



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Машины и технология литейного производства»

Л. Е. Ровин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к дипломному проекту для студентов
специальности 1-36 02 01 «Машины
и технология литейного производства»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2008

УДК 621.74(075.8)
ББК 30.61я73
Р58

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 3 от 26.07.2007 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Обработка материалов давлением»
ГГТУ им. П. О. Сухого *В. Ф. Буренков*

Ровин, Л. Е.
Р58 Проектирование литейных цехов : метод. указания к диплом. проекту для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» днев. и заоч. форм обучения / Л. Е. Ровин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 45 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-684-4.

Изложены современные требования к проектированию литейных цехов. Рассмотрена последовательность выполнения дипломного проекта, особенности работы над исследовательским проектом. Приведены правила оформления графической и текстовой части дипломного проекта.

Для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.74(075.8)
ББК 30.61я73

ISBN 978-985-420-684-4

© Ровин Л. Е., 2008
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2008

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания предназначены для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» специализаций 1-36 02 01 01 «Техническая эксплуатация литейного оборудования» и 1-36 02 01 04 «Организация и управление литейным производством» дневной и заочной форм обучения. В данном издании изложены цели, задачи и особенности работы над дипломным проектом, как завершающей стадией обучения. Даны рекомендации по выбору перспективных технологических процессов, материалов и оборудования. Приведены требования по оформлению графической и текстовой части дипломного проекта.

Методические указания к дипломному проекту позволят студентам более успешно и рационально организовать работу над проектом, в частности, предложены методики разработки технологической планировки, структурной схемы цеха и т. п.

Данное учебное издание быть использовано при изучении курса «Проектирование литейных цехов», при проведении практических занятий и выполнении контрольных работ.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Современный литейный цех является комплексным автоматизированным производственным объектом (подразделением), включающим ряд самостоятельных переделов. Это плавка, изготовление литейных форм и стержней, финишная механическая обработка отливок и ряд вспомогательных процессов.

Литейная технология позволяет получить практически любое изделие с одной установки, что является высшим уровнем технологии. Специфика литейного производства состоит в организации процесса по принципу работы роторных линий: все участки, все оборудование работают в едином ритме, обслуживая главный объект – автоматическую литейную линию, которая, подобно главному сборочному конвейеру, и производит конечное изделие – отливку.

Основная масса бесчисленных деталей, из которых собраны современные машины, от автомобилей и станков до бытовой техники, изготавливается из литых заготовок. Литьем получают изделия художественного и медицинского назначения (например, коронки для зубов), сантехнического, строительного, дорожного, горного, радиотехнического назначения. При этом используются тысячи сплавов из

черных и цветных металлов, применяются десятки различных технологий, специального оборудования и материалов, используются различные виды энергии и способы физического и химического воздействия на материал.

Литейное производство адаптирует и эффективно использует достижения научно-технического прогресса, открытия в области естественных наук, прежде всего физики, химии, электроники, кибернетики. Учитывая высокую энерго- и материалоемкость производства, литейные цеха необходимо оснащать эффективными средствами защиты окружающей среды от вредных выбросов, в том числе высокодисперсной пыли и токсичных газов.

Выпуск отливок в современных рыночных условиях предполагает высокий уровень подготовки производства и организации труда, квалифицированного экономического обеспечения.

Цель проектирования нового цеха или реконструкции действующего производства – создание производства, которое соответствовало бы по эффективности мировому техническому уровню на момент ввода в эксплуатацию, т. е. через 2–3 года. Это требование предполагает, что и в дипломном проекте студент должен ориентироваться на новые перспективные технологии, оборудование, материалы, средства автоматизации производства и управления, обеспечить высокие экологические параметры и благоприятные условия труда. Главный критерий успешного функционирования производства в рыночных условиях – высокое (лучше – самое высокое) качество продукции. При этом необходимо создать предпосылки для извлечения максимальной прибыли. Условия для максимально возможной прибыли, помимо высокого качества продукции: высокая производительность труда (а не оборудования), минимально возможная (при соблюдении главного требования) себестоимость продукции, минимально возможные капитальные затраты, гибкость производства, снижение удельных энергозатрат и материальных затрат, оперативных запасов сырья, материалов и готовой продукции, достижения минимального (вплоть до нулевого) брака, опережающее использование достижений научно-технического прогресса, оперативное управление, маркетинг и прогнозирование.

Максимально возможная прибыль позволяет реализовать и другие цели: расширение производства за счет захвата новых рынков, повышение заработной платы, улучшение условий труда и т. п.

Проектант должен четко представлять, что обеспечение прибыли за счет снижения или стабилизация ранее достигнутого уровня ка-

чества продукции может принести лишь кратковременный эффект и повлечет неизбежную потерю рынка и крах производства в достаточно близкой перспективе. Поэтому первая задача при разработке проекта – поиск средств и путей повышения качества продукции и только затем – способов снижения себестоимости производства такой продукции.

Дипломное проектирование – это завершающий этап подготовки молодых специалистов. От дипломников требуется хорошая инженерная подготовка и широкая эрудиция, умение работать с информацией, в том числе периодическими специальными изданиями, проспектами фирм и «Интернетом». Учебное проектирование при определенной условности и упрощениях должно, тем не менее, решать те же задачи, что и реальное, требования к которому изложены выше.

Дипломный проект соответствует первой стадии двухстадийной разработки промышленных объектов и включает расчеты материалов и оборудования, разработку технологической планировки цеха (участка), технологического процесса получения типовой отливки, модернизацию и разработку специального оборудования. Расчетная часть проекта включает анализ исходных данных, включая производственную программу, обоснование выбранной технологии, технико-экономические расчеты и сравнительный анализ проектных показателей работы цеха с базовым предприятием. Для студентов специализации 1-36 02 01 04 в дипломный проект включаются также такие разделы как проведение маркетинга, оценка эффективности инвестиций, оценка технического уровня и организации производства отливок, управления качеством и т. п.

Новое направление кооперации в мировой практике литейного производства – специализация и превращение в обособленные предприятия отдельных технологических участков. В качестве таких специализированных производств выступают предприятия, выпускающие стержни, модельную оснастку, формовочные материалы, в том числе регенерат и т. п.

При выборе тем дипломного проектирования возможно отразить подобную тенденцию, задавая вместо традиционного проектирования литейного цеха в целом – проект специализированного производства полуфабрикатов для литейных цехов нескольких заводов, территориально близко расположенных. В этом случае объемы выпуска и номенклатура, например, стержней и соответственно отливок существенно расширятся. Проектируемое предприятие может использовать

новейшее высокоточное оборудование, компьютерные технологии и другие дорогостоящие разработки, обеспечивая высокую рентабельность.

Дипломный проект может быть посвящен решению конкретной научно-исследовательской или опытно-конструкторской задачи. В данном случае проект имеет отличную от типовой структуру. Как правило, дипломные проекты научно-исследовательского характера выполняются на основе результатов, полученных студентами во время выполнения НИРС или участия в НИР кафедры в период обучения. Такой проект должен содержать теоретические и экспериментальные аспекты исследовательской работы, направленной на улучшение технологических или качественных характеристик литейной технологии и оборудования, повышение эффективности и экономичности производства, защиты окружающей среды. Проект должен завершаться конкретными рекомендациями по совершенствованию технологии и оборудования с оценкой экономической эффективности их внедрения в производство.

Многообразие технологий и соответственно цехов, тем не менее, не исключает определенного единства методик проектирования. В данных методических указаниях изложены основные приемы и алгоритмы разработки проектов, которые позволяют организовать эффективную работу над дипломным проектом и успешно защитить его в положенные сроки. При дипломном проектировании необходимо использовать ЭВМ. Помимо стандартных пакетов программ типа «Автокад», «Компас» и др., для разработки конструкторской документации рекомендуется использовать специальные программы для расчета литейной технологии, например «Полигон», программы для расчета элементов оборудования, печей и установок (в специальной части проекта). Компьютерное проектирование не только ускоряет, но и повышает качество проектных решений, создавая возможность сопоставить альтернативные варианты планировки, организации потоков материалов в цехе, варианты технологии отливки, чтобы сократить брак литья, оптимизировать привод, разработать и проиллюстрировать аспекты экономической части проекта. Использование ЭВМ повышает качество оформления графической части и расчетно-пояснительной записки и подтверждает умение пользоваться вычислительной техникой, что является обязательным требованием к современному специалисту.

Дипломный проект является первой самостоятельной инженерной работой молодого специалиста (к началу дипломного проектиро-

вания студент полностью завершает процесс обучения), поэтому указания руководителя и консультантов носят рекомендательный характер, а вся полнота ответственности за принятые решения и качество проекта лежит на его разработчике-студенте.

2. СТРУКТУРА И ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

2.1. Работа над проектом начинается с момента получения студентом индивидуального задания. Как правило, тема дипломного проекта формируется перед началом преддипломной практики. Одновременно назначается руководитель дипломного проекта. Рекомендуется тематику (в общем виде) выбирать студентам заблаговременно, еще в процессе обучения на V (VI – для заочников) курсе. В данном случае, по согласованию с заведующим кафедрой, студент может вести предварительный сбор материалов и проработку отдельных частей проекта, что существенно облегчит работу в период дипломного проектирования.

2.2. После уточнения содержания проекта руководитель (совместно со студентом) составляет индивидуальное задание по дипломному проекту в двух экземплярах, которые подписываются студентом и руководителем и утверждаются заведующим кафедрой. В случае необходимости задание предварительно согласуется и визируется у консультанта по экономической части.

2.3. Во время практики на базовом предприятии студент должен собрать данные по номенклатуре отливок, технологии и оборудованию, получить информацию по организационным, экономическим и экологическим характеристикам, строительной части цеха, образцы маршрутных карт или технологических разработок, включая оснастку на типовые отливки, ознакомиться с перспективами и планами по развитию производства, реконструкции и модернизации оборудования.

2.4. Собрав и обработав информацию, дипломник должен путем сравнительного анализа выбрать наиболее эффективный и прибыльный вариант технологии производства заданной номенклатуры отливок, обеспечивающий высокое качество и, следовательно, конкурентоспособность продукции. В отдельных предусмотренных индивидуальным заданием случаях необходимо выбрать также марку сплава, предусмотреть решение экологических проблем и задач ресурсо- и энергосбережения.

