного оборудования?
11. Как устанавливается режим термообработки отливок?
12. Как рассчитывается количество печей для термической обработки, если не задана производительность печи?
13. Как можно избежать повторной очистки отливок после термической обработки?
14. Какие существуют способы исправления дефектов отливок?
15. Какие существуют способы грунтовки отливок и как выбрать подходящий контроль для конкретных условий?
16. Какие особенности проектирования термообручного отделения для отливок из КЧ?
17. Какие требования предъявляются к организации грузопотоков в термообручном отделении?

Практическая работа № 6

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКЛАДОВ ШИХТОВЫХ И ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: в соответствии с вариантом задания обосновать выбор необходимого технологического и транспортного оборудования, рассчитать их количество, разработать схему размещения оборудования на складе.

Этапы выполнения:

1. Провести анализ исходных данных и обосновать выбор необходимого технологического оборудования.
2. Рассчитать требуемое количество технологического оборудования (прямки, закрома, бункеры, сушила, сита дробилки, мельницы, установки для приготовления глинистой суспензии, грохоты и др.).
3. Обосновать выбор и рассчитать основные параметры и количество транспортирующих машин (ленточный, подвесной конвейеры, элеватор, винтовой конвейер), подобрать подъемное или подъемно-транспортирующее оборудование.
4. Разработать схему размещения оборудования в проектируемом отделении с указанием грузопотоков.

Методика расчета

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

Все формовочные и шихтовые материалы рекомендуется хранить в закрытых помещениях. Склады шихтовых материалов могут не отапливаться. Формовочные материалы надо хранить при температуре не ниже $+5^{\circ}\text{C}$. 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 закрытых металлических бункерах и емкостях.

Жидкие связующие хранятся в цистернах в подземном отапливаемом помещении, обычно вместе с горюче-смазочными материалами.

Чушковые чугуны хранятся в закромах или штабелях. Для каждой марки чугуна – 1–2 закрома. Площадки под штабеля бетонируются, штабеля с торцов укрепляются металлическими стойками.

Чугунный и стальной лом хранится на вымощенных бетонированных площадках, разделенный по видам и габаритам, разделанный лом – в закромах.

Чушки цветных металлов – в запираемом помещении на поддонах в грузовых пакетах. Обычно размеры пакета 800 × 800 × 1200 мм, масса – до 1500 кг.

Стружка и отходы цветных металлов – в металлических закрытых ящиках по сплавам, виду и качеству.

Доменные ферросплавы – в закромах или реже в контейнерах.

Электротермические ферросплавы – в контейнерах или в таре поставщика. Дорогие ферросплавы – в закрытом помещении. Кокс – в закромах, приемных ямах.

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

Закрома для шихтовых материалов в закрытых складах – заглубленные на 2–3 м ниже уровня пола, в открытых – надземные. Стенки из железобетона с обкладкой деревом.

Между штабелями различных материалов в чушках или пакетах должны быть проходы шириной ≥ 1 м. Расстояние от головки рельса железнодорожного пути до ближайшего штабеля должно быть ≥ 2 м.

Проходы для людей на шихтовом дворе не должны проходить в зоне действия магнитных и грейферных кранов. Расстояние между проходами на складах устанавливается на расстоянии ≤ 60 м.

Расчет складов можно осуществлять по форме, представленной в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Форма расчета площадей складов

№ п/п	Магериал	Объем- ная масса, т/м ³		Расчетная потребность за год		Кол-во рабочих суток за год, сут/год		Расчетная потребность в сутки		Требуемый запас на складе			Место и способ хранения	Допус- тимая удель- ная на- грузка на пол, т/м ²	Глубина, м	Высо- та над уров- нем пола, м	Горизон- тальные размеры хране- лища (А×В, Ø и т. п.), м	При- нято коли- чество с уче- том К _{зап.}
		т/год	м ³ /год	сут	сут/год	т/сут	м ³ /сут	на число суток	т	м ³								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
	Шихтовые: ----- ----- Формовоч- ные: ----- ----- Прочие: ----- ----- — вспомога- тельные; — флюсы; — огнеупоры										Закрома ----- ----- Бункеры ----- ----- Площадки (на- валом, в штабе- лях, в пакетах, на поддонах в ящиках, в кон- тейнерах, в цис- тернах) ----- ----- сплошные башни							

