

621.71

М609

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Магнитогорский государственный технический
университет им.Г.И.Носова

А.Ф.Миляев

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Рекомендовано УМО по образованию в области металлургии
в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по специальности
110400 – Литейное производство черных и цветных металлов

04574/00

Южно-Уральский
гос. университет
НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА

МАГНИТОГОРСК 1999

Рецензенты:

Профессор, доктор технических наук
Южно-Уральского государственного университета
Б.А.Кулаков

Начальник бюро производственного отдела
завода «МАРС» ОАО «ММК»
В.И.Кирюшкин

Миляев А.Ф.

Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов: Учебное пособие. - Магнитогорск: МГТУ им. Г.И.Носова, 1999. - 410 с.

ISBN 5-89514-034-3

Рассматриваются вопросы, связанные с выбором технологического процесса производственной программы цеха, основы составления бизнес-плана проекта цеха или реконструкции. Выбор технологического оборудования, расчет его количества и загруженности по каждому технологическому отделению.

Рассмотрена компоновка отделений и цеха в целом. Приведен большой справочный материал по выбору размеров цеха и технологическому оборудованию.

ISBN 5-89514-034-3

© МГТУ им. Г.И.Носова, 1999

© Миляев А.Ф., 1999

Введение

Литейное производство остается основной заготовительной базой машиностроения, несмотря на значительную конкуренцию со стороны сварочного производства и способов обработки металлов давлением (ковки, штамповки) и других заготовительных отраслей.

Выжить и развиваться в конкурентной борьбе литейное производство сможет лишь в том случае, если оно будет постоянно заботиться о повышении производительности труда, снижении трудозатрат и доли ручного труда на всех переделах литейного производства. При этом оно должно стремиться к повышению качества отливок (их геометрической точности, снижению шероховатости поверхности и припусков на механическую обработку, улучшению качества выплавляемых сплавов и повышению их служебных характеристик), снижению металлоемкости заготовки за счет получения тонкостенных отливок и улучшения их товарного вида и др.

Все эти задачи нельзя решить, сохраняя неизменным технический уровень литейного производства и не занимаясь реконструкцией, техническим перевооружением, а также проектированием и строительством новых цехов на базе совершенных и прогрессивных технологических процессов.

Сокращение производства в машиностроении и других отраслях промышленности привело к резкому снижению объемов производства литья в стране, и целый ряд цехов во многих отраслях промышленности в настоящее время загружены чрезвычайно слабо, а некоторые литейные цехи вообще прекратили производство литья.

Восстановление производства литья на прежнем низком техническом уровне в значительных объемах маловероятно, несмотря на низкую стоимость рабочей силы в России. Такой уровень технологии не позволит производить качественную конкурентоспособную продукцию, и поэтому необходимо отказаться от производства литья в цехах с низкой степенью механизации и автоматизации производства, использующих в качестве основного плавильного средства вагранки без дожигания отходящих газов и с открытым колошником, осуществляющих формовку вручную и широко использующих объемную сушку форм и другие устаревшие технологические процессы.

Подъем отечественного литейного производства возможен лишь на качественно новых технологических процессах и новом

оборудовании, что позволяет ожидать резкого повышения производительности труда и улучшения качества литья.

Предлагаемое вниманию читателей пособие содержит обзор наиболее прогрессивных способов плавки, формовки, изготовления стержней и смесеприготовительного оборудования, а также обрубного и очистного. Это позволяет выбрать в зависимости от производственной программы тип соответствующего оборудования.

В пособии изложены методики расчета оборудования для выполнения программы и даны общие соображения по размещению и планировке его в условиях цеха.

Рассмотрены и общие вопросы проектирования цеха: выбор систем вентиляции и очистки воздуха, расчет складов, транспортные системы цеха и энергетического хозяйства, строительная часть, вопросы компоновки отделений и другие, связанные с работой литейного цеха.

Уделено внимание реконструкции цехов и рассмотрены наиболее приемлемые пути ее по каждому отделению, показаны удачные решения из отечественной и зарубежной практики.

При обсуждении возможных путей принятия проектных решений стремились дать технико-экономическое сравнение различных вариантов и показать возможные пути повышения производительности труда.

Хорошо известные литейщикам и студентам учебники и справочники по проектированию литейных цехов [1-4], остаются до сих пор наиболее подробными и полными, но в них слабо отражены последние достижения отечественной и зарубежной промышленности и науки в области литейного оборудования и литейной технологии. Восполнить этот пробел в какой-то степени пытается данное пособие.

Пособие может быть полезным и при изучении студентами таких вопросов, как оборудование литейных цехов и технологические процессы. Оно также может быть полезным работникам литейного производства при выборе стратегии развития конкретного участка цеха или применения нового технологического процесса.

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1. Порядок проектирования

Проектирование является первым и определяющим этапом создания нового, а также реконструкции, технического перевооружения и реновации промышленного объекта.

В стране сложилась система проектирования, носящая общегосударственный характер. Все проектные работы и капитальное строительство ведется по установленным Госстроем РФ нормам и правилам, по устоявшемуся порядку, связанному с проектированием и строительством промышленных объектов [2].

Проектирование в стране осуществляется специализированными проектными организациями, выполняющими генеральное проектирование и носящими в своем названии аббревиатуру ГИПРО, а также специализированными проектными организациями - ГПИ.

В последние годы система претерпевает заметные изменения, связанные как со снижением объемов проектных работ по основным профилям проектных организаций, так и с появлением новых заказчиков со специфическими объектами проектирования.

Обычно разработку основной части проекта - технологической - поручают генеральному проектировщику, а он для разработки других или специфических сторон проекта привлекает субподрядчиков - специализированные проектные институты.

К таким специфическим работам можно отнести выполнение инженерно-геологических, гидрологических и геодезических работ на площадке будущего строительства, проектирование внешних сетей, сооружений подготовки и очистки воды, канализации, газификации и электроснабжения и др.

Существует также система территориальных проектных организаций, за которыми закрепляются определенные территории, и они разрабатывают для этих территорий схемы генеральных планов промышленных узлов, схемы застройки действующих промышленных районов в городах, районах и крупных территориальных образованиях (областях, республиках). Территориальные проектные организации ведут согласование заданий на проектирование разноплановых промышленных предприятий, намечаемых к возведению на курируемых ими территориях, независимо от того, какую отрасль промышленности они представляют. Через эти ор-

ганизации органы местного самоуправления осуществляют контроль и влияние на развитие промышленности в данном регионе с тем, чтобы наряду с получением налогов обеспечить и положительный социальный эффект в данном регионе (создание дополнительных рабочих мест, ликвидация монополий тех или иных производителей, развитие инфраструктуры региона и др.).

Проектные организации напрямую связываются с заказчиками проекта, который ведет контроль за сроками исполнения и качеством проектных работ. Для оценки качества выполняемых проектных работ и получения после ввода объекта в эксплуатацию планируемых технико-экономических показателей проектные материалы следует подвергать независимой экспертизе. Такую экспертизу могут осуществлять экспертные конторы, возглавляемые ведущими специалистами в данной отрасли промышленности.

При проектировании литейных цехов могут быть различные варианты выполнения проекта [3].

Новое строительство - возведение литейного цеха или комплекса на новой рабочей площадке для создания новых производственных мощностей, часто по принципиально новой технологии. Новым строительством также считается и строительство на новой площадке взамен ликвидируемого цеха.

Расширение производства - строительство новых и расширение существующих участков и производства для улучшения технико-экономических показателей цеха, в том числе создание новых производственных мощностей.

Такое строительство может быть осуществлено в более короткие сроки и при меньших капитальных затратах, чем при строительстве новых цехов.

Реконструкцией называется полное или частичное переоборудование производства на основе новых технологических процессов. Основные цели реконструкции - увеличение объемов производства, улучшение качества и расширение номенклатуры литья, повышение производительности труда за счет механизации и автоматизации производства. Здесь улучшение показателей связано с меньшими затратами и в более короткие сроки, чем при новом строительстве и расширении.

Техническое перевооружение - менее масштабное мероприятие по повышению технико-экономических показателей цеха или отдельного участка. Оно проводится без расширения имеющихся производственных площадей и сводится к замене устарев-

шего оборудования, внедрению средств механизации и автоматизации производства. При этом также улучшение показателей связано с меньшими капитальными затратами и выходом на проектные показатели в более короткие сроки, чем при новом строительстве и расширении.

Все перечисленные виды расширения, реконструкции и технического перевооружения в дальнейшем будем называть реконструкцией.

1.2. Техничко-экономическое обоснование и бизнес-план проекта

В настоящее время поменялись представления о финансировании объектов капитального строительства. Раньше в плановой экономике при разработке проекта строительства и реконструкции литейного цеха необходимо было обосновать целесообразность принятых технических решений и показать, что объект будет прибыльным и окупится через определенное число лет (не более 8,3 года). На основании утвержденного проекта капитального строительства открывалось централизованное финансирование спроектированного цеха через финансовые управления соответствующих министерств и ведомств, и они следили за правильным использованием средств и сроками строительства. В настоящее время для того, чтобы начать строительство или реконструкцию литейного цеха, необходимо заручиться поддержкой юридических или физических лиц, государства или международных организаций, которые выделяют соответствующие инвестиции на основе разработанного бизнес-плана [5].

Разработка бизнес-плана осуществляется по определенной схеме и значительно отличается по содержанию от принятого у нас технико-экономического обоснования проекта.

Техничко-экономическое обоснование (ТЭО) проекта выполняется на предварительной стадии проектирования и служит для того, чтобы ответить на четыре основных вопроса, связанных с проектированием предприятия, цеха или другого объекта [2].

Наиболее существенным вопросом, рассматриваемым в ТЭО, является обоснование потребности в продукции нового или реконструируемого цеха как по номенклатуре и массе отливок, так и общему количеству продукции.

Этот вопрос является наиболее сложным в ТЭО, ибо от правильного решения его будет зависеть как эффективность инвестиций, так и степень риска их вложения.

В плановой экономике потребность в том или ином товаре (продукции) обосновывалась на основе перспективных планов развития отрасли или региона, где указывались потребности в данном виде продукции с учетом развития машиностроения в данном регионе, а также основные действующие предприятия и их мощности по выпуску аналогичной продукции.

На этом основании составлялся баланс потребности и производства отливок на текущий период времени, а также на год ввода вновь строящегося или реконструируемого объекта в эксплуатацию и определялся дефицит в потребности того или иного вида литья. На основе этого дефицита принималась номенклатура и объем производства на вновь возводимом или реконструируемом объекте. Здесь же устанавливается специализация данного объекта по видам сплава, группам массы отливок и их сложности как в натуральном выражении (шт., т), так и стоимостном (тыс. руб.).

Далее решается вторая группа вопросов, связанная с наличием технических возможностей выполнения разработанной программы производства изделий. В неё включаются вопросы выбора технологического процесса, наиболее целесообразного для выполнения рассматриваемой производственной программы, выбор основного технологического оборудования (тип и возможность его приобретения по приемлемым ценам). Здесь же устанавливается состав цеха и компоновочные схемы, кооперирование вспомогательных и обслуживающих хозяйств с указанием на долевое участие их в строительстве.

Решаются вопросы снабжения исходными материалами, электроэнергией и другими энергоресурсами, в том числе водой. Выделяются вопросы, связанные с экологией района и воздействием проектируемого цеха на неё, дается перечень мероприятий по защите воздушного и водного бассейнов.

Третья группа вопросов связана с выбором площадки для размещения вновь строящегося цеха, а также отводом площадок для жилищного строительства, складирования отходов производства (отвалов), принятия основной транспортной схемы обеспечения предприятия (железнодорожной, автомобильной, смешанной)

и долевого участия в строительстве внеплощадочных дорог и транспортных сооружений.

Четвертая группа вопросов связана с установлением численности обслуживающего и производственного персонала, с возможностью их профессионального обучения. Здесь же решаются технико-экономические вопросы выбора наиболее приемлемого варианта проекта, устанавливаются по укрупненным показателям технико-экономические показатели проектируемого цеха и проводится их сравнение с лучшими показателями по отрасли и мировыми показателями. В заключение содержатся выводы и предложения по экономической целесообразности строительства или реконструкции объекта.

Такая практика нашла широкое распространение при проектировании и реконструкции промышленных объектов в России.