2.5. Необходимо определить оптимальный характер производства (серийность), а при реконструкции – уточнить объем (масштаб) производства, режим работы цеха и годовой фонд времени. При про-

ектировании нового цеха годовой объем производства определяется индивидуальным заданием.

2.6. Комплекс исходных данных, выбор технологических и режимных параметров цеха, типаж основного оборудования и принципиальные вопросы организации работы цеха согласуются с руководителем проекта. Вопросы организационно-экономического характера согласуются с консультантом по экономической части проекта.

2.7. После согласования и уточнения исходных данных целесообразно составить структурную схему (граф) литейного цеха. Пример представлен на рис. 1. Граф цеха уточняется и дорабатывается по ходу работы над проектом и может затем быть представлен в расчетно-пояснительной записке и на плакате в графической части проекта на защите.

2.8. После выбора оптимальных технологии и оборудования. А также составления структурной схемы цеха приступают к расчету цеха, состоящему из расчета потребностей в оборудовании, материалах, оснастке, вспомогательном оборудовании, производственных площадях, внутрицеховом транспорте. Результаты расчетов вносятся в расчетно-пояснительную записку к дипломному проекту.

2.9. На основе результатов расчетов производится разработка технологической планировки цеха или участка. Существуют три основных способа проектирования: графический, плоское и объемное макетирование. Первый – обычный, то есть вычерчивание в едином масштабе проекции оборудования цеха на нулевой отметке (или отметке второго этажа при двухэтажном производственном корпусе), располагается по ходу технологического процесса с учетом взаимосвязей, возможности обслуживания, требований техники безопасности и т. п. Проектирование ведется методом последовательных приближений, что приводит к затратам большого количества времени. Второй способ состоит в изготовлении плоских макетов (проекции) основных установок, машин и вспомогательного оборудования и последующего позиционирования их на координатной сетке (в том же масштабе) в соответствии с технологической схемой. Это позволяет осуществить перебор вариантов технологической планировки, без затрат времени на перечерчивание. Окончательный вариант оформляется как обычный чертеж. Способ плоского макетирования представляется наиболее пригодным при дипломном проектировании. Третий способ – наиболее точный, но и более сложный, так как предполагает изготовление в масштабе объемных макетов оборудования, расстановка которых дает полное представление о проектируемом цехе. Этот способ обычно используют при разработке особо сложных объектов.

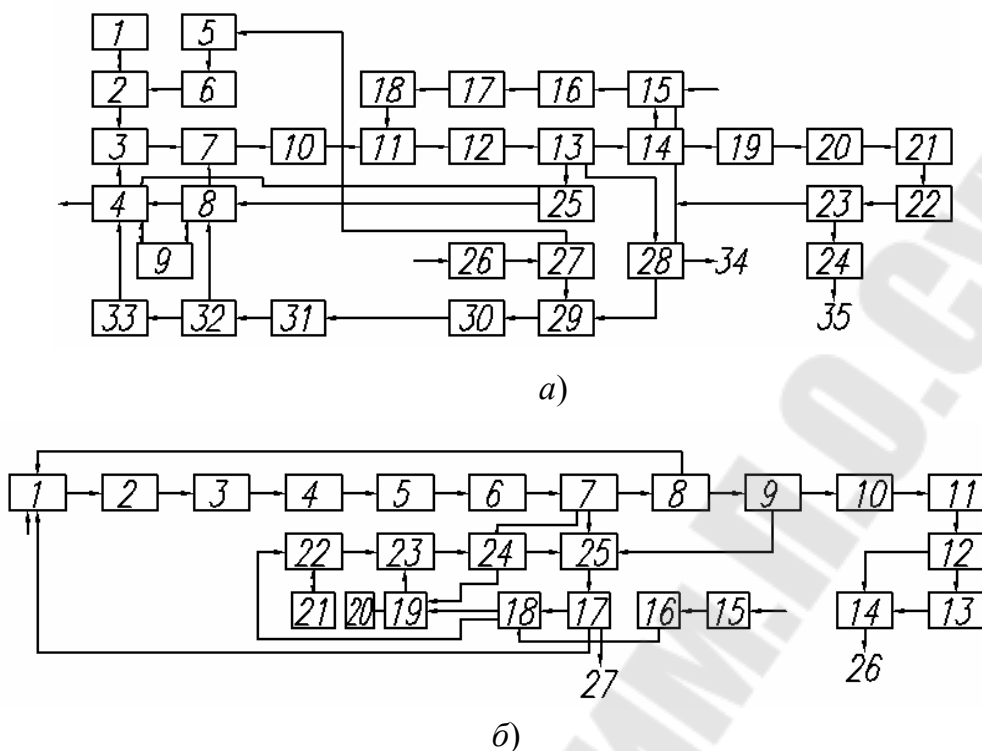


Рис. 1. Структурная схема (граф) литейного цеха:

а – схема изготовления мелких отливок:

1 – хранение стержневых ящиков; 2 – изготовление стержней; 3 – установка стержней; 4 – изготовление «низа»; 5 – хранение формовочных материалов; 6 – изготовление стержневой смеси; 7 – сборка форм; 8 – изготовление верха; 9 – хранение моделей; 10 – загрузка форм; 11 – заливка форм; 12 – охлаждение отливок; 13 – выбивка оливок; 14 – удаление литников; 15 – хранение шихты; 16 – подготовка шихтовых материалов; 17 – плавка; 18 – разливка в ковш; 19 – очистка отливок; 20 – термообработка; 21 – очистка; 22 – очистка; 23 – контроль качества; 24 – окраска, сдача отливок; 25 – опоки; 26 – исходные формовочные материалы; 27 – обработка формовочных материалов; 28 – обработка отработанной смеси; 29 – хранение формовочных материалов; 30 – изготовление формовочной смеси; 31 – отстой смеси; 32 – хранение смеси; 33 – хранение смеси; 34 – в отвал; 35 – на мехобработку;

б – схема изготовления крупных чугунных отливок:

1 – хранение шихты; 2 – подготовка шихты; 3 – плавка; 4 – разливка в ковш; 5 – заливка форм, загрузка; 6 – охлаждение отливок; 7 – выбивка; 8 – отделение литников; 9 – удаление стержней; 10 – термообработка; 11 – очистка; 12 – контроль качества; 13 – исправление дефектов; 14 – окраска, сдача отливок; 15 – исходные формовочные материалы; 16 – подготовка формовочных материалов; 17 – подготовка отработанной смеси; 18 – изготовление смесей; 19 – изготовление форм; 20 – хранение моделей; 21 – хранение стержневых ящиков; 22 – изготовление стержней; 23 – сборка форм; 24 – опоки; 25 – возврат смеси; 26 – на мехобработку; 27 – в отвал

2.10. При реконструкции базового цеха необходимо стремиться произвести замену оборудования с минимальными затратами на перестройку самого здания цеха, то есть вписать новое оборудование в габариты, в частности, площади, занятые заменяемым оборудованием.

2.11. В технологической части выбирается и рассчитывается технология изготовления типовой для данного проекта отливки с обязательным использованием ППП для математического моделирования техпроцесса в трехмерном пространстве, определения параметров заливки и возможных видов брака. Проводится обычно расчет нескольких вариантов литниковых систем, режимов заливки и кристаллизации сплавов с целью выбора бездефектного технологического процесса.

2.12. В специальной части необходимо рассчитать и разработать новое и модернизировать действующее оборудование. Как в технологической, так и специальной части студент может в качестве основы использовать материалы курсовых проектов по технологии литейной формы, оснастке, оборудованию литейных цехов.

2.13. Данные, полученные в результате расчетов цеха, разработки специальной и технологической части проекта являются основой для проведения технико-экономического анализа полученных решений и выполнения экономической части проекта (объем в расчетно-пояснительной записке до 30 листов). Экономическая часть выполняется в соответствии с методическими указаниями и под руководством консультанта по данному разделу дипломного проекта. Как правило, итоговые показатели, характеризующие достигнутые в проекте экономические показатели в сравнении с базовым предприятием, представляются на защите в виде таблицы на плакате (формат А1).

2.14. Экономическая часть дипломного проекта для специализации 1-36 02 01 04 «Организация управления литейным производством» имеет существенные отличия как по объему (до 40 листов), так и по содержанию. В этой части студенты специализации 1-36 02 01 04 проводят анализ технического уровня базового предприятия, структуры управления качеством, снабжением, сбытом продукции, организации работы цеха, анализ эффективности инвестиций при проектируемой реконструкции, эффективности нового оборудования или технологического процесса. Тематика определяется индивидуальным заданием. Как правило, результаты разработки экономической части представляются на защите на 4–6 плакатах, содержащих таблицы, диаграммы и графики.

2.15. После завершения дипломного проектирования рекомендуется составить реферат объемом 3–4 страницы, в котором кратко излагается содержание дипломного проекта, приводятся данные по модернизации оборудования и технологии, основные технико-экономические характеристики.

2.16. После завершения работы над дипломным проектом (оформления расчетно-пояснительной записки и графической части проекта) студент предоставляет проект для окончательной проверки и подписания консультантам и руководителю. После подписания проект передается на проверку нормоконтролеру, назначенному кафедрой. Для проверки проекта студент должен предусмотреть 7–10 дней и, кроме того, зарезервировать несколько дней для исправления замечаний.

2.17. За 12–15 дней перед защитой назначается проверка кафедрой готовности проекта, так называемая «предварительная защита». К «предварительной защите» студент должен подготовить законченный проект и доклад о содержании проекта. Кафедра или комиссия, назначенная кафедрой, заслушивает сообщение студента, определяет качество проекта, степень готовности и решает вопрос о допуске его к защите. В случае выявления несоответствия объема, качества разработки технических вопросов или оформления дипломного проекта кафедра принимает решение о возможности доработки тех или иных аспектов. В случае неудовлетворительной работы студента над дипломным проектом кафедра принимает решение о не допуске к защите и информирует об этом деканат и ректорат.

2.18. В процессе подготовки к защите студент должен уделить особое внимание подготовке доклада перед Государственной экзаменационной комиссией (ГЭК), а также изучить замечания, содержащиеся в отзыве руководителя и рецензии, и подготовить аргументированные ответы на них.