Основные данные для расчета складов шихтовых и формовочных материалов (климатический пояс, запас хранения, объемная масса, место хранения, предельная высота хранения и др.) приведены в работах [16, с. 214–215]; [17, с. 186]; [20, с. 195–196]; [21, с. 151]. Средние нормы расхода вспомогательных материалов представлены в работах [16, с. 216–217]; [21, с. 149, 150]; флюсов – [17, с. 185]; [20, с. 194], [21, с. 148]; огнеупоров – [16, с. 218, 219], [20, с. 194]. Основные размеры железобетонных силосных башен для песка и показатели нормализованных силосных корпусов имеются в работах [17, с. 188]; [20, с. 199].

Расчетная потребность в шихтовых материалах за год определяется по данным табл. 1.2 и 1.3 или устанавливается по средним нормам расхода основных шихтовых материалов (% к завалке) для производства отливок из стали [20, с. 192] или из чугунов при плавке в вагранках [20, с. 193].

Расход формовочных материалов (прежде всего песка и глины) вычисляется по составу и годовой потребности в формовочной и стержневой смеси (см. расчет смесеприготовительного отделения), или устанавливается по средним нормам расхода формовочных материалов (кг на 1 т годного литья), в зависимости от рода металла и отрасли промышленности [20, с. 192].

Количество рабочих суток за год определяется по уравнению:

$$n_{\text{р.с.}} = \frac{\Phi_{\text{д}}}{t_{\text{см}}},$$

где $n_{\text{р.с.}}$ – количество рабочих суток за год, (сут/год);

$\Phi_{\text{д}}$ – годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч/год;

$t_{\text{см}}$ – продолжительность работы оборудования за сутки (с учетом количества смен), ч/сутки.

Расчетная потребность материала в сутки вычисляется по данным колонок 4, 5, 6 табл. 6.1.

Требуемый запас на складе в т и м³ устанавливается по данным колонок 7, 8, 9.

Допустимая удельная нагрузка на пол может приниматься:

- для чушковых чугунов – 2 т/м²;
- для огнеупоров – 1,8 т/м²;
- для ЛПС и бракованных отливок – 2,2 т/м².

Суммарная площадь склада для хранения конкретного материала (колонка 16) рассчитывается по данным колонок 11, 14, 15.

Принятое количество хранилищ (колонка 17) зависит от расчетной суммарной площади хранения материала и принятого размера хранилищ. Рекомендуются минимальные размеры в плане: закромов – 4 × 4 м; бункеров – 3 × 3 м.

При расчетах коэффициент заполнения хранилищ принимается равным 0,8.

Расчет суточных бункеров для шихтовых, формовочных и других материалов может производиться в соответствии с формой, приведенной в табл. 6.2.

Необходимые данные для расчета суточных бункеров берутся из табл. 6.1.

Таблица 6.2

Форма расчета суточных бункеров

№ п/п	Наименование материала	Требуемое количество, м ³ /сут	Установленная высота бункера, м	Расчетная суммарная площадь бункеров, м ²	Установленное сечение бункера, м ²	Принятое количество бункеров с учетом $K_{загр}$
1	2	3	4	5	6	7
–	---	---	---	---	---	---

Механизация складов

Чушковые чугуны и доменные ферросплавы прибывают обычно в саморазгружающихся вагонах, и их разгрузка производится в приемную яму по обе стороны железнодорожного пути. Одновременно разгружаются несколько вагонов. Из приемной ямы – магнитом в закрома.

Характеристики электромагнитных шайб приведены в работах [16, с. 221]; [20, с. 199].

Немагнитные ферросплавы и чушки цветных металлов разгружаются на площадку, откуда электропогрузчиком с ковшом – в закрома или контейнеры.

Чугунный и стальной лом прибывает на открытых платформах, разгружается магнитом на участок разделки или в закрома.

Доставка металлической шихты с базисного склада осуществляется большегрузным автотранспортом в специальных контейнерах до 10 т или корзинах для загрузки электропечей.

Кокс прибывает в саморазгружающихся вагонах (гондолах), откуда разгружается в:

- подземные бункеры-хранилища;
- приемную яму (емкость до 200 т);
- специальные устройства, откуда системой непрерывного транспорта перевозится в бункер-хранилище.