Однако при привлечении внешних инвестиций и получении ссуд в коммерческих банках для получения кредита необходимо предоставлять бизнес-план, и на основе тщательного его анализа банком можно ожидать, что соответствующие кредиты будут выданы для нового строительства или реконструкции.

Бизнес-план по своей сути - это документ, описывающий все основные аспекты будущего коммерческого предприятия, с анализом проблем, которые встретятся на пути реализации проекта, и установлением способов решения этих проблем [5]. Во многом в бизнес-плане обязаны быть решены основные вопросы, рассматриваемые в ТЭО проекта.

Но в то же время в нем имеются и значительные отличия, во-первых, связанные с оценкой рынка сбыта готовой продукции, его емкостью и перспективой развития, ибо здесь лежат наибольшие трудности в точности определения номенклатуры и объема производства, и велика вероятность ошибиться.

Во-вторых, бизнес-план должен оценить те затраты, которые необходимы для начала производства, поддержании его на должном уровне, обеспечении сбыта производимого товара. При этом требуется сопоставление цены вновь производимой продукции с ценами, по которым она может быть продана, а значит определить прибыльность реализуемого проекта.

В-третьих, в нем должны быть установлены показатели, по которым можно определить, идет ли дело на подъем или началась стагнация и развал.

В-четвертых, в нем должны быть проанализированы главные проблемы, с которыми может столкнуться инвестор, и должны быть даны основные способы решения этих проблем.

Бизнес-план выполняет три основные функции:

- является инструментом, с помощью которого инвестор может оценить фактические результаты проекта за определенный период;

- используется для разработки инвестирования в перспективе при дальнейшем развитии проекта строительства или реконструкции;

- является необходимым документом, способным убедить потенциального инвестора в перспективности поддержки предлагаемого проекта.

Содержательная часть бизнес-плана должна включать в себя следующие части, излагаемые последовательно.

1. Вид продукции, который собирается производить проектируемое предприятие (цех, участок). Определяющим обстоятельством при этом становится обеспечение конкурентоспособной продукции как в ближайшей перспективе, так и на будущее развитие.

Общеизвестно, что конкурентоспособность любого товара может быть достигнута за счет низких издержек на его производство либо за счет специализации, т.е. производства уникальной и высококачественной продукции, не имеющей аналогов по параметрам качества и обладающей высочайшими техническими показателями [6].

Первые виды конкурентных преимуществ связаны с использованием дешевых: рабочей силы, материалов (сырья), энергии. Эти преимущества достаточно неустойчивы и со временем могут быть легко потеряны (зарплата увеличится, цены на сырье возрастут), ими могут воспользоваться ваши конкуренты. Поэтому эти преимущества не могут обеспечить конкурентоспособность на длительное время.

Преимущества, связанные с уникальностью продукции: уникальная технология, уникальные специалисты, хорошая репутация фирмы, - более долгосрочны, так как чтобы сравняться с вашими результатами, конкурентам необходимо либо разработать аналогичную продукцию, либо придумать что-то более лучшее, на что потребуется время и дополнительные деньги. Значит, если идти по этому пути, конкурентоспособность будет гарантирована более устойчиво и на длительное время.

После того как выбрана номенклатура производимого литья, необходимо четко ответить на вопрос: какие потребности призваны удовлетворить ваше литье, в чем его особенность и чем оно будет отличаться от литья ваших конкурентов, почему потребитель предпочтет ваше литье, а не их, как долго сохранятся преимущества вашего литья.

В этом разделе бизнес-плана должна кратко содержаться информация о той цене, по которой будет продаваться ваш товар, о затратах, которые потребуются на его производство, и примерная величина прибыли от каждой единицы произведенного товара.

Наиболее существенным отличием бизнес-плана от ТЭО является анализ будущего рынка сбыта - важнейшего этапа подготовки бизнес-плана, ибо здесь может быть заложена будущая неудача, связанная с переоценкой рынка сбыта и его емкости.

Необходимо изучить и проанализировать рынок сбыта и искать ответы на вопросы: кто, почему, сколько и когда будет готов купить вашу продукцию в ближайшей и дальней перспективе. Эти вопросы объединены в так называемое маркетинговое исследование, которое позволит спрогнозировать объем продаж, а следовательно, и производства продукции. Здесь же следует объективно отразить возможности ваших конкурентов по производству продукции, её качеству и примерным ценам. Это позволит будущему инвестору оценить полноту представления о рыночной номенклатуре и степени проработки вашего проекта.

Подготовка таких сведений требует больших исследований и возможна силами специальных отделов по маркетингу, при этом можно воспользоваться мнением экспертов по данному вопросу.

Поскольку литейный цех редко выступает как самостоятельное юридическое лицо, выпускающее изделия на продажу, а обычно является заготовительной базой в структуре какого либо машиностроительного подразделения или предприятия, то проведение полного маркетингового исследования должно осуществляться силами последнего. Поэтому весь круг вопросов, к которым относятся: схема распространения товаров, ценообразование, реклама, методы стимулирования продаж, организация послепродажного обслуживания клиентов и формирование общественного мнения о фирме и товарах, должен решаться силами этого машиностроительного предприятия. Подробное изложение этих вопросов можно найти в специальной литературе [7] и здесь они вообще не рассматриваются.

Следует несколько подробнее остановиться на разделе бизнес-плана "План производства", который, по существу, эквивалентен разделу ТЭО "Производственная программа", но содержание раздела в бизнес-плане трактуется более расширенно, чем в ТЭО.

Главная задача "Плана производства" состоит в том, чтобы доказать вашим потенциальным партнерам, что вы будете в состоянии производить нужное количество товара необходимого качества и в конкретные сроки, т.е. требуется показать, что вы представляете, как поставить производство и что для этого все подготовлено.

Основными вопросами данного раздела будут следующие.

На каком предприятии (в каком цехе) будут изготавливаться товары - действующем или вновь строящемся? Какие для этого потребуются производственные мощности и как они будут возрастать от года к году (очередность ввода мощностей)?

Основные поставщики сырья и материалов, условия их поставки и цены; есть ли установившиеся связи с ними и их надежность как партнеров?

Возможна ли производственная кооперация и с кем? Возможно ли лимитирование объемов производства и поставок ресурсов? Какие технологические процессы будут положены в основу производства и какое оборудование потребуется для обеспечения программы производства, где намечается его приобретение?

Возможны ли при этом проблемы и какого рода? Этот раздел бизнес-плана обосновывается на соответствующие очереди освоения строительства и полную перспективу развития. Полезным элементом при этом является технологическая схема производственных потоков на вашем объекте. Необходимо показать, откуда и как будут поступать сырье и комплектующие в ваш цех и как они будут перерабатываться в готовую продукцию (способы и затраты на её производство), как будет осуществляться поставка продукции потребителю. Схема должна способствовать сокращению затрат труда, энергии и материалов, а также показывать технологическую гибкость (быстрый переход на новую номенклатуру, способность удовлетворить возросшие требования по качеству выпускаемой продукции в соответствии с изменившимися требованиями рынка). В схеме должны присутствовать вопросы контроля качества как на отдельных стадиях технологической цепочки, так и готовой продукции в целом.

Данный раздел завершается оценкой возможных издержек производства и тем, как они будут меняться на перспективу [8]. При этом нужно учесть затраты, связанные с охраной окружающей среды и утилизацией отходов производства.

Другими разделами бизнес-плана будут такие, как "Персонал", "Юридический план", где должны быть отражены вопросы численности кадров и их подготовки, а также какой форме собственности следует отдать предпочтение при создании нового предприятия (цеха). Последние вопросы выходят за рамки настоящего пособия и должны рассматриваться в специальных курсах "Экономики и организации производства".

Бизнес-план должен заканчиваться заключением после проведения всестороннего анализа проделанной работы. В заключении в четкой сжатой форме должны быть изложены основные результаты вашего исследования, доступно и понятно описаны основные преимущества вашего проекта и за счет чего ваш продукт (литьё) будет пользоваться устойчивым спросом на рынке, насколько эффективны будут вложения инвестиций [7-9].

В самом конце заключения необходимо привести финансовые результаты, которые вы ожидаете от вашего проекта.

Заключение должно дать четкое представление о том, что будет производиться, как и какого качества, и что вложения в этот проект непременно дадут прибыль, а риск вложений будет минимальным.

1.3. Задание на проектирование и рабочее проектирование

После утверждения ТЭО или принятия бизнес-плана начинается рабочее проектирование промышленного объекта. Основанием для этого служит задание на проектирование. Обычно оно составляется заказчиком проекта, и по желанию заказчика к составлению задания на проектирование могут привлекаться проектные организации.

Органической частью задания на проектирование является утвержденное ТЭО, и при составлении задания на проектирование необходимо учесть замечания, высказанные при обсуждении и утверждении ТЭО. Полный перечень вопросов, которые должны быть отражены в задании на проектирование, изложен в литературе [1, 2].

В практике российского проектирования промышленных объектов используются одно- и двухстадийная проработка проекта. Проектирование в одну стадию носит название технорабочего проекта (ТРП) и обычно осуществляется для сравнительно простых объектов, использующих типовую технологию и стандартное оборудование с широким применением типовых и повторно используемых проектов с указанием изменений и дополнений и привязки их к конкретной местности и условиям. Такая разработка проекта ведет к сокращению срока проектирования и снижает затраты на него.

В объем работ по ТРП входит работа по техническому проекту (ТП), включая стадию рабочих чертежей (РЧ). В состав ТРП входит пояснительная записка с технико-экономическими показателями, генеральный план предприятия и совмещенный план коммуникаций, проект организации строительства, сметная документация и технологическая и транспортная части соответствующих стадий ТП. Более детальное ознакомление с перечнем необходимой документации можно получить в литературе [2].

Практикуется проектирование в две стадии для крупных, сложных объектов с разработкой оригинальной технологии и нетипового оборудования в сложных условиях строительства. Здесь во всех частях проекта уточняются, дорабатываются, взаимоувязываются все технические решения, принятые в ТЭО. При этом создается такая документация, как генеральный план предприятия, оптимальные объемно-планировочные решения зданий, технологического процесса производства и оборудования, схемы организации труда, механизации и автоматизации, организации строительства и очередности ввода в эксплуатацию производственных мощностей, уточненная смета строительства и технико-экономические показатели его (ТЭП).

Технический проект, который практически полностью входит в ТРП, разрабатывает следующие части: технологическую, транспортную, архитектурно-строительную и организации строительства, генеральный план и общезаводской транспорт, санитарно-техническую, теплоэнергетическую, электротехническую, организации труда и управления производством, технико-экономическую. Кроме того, разрабатывается общая пояснительная записка, включающая основные обобщения по всем частям проекта и являющаяся резюме по проекту. Эту записку выполняет главный инженер проекта (ГИП).

Весь круг вопросов, решаемых в ТРП и его отдельных частях, можно найти в [1-3]. После получения основных ТЭП делается заключение о целесообразности реализации проекта и составляется паспорт объекта. После этого можно открывать финансирование строительства и начинать заказывать основное оборудование и выполнять последнюю стадию проекта - рабочие чертежи (РЧ).

На этой стадии детализируют и уточняют принятые в ТП решения, которые необходимы для производства строительно-монтажных работ. В состав рабочих чертежей входят:

- чертежи генерального плана с вертикальной планировкой и указанием всех коммуникаций, сети транспортных путей, озеленения и благоустройства территории;
- рабочие чертежи примененных типовых проектов зданий и сооружений и дополнений к ним;
- рабочие чертежи зданий и сооружений, которые будут возводиться по индивидуальным проектам, чертежи конструкций фундаментов, разработанных с уточнением геологических и гидро-геологических изысканий;
- чертежи вентиляционных и аспирационных устройств и других установок по охране труда;
- ведомости материалов и конструкций, полуфабрикатов, необходимых для строительства;
- сметы, составленные в соответствии с объемом работ, исчисленным по рабочим чертежам.

Такая документация составляется для отдельных корпусов и цехов, на основе которых разрабатываются РЧ отделений цеха и корпусов с размещением транспортных систем.

Во всем проектировании главным звеном является технологическая часть проекта, определяющая основные ТЭП и затраты на производство и влияющая на разработку остальных частей проекта.