Защита дипломного проекта является важнейшим этапом всего процесса дипломного проектирования, так как оценка результатов защиты производится не только по содержанию и качеству оформления представленного материала, но и по умению дипломника доказать членам ГЭК обоснованность полученных результатов или принятых решений, аргументированно и правильно ответить на вопросы и замечания рецензента и членов ГЭК, продемонстрировать уровень теоретической подготовки.

Следует обратить внимание на язык и стиль доклада, методику изложения материала и его увязку с демонстрационными чертежами и плакатами.

2.19. В коротком (не более 10–12 мин), но содержательном докладе, пользуясь демонстрационными материалами (плакатами), необходимо сжато изложить следующее:

- назвать тему дипломного проекта (работы) и обосновать целесообразность ее разработки – до 0,5 мин;

- показать особенности разработанной планировки цеха, кратко отразить достоинства заложенного в проект современного технологического и транспортного производственного оборудования, а также средств механизации и автоматизации производства – до 4 мин;

- охарактеризовать технологическую часть и ее особенности, подчеркнуть заложенные в ней прогрессивные решения – до 2 мин;

- охарактеризовать назначение и конструкцию установки (механизма), разработанной в специальной части проекта, подчеркнув при этом выполненный расчет, компоновочные решения или другие элементы личного творчества – до 2 мин;

- в заключение кратко остановиться на некоторых технико-экономических показателях проектируемого цеха, а в случае проекта реконструкции – на сравнительных технико-экономических показателях до и после реконструкции – до 1 мин.

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

3.1. В дипломных проектах (работах) с достаточной полнотой и необходимой логической последовательностью должны быть решены вопросы разрабатываемой темы. Содержание и объем расчетно-пояснительной записки и графической части дипломных проектов (работ) определяется заданием.

3.2. Для проектов, при защите которых демонстрируются модели (макеты) спроектированного студентом оборудования или образцы отливок, полученных по разработанному технологическому процессу, допускается некоторое уменьшение объема графической части.

3.3. Дипломные проекты по специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» включают расчетно-пояснительную записку объемом до 120 страниц и графическую часть объемом 10–12 листов стандартного формата согласно ГОСТ 2.301–68 (СТ СЭВ 1181–78).

3.4. Примерный перечень разделов расчетно-пояснительной записки, их ориентировочный относительный объем и распределение графического материала по отдельным разделам дипломного проектирования представлены в табл. 1. Приведенная структура дипломного проекта может быть изменена руководителем проекта по согласованию с заведующим кафедрой при разработке и утверждении задания по дипломному проектированию.

Таблица 1

Примерная структура дипломного проекта

| Наименование разделов расчетно-пояснительной записки | Относительный объем, % | Графическая часть, количество листов |
|------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Содержание | 1–2 | – |
| Введение | 2–3 | – |
| 1. Расчет цеха | 35–40 | 1–2 |
| 2. Технологический раздел | 20–25 | 5 |
| 3. Специальный раздел | 20–25 | 4–5 |
| 4. Организационно-экономический раздел | 30–40 | 1–5 |
| 5. Охрана труда | 5–8 | – |
| 6. Экологический раздел | 5–7 | – |
| Список использованных источников | 1–2 | – |
| Приложения | – | – |

3.5. Содержание должно содержать заголовки всех разделов и номера страниц, на которых они начинаются. В содержание включают заголовки разделов, подразделов и пунктов. Изменения или сокращения заголовков не допускаются.

3.6. Введение должно содержать четкий и сжатый анализ и оценку решаемой проблеме, отражать ее актуальность, обоснованно аргументировать необходимость проектирования нового или реконструкции существующего цеха.

3.7. Расчет цеха включает:

- анализ производственной программы цеха, характеристику отливок по массе, серийности, литейным сплавам и технологическим потокам изготовления;
- обоснование принятого режима работы цеха, фондов времени рабочих и оборудования;

– расчет плавильного отделения с составлением баланса металла по маркам и технологическим потокам и ведомости расхода шихтовых материалов; расчет и характеристика выбранных плавильных агрегатов; расчет потребного количества разливочных ковшей по технологическим потокам;

– расчет формовочного отделения; производственные программы отдельных технологических потоков (формовочных линий); описание работы отделения; расчет выбранного оборудования для технологических потоков изготовления форм; расчет протяженности выбранных транспортных средств; расчет производственных и вспомогательных площадей;

– расчет стержневого отделения; производственная программа отдельных технологических потоков; описание работы отделения; расчет выбранного технологического и производственного оборудования;

– расчет смесеприготовительного отделения; расчет потребного количества исходных материалов, а также формовочных и стержневых смесей по технологическим потокам формовочного и стержневого отделений; описание работы отделения; расчет выбранного технологического и транспортного оборудования отделения;

– расчет очистного отделения; производственная программа по отдельным технологическим потокам; описание работы всего отделения и участка по исправлению дефектов отливок; расчет выбранного технологического и транспортного оборудования отделения;

– расчет площадей складов шихты и формовочных материалов; расчет выбранного технологического и транспортного оборудования отделения. Обоснование целесообразности принятого технологического процесса регенерации отработанных смесей.

В случае применения в проекте комплексных автоматических, включающих оборудование для подготовки формовочных материалов и смесеприготовления, централизованное смесеприготовительное отделение не выполняется.

3.8. Технологический раздел должен содержать следующие этапы проектирования литейной технологии:

– описание отливок (1–2 шт.), являющихся типовыми для проектируемого (реконструируемого) цеха, их назначение и условия эксплуатации литых деталей; характеристика литейного материала – его химический состав, режимы термической обработки, структура и механические свойства отливок;

– эскизы отливок с указанием плоскости разъема формы, величины припусков на механическую обработку, границ стержней и стержневых знаков, мест установки прибылей, холодильников и подвода металла к отливке в соответствии с ГОСТ 26645–85; выбор типа и расчет литниковой системы по методикам, рекомендуемым кафедрой;

– описание технологического процесса изготовления отливок на базе современных достижений литейной техники и технологии с приведением последовательности отдельных операций и их параметров; составы и физико-механические свойства формовочных и стержневых смесей и противопригарных покрытий.

Если в качестве типовых используются отливки, изготавливаемые в действующих литейных цехах по штатной технологии, дипломник должен критически пересмотреть этот технологический процесс и внести свои коррективы с учетом современных достижений литейной технологии.

3.9. Специальный раздел включает проектирование или модернизацию технологического, плавильного или транспортного оборудования, разработку средств механизации или систем автоматизации производства:

3.9.1. Раздел следует начинать с описания особенностей конструкции установки (механизма), ее назначения и принципа работы. Обязательным являются инженерные расчеты – гидравлические, кинематические, определение мощности привода и др.;

3.9.2. При использовании в проекте применяемых в производстве установок (механизмов) дипломник обязан подробно описать все элементы личного творчества, внесенные им в эту установку (механизм), например, изменение конструкции с целью увеличения производительности установки в соответствии с расчетными данными; мероприятия по увеличению надежности ее работы и т. д.

3.10. Организационно-экономический раздел составляется в виде самостоятельной части расчетно-пояснительной записки, в которой приводятся технико-экономические расчеты, выполненные в соответствии с заданием, выданным кафедрой «Экономика и управление в отраслях» и методическими указаниями по дипломному проектированию, разработанные этой кафедрой.

3.11. Охрана труда. В данном разделе должны быть сформулированы мероприятия по безопасности работ в цехе и оздоровлению труда рабочих, а также все необходимые расчеты, выполненные в соответствии с заданием консультанта по охране труда.

3.12. Экологический раздел. В разделе следует проанализировать уровень вредного воздействия проектируемого цеха на окружающую природу, сформулировать мероприятия, предусмотренные в проекте, по охране окружающей среды, оценить принятые в проекте меры по снижению вредного воздействия и их эффективность, сопоставить ожидаемый уровень вредных выбросов в атмосферу и водную среду с допустимыми санитарными нормами.

3.13. Список использованных источников должен содержать не менее 12–15 наименований литературы, на которую имеются ссылки в тексте расчетно-пояснительной записки.

3.14. Приложения. При необходимости в данном разделе приводятся справочные и вспомогательные материалы дипломного проекта: программы и распечатки машинного счета на ЭВМ, технологические карты, спецификации и т. п.

4. ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Оформление расчетно-пояснительной записки должно соответствовать требованиям единых систем конструкторской и технологической документации (ЕСКД и ЕСТД), а также нормативно-технической документации (НТД).

4.1. Общие указания.

4.1.1. Пояснительная записка. Должна быть сброшюрована в папки формата А4 (297 x 210 мм) по ГОСТ 2.301–68 или потребительского формата, близкого к формату А4 (по ГОСТ 9327–60). На папках должны быть наклеены этикетки (60 x 100 мм) с указанием аббревиатуры вуза, вида документа, кода учебной группы и специальности, автора проекта (работы) и года окончания его выполнения.

4.1.2. Обязательные элементы записки.

Они должны располагаться в следующем порядке:

- а) титульный лист, который оформляют на специальном бланке;
- б) задание по дипломному проекту (работе);
- в) содержание;
- г) введение;
- д) основная часть в соответствии с утвержденным заданием на дипломный проект и структурой дипломного проекта (табл. 1);
- е) список использованных источников;
- ж) приложения – при необходимости.

Отзыв руководителя проекта (работы) и рецензию не вшивают, а просто вкладывают в записку перед титульным листом.

4.1.3. Текст записки. Его пишут аккуратно от руки чернилами (пастой) одного цвета на одной стороне листа формата А4 (297 x 210 мм) по ГОСТ 2.301–68 или с использованием любого вида печати через полтора интервала. Допускается применение отдельных листов формата А3 (420 x 297 мм) для таблиц и эскизов.

Текст располагают на листе с соблюдением следующих размеров полей: левое – 20 мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм. Формулы, латинские и греческие буквы в машинописный текст вписывают от руки только черными чернилами (пастой).

Начиная с содержания, все листы, в том числе иллюстрации и приложения, нумеруют в нижней части арабскими цифрами без дополнительных знаков. На титульном листе и бланке задания номер не ставят.

4.1.4. Нумерация и заголовки. Текст записки делят на разделы, подразделы (объем не менее 2–3 страниц каждый) и пункты, которые в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105–95 нумеруют арабскими цифрами, разделенными точками. При этом цифры означают последовательно порядковый номер раздела (в пределах всей записки), подраздела (в пределах каждого раздела) и пункта (в пределах каждого подраздела). Например, номер 3.1.2 означает второй пункт первого подраздела третьего раздела. После номера ставят точку.