Бункеры и закрома снабжаются вибропитателями для подачи кокса на систему ленточных конвейеров к бункеру грохота. Характеристика грохотов для кокса, шихтовых и формовочных материалов приведена в работе [20, с. 205]. Допускается не более одной грейферной перегрузки.

Известняк – с открытых полувагонов или платформ в приемную траншею, откуда грейфером в закрома для хранения.

Песок – так же, как и кокс, емкость приемной ямы – 300...500 т.

Компоновка разгрузочных ям и закровов для песка приведена в работе [17, с. 189].

Сырую глину – с платформы грейфером в приемные ямы, откуда грейфером в закрома.

Характеристика грейферов приводится в работе [16, с. 122].

Нормы размеров пролетов и подъемно-транспортных средств складов шихтовых и формовочных материалов приведены в работах [16, с. 238], [20, с. 202].

Количество магнито-грейферных кранов можно принимать укрупненно из расчета 1 кран на 40...60 м длины склада.

Электрокары и погрузчики рассчитывают по их грузоподъемности с учетом K_n коэффициента недогрузки ($K_n = 0,7...0,75$) и количеству поездов.

Проектирование участков подготовки формовочных материалов

Организационно участки подготовки формовочных 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 ≤ 600 °С, для глинистых ≤ 200 °С до влажности 0,5...1,0 %. Применяют барабанные сушила, сушку в пневмопотоке и сушку в кипящем слое. Производительность сушил дана для начальной влажности 10 % и конечной – 0,5 %.

4. Охлаждение до +30 °С при отсутствии склада сухого песка.

5. Просев через мелкое сито.

Глина или бентонит в кусках проходит следующие операции:

1. Измельчение комков на куски размером 70 × 70 мм.

2. Сушка при температуре 400 °С 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.

Характеристика сушил для песка и глины приведена в работах [16, с. 223], [20, с. 205]; дробилок и мельниц для шихтовых и формовочных материалов – в работе [20, с. 212]; сит – [16, с. 224], [20, с. 204], [72, с. 149, 175–177, 180, 181, 183, 187–189]; охладителей – [72, с. 150].

В отдельных случаях в состав участков подготовки формовочных материалов включаются участки регенерации отработанных смесей. Техничко-экономические показатели регенерационных комплексов приведены в работах [20, с. 208–210] и [21, с. 164].

Проектирование участков подготовки шихтовых материалов

Почти все шихтовые материалы перед поступлением в производство подвергаются подготовительной обработке для придания им удобной формы. Автоматизация транспортных и дозировочных операций требует обычно более мелкой разделки, стабильности формы и массы шихтовых материалов.

Желательно получать все материалы со стороны в готовом виде или пропускать их через скрапоразделочный цех или участок.

Чушковые чугуны разламываются по пережигам 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 с баз Вторчермета. При необходимости разделяются копрами и разрезаются аллигаторными ножницами и газовыми резаками.

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

Техническая характеристика копров для разбивки лома приведена в работах [17, с. 197] и [20, с. 211].

Расчет необходимого количества оборудования по подготовке шихтовых и формовочных материалов производится по формуле:

$$n = \frac{N}{\Phi_d \cdot q},$$

где n – расчетное количество оборудования;

N – годовой расход обрабатываемого материала, т/год, м³/год или шт./год;

Φ_d – годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч/год;

q – производительность оборудования, т/ч, м³/ч или шт./ч.

Выбранное количество оборудования должно обеспечивать $K_3 = 0,7...0,9$.

Если на складе используются винтовые контейнеры (например, для транспортирования глины), расчет винта производится по формуле:

$$q_k^B = 60 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot S_B \cdot n_B \cdot \gamma \cdot \varphi \approx 47 D^2 \cdot S_B \cdot n_B \cdot \gamma \cdot \varphi,$$

где q_k^B – производительность винтового конвейера, т/ч;

D – диаметр винта, м ($D = 0,15...0,60$ м);

S_B – шаг винта, м/оборот. ($S_B \leq D$);

n_B – скорость вращения винта, обор./мин (~50 об./мин – для тяжелых грузов, 90...150 об./мин – для легких);

γ – объемная масса транспортируемого материала, т/м³;

ϕ – коэффициент загрузки конвейера ($\phi \approx 0,3$).