Отсюда к разработке технологической части проекта необходимо подходить с особой тщательностью, проводить её наиболее полно с тем, чтобы четко определиться в выборе основного технологического процесса, оборудования для его осуществления и установления количества его для выполнения производственной программы, установить потребность в основных и вспомогательных материалах для процесса, определить затраты всех видов энергии и рабочей силы на производство единицы продукции. От

этого будут зависеть потребность в производственных площадях, объемы зданий и, в целом, капитальные затраты на строительство.

В подготовке инженера-технолога именно эта часть - технологическая - является основной, и поэтому в пособии подробно рассматриваются все технологические вопросы по каждому технологическому отделению и участку, выбор технологической схемы процесса для соответствующих условий производства, выбор типа технологического оборудования и установления его количества и загрузки. Для получения наиболее приемлемого проектного решения необходимо рассматривать не один, а два-три альтернативных варианта и принимать наиболее рациональный из рассматриваемых.

2. ЛИТЕЙНЫЕ ЦЕХИ. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА И ФОНДЫ ВРЕМЕНИ

2.1. Классификация литейных цехов

В РФ почти в каждом крупном населенном пункте имеются литейные цехи, общее число которых превысило несколько тысяч. Поэтому желательно проводить их классификацию в типовые группы по каким-либо родственным признакам.

Таковыми признаками классификации являются: род металла и сплава, из которого изготавливаются отливки, их масса, объем годового выпуска и серийного производства отливок, способ изготовления отливок, отраслевое назначение, степень механизации и автоматизации и др.

По роду металла, выплавляемого в литейных цехах, различают чугунолитейные (по производству отливок из серого, ковкого и высокопрочного чугуна, а также легированного и специального), сталелитейные (по производству отливок из углеродистых сталей, низко- и высоколегированных), цветно-литейных (по производству отливок из алюминиевых и других сплавов). Характер сплава накладывает отпечаток на выбор технологического оборудования, способы изготовления отливок, режим работы цеха, организацию грузопотоков и планировочные решения по размещению оборудования.

По объему годового выпуска и серийности производства различают цеха малой мощности, средней и большой. При этом

для различных способов литья абсолютное значение мощности будет различным. Так, для чугунного литья цех, производящий до пяти тысяч тонн отливок в год, будет цехом малой мощности, а для алюминиевого литья это цех большой мощности.

С мощностью цеха обычно тесно связан характер производства отливок. Он подразделяется на массовый, крупносерийный, серийный, мелкосерийный и единичный (табл. 2.1).

Таблица 2.1

**Классификация литейных цехов
по серийности производства (черные металлы)**

Масса отливок, кг	Число отливок одного наименования в годовой программе при характере производства, шт.				
	единичном, менее	мелкосерийном	серийном	крупносерийном	массовом, более
< 8	500	501-6000	6001-30000	30001-20000	20000
8-19	300	301-3000	3001-15000	15001-100000	100000
20-49	200	201-2500	2501-10000	10001-60000	60000
50-99	150	151-2000	2001-8700	8701-53000	53000
100-249	95	96-1400	1401-7000	7001-37500	37500
250-499	75	76-1000	1001-4500	4501-25000	25000
500-999	50	51-600	601-3000	3001-20000	20000
1000-2999	40	41-400	401-2000	2001-13500	13500
2000-4999	20	21-150	151-550	551-4500	4500
5000-9999	10	11-50	51-100	101-1000	100
10000-19999	7	8-25	26-50	> 51	-
> 20000	5	6-12	13-20	-	-

По массе выпускаемых отливок цехи подразделяют на цехи мелких, средних, крупных, тяжелых и особо тяжелых отливок. В зависимости от характера производства изменяется масса отливок, относящаяся к тому или иному типу отливок по массе. Это иллюстрируется табл. 2.2.

По способу изготовления отливок цехи подразделяются на две группы: цехи, в которых отливки изготавливаются в объемных разовых или полупостоянных песчаных формах; цехи, в которых применяются специальные способы литья (в кокиль, под давлением, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, центробежным способом и др.). Технологический процесс определяет как состав цеха, так и виды применяемого оборудования, системы

транспортирования, уровень механизации и автоматизации работ в цехе и организацию работы в нем.

Таблица 2.2

**Классификация литейных цехов
по максимальной массе производимой отливки
в зависимости от характера производства**

Тип отливок	Масса отливки из чугуна и стали в разовые песчаные формы, кг		Масса отливок из легких цветных сплавов при литье, кг	
	Массовое и крупносерийное	Серийное, мелкосерийное, единичное	под давлением	в кокиль
Особо мелкие	1	-	0,1	-
Мелкие	10	100	0,2	1,0
Средние	50	1000	1	5
Крупные	до 500	5000	10	25
Тяжелые	> 500	20000	> 10	> 25
Особо тяжелые	-	> 20000		

По отраслевому назначению отливок литейные цехи можно подразделить в зависимости от их принадлежности соответствующему производству на цехи автомобилестроения, станкостроения, сельскохозяйственного и транспортного, энергетического и металлургического и электротехнического машиностроения.

Отраслевая принадлежность цеха определяет серийность производства, выбор технологических комплексно-механизированных линий, предметную специализацию производства и др.

По степени механизации и автоматизации литейные цехи условно делятся на:

- маломеханизированные, где процессы формообразования, заливки и выбивки выполняются с помощью отдельных механизмов, а также вручную;
- среднемеханизированные, где основные технологические процессы выполняются механизмами и развиты средства транспортировки формовых смесей и материалов, жидкого металла и шихты, готовых отливок и возврата;
- комплексно-механизированные, где все производственные процессы полностью механизированы и частично автоматизи-

рованы, полностью механизированы и транспортные операции;

— автоматизированные, где применяются автоматические машины для изготовления отливок и транспортировки форм и стержней, автоматы для сборки форм, заливки металла и очистных операций; с применением роботов и робототехнических комплексов, осуществлением слежения за процессом с помощью ЭВМ.

Современное состояние литейных цехов РФ характеризуется низким уровнем механизации и автоматизации и недостаточным использованием цехов специальных видов литья.

Основное количество цехов имеет низкую производительность и степень механизации работ. Так, почти половина чугунолитейных цехов РФ имеет годовое производство менее одной тысячи тонн в год, что составляет лишь 6,5 % от общего производства литья, в то же время крупные цехи, производящие от 20 до 50 тыс. т литья в год, составляют лишь 3,8 % по численности, но дают почти четверть всего чугунного литья. Отсюда выживание мелких цехов возможно лишь при условии существенного улучшения качества литья и создания гибкого производства, с использованием современных технологических процессов, обеспечивающих высокую эффективность производства и получение качества, удовлетворяющего мировым стандартам.

2.2. Состав литейных цехов и заводов

Литейные цехи, как правило, входят составными частями в крупные машиностроительные предприятия и являются их основной заготовительной базой, имеющей соответствующую узкую специализацию. Наряду с этим имеется достаточно большое количество цехов, специализирующихся на выпуске литья для нужд городов и районов, а также ремонтных предприятий, обслуживающих этот регион.

Литейные цехи, входящие в состав предприятий, тесно с ними связаны и находятся в кооперации с другими службами и цехами завода.

В РФ получили развитие специализированные литейные заводы «Центролиты», которые имеют направленность на удовлетворение потребности в литье всего региона в целом. Такие заводы обычно имеют возможность производить отливки из разнооб-

разных сплавов (чугун, сталь, цветные сплавы), а также использовать разные технологические процессы, позволяющие получать отливки от небольших масс и размеров до крупных.

В состав литейных заводов наряду с литейными цехами входят цехи подготовки металлошихты и формовочных материалов, которые ведут подготовку их для всего завода в целом. Они имеют централизованную службу ремонта, единый цех модельной оснастки, объединенные службы энергоснабжения и водоснабжения и др.

Литейный цех непосредственно состоит из производственных отделений:

- плавильного с шихтовым двором, участком подготовки и навески шихты;
- формовочно-заливно-выбивного отделения;
- стержневого отделения со складом готовых стержней;
- смесеприготовительного;
- термообрубного (с участками исправления дефектов, грунтовки и складирования).

В цехе имеется большое количество вспомогательных участков:

- подготовки формовочных материалов и регенерации формовочных смесей;
- ремонта заливочных ковшей и сводов печей;
- ремонтной службы механика;
- ремонтной службы энергетика;
- ремонта модельно-опочной оснастки;
- изготовления каркасов холодильников, жеребеек, литейных паст и красок и др.;
- трансформаторных и конденсаторных подстанций;
- насосных и компрессорных станций;
- вентиляционных и очистных систем.

Наряду с этим в литейном цехе могут быть самостоятельные склады шихтовых, формовочных материалов и огнеупоров, склады модельной стержневой и опочной оснастки; инструментальные кладовые и склады горюче-смазочных материалов и связующих.

Нормальная работа литейного цеха невозможна без контроля за всеми параметрами технологического процесса, поэтому в него входят лаборатории анализа (спектрального и химического), лаборатории металлографических и механических испытаний, а также контроля свойств формовочных материалов и смесей.

В состав цеха входят также административно-бытовые помещения (АБК) и службы:

- администрация цеха, его отделений и участков;
- администрация служб цеха;
- медпункт;
- служба технического контроля и качества;
- бытовые помещения (гардеробные, душевые, туалеты, комнаты личной гигиены, бани, оздоровительные комнаты);
- столовая и буфеты;
- актовый зал;
- библиотека с читальным залом.

Ряд отделений и участков могут быть общими для нескольких цехов, а ряд помещений использоваться для совместной работы. Ряд служб и участков могут размещаться вне основного здания.

2.3. Исходные данные для проектирования литейных цехов и виды производственных программ

Проектировщик ведет проектные работы на основе исходных данных, представленных заказчиком проекта. Установлению исходных данных предшествует проведение маркетинга по профилю работы литейного цеха. В исходные данные проектирования включается следующее:

- производственная программа по выпуску отливок как в целом, так и по отдельным видам сплавов;
- номенклатура, габариты и масса отливок;
- режимы работы и фонды времени;
- технологические карты на производство отливок, а при их отсутствии - чертежи деталей и технические условия на них;
- нормы проектирования и другие регламентирующие документы.

Наибольшую важность в исходных данных представляет производственная программа. Она должна содержать задание на годовой выпуск отливок в тоннах с учетом выпуска запасных частей для производимой предприятием номенклатуры изделий (в % к основному выпуску). А также в натуральном исчислении по всей номенклатуре изделий — количество отливок каждого вида. Эти данные могут появиться после проработки маркетинга изделий для данного региона и постановки изделий по кооперации в дру-

гие районы и государства, а также на основе традиционной номенклатуры литейного цеха, взамен которого будет строиться новый цех.

Имеются три вида производственной программы, на основании которых будет проектироваться или реконструироваться цех: точная, приведенная и условная.

Каждый вид программы характерен для соответствующего характера производства: точная программа – для массового и крупносерийного, приведенная – для серийного, а условная – для мелкосерийного и единичного производства.

Точная программа составляется на основе технологических карт каждой из всей номенклатуры отливки, и все это сводится в одну подетальную ведомость. Форма ведомости для расчета точной (подетальной) программы представлена в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Подетальная (точная) программа выпуска отливок

№ п/п	Наименование детали	Мас-са, кг	Габари-ты от-ливки, мм	На изде-лие	Запчасти к основной программе, %	Годовая программа	С учетом брака	Об щий вы-пуск
	Номер детали							
	Слав							
	Детали							
	Отливки							
	Длина							
	Ширина							
	Высота							
	Термообработка							
	ЗИП							
	Отливок, кг							
	Запчасти к основной программе, %							
	На основную программу, шт.							
	На запчасти, шт.							
	Всего на программу, шт.							
	Всего на программу, кг							
	Внутренний брак, %							
	Внутренний брак, шт.							
	Внешний брак, %							
	Внешний брак, шт.							
	Задание по цеху с учетом брака, шт.							
	Задание по цеху с учетом брака, %							
	Шт.							
	По массе, кг							

Такая подробная ведомость составляется по каждому виду сплава, что сразу определяет потребность в соответствующей марке

его. Необходимо группировать отдельно детали по каждому виду сплава.

Приведенная программа составляется для многономенклатурного серийного производства отливок. Разбивка отливок ведется на группы по массе, сложности, технологическому процессу и другим специфическим признакам. Для каждой группы отливок выбирается отливка – представитель, которая наиболее характерна для данной группы (отвечает примерно средней массе отливок данной группы и имеет наибольшее число отливок в данной группе). Остальные отливки этой группы с помощью поправочных и переводных коэффициентов (приведенного коэффициента) пересчитываются к отливке – представителю. И затем программа может рассчитываться аналогично подетальной (точной) программе.