Разделы и подразделы снабжают заголовками обязательно, пункты – по необходимости. Слова «СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», выполненные на отдельной строке прописными буквами, должны служить заголовками соответствующих разделов и не нумеруются.

Заголовок пишут непосредственно вслед за номером, не подчеркивают и слова в нем не переносят. После заголовка на странице должно быть не менее двух строк текста.

Заголовок раздела пишут прописными буквами посередине строки, отступив на 15 мм от верхнего поля листа. Заголовок подраздела пишут строчными буквами (кроме первой прописной), номер подраздела не должен выступать за границу абзаца.

Расстояние между заголовками раздела и подраздела, а также между заголовком и последующим текстом должно быть 10 мм; между последней строчкой текста и последующим заголовком подраздела – 15 мм.

Точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Номер пункта начинается с абзаца; если пункт имеет заголовок, то в его конце ставят точку, а текст пункта начинают непосредственно вслед за его заголовком.

Каждый подпункт в пределах пункта должен начинаться с новой строки со строчной буквы и обозначаться строчными буквами русского алфавита со скобкой. В конце подпункта, если за ним следует еще подпункт, ставят точку с запятой, например:

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Общие условия проведения работы.

2.2. Характеристика применяемых материалов.

2.2.1. Формовочные материалы. Для изготовления литейных форм и стержней в лабораторных условиях...

2.2.2. В качестве шихтовых материалов для выплавки стали 110Г13Л применяли:

а) лом стальной углеродистый марки...;

б) ферромарганец доменный марки Мн 6;

в) ферромарганец низкоуглеродистый марки ФМн 1,0;

г).....

4.2. Специальные указания.

4.2.1. Терминология. Во всей записке необходимо соблюдать единство терминологии. Применительно к процессам литейного производства терминология должна отвечать требованиям ГОСТ 18169–86.

4.2.2. Единицы физических величин. Разрешается применять только Международной системы (СИ) и единицы, допущенные к применению наравне с единицами СИ, а также десятичные кратные и дольные от них.

При выполнении расчетов обозначения единиц помещают после конечного результата вычисления:

$$V = \varphi \cdot \sqrt{2gH} = 0,97 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,834} = 5,82 \text{ м/с.}$$

4.2.3. Числа и знаки в тексте. Однозначные числа в косвенных падежах рекомендуется писать в буквенной форме: одного, двух и т. д.; крупные круглые числа – по типу: 20 млн; простые дробные – по типу: 1/3, 2/5, десятичные: 0,1; 0,02 или $1 \cdot 10^{-1}$; $2 \cdot 10^{-2}$.

Количественные числительные, обозначаемые цифрами, пишут без падежных окончаний: из 10 опытов, в 12 случаях.

Порядковые числительные, обозначаемые цифрами, приводят с однобуквенным окончанием, если предпоследняя буква числитель-

ного – гласная (например, 5-я) и с двухбуквенным, если эта буква – согласная (например, 5-го). Окончание не наращивают при написании дат. При перечислениях окончания наращивают только у последнего числительного: 3, 5 и 7-я позиция. Сложные прилагательные (числительное + единица) следует писать: 3-тонный, 10-литровый.

Диапазон значений величины указывают по типу: от 5 до 15; от минус 5 до минус 15 (но не минус 5–15). Обозначение единицы приводят один раз: 2,5 и 8 мм; от 5 до 15 с; 20 x 40 x 80 мм.

Математические знаки =, <, > и другие в тексте передают словами «равно», «меньше», «больше» и т. п.

4.2.4. Таблицы (ГОСТ 2.105–95). Все таблицы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела, кроме приложений, снабжают их заголовками и располагают сразу после первого упоминания в тексте. Таблицы в каждом приложении нумеруют отдельно.

Таблицы и все записи в них располагают на листе так, чтобы их можно было читать, не поворачивая пояснительную записку. В рукописных таблицах наличие горизонтальных и вертикальных линий обязательно. Диагональные линии в головке боковика не допускаются. В случае если не возможно разместить таблицу вертикально, то допускается печать таблицу на большей стороне листа формата А4 таким образом, чтобы читать ее можно было бы путем поворота против часовой стрелки.

При необходимости переноса таблицы на следующую страницу над таблицей пишут «Продолжение табл. ...».

Слова «Таблица» пишут над заголовком таблицы.

Все заголовки и подзаголовки (за исключением подзаголовков, составляющих одно предложение с заголовком) начинают с прописной буквы. Заголовки граф указывают в единственном числе, все слова дают без сокращения. Сокращенные обозначения физических величин (кг, мм и т. д.) указывают после заголовков граф или после наименований в боковике. Слово «не более» или «не менее», «в пределах» помещают после обозначения единиц.

Вместо отсутствующих данных ставят прочерк. Дробные числа приводят в виде десятичных дробей.

4.2.5. Иллюстрации. Рисунки, схемы и графики выполняют тушью или карандашом с помощью чертежных инструментов или печатью на ЭВМ на листах белой бумаги формата не менее А4. Фотографии и осциллограммы наклеивают на такие же листы.

Иллюстрации нумеруют в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32–2001 (раздел 4), ГОСТ 2.105–95 в пределах раздела,

например: Рисунок 1.3, Рисунок 3.2 и т. д. и размещают вслед за листом текста, на котором они упоминаются в первый раз.

Каждую иллюстрацию снабжают наименованием, отражающим ее конкретное содержание. Части оной иллюстрации, представляющие собой упоминаемые в тексте отдельные изображения, обозначают: а), б) и т. д., причем эти обозначения располагают слева от изображения или под ним.

На иллюстрациях не следует применять текстовые надписи. Детали изделий и другие элементы нумеруют арабскими цифрами. Номера позиций располагают у линий-выносок без полоч в возрастающем (по часовой стрелке, слева направо, сверху вниз) порядке. В тексте или непосредственно под наименованием иллюстрации поясняют все обозначения, имеющиеся на иллюстрации.

При оформлении графиков, являющихся наиболее наглядным способом передачи информации читателю, необходимо руководствоваться следующими правилами:

а) на осях координат графиков помещают шкалы, указывают принятые в тексте обозначения величин и их единиц; стрелки на концах осей, как правило, не ставят;

б) отметки шкалы наносят через 5–20 мм, числа отсчета представляют не у каждой отметки, а так, чтобы они не сливались и не уменьшали удобства пользования графиком; при этом применяют, как правило, такие кратные или дольные единицы СИ, чтобы числа отсчета были не более, чем трехзначными;

в) чтобы различать кривые, их вычерчивают разными линиями (непрерывной, штриховой, тонкой, жирной и т. п.) или нумеруют арабскими цифрами, располагая их у линий-выносок без полоч. Различия кривых обязательно поясняются в подписи к графику;

г) характерные точки графиков (результаты эксперимента, точки перегиба и т. д.) обозначают кружком; для различных кривых допускается применять фигурные точки (в виде квадратов, треугольников, крестиков и др.). Точки, соответствующие экспериментально полученным значениям величин, как правило, не соединяют между собой, а проводят между ними плавную кривую по закону, вид которого определяют на основе априорно известных сведений или при математической обработке результатов экспериментов;

д) на графиках, поясняющих только характер изменения функции, а не количественную взаимосвязь величин, координатную сетку не приводят, а положительное направление изменения величин обозначают стрелками на концах координатных осей.

При использовании в качестве иллюстраций графиков и диаграмм необходимо следовать требованиям ГОСТ 2.319–81, ГОСТ 1.5–2001.

4.2.6. Ссылки. В соответствии с ГОСТ 7.1–84 литературные источники (книги, статьи, патенты, авторские свидетельства и т. д.) нумеруют арабскими цифрами в порядке появления в тексте ссылок на них. Номер источника заключают в квадратные скобки (без буквы «Л»).

4.2.7. Список использованных источников. Оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1–2003.

Примеры библиографического описания документа:

1. *Одного–трех авторов*

Иванов, В. Н. Словарь-справочник по литейному производству. – Москва : Машиностроение, 1990. – 384 с.

Рогачев, А. В. Восстановление и повышение износостойкости деталей машин : учеб. пособие / А. В. Рогачев, С. С. Сидорский. – Гомель : БелГУТ, 2004. – 343 с.

Луговцов М. Н. Проектирование железнодорожных станций и узлов : учеб. пособие для студентов транспортных вузов / М. Н. Луговцов, В. Я. Негрей, А. А. Подкопаев. – Гомель : БелГУТ, 2004. – 159 с.

2. *Четырех и более авторов*

Лабораторные работы по технологии литейного производства / А. В. Курдюмов [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1990. – 272 с.

3. *Книга без авторов (под заглавием)*

Комплектные теристорные электроприводы : справочник / под ред. В. М. Перельмутера. – Москва : Энергоатомиздат, 1988. – 175 с.

Знаки препинания и разделительные знаки (двоеточие, косую черту, точку, тире и другие) следует применять так, как указано в вышеприведенных примерах настоящего пункта.

4. *Статью из сборника* описывают с указанием сведений об этом сборнике и страниц, на которых статья напечатана, например:

Войтешенко, Б. С. Сущностные характеристики экономического роста / Б. С. Войтешенко, И. А. Соболенко // Беларусь и мировые экономические процессы : науч. тр. / Белорус. гос. ун-т ; под ред. В. М. Руденкова. – Минск, 2003. – С. 132–144.

5. *Статью из журнала* описывают, указывая заглавие журнала, год издания, номер и страницы, на которых статья напечатана, например:

Илларионов, И. Е. Влияние физико-химической активации на свойства фосфатных смесей / И. Е. Илларионов // Литейное производство. – 1990. – № 11. – С. 16–18.

6. *Описания стандартов и других видов научно-технической документации* должны содержать обозначения и заглавные документы, например:

ГОСТ 7293–85. Отливки из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Общие технические условия.

РД 40. РСФСР–050–87. Проекты (работы) дипломные и курсовые. Правила оформления.

В описании патентных документов приводят наименование вида документа, его номер, страну, выдавшую документ, его заглавие, сведения об авторах, дату публикации или выдачи документа.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

Графическая часть включает, как правило, два типа материалов – техническую документацию (ТД) и демонстрационные листы (плакаты).