По заданной производительности конвейера подбираются диаметр и шаг винта, устанавливается требуемая длина. При необходимости рассчитывается мощность двигателя привода.

При организации на складе участка подготовка ковшей для жидкого металла, размеры стенов для сушки и нагрева литейных ковшей можно взять из работы [20, с. 214].

Компоновку складов можно проводить после анализа типовых вариантов размещения оборудования на складах [16, с. 212, 228], [17, с. 20–206], [20, с. 197, 200, 203, 217–221].

Литейные цехи обладают большим количеством дорогостоящей оснастки (модели, стержневые ящики, опоки и др.), хранение которых организуется в специально оборудованных складах. Кроме основного склада оснастки, в составе литейных цехов предусматриваются промежуточные склады оснастки, расчет которых рассматривался ранее.

Содержание отчета:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Исходные данные для расчета.
4. Методика и результаты расчета.
5. Обоснование выбора оборудования.
6. Эскиз планировки склада с необходимыми пояснениями.
7. Список использованной литературы в соответствии со ссылками.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит величина запаса материалов на складе?
2. Где и как необходимо хранить шихтовые и формовочные материалы?
3. Как устанавливаются пешеходные проходы на складах?

4. Какие данные, используемые в расчете складов, являются основными?
 5. Как определяется потребность в шихтовых материалах?
 6. Как определяется потребность в формовочных материалах?
 7. Как рассчитывается количество хранилищ?
 8. Какой принимается коэффициент заполнения бункеров?
 9. Как рассчитываются суточные бункеры?
 10. Назовите основные средства механизации складов.
 11. Какие технологические операции могут выполняться на участке подготовки формовочных материалов?
 12. Какой подготовительной обработке подвергаются шихтовые материалы?
 13. Как рассчитывается технологическое оборудование, устанавливаемое на складах?
 14. Как должен располагаться склад шихтовых материалов по отношению к другим отделениям литейного цеха?
- Индивидуальные задания для практических занятий представлены в приложении.

Список использованных источников

1. Отливки стальные. Общие технические условия: ГОСТ 977-88.
2. Отливки из хладостойкой и износостойкой стали. Общие технические условия: ГОСТ 21357-87.
3. Чугун с вермикулярным графитом для отливок. Марки: ГОСТ 28394-89.
4. Чугун антифрикционный для отливок. Марки: ГОСТ 1585-85.
5. Чугун легированный для отливок со специальными свойствами: ГОСТ 7769-82.
6. Сплавы алюминиевые антифрикционные. Марки: ГОСТ 14113-78.
7. Сплавы медно-цинковые (латуни литейные). Марки: ГОСТ 17711-93.
8. Бронзы безоловянные литейные. Марки: ГОСТ 493-79.
9. Сплавы цинковые литейные. Марки: ГОСТ 25140-93.
10. Сплавы цинковые антифрикционные. Марки, технические требования: ГОСТ 21437-95.
11. Цветное литье: справочник / Н. М. Галдин [и др.]; под общ. ред. Н. М. Галдина. – М.: Машиностроение, 1989. – 528 с.
12. Справочник по чугунному литью / под ред. Н. Г. Гиршовича. – М.: Машгиз, 1961. – 800 с.
13. Городничий, Н. И. Литейное производство цветных металлов и сплавов / Н. И. Городничий. – М.: Металлургия, 1989. – 104 с.
14. Колобнев, И. Ф. Справочник литейщика: Цветное литье из легких сплавов / И. Ф. Колобнев, В. В. Крымов, А. В. Мельников. – М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.
15. Гелин, Ф. Д. Металлические материалы: справочник / Ф. Д. Гелин. – Минск: Вышэйшая школа, 1987. – 368 с.
16. Логинов, И. З. Проектирование литейных цехов / И. З. Логинов. – Минск: Вышэйшая школа, 1975. – 320 с.
17. Основы проектирования литейных цехов и заводов / под ред. Б. В. Кнорре. – М.: Машиностроение, 1979. – 376 с.
18. Плавка и литье алюминиевых сплавов: справочное издание / М. Б. Альтман [и др.]. – М.: Металлургия, 1983. – 352 с.
19. Постников, Н. С. Производство литых алюминиевых сплавов / Н. С. Постников, А. В. Мельников. – М.: Металлургия, 1979. – 136 с.
20. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: справочник: в 6 т. / под общ. ред. Е. С. Ямпольского. Т. 2: Проектирова-

ние литейных цехов и заводов / под ред. В. М. Шестопада. – М.: Машиностроение, 1974. – 294 с.