Значительно более сложно вести расчеты производственной программы при мелкосерийном и единичном характере производства, когда номенклатура отливок цеха твердо не установлена и может меняться как в течение года, так и месяца в зависимости от потребности заказчика на ремонтные нужды или создание опытных образцов. В этих случаях применяют так называемую условную производственную программу. Основу для расчета составляют маркетинговые исследования, которые должны определить потребность в отливках по диапазону масс, а также сплавов. При этом полезным является учет опыта аналогичных цехов в соответствующих условиях производства. Расчеты по такой программе должны учитывать возможное значительное изменение как номенклатуры, так и характера производства, и при выборе технологического процесса для выполнения данной программы должна предусматриваться значительная гибкость его.

2.4. Фонды рабочего времени

Режим работы литейных цехов рассматривается как вопрос организации производства, так и как количество рабочего времени трудящихся и оборудования.

С точки зрения организации работ различают ступенчатый (последовательный) режим работы, который заключается в том, что выполнение всех или большинства технологических операций изготовления отливки производится в различное время на одной и той же рабочей площади цеха. Режим характерен для цехов крупного литья (плацевая формовка) и цехов с низкой степенью механизации работ.

Другой режим работы - параллельный. Он характерен для цехов массового и крупносерийного производства и заключается в выполнении всех технологических операций одновременно на разных производственных площадях и участках литейного цеха (на конвейере или линии) разными рабочими и машинами.

Бывают и комбинированные методы работы литейных цехов.

Чаще всего литейные цехи работают по двухсменному графику работы. Продолжительность рабочей недели составляет 40 часов.

Ряд отделений (участков) литейного цеха, в основном при массовом производстве литья, могут работать в три смены (термические печи) или две с половиной смены (плавильные печи) для обеспечения стабильной двухсменной работы отделений всего цеха.

Выбор режима работы цеха может быть связан и с требованиями охраны труда – так, часто операции заливки и выбивки крупных форм осуществляют в ночное время, когда присутствие трудящихся в цехе минимально.

Различают календарный, номинальный и действительный фонды времени.

Календарный фонд для оборудования и рабочих составляет $\Phi_K = 365 \times 24 = 8760$ ч/год.

Номинальный фонд (Φ_H) – это время, в течение которого по принятому режиму должно работать оборудование и рабочие без учета потерь времени.

$\Phi_H = 2018$ ч/год при односменном режиме;

$\Phi_H = 4036$ ч/год при двухсменном режиме;

$\Phi_H = 6054$ ч/год при трехсменном режиме работы цеха.

Фонд действительный (эффективный) является расчетным и определяется путем исключения из номинального фонда времени неизбежных потерь. Они связаны с возможными ремонтами оборудования и плановым обслуживанием его.

При установлении действительного фонда времени рабочего необходимо учитывать различного вида отпуска, потери из-за временной нетрудоспособности, выполнения государственных обязанностей и др. В зависимости от условий работы и продолжительности отпуска он может меняться в широких пределах от 1840 до 1610 ч/год.

Действительный фонд работы оборудования можно найти в литературе [1,3].

Расчеты оборудования производятся по действительному фонду времени.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТДЕЛЕНИЙ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА

3.1. Проектирование плавильного отделения

При изучении плавильного оборудования и проектировании плавильного отделения литейного цеха перед проектировщиком стоят важные и сложные задачи выбора технологического процесса плавки металла или сплава, обеспечивающего заданную производительность цеха как по количеству, так и по качеству металла. При этом чрезвычайно важным, особенно в настоящее время, является экономическое обоснование целесообразности выбора технологического процесса плавки, который наряду с качеством металла позволяет получить его низкую стоимость и использовать в процессе дешевые недефицитные шихтовые материалы и энергоносители. Кроме того, технологический процесс плавки должен сводить к минимуму вредное воздействие на обслуживающий персонал и окружающую среду выделения тепла, пыли, газа.

Технология плавки наряду с этим должна быть достаточно гибкой в организационном отношении, обеспечивать непрерывную заливку жидким металлом готовых форм, позволять быстро переходить на выплавку различных сплавов, приспосабливаться к возможному изменению в шихтовке плавки при перебоях в снабжении шихтовыми материалами и обслуживать агрегат персоналом низкой квалификации.

Выбранная технология плавки должна иметь широкий диапазон воздействия на процесс с целью получения металла заданного химического состава, т.е. должна позволять проводить рафинирование, легирование, модифицирование расплава. Это позволит обеспечить гарантированное качество металла, а следовательно, отливки.

Плавильные агрегаты, используемые в различных литейных цехах, и технологии выплавки, в них применяемые, существенно отличаются по возможностям воздействия на процесс как по металлургическим, так и тепловым параметрам. Поэтому выбор технологического процесса должен учитывать эти обстоятельства в зависимости от номенклатуры и качества получаемых отливок [11].

В данном разделе почти не затрагиваются вопросы, связанные с технологией плавки, так как эти вопросы изучались в курсе

«Металлургия», и студент должен разбираться в технологии плавки сплава или, при необходимости, изучить ее самостоятельно.

Основное внимание обращено на технические возможности плавильных агрегатов, их производительность, возможность перерабатывать разнообразное металлургическое сырье, энергетические затраты на процесс и экономическую эффективность использования того или иного плавильного агрегата в зависимости от производительности цеха, характера производства, требований, предъявляемых к качеству отливок, а также воздействие процесса на экологию.

3.1.1. Технологические процессы для выплавки чугуна

Производство отливок из чугуна значительно превышает производство стальных отливок и отливок из цветных сплавов и составляет $\approx 71\%$ от общего объема производимого литья. Поэтому агрегаты для плавки чугуна, их достоинства и недостатки в этом разделе рассматриваются достаточно подробно.

Основное количество чугуна в литейных цехах выплавляется из твердого чугуна. Для плавки применяются вагранки, дуговые и индукционные печи, а также различные комбинированные процессы, так называемые дуплекс и триплекс-процессы.

Пламенные печи для плавки чугуна применяются весьма ограничено. В практике чугунолитейных цехов СССР наиболее распространенным плавильным агрегатом была и остается на сегодня в России вагранка (табл. 3.1.1).

Таблица 3.1.1

Динамика изменения производства отливок из чугуна в СССР, выплавленного основными технологическими процессами

Способ выплавки чугуна	Производство (по годам) отливок из чугуна, выплавленного разными способами, %				
	1970	1975	1980	1985	1988
В индукционных печах моно- и дуплекс-процессами	0,25	1,8	4,22	7,9	9,3
В дуговых электропечах	-	-	2,52	2,1	2,3
Дуплекс-процессом вагранка – электропечь	0,24	2,85	8,26	3,7	11,2
В вагранках монопроцессом	98,1	94,1	84,0	79,3	76,3
В прочих плавильных агрегатах	1,41	1,25	1,0	1,0	0,9

3.1.1.1. Плавка чугуна в вагранках

По конструктивным признакам вагранки классифицируются:

- по применяемому топливу – на коксовые, коксогозовые и газовые;
- по степени отчистки газов – на открытые, полужакрытые и закрытые;
- по подогреву дутья – на вагранки без подогрева (на холодном дутье) и с подогревом дутья.

Кроме того, вагранки могут иметь копильники, подогреваемые и без подогрева, и индукционные каналные.

Как шахтная печь, вагранка имеет высокие тепловой КПД и производительность, а также она проста по конструкции, что в значительной мере определяет до настоящего времени ее конкурентоспособность среди чугуноплавильных агрегатов.

Вагранке присущи недостатки: трудности перегрева металла и производства чугуна повышенных марок, выделение в атмосферу большого количества вредных газов и пыли на открытых вагранках, значительные капитальные вложения в строительство газоочистных сооружений и повышенные расходы на эксплуатацию в вагранках закрытого типа. В меньшей степени эти недостатки присущи газовой вагранке [12], в которой можно получать чугуны повышенных марок с низким содержанием углерода и серы, при этом на ней значительно снижается объем выделяемых газов. В то же время эта вагранка обладает пониженной стойкостью футеровки, в ней трудно проводить регулирование содержания углерода и температуры, невозможно проводить термовременную выдержку для получения высококачественного чугуна. Чугун, выплавленный в газовой вагранке, может быть доведен до кондиции, если затем его подвергнуть термовременной обработке и доводке в индукционной печи.

Вагранки являются высокопроизводительными плавильными агрегатами. Производительность их оценивается количеством жидкого металла, проплавленного в течение часа ($t/ч$). Она, в первую очередь, зависит от площади поперечного сечения шахты (внутреннего диаметра вагранки в районе дутьевых фурм), а также других конструктивных элементов: многорядного расположения фурм; полезной высоты вагранки (высоты шахты над нижним рядом фурм до загрузочного окна); высоты нижнего ряда фурм над подиной горна. Значительное влияние на производительность

вагранки оказывают и параметры технологического режима плавки – расход топлива, расход дутья, степень подогрева дутья (расход газа на подогрев) и другие.

Основные конструктивные размеры вагранок при работе на холодном дутье, которые можно использовать при проектировании новых вагранок, а также оценке существующих, приведены в работе [13].

Из-за низкой производительности и практически не применяемой очистки отходящих газов от пыли и токсичных газов вагранки производительностью до 5 т/ч на холодном дутье не могут конкурировать с более экологически чистыми плавильными средствами – индукционными и дуговыми электрическими печами, и поэтому их нельзя рекомендовать при проектировании современных литейных цехов. Такие вагранки в настоящее время все больше выводятся из эксплуатации, особенно если они расположены вблизи жилых массивов.

Современные высокопроизводительные вагранки выполняются с системами газоочистки и дожигания отходящих ваграночных газов и имеют большую производительность (рис. 3.1.1). Такие вагранки, по существу, являются ваграночными комплексами, включающими в себя собственно вагранку (систему очистки газов от пыли и вредных газов, устройство для подогрева и подачи дутья), систему автоматического дозирования и загрузки шихтовых материалов, системы автоматического управления и контроля за ходом плавки, а также вспомогательные устройства для грануляции жидкого шлака и уборки отходов после выбивки вагранки. Работа систем и устройств подробно изложена в [13]. Современные ваграночные комплексы имеют высокую производительность – до 50 т/ч, что позволяет им выдерживать конкуренцию с другими способами плавки чугуна в цехах с производительностью 80 тыс. отливок в год и выше. В этом случае ваграночные комплексы используются совместно с какой-либо печью выдержки (дуговой, индукционной), и цехи работают соответствующим дуплекс-процессом.

Конкурентоспособность таких комплексов связана с тем, что они работают с частичной заменой чушковых чугунов на металлолом.