В соответствии с ГОСТ 2.102–68 в состав ТД входят чертежи (общих видов, деталей, сборочные), схемы (электрические, гидравлические, кинематические и др.) и спецификации. Эта часть графического материала выполняется в строгом соответствии со стандартами ЕСКД, ЕСТД, ЕСПД и др.

Второй вид графических материалов включает демонстрационные листы-таблицы, графики, диаграммы, номограммы и т. п., которые могут выполняться в карандаше или с применением красок, цветной туши или фломастеров, а также с помощью ЭВМ.

5.1. Проект цеха (участка) обычно включает 2 чертежа с планировкой и вертикальным разрезом. При разработке планировочных решений необходимо руководствоваться правилами выполнения строительных документов, регламентированных ГОСТ 2.801–74...2.857–75.

5.2. Технологический раздел дипломного проекта включает, как правило, 3–4 чертежа следующего содержания:

а) чертеж литого изделия с нанесенными модельно-литейными указаниями в соответствии с ГОСТ 3.1125–88, который в индивидуальном и мелкосерийном производстве представляет собой основной технологический документ, определяющий все особенности технологического процесса и являющийся основой для проектирования и изготовления модельного комплекта и выбора оснастки;

б) при машинной формовке по моделям, как правило, выполняют чертеж модельной плиты со смонтированными на ней моделями отливок, литниковой системы и спаривающих устройств; в иных случаях задание может предусматривать чертежи стержневых ящиков;

в) чертеж литейной формы в сборе в соответствии с ГОСТ 3.1125–88, который должен давать представление о расположении стержней, литниковой системы, холодильников, прибылей, выпоров. Для этого вычерчивают минимально необходимое число разрезов формы с тем, чтобы можно было собрать форму, не прибегая к помощи чертежа отливки.

5.3. Специальный раздел включает 3–5 чертежей, отражающих общие виды установок (механизмов), сборочные единицы и детали или структурные, функциональные и принципиальные схемы автоматизации литейного оборудования. Виды и типы схем, а также общие требования к их выполнению определены ГОСТ 2.701–84.

5.4. К демонстрационным (поясняющим) материалам относятся диаграммы, графики, номограммы, таблицы и фотоснимки, используемые в процессе доклада перед ГЭК.

Числовые данные удобно систематизировать в виде таблиц.

На плакатах допускается не выполнять рамку и основную надпись и можно применять линии, утолщенные по сравнению с установленными ГОСТ 2.303–68, а также использовать тушь, фломастеры, краски. Угловой штамп с росписями допускается в этом случае выполнять на обратной стороне листа в правом нижнем углу.

Демонстрационные материалы должны иметь краткий заголовок, располагаемый посередине верхней части листа. На свободных участках листа допускается размещать пояснительный текст.

Особое внимание необходимо уделить единообразию выполнения всех демонстрационных листов.

Весьма желательным дополнением к демонстрационным материалам являются представленные на защите модели и макеты спроектированного студентом оборудования, а также образцы отливок, изготовленных по разработанному технологическому процессу.

Вопросы, подлежащие расчету и разработке при проектировании отделений литейного цеха:

1. Плавильное отделение: материал изготавливаемых отливок, его состав и свойства, баланс металла, расход шихтовых материалов на годовую программу, обоснование и выбор способа плавки и пла-

вильного агрегата, расчет количества плавильных печей и миксеров, подготовка шихты, в том числе подогрев, выбор способа набора и транспортировки шихты, загрузки шихты в печь, определение емкости и парка ковшей, оборудование для ремонта ковшей и стенды для разогрева, автоклавы и стенды для внепечной обработки сплава, системы грануляции шлака, системы очистки и обезвреживания выбросов, занимаемые площади, включая вспомогательное оборудование и, как правило, лабораторию экспресс-анализа.

2. Смесеприготовительное отделение: тип смеси и обоснование выбора, состав смеси и ее свойства, расход формовочных материалов и смесей на программу, оборудование для подготовки формовочных материалов и приготовления смеси, обоснование выбора типа смесителя, устройство, принцип работы и его техническая характеристика, механизация и автоматизация процесса, в том числе: способы дозирования сыпучих и жидких компонентов смеси, определение влажности смеси в процессе ее автоматического приготовления, описание работы смесителя периодического действия в автоматическом режиме, способ автоматического распределения смеси по бункерам формовочных машин (смесеприготовительное отделение).

3. Формовочное отделение (стержневое): обоснование и выбор способа изготовления форм (стержней), описание технологического процесса, материал отливок, тип и состав смеси, расчет количества форм (стержней), масса отливок и размеры опок (стержневых ящиков), технологическое и транспортное оборудование (линии) для изготовления форм (стержней), расчет его количества, техническая характеристика, механизация и автоматизация процессов, тип и количество сушил для сушки форм (стержней), расчет площади формовочного плаца (формовочное и стержневое отделения).

4. Участок финишной обработки: мощность отделения финишной обработки отливок; технологические потоки очистки отливок по массе; технологическое и транспортное оборудование (по каждому потоку) для удаления стержней, литников, выпоров, прибылей, очистки поверхности, обрубки и зачистки заливок, его техническая характеристика, расчет количества, механизация и автоматизация очистки отливок (отделение финишной обработки отливок).

Обозначение разбивочных осей здания (осей колон) производят в следующем порядке: по оси ординат – снизу вверх заглавными буквами русского алфавита (кроме букв «З» и «О»), по оси абсцисс – сле-

ва направо последовательно арабскими цифрами. На плане проставляются основные размеры здания (длина, ширина, шаг колонн и другие). Разрез должен проходить по характерным участкам с вертикальной привязкой оборудования к конструктивным элементам здания.

6. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА

Производственная программа является основанием для разработки технологической части проекта. Имея программу, приступают к ее анализу, цель которого – определение характера намечаемого производства. Для этого все отливки разбивают на группы по массе и сложности их изготовления. Расчет программы может производиться по табл. 2 и 3. Выбор способа изготовления отливок производится после тщательного анализа программы и зависит от габаритов, массы отливок, рода металла, серийности, масштаба производства.

Таблица 2

Программа литейного цеха

| Изделия | Годовой выпуск, шт. | Масса готовых деталей | | Масса отливок | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| | | на одно изделие, кг | на годовую программу, т | на одно изделие, кг | на годовую программу, т |
| Перечень изделий: 1) изделие А 2) изделие В 2) изделие С Итого..... Запасные части Поставка по кооперации Отливки для нужд завода (цеха) | | | | | |
| Итого (например) | | | | | 32000 |

Распределение программы по группам массы

| Группа отливок по массе, кг | Количество отливок в год | | | |
|-----------------------------|--------------------------|------|-------|-------------------------------|
| | наименований | штук | тонн | процент к общей массе отливок |
| Легкие: | | | | |
| до 5 | | | | |
| 5–10 | | | | |
| 10–50 | | | | |
| 50–100 | | | | |
| Средние: | | | | |
| 100–500 | | | | |
| 500–1000 | | | | |
| Крупные: | | | | |
| 1000–5000 | | | | |
| | | | | |
| Итого (например) | | | 32000 | |

Примечание. Полученный выпуск 32000 т годных отливок должен быть увеличен на процент брака по вине механического и литейного цехов. Рекомендуется величину суммарного брака брать 2–3 %.

Различаются три вида производственной программы: точная, приведенная, условная. Точная программа применяется при проектировании литейных цехов крупносерийного и массового производства с устойчивой и ограниченной номенклатурой литья. К ней прилагаются спецификация и технологические карты на литые детали. Расчеты в этом случае удобно вести по табл. 4, 5 и 6, если число наименований отливок не более 40.

Таблица 4

Точная (поддетальная) программа выпуска отливок

| Наименование отливок | Масса одной отливки, кг | Годовая программа выпуска отливок | | | | | |
|----------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|---|-------|---|
| | | на основную программу | | на запасные части (принять в %) | | всего | |
| | | шт. | т | шт. | т | шт. | т |
| | | | | | | | |

Таблица 5

**Подетальная ведомость расчета формовочного отделения
массового производства**

| Наименование отливки | Количество отливок на годовую программу с учетом брака, шт. | Количество отливок в форме, шт. | Количество форм на годовую программу, шт. | Размер опок в свету, мм | Расход формовочной смеси | | Модель (тип) формовочного оборудования |
|----------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------|----------------------------------------|
| | | | | | на годовую программу, т | на одну форму, кг | |
| | | | | | | | |

Таблица 6

**Подетальная ведомость расчета стержневого отделения
массового производства**

| Наименование отливки | Количество стержней, шт. | | Количество стержней в одном ящике, шт. | Годовое количество съёмов, шт. | Тип стержневой машины | Расход стержневой смеси | |
|----------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
| | в форме | в год с учетом брака | | | | на один стержень, кг | в год, т |
| | | | | | | | |

Приведенная программа характерна для цехов серийного производства номенклатурой до 500 наименований при повторяемости не ниже 200 шт. в год по одной отливке. Расчет проекта по приведенной программе производится в следующих случаях: 1) номенклатура известна, но очень обширна; 2) чертежи и спецификация имеются только на часть подлежащих изготовлению отливок. В таких случаях приведенная программа включает не всю номенклатуру, а так называемые типовые детали-представители, имеющие наибольшую долю (25–50 %) в программе выпуска, аналогичные по массе, сложности, трудоемкости технологическому процессу. Пересчет заданной программы на приведенную производится по группам массы с помо-

щью переводных коэффициентов. Переводной коэффициент определяется отношением суммарной массы всех отливок заданной программы к массе отливки, принятой за типовую. В табл. 1 приведен пример пересчета на заданную программу в 32 тыс. т отливок в год. Группа отливок массой до 25 кг имеет 4 наименования с годовым выпуском по заданной группе 75 т. В качестве детали-представителя выбран кронштейн массой 20 кг с выпуском 1500 шт. и 30 т в год. Переводной коэффициент $75 : 30 = 2,5$. Приведенное годовое количество по данной группе равно 3750 шт. Так, при необходимости рассчитывается каждая группа отливок по массе.