21. Туманский, Б. Ф. Проектирование литейных цехов / Б. Ф. Туманский. – Киев: УМК ВО, 1992. – 192 с.

22. Магниты литые постоянные. Технические условия: ГОСТ 25639-83.

23. Отливки из ковкого чугуна. Общие технические условия: ГОСТ 1215-79.

24. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки: ГОСТ 1412-85.

25. Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки: ГОСТ 7293-85.

26. Отливки стальные по выплавляемым моделям. Общие технические условия: ГОСТ 30153-94.

27. Бронзы оловянные литейные. Марки: ГОСТ 613-79.

28. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия: ГОСТ 1583-93.

29. Сплавы магниевые литейные. Марки: ГОСТ 2856-79.

30. Отливки из высоколегированной стали со специальными свойствами: ГОСТ 2176-77.

31. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки и технические условия: ГОСТ 5632-72.

32. Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые, обрабатываемые давлением. Марки: ГОСТ 432-2006.

33. Оловянно-свинцовые припои в чушках. Технические условия: ГОСТ 21930-76.

34. Припои серебряные. Марки: ГОСТ 19738-74.

35. Чугун передельный. Технические условия: ГОСТ 805-95.

36. Чугун литейный. Технические условия: ГОСТ 4832-95.

37. Ферросилиций. Технические требования и условия поставки: ГОСТ 1415-93.

38. Ферромарганец. Технические требования и условия поставки: ГОСТ 4755-91.

39. Ферросиликомарганец. Технические требования и условия поставки: ГОСТ 4756-91.

40. Феррохром. Технические требования и условия поставки: ГОСТ 4757-91.

41. Ферромolibден. Технические требования и условия поставки: ГОСТ 4759-91.
42. Ферротитан. Технические требования и условия поставки: ГОСТ 4761-91.
43. Феррованадий. Технические требования и условия поставки: ГОСТ 27130-94.
44. Хром металлический. Марки и технические требования: ГОСТ 5905-2004.
45. Марганец металлический и марганец азотированный. Технические условия: ГОСТ 6008-90.
46. Ферросиликохром. Технические требования и условия поставки: ГОСТ 11861-91.
47. Ферробор. Технические условия: ГОСТ 14848-69.
48. Феррониобий. Технические условия: ГОСТ 16773-85Е.
49. Ферровольфрам. Технические требования и условия поставки: ГОСТ 17293-93.
50. Алюминий для раскисления, производства ферросплавов и алюмотермии: ГОСТ 295-98.
51. Алюминий первичный. Марки: ГОСТ 11069-2001.
52. Чушки первичного алюминия. Технические условия: ГОСТ 11070-74.
53. Магний первичный в чушках. Технические условия: ГОСТ 804-93.
54. Сплавы магниевые в чушках. Технические условия: ГОСТ 2581-78Е.
55. Медь. Марки: ГОСТ 859-2001.
56. Катоды медные. Технические условия: ГОСТ 546-2001.
57. Бронзы безоловянные литейные в чушках. Технические условия: ГОСТ 17328-78Е.
58. Бронзы литейные в чушках. Технические условия: ГОСТ 614-97.
59. Латунни литейные в чушках. Технические условия: ГОСТ 1020-97.
60. Сплавы медно-фосфористые. Технические условия: ГОСТ 4515-93.
61. Сплавы цинковые литейные в чушках. Технические условия: ГОСТ 19424-97.
62. Сплавы цинковые антифрикционные в чушках. Технические условия: ГОСТ 21438-95.