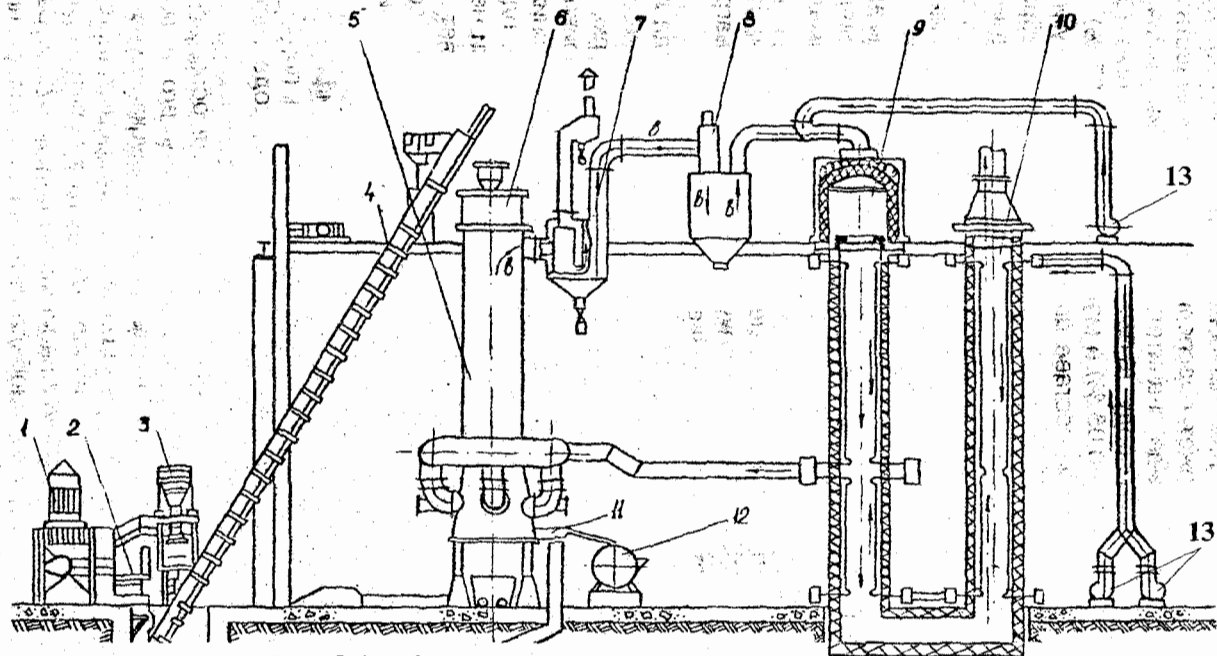


Рис. 3.1.1. Схема установки ваграночного комплекса:

1 - бункерная эстакада; 2 - весовая тележка; 3 - установка для дозирования кокса; 4 - подъемник для шихты; 5 - вагранка; 6 - шлюзовая камера; 7 - пылеосадительная камера; 8 - эжекторный скуруббер; 9 - камера дожигаия; 10 - радиационный рекуператор; 11 - шлакоотделительный желоб; 12 - копыльник; 13 - воздуховоды

Использование только вагранки для плавки чугуна, как указывается в [14], не может обеспечить получение качественного чугуна для отливок из-за значительных колебаний химического состава чугуна по углероду (0,06 - 0,14 %), кремнию (0,14 - 0,20 %), хромю (0,015 - 0,05 %) и марганцу (0,04 - 0,07 %). Такие колебания в химическом составе наряду с влиянием других технологических факторов обуславливают значительный разброс показателей механических свойств отливок. Это и вынуждает для обеспечения стабильных и высоких свойств отливок использовать дууплекс-процессы, стабилизирующие химический состав металла.

Основным направлением развития промышленности является ее интенсификация. Вагранки имеют диапазон оптимальной производительности, который примерно на 12 - 20 % отличается от номинальной, а она может быть получена за счет оптимальных технологических параметров.

Основные параметры, которые позволяют влиять на производительность, - подача дутья, улучшение конструкции вагранки, применение экзотермических добавок и др.

Методы подачи дутья сводятся к изменению расхода дутья, обогащению его кислородом, подогреву дутья, рассредоточению его по одному, двум и даже трем уровням дутьевых фурм. Установлено, что повышение температуры дутья на 100 К приводит к увеличению температуры металла на 15-20 К и при этом снижается расход кокса. Замена кокса на низкосортное топливо, идущее на подогрев дутья, подаваемого в вагранку, практически не сказывается на изменении стоимости металла, но позволяет улучшить качество выплавленного чугуна. При этом снижается содержание серы в готовом металле, стабилизируется содержание углерода и кремния.

Наиболее часто встречающийся метод интенсификации дутья кислородом - подача последнего в воздуховод перед фурменной коробкой. Добавление в дутье 0,5 % кислорода увеличивает температуру чугуна примерно на 10 К [15].

При недостатке кислорода для обеспечения обогащения в течение всей плавки целесообразно применять его в начале плавки для повышения температуры первого выпуска чугуна.

В зарубежной практике находит применение также метод интенсификации плавки за счет использования экзотермических добавок - литейного карбида кальция, содержащего 72 % Ca_2C и 28 % CaO . Использование карбида кальция позволяет снизить

расход кокса примерно на 30-40 %, повысить производительность вагранки на 20-25 %, поднять температуру чугуна с 1660 до 1690 К и снизить содержание серы в чугуне за счет сокращения расхода кокса с 0,13 до 0,10 %.

Интенсификация ваграночной плавки возможна также за счет рассредоточения дутья путем создания двух рядов фурм (второй ряд расположен над первым на расстоянии 700-800 мм) или даже трех. Распределение дутья по высоте вагранки приводит к повышению уровня высокотемпературной зоны, которая расположена над вторым рядом фурм, что обеспечивает эффективный перегрев капель чугуна за счет улучшения условий теплообмена. При этом снижается расход кокса, что приводит к уменьшению объема образующихся при плавке газов.

Интенсификация ваграночной плавки приводит к повышенному разгару футеровки и увеличивает количество образующегося шлака.

Интенсификация ваграночной плавки в связи со значительным улучшением теплового баланса позволяет использовать в шихте дешевый стальной лом вместо чушкового чугуна. Доля стального лома при этом составляет 70-85 % от металлозавалки при повышенном расходе кокса (20 %).

3.1.1.2. Плавка чугуна в электрических печах

Кроме вагранок для плавки чугуна все большее применение находят электрические дуговые и индукционные печи, хотя доля чугуна, выплавляемого этими способами, относительно мала.

Для плавки чугуна в дуговых печах применяют преимущественно трехфазные печи, предназначенные для плавки стали.

Дуговые печи имеют высокий КПД в период плавления (60-70 %), но сравнительно небольшой при перегреве металла (доводке) (25 %). Дуговые печи отличаются высокой эксплуатационной надежностью. В них можно расплавлять разнообразную шихту как по габаритам, так и по составу, в том числе загрязненную мусором, что затруднительно осуществлять в ваграночной плавке. В дуговых печах можно проводить рафинирование металла и получать расплав для высокопрочного чугуна. В шихту дуговой плавки с чушковым чугуном и возвратом можно использовать значительное количество стального лома, а для получения требуемого содержания углерода в плавку вводится карбюризатор в ви-

де электродного боя, пекококсовой мелочи и графита. Для обеспечения экономической эффективности дуговой плавки в ней целесообразно использовать до 10 % чугуновой и стальной стружки. Технология ведения плавки чугуна в электродуговых печах несколько проще, чем технология плавки стали. Однако плавка в дуговых печах сопровождается значительным угаром углерода (5-10 %), который возрастает с увеличением расхода карбюризатора. Отмечается значительный угар марганца – 15-20 % в печах с кислой футеровкой и 10-15 % в печах с основной футеровкой.

Плавка в дуговых печах связана со значительным воздействием на окружающую среду и обслуживающий персонал. Электродуговые печи выделяют большое количество тепла, газа и пыли, а также отличаются повышенным уровнем шума в период расплавления шихты. Кроме того, наблюдается повышенное газонасыщение металла водородом и азотом из-за высоких температур и ионизации газов в районе горения дуг. Расплав в дуговых печах перемешивается слабо, что может сказаться на неравномерности химического состава получаемого металла.

В настоящее время институтом электротермического оборудования разработаны и поставляются заказчикам дуговые печи постоянного тока вместимостью 0,6; 6,0 и 12 т, ведется разработка печей такого типа вместимостью 25 и 50 т, о чем будет сказано ниже.

В целом, монопроцесс выплавки чугуна в дуговых электропечах в РФ развит слабо, и дуговые печи чаще всего используются как вторичные плавильные агрегаты в дуплекс-процессах. Такое сочетание, видимо, нельзя признать экономичным. Основные пути интенсификации плавки в дуговых печах сводятся к предварительному подогреву металлошихты и использованию жидкого остатка в печи – «болота».

3.1.1.3. Плавка в индукционных печах

Более экономичным следует считать моно- или дуплекс-процессы выплавки чугуна в индукционных печах. В России промышленность выпускает большую гамму индукционных тигельных печей для плавки чугуна вместимостью от 1,0 до 60 т (табл. 3.1.2).

Технические характеристики индукционных печей для получения чугуна

Тип плавильной печи	Вместимость печи, т	Мощность печи по трансформатору (преобразователю), кВт	Частота тока, Гц	Расчетная скорость плавки (перегрев на 100 °С), т/ч
ИТЧ - 1	1,0	400	50	0,6
ИТЧ - 2,5	2,5	1000	50	1,7
ИТЧ - 6,0	6,0	1600	50	2,7
ИТЧ - 10	10,0	2500	50	2,4
ИТЧ - 21	21,0	5600	50	11,3
ИТЧ - 31	31,0	7100	50	14,2
ИТЧ - 60	60,0	20000	50	33,6

Доля чугуна, выплавляемого в индукционных тигельных печах, растет весьма значительно. В 1988 г. она составляла 5,7 %, и этот рост будет продолжаться. Такая тенденция связана с очевидными достоинствами этих печей для плавки чугуна. Выплавка чугуна в них связана с минимальными угарами элементов в процессе плавки, она обеспечивает получение качественного жидкого металла и высоких механических свойств отливок [16,17], позволяет использовать в шихте стальной лом и карбюризатор вместо литейных чушковых чугунов и дефицитного кокса. Индукционные печи меньше всего загрязняют окружающую среду как тепловыми, так и пылегазовыми выделениями. Они имеют достаточно высокий КПД, особенно при перегреве и доводке чугуна. Высокий КПД в процессе расплавления шихты достигается за счет частичного опорожнения печи, так называемая плавка с «болотом», когда из печи сливается примерно одна треть жидкого металла, а на оставшуюся жидкую ванну присаживают твердую завалку. Индукционные печи поддаются автоматизации в связи с тем, что в них хорошо регулируются энергетический и материальный балансы плавки. Индукционные печи часто оборудуются системой автоматического взвешивания шихты.

Не лишены индукционные печи для чугуна и определенных недостатков: повышенный расход электроэнергии на плавку, более высокие капитальные затраты на строительство плавильного

участка и большие потребности в площадях, ограничение подводимой удельной мощности на печах промышленной частоты из-за возможных выбросов металла за счет электромагнитных сил, периодичность выпуска металла (что особо важно при непрерывном потреблении жидкого металла) на заливку форм.

Технология выплавки чугуна в индукционной печи достаточно проста и сводится к загрузке шихты, расплавлению, доводке и термовременной выдержке металла и последующего выпуска.

Интенсификация плавки чугуна в индукционных печах связана с предварительным подогревом металлошихты за счет газовых горелок, что ведет к сокращению расхода электроэнергии на плавку и, следовательно, к сокращению длительности плавки; с применением кислородных горелок, устанавливаемых над ванной индукционной печи; с применением крышек под горловиной печи; с установлением оптимальной массы остатка жидкого металла в печи [14,16].

Наряду с индукционными тигельными печами для плавки чугуна применяют индукционные каналные печи барабанного типа [16]. Такие печи имеют хорошие теплотехнические, электротехнические показатели (КПД 83-85 % и $\cos \phi$ близок к 1). Подводимая мощность, а следовательно, производительность этих печей в 2 раза больше, чем у тигельных печей той же емкости. Канальные индукционные печи чаще всего используются в качестве вторичных агрегатов. дуплекс-процесса – миксеров, их техническая характеристика приведена в табл. 3.1.3.

Индукционные печи, в том числе и каналные, имеют значительно меньшие металлургические возможности из-за присутствия в печи холодного шлака, нагреваемого за счет жидкого металла. ИЧКМ емкость 10 т и более выпускаются в двух исполнениях по мощности трансформатора.

Печи до ИЧКМ-16 включительно имеют цилиндрическую шахтную форму ванны с расположением индукционной единицы на поду. Конструкция такой печи показана на рис 3.1.2.

Более крупные индукционные каналные печи имеют два исполнения: шахтные и с цилиндрической барабанной ванной с расположением индукционных единиц под углом 45° к горизонту (рис. 3.1.3).

Производительность печи ИЧКМ изменяется в очень широких пределах от 7 до 115 т/ч при перегреве жидкого чугуна на 100 К. В то же время удельная мощность каналных печей снижается с увеличением их вместимости, а расход электроэнергии находится в пределах 35-40 кВт.ч/т.