Условная программа характерна для литейных цехов единичного и мелкосерийного производства при обширной номенклатуре и отсутствии чертежей и спецификаций по отливкам. В таких случаях производственная программа представляется примерным распределением отливок по массе. Расчеты производятся на основании укрупненных технико-экономических показателей по данным передовых заводов, типовых и экономичных проектов, справочным литературным данным.

7. РЕЖИМ РАБОТЫ ЦЕХОВ

В литейных цехах применяют два режима работы: последовательный (ступенчатый) и параллельный.

При последовательном режиме работы основные технологические операции выполняются последовательно в различные периоды суток на одной и той же площади. Существует несколько видов последовательных режимов работы в течение суток:

1) двухсменный – в первую смену производятся формовка и сборка, а во вторую – заливка и выбивка. Этот режим применяют для мелкого и среднего тонкостенного литья, требующего немного времени на заливку, остывание, выбивку при небольшой площади цеха и невысоком уровне механизации основных технологических процессов;

2) трехсменный – в первую смену производятся формовка и сборка; во вторую – заливка; в третью – выбивка и подготовка рабочих мест. Применяется при изготовлении крупных отливок в мелкосерийном и единичном производстве;

3) трехсменный с двухсменной формовкой и сборкой и односменной заливкой – при плацевой и кессонной формовке крупных и тяжелых отливок.

При параллельном режиме все технологические операции выполняются одновременно на различных производственных участках.

Применяется в механизированных литейных цехах крупносерийного и массового производства.

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

Основным условием применения параллельного режима является обеспечение непрерывной работы формовочных линий жидким металлом.

При проектировании выбор оптимального режима работы литейного цеха зависит от производственной мощности, серийности производства и технологической сложности литья, рода металла, типа плавильного агрегата и других факторов.

При единичном и мелкосерийном производстве чаще применяется последовательный режим, при крупносерийном и массовом производстве – параллельный. Для чугунолитейных цехов наиболее рациональным является двухсменный параллельный режим работы. В фасонно-сталелитейных цехах, где производственный процесс связан с непрерывной работой плавильных печей, чаще используется трехсменный режим. В зависимости от производственной программы и объема производства в одном цехе могут применяться разные режимы работы на различных участках.

8. ФОНДЫ ВРЕМЕНИ

Различают календарный, номинальный и эффективный (действительный) фонды времени. Календарный фонд T_k для оборудования и рабочих составляет $T_k = 365 \cdot 24 = 8760$ ч/год.

Время, в течение которого по принятому режиму должны работать оборудование и рабочие без потерь, составляет номинальный фонд T_n . При 40-часовой рабочей неделе для оборудования $T_n = 2070$ ч/год при односменном режиме; $T_n = 4140$ ч/год при двухсменном режиме; $T_n = 6210$ ч/год при трехсменном режиме цеха.

Эффективный (действительный) годовой фонд времени $T_э$ (T_d) равен номинальному за вычетом потерь. Плановые потери для оборудования – это время на проведение капитальных, средних и планово-предупредительных ремонтов. Плановые потери времени для рабочих связаны с отпусками, отпусками по учебе, болезнями, отпусками по беременности, с кормлением грудных детей, сокращенным днем для подростков. Расчетное количество оборудования определяется по эффективному фонду времени.

Эффективный фонд времени работы по видам оборудования при пятидневной рабочей неделе с двумя выходными днями приведен в источнике [3]. При других режимах работы (шестидневной рабочей недели, непрерывном графике и др.) определение действительного фонда времени оборудования производится расчетом.

9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФОРМОВОЧНО-ЗАЛИВОЧНО-ВЫБИВНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Проектирование отделения начинается с выбора и обоснования технологического процесса формовки, заливки, охлаждения и выбивки.

При выборе метода формовки следует иметь в виду, что основная масса отливок (80 %) изготавливается в песчаных разовых формах. Литье в разовые формы может производиться в сырые и сухие формы. Применение сырых форм позволяет резко сократить цикл производства отливок, расход топлива, капитальные вложения, повысить производительность при формовке и выбивке. Сырые формы применяют для отливок в основном массой до 500 кг. При массовом и крупносерийном производстве в одном и том же цехе рекомендуется выделять в самостоятельные потоки отливки различной массы, например: до 10 кг; от 10 до 50 кг; св. 50 до 500 кг и др.

В сухие и подсушиваемые формы отливают средние и крупные отливки со значительными по массе и количеству стержнями, большим объемом механической обработки, требующие высокой чистоты поверхности отливок. Следует иметь в виду, что применение сухих форм вызывает потребность в установке сушильных печей, удлиняет цикл изготовления отливок, увеличивает парк опок, площади цеха, что приводит к удорожанию отливок.

Для изготовления отливок средней (от 100 до 1000 кг) и большой (от 1000 до 5000 кг) массы в условиях мелкосерийного, серийного и единичного производства характерно применение различного вида упрочняемых форм из самотвердеющих смесей. Следует учитывать, что:

- безопочная формовка рациональна для массового и крупносерийного производства;
- CO₂-процесс применяют при изготовлении форм для стальных отливок;
- пластичные самотвердеющие смеси (ПСС) используют в основном для производства средних и крупных отливок;

– холоднотвердеющие смеси (ХТС) рационально использовать в условиях серийного, мелкосерийного и единичного производства (чугунное, стальное литье) как альтернативу применению сухих форм;

– жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС) – для крупных и тяжелых отливок. Желательно, чтобы они были не на жидком стекле, ухудшающем выбиваемость формы. Подсушка форм из ЖСС, помимо ускорения процесса и повышения прочности стенок формы, обуславливает возможность применения водных красок.

При проектировании формовочных отделений важно увязать технологические операции так, чтобы обеспечить поточность производства. Для этого необходимо:

- разбить номенклатуру отливок на технологические группы и закрепить за каждой группой единый габарит опок;
- расчленить процесс изготовления форм на операции и закрепить за каждой операцией то или иное оборудование;
- выбрать оснастку.

Минимальные мощности групповых потоков для всех видов производства отливок из черных сплавов, изготавливаемых в песчаных формах, приведены в [3].

При массовом и крупносерийном производстве для расчетов используют данные из табл. 5 и 6. В случае приведенной или условной годовой программы отливок число форм для каждого потока или участка рассчитывают исходя из средней металлоемкости форм. В этом случае рекомендуемой формой для расчета является сводка количества форм, например, табл. 7.

Таблица 7

Сводка количества форм

| Групповой поток, участок, отделение | Группа отливок по массе, кг | Размер опок в свету, мм | Средняя металлоемкость формы, кг | Годовой выпуск | | Часовое число форм | |
|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------|----------|--------------------|----------------|
| | | | | отливок, т | форм, шт | среднее | с учетом брака |
| | | | | | | | |

Годовое число форм, их размеры, средняя и максимальная металлоемкость являются основными параметрами для проектных расчетов по цеху. Можно принять, что при использовании формовочных смесей с механическим уплотнением формы для отливок массой до 1000 кг должны изготавливаться на линиях, формовочных машинах,

свыше – пескочетом. В условиях поточного производства машины могут устанавливаться как снаружи, так и внутри конвейера, если размеры опок не превышают 800 x 700 x 300 мм, или снаружи – при больших размерах опок. В первом случае сборку форм производят на конвейерных тележках, во втором – на рольгангах, с которых собранные формы передают на конвейер. Как правило, формовочные машины устанавливаются парами, для верхних и для нижних полуформ.

Число формовочных машин, в том числе необходимых для оснащения конвейеров, можно рассчитать по формуле

$$n_p = \frac{\Phi}{(T_d - m)q}, \quad (1)$$

где Φ – количество форм, необходимое на годовую программу (с учетом брака); T_d – эффективный (действительный) годовой фонд времени работы машины, ч; m – время смены модельных плит и настройки машин, ч; q – производительность машины, полуформ/ч.

Потери времени на смену плит определяются по формуле

$$m = n \cdot p \cdot v, \quad (2)$$

где n – число наименований деталей, формируемых в год на машинах; p – число партий в год по каждому наименованию; v – потери времени на смену одной модельной плиты, ч, принимается по данным табл. 8.

Таблица 8

Группы формовочных машин и время на смену плит

| Группа машин | Размеры опок в свету, мм | Потери времени на смену одной плиты, ч |
|--------------|--------------------------|----------------------------------------|
| I | 500 x 400 | 0,066–0,10 |
| II | 800 x 700 | 0,13–0,20 |
| III | 1200 x 1000 | 0,25–0,33 |
| IV | Св. 1200 x 1000 | 0,41–0,50 |

Число партий в год определяется из расчета смены модельной оснастки не чаще чем один раз в 2 часа (4 раза в смену). Коэффициент загрузки оборудования K_3 определяется отношением расчетного числа оборудования n_p к принятому n по формуле

$$K_3 = \frac{n_p}{n}. \quad (3)$$

Коэффициент загрузки формовочного оборудования принимается равным 0,75–0,85. Рабочие места машин I и II группы оборудуются местными подвесными путями с пневмоподъемниками, рольгангами и транспортерами.

Машины III и IV группы обслуживаются мостовыми и консольными кранами, приводными рольгангами и транспортерами.

Необходимое число пескометов для набивки форм определяют по формуле

$$n = \frac{V \cdot t}{Q \cdot k}, \quad (4)$$

где n – количество пескометов, шт; V – объем формы по размерам опоки, м^3 ; t – производительность участка, форм/ч; Q – производительность пескомета, $\text{м}^3/\text{ч}$; k – коэффициент, учитывающий время установки опок и снятия форм.

В формовочном отделении может приниматься последовательный и параллельный режим работы. При последовательном режиме формы под заливку накапливаются на плацу, конвейере или рольгангах-накопителях. При параллельном режиме связь технологических операций осуществляется конвейерным транспортом тележечного, подвесного, пульсирующего, роликового и других типов. Длина конвейера, от которого зависит площадь формовочно-заливочно-выбивного отделения, складывается из участков формовки, заливки, охлаждения и выбивки форм. Общая длина конвейера определяется суммированием отдельных участков. Длина формовочного участка определяется количеством и типом установленных формовочных машин (M), организацией рабочих мест у машин по формуле

$$L_{\text{ф}} = M \cdot l_0 + l_{\text{пс}}, \quad (5)$$

где l_0 – расстояние между осями машин или пар, м; $l_{\text{пс}}$ – длина участка для простановки стержней, м.