63. Цинк. Технические условия: ГОСТ 3640-94.
64. Никель первичный. Технические условия: ГОСТ 849-97.
65. Олово. Технические условия: ГОСТ 860-75.
66. Сурьма. Технические условия: ГОСТ 1089-82Е.
67. Кадмий. Технические условия: ГОСТ 1467-93.
68. Кремний технический. Технические условия: ГОСТ 2169-69.
69. Свинец. Технические условия: ГОСТ 3778-98.
70. Литий. Технические условия: ГОСТ 8774-75.
71. Висмут. Технические условия: ГОСТ 10928-90.
72. Сафронов, В. Я. Справочник по литейному оборудованию / В. Я. Сафронов. – М.: Машиностроение, 1985. – 320 с.
73. Довнар, Г. В. Расчет конвейеров литейных цехов: учеб.-метод. пособие / Г. В. Довнар, М. М. Козел. – Минск: БГПА, 2000. – 62 с.

**Индивидуальные задания для практических занятий
по дисциплине «Проектирование литейных цехов»**

1. **Сплав** – *чугун*, если порядковый номер вашей фамилии в журнале у старосты нечетный, и *сталь* – если четный. Марку выбрать произвольно.

2. **Количество наименований отливок** – 2.

3. **Масса отливок:**

m_1 – порядковый номер вашей фамилии в журнале у старосты (кг);
 m_2 – то же, умноженное на 20 (кг).

4. **Масса ЛПС отливок:** взять произвольно *разные значения* для m_1 и m_2 из интервала 50...100 % от массы отливок (кг).

5. **Годовой выпуск отливок:**

N_1 – год рождения (тыс. шт.);
 N_2 – рост в дм (тыс. шт.).

6. **Брак отливок:**

для первой отливки – количественный состав вашей семьи (%);
для второй отливки – число, соответствующее месяцу вашего рождения (%).

7. **Количество наименований песчано-глинистых стержней для первой отливки:** количество попыток поступления в БНТУ.

8. **Масса стержней для первой отливки:**

первый стержень первой отливки – кол-во детей у ваших родителей (кг);
второй стержень первой отливки (если есть) – ваш рост в дм (кг).

9. **Количество стержней для первой отливки:**

первого наименования: 1, если ваш вес меньше 50 кг; 2, если ваш вес больше 50 кг;

второго наименования: 1, если ваш вес меньше 60 кг; 2, если ваш вес больше 60 кг.

10. Количество наименований стержней для второй отливки:

1 – если последняя цифра вашего года рождения 1, 4, 7;

2 – если последняя цифра вашего года рождения 0, 2, 5, 8;

3 – если последняя цифра вашего года рождения 3, 6, 9.

11. Масса стержней для второй отливки:

первый стержень второй отливки – ваш вес в кг, деленный на 100 (кг);

второй стержень второй отливки (если есть) – то же, деленное на 10 (кг);

третий стержень второй отливки (если есть) – количество лет учебы до БНТУ (кг).

12. Количество стержней для второй отливки:

первого наименования:

1 – если ваш рост 150–160 см;

2 – если 160–170;

3 – если 170–180 и т. д.

второго наименования (если есть):

1 – если ваш вес 40–50 кг;

2 – если 50–60 кг;

3 – если 60–70 кг;

4 – если 70–80 кг и т. д.

третьего наименования (если есть) – 1.

13. Брак стержней:

стержень первого наименования первой отливки – ваш вес в кг, деленный на 100 (%);

стержень второго наименования первой отливки (если есть) – ваш рост в см, деленный на 100 (%);

стержень первого наименования второй отливки – ваш рост в см минус вес в кг, деленный на 100 (%);

стержень второго наименования второй отливки (если есть) –
средний балл учебы за 1-й семестр (%);

стержень третьего наименования второй отливки (если есть) –
средний балл учебы за 2-й семестр (%).

14. Брак форм – средний балл учебы за 3-й семестр (%).

15. Потери формовочной смеси – средний балл учебы за 4-й семестр (%).

Учебное издание

ДОВНАР Геннадий Витольдович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Учебно-методическое пособие
для практических занятий, по курсовому и дипломному
проектированию для студентов специальности
1-42 01 01 «Металлургическое производство
и материаловедение (по направлениям)»

Редактор *А. С. Мокрушников*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 01.10.2020. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 4,07. Уч.-изд. л. 3,18. Тираж 100. Заказ 976.

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