**Технические характеристики
индукционных канальных миксеров промышленной частоты
для выдержки чугуна**

Тип канального миксера	Вмести- мость, т	Мощность по трансформатору, кВт	Расчетная ско- рость перегрева на 100 К, т/ч
ИЧКМ – 2,5	2,5	-	7
ИЧКМ – 4	4	-	14
ИЧКМ – 6	6	-	14
ИЧКМ – 10	10	500/1000	29/58
ИЧКМ – 16	16	500/1000	29/58
ИЧКМ – 25	25	1000/2000	55/110
ИЧКМ – 40	40	1000/2000	55/110
ИЧКМ – 60	60	2000/4000	115/230
ИЧКМ – 100	100	2000/4000	115/230

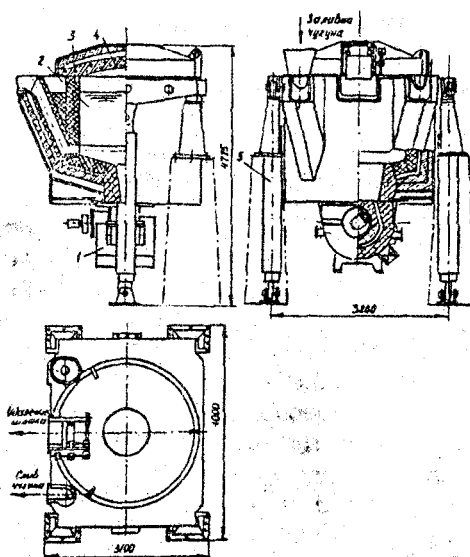


Рис. 3.1.2. Индукционная канальная печь типа ИЧКМ-16 вместимостью 16 т с цилиндрической шахтной формой ванны:

- 1 – индукционная единица; 2 – ванна печи;
3 – футеровка; 4 – крышка; 5 – механизм подъема

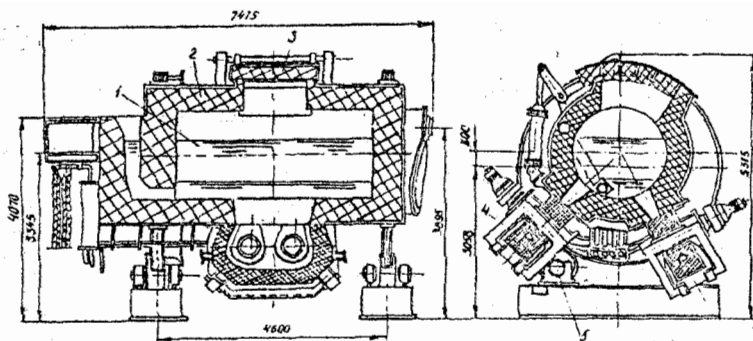


Рис. 3.1.3. Индукционная канальная печь серии ИЧКМ-40 с формой ванны в виде горизонтального барабана:

- 1 – ванна печи; 2 – футеровка; 3 – крышка;
4 – индукционная единица; 5 – механизм поворота

3.1.1.4. Плавка чугуна дууплекс-процессами

Как отмечалось выше, в современной практике для получения чугуна высокого качества используются и широко распространены дууплекс-процессы.

Ваграночный чугун по своим свойствам все меньше удовлетворяет повышенным требованиям, предъявляемым к металлу и отливкам, поэтому для улучшения его свойств в отечественной и зарубежной практике все шире используются дууплекс-процессы, связанные с получением жидкого чугуна в вагранках и последующей его доводкой и перегревом в электрических печах. При этом достигаются высокая производительность, хорошее качество и низкие энергетические затраты на процессы. Здесь возможно применение дууплекс-процессов: вагранка - дуговая электропечь, вагранка - индукционная тигельная печь и вагранка - индукционный канальный миксер.

Применение первого дууплекс-процесса вагранка - электропечь в отечественной практике было связано со слабым развитием производства индукционных печей в пятидесятые годы. В последующем этот дууплекс-процесс из-за его неэкономичности не использовался.

Как в РФ, так и в зарубежных странах в последние годы получил распространение дууплекс-процесс вагранка - индукционная

канальная печь или индукционная тигельная печь, когда индукционные печи применяются в качестве миксера. В этом случае для плавки чугуна используются высокопроизводительные ваграночные комплексы большой единичной мощности (20 т/ч и более), в качестве металлошихты - дешевый стальной лом, соответствующим образом разделанный до необходимых габаритных размеров.

Полученный жидкий чугун переливается в индукционную печь (тигельную или канальный миксер). В случае использования в качестве вторичного агрегата индукционной тигельной печи имеются большие металлургические возможности по доводке жидкого металла до заданного химического состава путем разбавления расплава добавками относительно чистого по примесям стального лома (лучше всего низкоуглеродистая стальная обрезь) или соответствующего ферросплава. Наряду с этим в тигельной печи осуществляется необходимый перегрев металла до заданной температуры заливки чугуна. Такой дуплекс-процесс позволяет выплавлять металл как для получения рядовых марок чугуна типа СЧ-15, СЧ-20, так и ковкого, высокопрочного и специального (легированного). Индукционная тигельная печь при этом выполняет роль миксера, где осуществляется стабилизация химического состава чугуна и выравнивание его температуры. Стабилизация содержания углерода и кремния при миксировании чугуна наступает при отношении к емкости миксера производительности вагранки (т/ч) более 2,0 – 2,5 [14]. Двойной запас емкости миксера благоприятно скажется и на улучшении организации труда во всем литейном цехе, так как обеспечивает бесперебойное снабжение жидким чугуном формовочно-заливочно-выбивного отделения, независимо от колебания производительности плавильного отделения. Такая буферная емкость позволит принять готовый металл и в случае кратковременной остановки литейного конвейера или автоматической линии.

Отличие в использовании индукционного канального миксера в качестве вторичного агрегата при дуплекс-процессе состоит в том, что в этом случае резко снижаются металлургические возможности воздействия на металл. Агрегат лишь усредняет химический состав и обеспечивает поддержание температуры металла на определенном уровне. Колебания содержания элементов в готовом металле при этом снижаются по углероду до 0,04-0,05 %, по кремнию до 0,10-0,12 %, по марганцу до 0,02-0,08 %, что значительно меньше, чем при ваграночной плавке.

Для того чтобы осуществить усреднение химического состава металла, в миксере должно оставаться значительное количество чугуна, поэтому полное опорожнение его недопустимо. Процесс усреднения также требует определенного времени выдержки порций металла из вагранки без добавок, поэтому целесообразно иметь для обслуживания ваграночного комплекса два миксера, с попеременной работой каждого миксера то на наполнение, то на опорожнение.

Улучшение технико-экономических показателей таких дуплекс-процессов связано с сокращением потерь тепла во время перелива металла и выдержки его в миксере, использованием пониженной мощности трансформатора (она должна, в основном, компенсировать тепловые потери миксера и обеспечивать незначительный перегрев металла), полнотой использования отобранной порции чугуна (сокращение возврата чугуна для слива его в миксер) и др.

В современных цехах все чаще в качестве первичного плавильного агрегата используется электропечь - дуговая или индукционная. Вторичным агрегатом при дуплекс-процессе могут быть электропечи: дуговые, индукционные тигельные и каналные.

Дуплекс-процесс дуговая электрическая печь - дуговая электрическая печь применяют в корпусе серого и ковкого чугуна КА-МАЗа [18]. Выплавку чугуна осуществляют в восьми ДЭП-50, а в качестве печей выдержки используют девять ДЭП-75. Такое сочетание обеспечивает бесперебойное снабжение корпуса жидким чугуном в объеме более 350 тыс. т. При этом производительность печи по плавке составляет 25 т/ч, а удельный расход электроэнергии 600 кВт·ч/т отливок. Такой дуплекс-процесс позволяет получать любые марки чугунов хорошего качества.

Дуплекс-процесс дуговая электропечь - индукционный каналный миксер или индукционная тигельная печь применяют в современных литейных цехах большой мощности; в качестве первичного агрегата для выплавки чугуна используют дуговые электропечи большой вместимости (25-30 т), на которых установлены трансформаторы высокой удельной мощности. В качестве вторичного агрегата используют индукционные печи - каналный миксер для усреднения химического состава и корректировки температуры металла или индукционную тигельную печь для корректировки состава металла, ввода легирующих с целью получения чугунов различных марок. Такая схема дуплекс-процесса обеспечивает расход электроэнергии примерно на 15-20 % ниже по сравнению с

плавкой в одной индукционной печи промышленной частоты. При этом в качестве шихты для плавки в дуговой печи можно использовать низкосортные металлические отходы, что тоже улучшает экономические показатели процесса.

Применение в качестве вторичного агрегата индукционной тигельной печи расширяет металлургические возможности воздействия на расплав аналогично процессам, рассмотренным при описании дуплекс-процесса вагранка - индукционная тигельная печь. Экономически более выгодным можно признать использование в качестве вторичного агрегата индукционного тигельного миксера, который имеет меньшую мощность трансформатора, что приводит к уменьшению капитальных затрат. В этих миксерах можно производить коррекцию химического состава чугуна и производить подогрев металла. Технические характеристики индукционных тигельных миксеров приведены в табл. 3.1.4.

Таблица 3.1.4

Технические характеристики тигельных миксеров

Тип плавильного агрегата	Вместимость тигля, т	Мощность по трансформатору, кВт	Расчетная скорость перегрева на 100 К, т/ч
ИЧТМ - 1	1	180	2,8
ИЧТМ - 2,5	2,5	400	4,2
ИЧТМ - 6	6	400	7,0
ИЧТМ - 10	10	1000	17,0
ИЧТМ - 16	16	1600	22,0

В ряде случаев, особенно в литейных цехах металлургических заводов, имеется возможность для получения литейного чугуна применять в качестве основы жидкий передельный чугун, поставляемый в литейный цех непосредственно из доменной печи в чугуновозных ковшах [19].

Преимущество данного дуплекс-процесса очевидно хотя бы потому, что отпадает необходимость в разливе доменного чугуна в чушки, а затем последующего разогрева и расплавления полученных чушек. Такой дуплекс-процесс за рубежом широко распространен, при этом транспортирование жидкого чугуна осуществляется на значительные расстояния, вплоть до транспортировки жидкого чугуна не только железнодорожным транспортом, но и речным на расстояния до 350 км.

В РФ длительное время используются перевозки жидкого доменного чугуна с Кузнецкого металлургического комбината на Западно-Сибирский металлургический комбинат на расстояние 26 км. Используют передельные чугуны для получения литейных чугунов на заводах Украины и Урала.

Богатая практика использования жидких передельных чугунов имеется на Магнитогорском металлургическом комбинате, где цех изложниц применяет этот чугун для отливки крупных изложниц и поддонов. Этот процесс практикуется более тридцати пяти лет и обеспечивает получение дешевых отливок в больших количествах. Данная схема получения отливок, несмотря на очевидную экономичность, имеет и значительный недостаток, связанный с отсутствием промежуточного агрегата, способного провести смешение, усреднение и корректировку химического состава и выравнивание температуры чугуна, а также ее подъема.

Таких недостатков лишен дуплекс-процесс доменная печь - индукционная тигельная печь, который применяется в течение ряда лет в чугунолитейном цехе ММК. Технология выплавки чугуна этим процессом складывается из следующих операций:

- транспортирование жидкого доменного чугуна в чугуновозных ковшах вместимостью семьдесят тонн из доменного цеха в чугунолитейный;
- перелив чугуна порциями из большого ковша в малый с помощью специального кантователя, оборудованного системой отсоса выделяющихся спели и газов;
- заливка жидкого чугуна в индукционную тигельную печь мостовым краном;
- доводка жидкого чугуна по химическому составу и температуре путем ввода добавок стальной обрезки, ферросплавов;
- изотермическая выдержка для улучшения свойств чугуна;
- выпуск плавки.

Слив чугуна из чугуновозного ковша осуществляется в несколько приемов и ковш с чугуном может находиться в цехе в течение нескольких часов, вплоть до снижения температуры чугуна до 1240 °С. Средняя скорость снижения температуры металла достигает 0,3 град/мин.

После заливки чугуна в печь производят включение печи на максимальную мощность, и через 3-5 мин загружают смесь ферросплавов, состоящую из ферросилиция ФС 45 и ферромарганца, в количествах, необходимых для получения заданного химического состава литейного чугуна в зависимости от состава доменного.

На ферросплавы сверху загружают 10-15 % стальной обрезки, которая погружает ферросплавы в металл и снижает угар кремния и марганца. После расплавления введенных присадок происходит снижение потребляемой мощности. К этому моменту температура чугуна поднимается до 1610-1620 К (1340-1350 °С).

Термовременная выдержка чугуна осуществляется при этой температуре в течение 30-40 мин. В этот период происходит флотация неметаллических включений и газов в шлак и атмосферу, выравнивание по объему химического состава и температуры. Для снижения теплопотерь поверхность ванны покрывается слабозкостермической смесью. Выпуск плавки производится в подогретый разливочный ковш.