Машины располагаются около конвейера группой или попарно. Величина разрыва между группами машин, предназначенная для простановки стержней, зависит от количества стержней в форме, сложности их сборки и находится по формуле

$$L_{\text{пс}} = V_k \cdot t_{\text{ус}}, \quad (6)$$

где V_k – скорость конвейера, м/мин; $t_{\text{ус}}$ – время установки стержней, мин.

При парном расположении машин сборка форм может производиться на рольганге или непосредственно на конвейере. Пустые опоки возвращаются на конвейере либо на специально устанавливаемом транспорте. Длина заливочного участка конвейера рассчитывается по формуле

$$L_{\text{зал}} = t_p \cdot V_k \cdot m, \quad (7)$$

где t_p – время разлива одного ковша, мин; m – число одновременно работающих ковшей, шт.

Обычно длина заливочного участка составляет 6–12 м.

Длина участка охлаждения находится по формуле

$$L_{\text{охл}} = T_{\text{охл}} \cdot V_k, \quad (8)$$

где $T_{\text{охл}}$ – время охлаждения отливки в форме до выбивки, мин; V_k – скорость движения конвейера, м/мин.

Продолжительность выдержки отливок в форме для расчета охлаждающих ветвей литейных конвейеров и естественного охлаждения в опочных и кессонных формах приведена в [3, табл. 13, 14]. Зная общую длину конвейера и габариты опок, рассчитывают количество тележек в тележечном конвейере. Скорость движения конвейера определяется по формуле

$$V_k = \frac{Q \cdot l}{60 \cdot Z \cdot n}, \quad (9)$$

где Z – число форм на площадке конвейера, шт; Q – часовое количество форм, поступающих от формовочных машин, шт; l – шаг платформ конвейера, м; n – коэффициент заполнения тележек, обычно равен 0,8.

Практически скорость литейного конвейера составляет от 1 до 7 м/мин.

В условиях крупносерийного и массового производства целесообразно использовать автоматические формовочные линии с различными методами уплотнения форм, а также для безопочной формовки. В серийном и мелкосерийном производстве для изготовления форм применяются комплексно-механизированные линии, проектируемые на базе серийно изготавливаемых отдельных узлов и механизмов. При проектировании формовочных отделений в зависимости от заданной годовой программы производительность и компоновка формовочных линий может быть изменена по сравнению с приведенными в каталогах данными.

Для мелкосерийного и единичного производства прогрессивным способом формообразования является вакуум-пленочная формовка (ВПФ). Комплексы оборудования для ВПФ с различными размерами опок включают в себя формовочную машину-автомат, литейный конвейер, участок выбивки, участок охлаждения и подготовки песка, вакуумную систему.

Производительность комплекса от 4 до 8 форм/ч, зависит от размеров опок.

Широко используются автоматические линии опочной и безопочной формовки, работающие на холоднотвердеющих смесях (ХТС) и жидких самотвердеющих ЖСС, пластичных ПСС и др.

В состав таких линий входят смесители, вибростолы, конвейеры, кантователи, камеры окраски и сушки, вспомогательное оборудование.

В формовочных линиях с высокой часовой производительностью для выбивки форм используются решетки выбивные транспортирующие. Необходимое количество линий для производства данного ряда отливок можно рассчитать по формуле

$$N_p = \frac{1000 \cdot Q}{q \cdot m \cdot T_d \cdot k}, \quad (10)$$

где Q – проектная мощность размерного ряда, т/год; q – производительность формовочной линии, форм/ч; m – средняя масса отливок в форме, кг; T_d – действительный годовой фонд времени работы линии, ч; k – коэффициент загрузки линии ($k = 0,85–0,90$).

Площади механизированных формовочных отделений определяются по фактическому расположению оборудования с учетом проходов и норм обслуживания, мест для оперативного складирования оснастки, а также площадей, находящихся в необслуживаемых краями зонах (по 1–1,5 м вдоль каждого ряда колонн и по 3–4 м с торцов пролетов). При плацевой формовке производится расчет необходимой площади плаца.

Площадь плацевого отделения рассчитывают отдельно для формовочно-выбивного участка и сборочно-заливочного участка. Общая площадь плацевого отделения определяется как сумма площадей, полученных в результате расчетов для каждого размера форм. Площадь рабочего места для формовки и сборки одной формы принимают как произведение габаритной площади опоки (с добавлением по 0,4 м с каждой стороны) и коэффициента 2,5 (две раскрытые полу-

формы и место для модели и стержней); для ожидания форм под заливку – по габаритам одной формы (плюс 0,4 м с каждой стороны); для комплекта пустых опок и для остывания отливок в форме – по габаритам опок. Метод расчета площадей плацевого отделения приведен в [3, с. 101–103]. Там же приводится методика расчета площади и размеров кессонов при изготовлении крупных и тяжелых отливок.

10. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Расчет плавильного отделения заключается в составлении баланса металла по выплавляемым маркам, выборе типа и определении числа плавильных агрегатов, расчете расхода шихтовых материалов на годовой выпуск отливок и планировке участка. Подбор типа и конструкции плавильного агрегата зависит от рода металла, массы отливок, объема производства, режима работы цеха и вида топлива.

При описании технологического процесса следует рассмотреть следующие вопросы:

- обоснование выбора плавильного агрегата, его преимущества и недостатки;
- конструктивные особенности (например, вагранки: коксовые, газовые; с копильником, без копильника; на холодном или горячем дутье, др.);
- механизация и автоматизация подготовки, набора и загрузки шихты в плавильную печь; емкость ковшей;
- выбор размеров пролетов, расстояний между печами; шаг колонн, грузоподъемность подъемно-транспортных средств.

В чугунолитейном производстве для плавки применяют вагранки и электрические печи (индукционные, дуговые). Наиболее распространенным агрегатом является вагранка с очисткой отходящих газов от пыли и СО. Современные ваграночные комплексы, оборудованные системами очистки ваграночных газов, дожигания и утилизации тепла ваграночных газов, подогрева дутья, системами дозирования и загрузки шихтовых материалов, поворотными обогреваемыми копильниками, устройствами для грануляции шлака и уборки отходов, являются сложным оборудованием, отвечающим высоким технологическим требованиям. Наличие в них системы водяного охлаждения плавильного пояса и фурм позволяет проводить плавильную кампанию без выбивки до нескольких недель. Подогрев дутья до 400–600 °С за счет вторичного тепла и дополнительного расхода топлива позволяет повысить температуру чугуна до 1400–1450 °С.

Преимуществами индукционных печей являются:

1. Возможность управления процессом перегрева чугуна в широком интервале по температуре и времени; точное выдерживание химического состава и получение чугуна высокого качества из чистой шихты;

2. Снижается угар кремния и марганца, удешевляются шихтовые материалы (возможность переплава тонколистовых отходов и т. п.).

3. Улучшаются условия труда.

Распространенным плавильным агрегатом для плавки чугуна является индукционная тигельная печь промышленной частоты с установкой для подогрева шихты и миксерным режимом (особенно при работе на дешевой шихте при выплавке синтетического чугуна). Недостатком индукционных печей промышленной частоты является ограниченность возможности проведения металлургических процессов по удалению вредных примесей, поэтому следует применять шихту стабильного состава и не имеющую случайных и вредных примесей.

При дорогой шихте и при высокой стоимости электроэнергии, при выплавке высоких и специальных марок чугуна целесообразно применять дуплекс-процесс: коксовая вагранка – индукционная печь промышленной частоты.

Среднечастотные индукционные печи целесообразно устанавливать при реконструкции цехов, имеющих минимальные площади для установки плавильных агрегатов, а также в цехах, выпускающих ремонтное литье с частой сменой марок выплавляемого чугуна; создается возможность плавить наряду с чугуном и сталь.

Для плавки чугуна применяются также дуговые электрические печи, в которых в качестве шихты можно использовать низкосортные металлоотходы и не рассортированный по видам лом, так как дуговые печи позволяют эффективно осуществлять металлургические процессы: десульфурацию, рафинирование и др.

Основным плавильным агрегатом для выплавки стали в литейных цехах являются электродуговые печи. Их применение обеспечивает быстрое ведение плавки, большую маневренность, широкую номенклатуру марок выплавляемой стали и используемых шихтовых материалов. Используются печи с кислой и основной футеровкой (кислый и основной процессы). Кислый процесс более простой и дешевый, но шихта должна быть чистой по сере, фосфору и легирующим элементам. Основной процесс применяют для получения легированных и специальных сталей. По сравнению с кислым при основном процессе расход электроэнергии повышается на 40–50 %,

увеличивается продолжительность плавки. Электропечи емкостью до 12 т устанавливаются в цехах мелкого и среднего литья, печи больших емкостей – при изготовлении крупных отливок, так как металл из печи должен выдаваться, как правило, в один ковш. В настоящее время разработан новый тип плавильных электродуговых печей, работающих на постоянном токе. Дуговые печи постоянного тока разработаны для плавки стали (ДППТС), чугуна (ДППТЧ), цветных сплавов на основе алюминия и меди (ДППТА, ДППТМ) и др. Использование ДППТ позволяет уменьшить количество пылевых и газовых выбросов, снизить угар, что увеличивает выход годного металла; значительно снижается расход ферросплавов и графитированных электродов, резко уменьшается шум в плавильных отделениях.

В литейных цехах с небольшим объемом производства, в частности, цехах точного литья по выплавляемым моделям, для плавки стали применяются индукционные печи повышенной и высокой частоты.

Расчет плавильных агрегатов начинается с определения необходимого количества металлозавалки по отдельным маркам сплава. Масса металлозавалки складывается из массы годных отливок на программу, массы металла литниковых систем, расхода металла на брак, угар и безвозвратные потери. В массовом и крупносерийном производстве при известной номенклатуре расход металла определяют подетальным расчетом на основании годовой программы (например, приведенной в табл. 4). При расчете оборудования плавильных отделений, прежде всего, определяют баланс металла по группам массы, маркам сплава (или составам шихты), технологическим потокам. Пример расчета для чугунолитейного цеха с годовым выпуском 20 тыс. т отливок приведен в табл. 9.

Таблица 9

Расчетный баланс металла

| Статьи баланса | Участки цеха | | | | | |
|------------------|---------------|----|---------------|----|--------------|----|
| | Тяжелое литье | | Среднее литье | | Мелкое литье | |
| | т/год | % | т/год | % | т/год | % |
| Годные отливки | 10000 | 65 | 6000 | 63 | 4000 | 60 |
| Литники, прибыли | 3539 | 23 | 2381 | 25 | 1736 | 26 |
| Сливы и сплески | 769 | 5 | 477 | 5 | 400 | 6 |
| Брак (общий) | 308 | 2 | 190 | 2 | 200 | 3 |

Окончание табл. 9

| Статьи баланса | Участки цеха | | | | | |
|-----------------------------|---------------|-----|---------------|-----|--------------|-----|
| | тяжелое литье | | среднее литье | | мелкое литье | |
| | т/год | % | т/год | % | т/год | % |
| Жидкий металл | 14616 | 95 | 9048 | 95 | 6336 | 95 |
| Угар (безвозвратные потери) | 769 | 5 | 477 | 5 | 334 | 5 |
| Металлозавалка | 15385 | 100 | 9525 | 100 | 6670 | 100 |

Расчет плавильных агрегатов производится по жидкому металлу.

Таблица 10

Выход годного, угар и потеря металла в процентах от металлической шихты

| Сплав | Плавильный агрегат | Мелкие отливки от 100 кг | | Средние отливки 100–1000 кг | | Крупные отливки и тяжелые св. 1000 кг | |
|---------------------|--------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|---------------------------------------|------------------|
| | | Выход годного, % | Угар и потери, % | Выход годного, % | Угар и потери, % | Выход годного, % | Угар и потери, % |
| Серый чугун | ВЛК | 50–60 | 4–6 | 60–70 | 4–6 | 65–75 | 5–6 |
| Высокопрочный чугун | ИЧТ | 35–45 | 3–5 | 45–55 | 5–6 | 50–60 | 5–6 |
| Сталь | ДСП ИСТ | 40–50 | 5–7 4–5 | 50–60 | 5–7 4–5 | 55–65 | 5–7 – |

Состав и количество шихтовых материалов по видам определяется на основании ведомости шихт и баланса металла. В табл. 11 приводится пример расчета для технологического потока изготовления отливок годовым выпуском 10 тыс. т.

Таблица 11

Ведомость состава шихты

| Состав шихты | Марка сплава 1 | |
|-----------------|----------------|------|
| | % | т |
| Чугуны чушковые | 40 | 6154 |
| Лом чугунный | 20 | 3077 |

Ведомость состава шихты

| Состав шихты | Марка сплава 1 | |
|---------------------------------------------|----------------|-------|
| | % | т |
| Лом стальной | 8 | 1230 |
| Отходы собственного производства (возврат)* | 30 | 4616 |
| Ферросплавы | 2 | 308 |
| <i>Итого</i> | 100 | 15385 |

*Отходы собственного производства учитывают литники, сливы, сплески, прибыли, брак, то есть все отходы металла, которые в литейном цехе используются как возврат производства.

Ведомость расхода шихтовых материалов содержит данные о составе шихты по каждой марке выплавляемого металла.

Необходимое число плавильных агрегатов рассчитывается по формуле

$$n = \frac{Q \cdot k_n}{T_p \cdot q}, \quad (11)$$

где Q – годовое количество жидкого металла, т; q – производительность плавильного агрегата, т/ч; k_n – коэффициент неравномерности потребления металла, принимается равным 1,2–1,5.

Рекомендуемый коэффициент загрузки плавильных печей составляет 0,75–0,85.

При выборе плавильных агрегатов следует учитывать, что вагранки являются печами непрерывного действия, позволяющими производить отбор металла по мере необходимости. При этом для накопления большого количества металла предусматривается установка обогреваемых копильников, печей-миксеров. В качестве миксеров используются каналные индукционные печи. Для дуговых и индукционных печей емкость печи определяется как возможностью снабжения металлом литейных конвейеров непрерывно сравнительно небольшими порциями, так и необходимостью заливки крупных и тяжелых отливок. Для индукционных печей промышленной частоты, если емкость печи не обусловлена максимальной массой отливки, минимальная емкость печи может быть определена по формуле

$$G = 2,5 \cdot Q_{\text{ч}}, \quad (12)$$

где $Q_{\text{ч}}$ – часовая потребность в жидком металле.

Данный метод расчета вызван тем, что стабильная работа индукционных печей промышленной частоты обеспечивается при работе с «болотом», когда производится отбор металла в количестве 30–50 % от объема печи. В общем случае необходимая емкость садовой печи может быть рассчитана по формуле

$$G = \frac{Q \cdot t_p \cdot k_n}{T_d}, \quad (13)$$

где Q – годовой расход жидкого металла для рассчитываемого технологического потока, t_p – полное время одной плавки и разливки, ч; k_n – коэффициент неравномерности потребления, связанный с колебаниями производственной программы; T_d – действительный фонд времени работы печи, ч.

При расчете парка ковшей сначала рассчитывают число разливочных ковшей, исходя из количества жидкого металла, необходимого для каждой технологической группы литья, емкости ковша и длительности одного оборота ковша.

Таблица 12

Выбор емкости ковша в зависимости от группы литья

| Показатели | Группы литья по массе, кг | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|-------|---------|---------|---------|----------|-----------|------------|
| | до 10 | 10–30 | 30–50 | 50–100 | 100–250 | 250–500 | 500–2000 | 2000–5000 |
| Средняя масса отливок, кг | 5 | 25 | 40 | 5 | 150 | 35 | 100 | 2500 |
| Емкость ковшей, кг: | | | | | | | | |
| – ручных | 20–50 | 50–80 | 80–100 | – | – | – | – | – |
| – крановых | | | 150–250 | 150–250 | 350–500 | 750–1000 | 2000–5000 | 5000–10000 |

Число одновременно работающих ковшей определяется по формуле

$$n = \frac{Q \cdot t}{T_d \cdot P}, \quad (14)$$

где Q – годовое количество жидкого металла, заливаемого из данного типа ковшей, т; t – оборот ковша, ч, как правило, в зависимости от емкости 8–20 мин; T_d – действительный годовой фонд времени работы линии или участка, ч; P – емкость ковша, т.

Число ковшей, работающих в смену:

$$N = \frac{\tau_c \cdot n}{\tau}, \quad (15)$$

где n – число одновременно работающих ковшей, шт; τ_c – продолжительность рабочей смены, ч ($\tau_c = 8$ ч); τ – продолжительность работы ковша, ч, обычно 2–8 ч.

Парк ковшей рассчитывается по формуле

$$N_1 = K \cdot K_1 \cdot N, \quad (16)$$

где K – коэффициент, учитывающий число ковшей в ремонте ($K = 2$); K_1 – коэффициент запаса ($K_1 = 1, 2$).

В плавильных отделениях устанавливают оборудование для приготовления ремонтной смеси, сушила и подъемно-транспортные механизмы (кран-балки, тельферы). Ковшовое отделение располагают в одном пролете с плавильными печами. Для этого используют места в периферийных зонах плавильного пролета, обслуживаемых мостовыми кранами.

В плавильных отделениях необходимо предусматривать участки для взвешивания, загрузки шихты, кокса, флюсов в плавильные печи, подготовки огнеупорных материалов.

Технологический процесс набора, дозировки и загрузки шихты состоит из следующих операций: набор и подача всех металлических и неметаллических компонентов шихты к массоизмерительным устройствам, взвешивание всех этих компонентов, загрузка дозы шихты (колоши) в печь.

Для подачи к массоизмерительным устройствам металлических компонентов используют две основные системы: расходные бункеры с траковыми или другими питателями и расходные закрома с мостовым краном и магнитной шайбой регулируемой грузоподъемности.

При подаче немагнитных компонентов (кокса, флюса, мелкодробленых ферросплавов) из расходных бункеров пользуются вибрационными питателями и весовыми дозаторами.

В условиях работы литейного цеха наиболее надежны массоизмерительные устройства на тензометрических и магнитоупорных дат-

чиках. Они имеют достаточную точность и надежность в работе с ударными нагрузками и могут быть включены в систему набора и дозирования шихты в плавильную печь с местным, дистанционным или автоматическим управлением.

Для загрузки шихты в вагранку наиболее широкое распространение получили бадьевые подъемники автоматического действия, а для набора и взвешивания шихты – трактовые и вибропитатели с последующим взвешиванием на подвижной весовой тележке; для загрузки шихты в индукционные печи – монорельсовые тележки, мостовые и консольные краны, корзины и бадьи с раскрывающимся днищем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кукуй, Д. М. Теория и технология литейного производства. Формовочные материалы и смеси : учеб. пособие / Д. М. Кукуй, Н. В. Андрианов. – Минск : БНТУ, 2005. – 391 с.
2. Матвеевко, И. В. Оборудование литейных цехов : учеб. пособие : в 2 ч. / И. В. Матвеевко. – Москва : МГИУ, 2003. – 172 с.
3. Основы проектирования литейных цехов и заводов / Л. И. Фанталов [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1979. – 231 с.
4. Кельчевская, Н. Р. Организация и планирование литейного производства: учеб. пособие / Н. Р. Кельчевская, Л. А. Романова, А. Б. Финкельштейн. – Екатеринбург : ГОУ УГТУ-УПИ, 2002. – 180 с.

Содержание

| | |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Предисловие..... | 3 |
| 1. Цели и задачи дипломного проектирования..... | 3 |
| 2. Структура и порядок разработки дипломного проекта..... | 7 |
| 3. Содержание дипломного проекта..... | 12 |
| 4. Оформление расчетно-пояснительной записки..... | 16 |
| 5. Оформление графической части дипломного проекта (работы)..... | 22 |
| 6. Производственная программа..... | 25 |
| 7. Режим работы цехов..... | 28 |
| 8. Фонды времени..... | 29 |
| 9. Проектирование формовочно-заливочно-выбивного отделения.... | 30 |
| 10. Проектирование плавильного отделения..... | 36 |
| Литература..... | 44 |

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Ровин Леонид Ефимович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

**Методические указания
к дипломному проекту для студентов
специальности 1-36 02 01 «Машины
и технология литейного производства»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор *Н. Г. Мансурова*
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 31.03.08.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Цифровая печать. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,75.

Изд. № 130.

E-mail: ic@gstu.gomel.by
<http://www.gstu.gomel.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0131916 от 30.04.2004 г.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.