Исследование металлургических процессов в дулекс-процессе доменная печь - индукционная тигельная печь показали, что имеет место некоторый угар кремния (на уровне 2-4 %), прирост содержания углерода за счет растворения слели из доменного шлака со скоростью 0,13 % в час (прирост 2,8-3 % от общего содержания углерода), снижение концентрации фосфора за счет разбавления металла стальным скрапом примерно на 0,005 %, практически не изменяется содержание марганца, угар его можно считать равным нулю. Шлак в индукционной печи при кислой футеровке тигля образуется кислым. При изотермической выдержке происходит возрастание кислотности шлака и снижение его окисленности (табл. 3.1.5).

Таким образом, при этом дулекс-процессе наблюдаются очень низкие угары элементов, а возможности по регулированию процессов достаточно хорошие.

Таблица 3.1.5

Химический состав шлака индукционной плавки

Период плавки	Содержание компонентов шлака, %							
	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	MnO	Fe _{общ}	Fe ₂ O ₃	FeO
В начале изотермической выдержки	3,08	28,06	41,2	0,9	7,5	12,6	10,2	5,3
В конце изотермической выдержки	3,23	31,39	42,1	0,9	8,3	8,1	5,8	4,3

Преимущества данного процесса приводят к существенно лучшим техническим показателям плавки по сравнению с монопроцессом. Это видно из табл. 3.1.6, в которой приведены технико-экономические показатели плавки в ИЧТ-10 различными процессами.

Таблица 3.1.6

Технико-экономические показатели различных способов получения литейного чугуна в печи ИЧТ-10

Показатели	Способ плавки		
	Монопроцесс с «болотом»		Дуплекс-процесс ДП+ИЧТ
	По паспорту	По данным [22]	
Производительность печи, т/ч	4,2	4,0	5,8
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	548	750	150
Стойкость тигля, плавок, шт.	-	100-200	300-350
Угар элементов, %		5,6-7,8	2-4
Стоимость жидкого чугуна, руб./т (в ценах 1985 г.)	-	76,98	71,58

3.1.1.5. Сравнение технико-экономических показателей плавки чугуна различными процессами

Многообразие способов выплавки чугуна для изготовления отливок позволяет выбрать в конкретных условиях (производительность цеха, требования к качеству выплавляемого металла, максимальная масса отливки, получаемой в цехе, наличие и качество шихтовых материалов, организация работ в формовочном отделении, обеспечение цеха энергетическими и трудовыми ресурсами, требования к охране окружающей среды) наиболее рациональный, экономичный и надежный.

Выбор способа плавки чугуна, садки печи и удельной производительности ее является чрезвычайно важным при проектировании плавильного отделения и цеха в целом.

Как указывалось ранее, на такой выбор оказывают влияние технологические, организационные, социальные и экономические факторы. Если первые три фактора достаточно подробно были

рассмотрены в разделах 3.1.1.1-3.1.1.3, то экономические факторы, влияющие на выбор способа плавки, рассмотрим ниже.

В качестве экономического критерия эффективности способа выплавки чугуна или другого сплава в цехе любой производительности используются приведенные затраты или, если их отнести к производительности цеха (отделения), удельные приведенные затраты, исчисляемые в руб./т жидкого металла или годных отливок. В этом показателе отражаются как затраты на производство отливок, так и капитальные затраты на строительство цеха.

Общие приведенные затраты определяются по уравнению

$$Z_{\text{пр}} = E_n K_z + C_r; \quad (1.1)$$

удельные

$$Z_{\text{пру}} = \frac{E_n K_z}{B} + C, \quad (1.2)$$

где $Z_{\text{пр}}$, $Z_{\text{пру}}$ — соответственно приведенные и удельные годовые затраты, руб.;

E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат;

K_z — капитальные затраты на плавильное оборудование, включая вспомогательное, руб.;

C_r, C — стоимость производства годового объема жидкого металла и удельная стоимость 1 т жидкого металла соответственно, руб.;

B — годовая потребность цеха в жидком металле, т/год.

Нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат устанавливается государственными органами и для плавильного оборудования принимается 0,12, хотя в случае определения эффективности другого оборудования его можно принять 0,15, как для капитальных затрат в машиностроении.

Капитальные затраты для плавильного отделения складываются из затрат на плавильный агрегат с системой газоочистки, источника энергоснабжения или электропитания, стоимости здания для размещения агрегата, источника питания, системы загрузки печи, а также других транспортных расходов и затрат на монтаж оборудования. Определяющими в капитальных затратах являются затраты на плавильный агрегат, источники энерго- и электроснабжения, а также производственное здание.

При выборе способа плавки чугуна расчет капитальных затрат для проектируемого цеха не может быть выполнен детально,

поскольку еще не определен полный перечень будущего оборудования, поэтому он выполняется по укрупненным показателям

$$K_3 = K_{\Pi} + K_{И} + K_{Здп} + K_{Зди} + K_{Тр} + K_{М}, \quad (1.4)$$

где K_{Π} - стоимость плавильного агрегата, тыс. руб.;

$K_{И}$ - стоимость источника питания (для дуговой печи - печной трансформатор, для индукционной - трансформатор или преобразователь), тыс. руб.;

$K_{Здп}$, $K_{Зди}$ - стоимость производственного здания для размещения плавильного агрегата и источника питания соответственно, тыс. руб.;

$K_{Тр}$ - транспортные расходы, затраты на средства подачи шихты и обслуживание транспортных операций на печи, тыс. руб.;

$K_{М}$ - затраты на монтаж оборудования, тыс. руб.

Стоимость плавильного агрегата и источника питания устанавливается по прейскуранту цен на плавильное оборудование № 15-14 [20]. Стоимость одного кубического метра здания принимается равной 7 руб., с пересчетом масштаба цен на данный момент. Кубатура здания определяется приближенно по планировкам аналогичного оборудования на участке, близком по производительности к проектируемому или сравниваемому, при этом в расчет берется объем здания шихтового двора и пролета подготовки ковшей и футеровки сводов.

Транспортные расходы и затраты на монтаж оборудования устанавливаются как доля от стоимости основного оборудования. Так, по данным института ВНИИЭТО (Всесоюзный научно-исследовательский институт электротермического оборудования), при монтаже индукционных печей $K_{М}$ принимают равным 5 %, а $K_{Тр}$ колеблется от 10 до 20 % от стоимости плавильного агрегата и источника питания.

Кроме вышеперечисленных статей капитальных вложений на строительство плавильных агрегатов, необходимо включать капитальные затраты на решение экологических вопросов - строительство очистных сооружений для очистки воздуха и технической воды. Как отмечалось раньше, стоимость этих сооружений значительна и существенно изменяется в зависимости от типа плавильного агрегата. По данным, приведенным в работе [15], можно оценить относительную стоимость оборудования для очистки отходящих газов от плавильного агрегата (рис. 3.1.4).

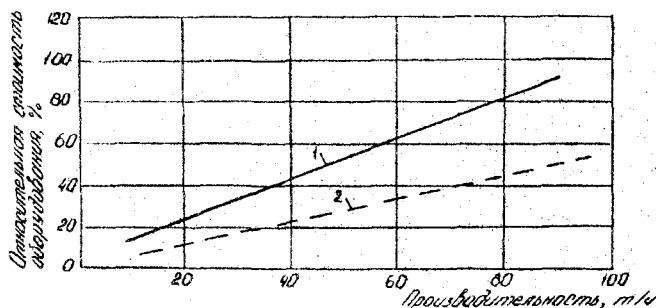


Рис. 3.1.4. Относительная стоимость оборудования для очистки отходящих газов: 1 — вагранки; 2 — электродуговые печи

Из рис. 3.1.4 видно, что стоимость оборудования для очистки отходящих ваграночных газов примерно в два раза превышает аналогичные затраты по очистке газов на электрических дуговых печах. Естественно, абсолютная стоимость очистного оборудования увеличивается с ростом производительности агрегата, а относительные затраты (на одну тонну производимого жидкого металла) снижаются. Эксплуатация вагранок без очистных сооружений невозможна и поэтому капитальные затраты на их строительство значительно повышаются.

По зарубежным данным затраты на строительство различных чугуноплавильных печей растут с ростом производительности. Они наибольшие для индукционных печей и наименьшие для электродуговых печей (рис. 3.1.5). Даже для индукционных печей рост удельных капитальных затрат на 1 т прироста производительности снижается в большей степени, чем растет производительность, особенно это заметно для вагранок и дуговых печей. Это значит, что удельные капитальные вложения при росте производительности заметно снижаются.

Стоимость годового производства жидкого металла будет складываться из затрат на основные $C_{м.о}$ и вспомогательные $C_{м.в}$ материалы стоимости топливно-энергетических затрат (газа, воздуха, электроэнергии, охлаждающей воды и др.); расходов на зарплату обслуживающего персонала $C_{з.р}$ и общецеховых расходов $C_{ц.р}$.

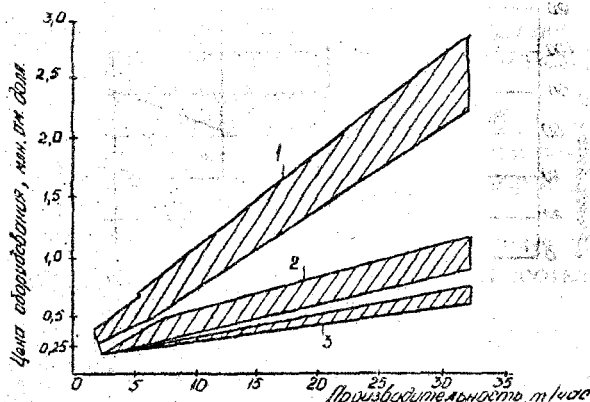


Рис. 3.1.5. Капитальные затраты на установку плавильного оборудования: 1 — индукционные тигельные печи; 2 — вагранки; 3 — электродуговые печи

Из всех вышеперечисленных статей в наибольшей степени от типа применяемого плавильного агрегата зависят затраты на материалы и топливно-энергетические затраты, на них падает основная доля стоимости жидкого металла. Сопоставление энергетических затрат при различных способах выплавки чугуна в литейных цехах приведено в табл. 3.1.7 [14].

Для того, чтобы можно было сравнить суммарные энергетические затраты при моно- и дуплекс-процессах плавки чугуна, различные виды энергии переведены в условное топливо.

Из табл. 3.1.7 видно, что энергетические затраты при плавке чугуна в коксовой вагранке и индукционной печи при производительности от 4 до 6 т/ч наибольшие и практически одинаковые, несколько ниже энергетические затраты при плавке в коксогоазовой вагранке. Они одинаковы с энергозатратами в дуговой электропечи. Отмечается, что при возрастании производительности плавильного агрегата примерно в 5-6 раз происходит снижение энергетических затрат на 11,6 % при плавке в коксовой вагранке, на 19,5 % — при плавке в коксогоазовой вагранке, на 25,7 % — при плавке в индукционной печи, и на 31,8 % — при плавке в дуговой электропечи. Значит, при увеличении вместимости плавильного агрегата и его производительности энергетические затраты значительно снижаются, и агрегаты большой вместимости выгодно использовать.

Таблица 3.1.7

**Энергетические затраты на производство 1 т жидкого чугуна в зависимости от типа
плавильного агрегата и его производительности**

Показатели потребления энергии на 1 т жидкого чугуна	КВ		КГВ		ИП		ЭДП	
	Производительность, т/ч				Вместимость, т			
	4-6	25-30	4-6	25-30	10/4,4	50/26	12/5	50/25
Кокс, кг	<=150	130	<=120	<=90	-	-	-	-
Газ, м ³ : для вагранки	-	-	25	25	-	-	-	-
для рекуператоров	12	12	12	12	-	-	-	-
Электроэнергия, кВт: технологическая	-	-	-	-	700	520	650	450
приводная	12	12	12	12	-	-	-	-
В переводе на условное топливо, кг	244	216	219	177	240	178	220	150

Примечание. КВ – коксовая вагранка; КГВ – коксогозовая вагранка; ИП – индукционная печь; ЭДП – электродуговая печь.

Показатели потребления энергии на 1 т жидкого чугуна	Дуплекс-процессы								
	КВ-ИМ		КГВ-ИМ		ИП-ИМ		ЭДП-ИМ		ДП-ИП
	Производительность первичного агрегата, т/ч								
	4-6	25-30	4-6	25-30	4,4	26	5	25	-
Кокс, кг	<=100	<=90	<=70	<=50	-	-	-	-	-
Газ, м ³ : для вагранки для рекуператоров	- 12	- 12	25 12	25 12	- -	- -	- -	- -	- -
Электроэнергия, кВт: технологическая приводная	50 12	50 12	50 12	50	700 50	520 50	550 50	350 50	100
В переводе на условное топливо, кг	186	162	164	116	257	197	205	137	34

Примечание. КВ-ИМ – коксовая вагранка + индукционный миксер; КГВ-ИМ – коксогозовая вагранка + индукционный миксер; ИП-ИМ – индукционная печь + индукционный миксер; ЭДП-ИМ – дуговая печь + индукционный миксер; ДП-ИП – доменная печь + индукционная печь.

Расход энергии при дуплекс-процессе не возрастает, а в ряде случаев ниже, чем при монопроцессе. Он возрастает лишь при дуплекс-процессе индукционная тигельная печь - индукционный канальный миксер. Наиболее экономичным по расходу энергии (в 5-7 раз ниже) является дуплекс-процесс доменная печь - индукционный канальный миксер. В дуплекс-процессах сохраняется та же тенденция, что и при плавке монопроцессами, с увеличением производительности агрегата снижается удельный расход энергии.

Различие в расходе кокса при плавке монопроцессом и дуплекс-процессом коксовая вагранка - индукционный канальный миксер при одинаковой производительности связано с тем, что при монопроцессе температура выпуска чугуна принята более высокой (1460-1480 °C), а при плавке дуплекс-процессом лишь 1400 °C.

Затраты на материалы при различных способах плавки чугуна могут существенно различаться, так как в шихте используется разная доля стального лома, имеющего более низкую стоимость, чем твердый чугун. В зависимости от возможности плавильного агрегата перерабатывать стальной лом полностью либо частично будет меняться стоимость синтетического жидкого чугуна.

По практическим данным расходы материалов при различных шихтовках плавки в вагранке, индукционной печи и электродуговой печи существенно отличаются (табл. 3.1.8). Стоимость металлической части шихты при получении жидкого чугуна может существенно различаться и быть тем ниже, чем больше доля стального лома в шихте. Значительная экономия получена и при плавке синтетического чугуна на стальных отходах в условиях Каунасского завода «Центролит» [17].

Сравнительный анализ приведенных затрат на выплавку чугуна в одинаковых условиях выполнен в работе [21] и показан в табл. 3.1.9, из которой следует, что, несмотря на увеличение удельных капитальных вложений на строительство индукционных печей, приведенные затраты на получение одной тонны жидкого чугуна в этой печи являются наименьшими благодаря снижению потерь от брака, повышению выхода годного и низкой стоимости жидкого металла.

Таблица 3.1.8

**Расходы и виды шихтовых материалов,
используемых при выплавке чугуна различными процессами**

Шихтовые материалы и показатели процесса	Нормы расхода шихтовых материалов, %								
	Монопроцессы				Дуплекс-процессы				
	Коксовая вагранка (СЧ)	ДЭП (ВЧ)	ИЧТ «Центролит» г. Каунас	ИЧТ (синтетический чугун)	Вагранка ДЭП (легированный чугун)	ДЭП-ДЭП	ДЭП-ИЧМ	ИЧТ-ДЭП	ДЭП-ИЧТ
Литейный чугун	20	55	-	-	24,3	-	17,1	14,4	-
Передельный чугун	10	-	-	-	4,3	27,5	-	-	79,5
Стальной лом	5,3	-	-	17,9	12,97	24,7	24,8	-	15,3
Чугунный лом	27	-	-	19	9,1	-	-	25	-
Стружка чугунная	-	-	38,6	8	7,9	-	21,8	-	-
Стружка стальная	-	-	29,2	20	-	-	8,4	10	-
Возврат	33	43,7	30,7	33	27,3	45,6	25,8	48,2	-
Ферросилиций	4	0,95	1,5	1,7	2,2	5,2	1,9	2,09	4
Ферромарганец	-	0,65	0,2	-	0,33	-	0,2	0,68	1,2
Феррохром	-	0,2	-	-	-	-	-	0,13	-

Окончание табл.3.1.8

Шихтовые материалы и показатели процесса	Нормы расхода шихтовых материалов, %								
	Монопроцессы				Дуплекс-процессы				
	Коксовая вагранка (СЧ)	ДЭП (ВЧ)	ИЧТ «Центролит» г. Каунас	ИЧТ (синтетический чугун)	Вагранка ДЭП (легированный чугун)	ДЭП-ДЭП	ДЭП-ИЧМ	ИЧТ-ДЭП	ДЭП-ИЧТ
Зеркальный чугун	0,7	-	0,4	-	-	-	-	-	-
Титаномеднистый чугун	-	-	-	-	6,75	-	-	-	-
Хромоникелевый чугун	-	-	-	-	8	-	-	-	-
Графитовая стружка	-	-	-	-	-	-	2,91	-	-
Олово	-	-	-	-	-	-	3,4	-	-
Итого металлошихты, кг/т	1020	1005,1	1095	1020	-	2330,3		1005,1	1240
Стоимость металлошихты, руб.	136,58*	89,61	57,6	45,75	109,66	162,68	1000	55,83	90,94

* Приведена стоимость металлошихты по данным отчета предприятий.

Они несопоставимы, так как цены материалов различны для заводов.

Таблица 3.1.9

Приведены затраты на 1 т годных чугунных отливок

Показатели	Приведенные затраты на 1 т годных отливок, руб.			
	Индукционная плавка	КВГ	Закрытая вагранка	Вагранка + ИМ
Выход годных отливок из 1 т жидкого металла, т	0,753	0,731	0,731	0,753
Стоимость жидкого металла на 1 т годных отливок	86,75	97,28 (91,80)	99,86 (94,34)	97,69 (93,89)
Потери от брака	3,12	3,6	3,6	3,12
Расходы литейного цеха	69,4	70	70	69,4
Общезаводские расходы	6,64	7	7	6,94
Стоимость 1 т годных отливок	166,21	177,88 (174,94)	180,56 (174,94)	177,15 (173,35)
Удельные капитальные вложения на 1 т годных отливок	29,61	23,16	22,16	25,5
Приведенные затраты на 1 т годных отливок	170,65	181,87 (178,26)	183,88 (178,26)	180,95 (177,15)

Примечания:

1. КВГ – коксогазовая вагранка; ИМ – индукционный миксер.
2. В скобках – данные для восточных районов страны.

Однако не следует однозначно делать вывод, что использование индукционной плавки будет выгодно во всех случаях. Неплохие результаты получаются при использовании дуплекс-процесса вагранка - индукционный миксер. В зарубежной практике вновь начинают широко применять высокопроизводительные ваграночные комплексы, использующие в значительных количествах (до 70-80 %) металлический лом, и работающие дуплекс-процессы с индукционными печами [14].

Представляют интерес изменения приведенных затрат при плавке чугуна в индукционных печах РФ в зависимости от их технических параметров (подводимой мощности, коэффициента использования ее, тепловых потерь, номинальной вместимости печи, вспомогательного времени плавки) [22]. В работе даны функциональные зависимости приведенных затрат от вышеперечисленных параметров. Для индукционных печей с трехфазным пита-

нием при двухсменном режиме работы приведенные затраты определяются из выражения

$$\begin{aligned}
 Z_{\text{пр}} = & 0,1 \left(\frac{1}{\lambda_p P_{\text{п ном}} \eta_3 - \Delta P_T} + \frac{\tau_0}{360 G_{\text{п ном}}} \right) \times \\
 & \times \left\{ (645,24 G_{\text{п ном}}^{1,4} + 6,056 P_{\text{п ном}} + 3,679 P_{\text{п ном}}^{0,9} + 1,404 P_{\text{п ном}}^{0,91} + \right. \\
 & + 23,558 P_{\text{п ном}} + 635,6 G_{\text{п ном}}^{0,6}) \times \left[\frac{\lambda_p P_{\text{п ном}} (360 G_{\text{п ном}} + \tau_0 \Delta P_T)}{360 G_{\text{п ном}} + \tau_0 (\lambda_p P_{\text{п ном}} \eta_3 - \Delta P_T)} + \right. \\
 & \left. \left. + \frac{\Delta P_T}{2 \eta_3} \right] + 3,38 P_{\text{п ном}} \lambda_p (1 - \eta_3) + 3,38 \Delta P_T + 1,2 \times 10^4 \right\}, \quad (3.1.4)
 \end{aligned}$$

где $Z_{\text{пр}}$ - приведенные затраты, руб./т;

$P_{\text{п ном}}$ - номинальная мощность электропечи, кВт;

α_p - коэффициент использования номинальной мощности печи;

η_3 - электрический КПД печи;

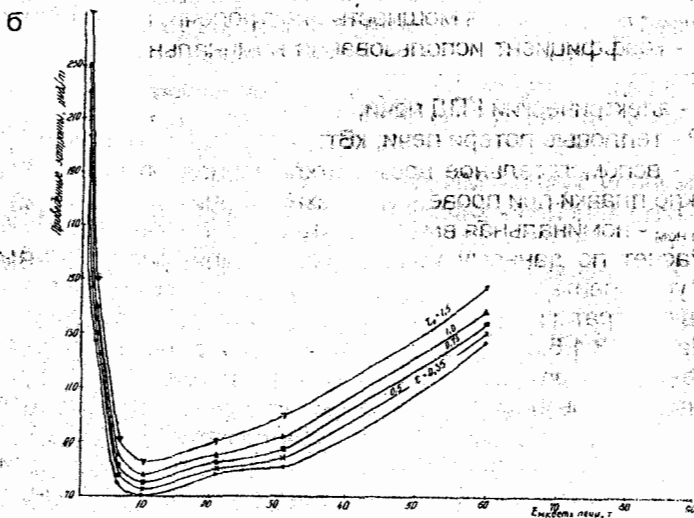
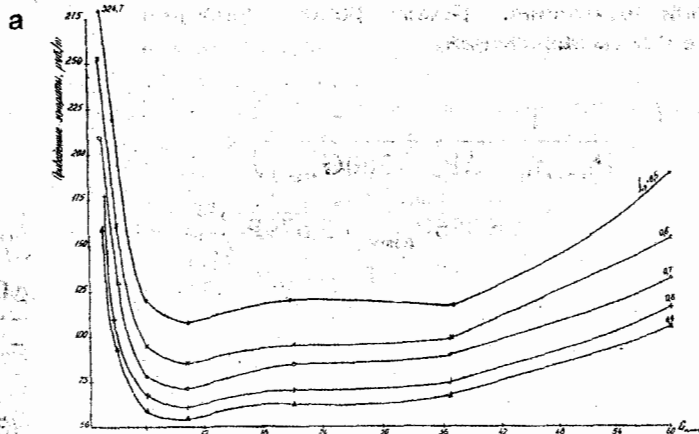
ΔP - тепловые потери печи, кВт;

τ_0 - вспомогательное время отключенного состояния печи в цикле плавки при проведении технологических операций, ч;

$G_{\text{п ном}}$ - номинальная вместимость печи, т.

Расчет по данному уравнению, выполненный на ЭВМ, позволил установить влияние отдельных параметров плавки на приведенные затраты и, в первую очередь, номинальной вместимости печи. На рис. 3.1.6.а показаны рассчитанные по выражению (3.1.4) приведенные затраты в зависимости от вместимости печи и коэффициента использования ее номинальной мощности. Эта связь носит экстремальный характер с существенным повышением приведенных затрат для печей малой вместимости 2,5 и 1 т.

Можно также констатировать, что в интервале вместимости печи от 6 до 31 т приведенные затраты при прочих равных условиях сравнительно низкие. Такая закономерность проявляется и при изменении какого-либо параметра, входящего в выражение (3.1.4) (тепловых потерь печи, вспомогательного времени плавки (рис. 3.1.6.б) и др.).



1, 2, 3, 4, 5 – коэффициент использования номинальной мощности
0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 - соответственно

Рис. 3.1.6. Зависимость приведенных затрат от вместимости печи от различных коэффициентов использования номинальной мощности P (а) и вспомогательного времени плавки τ_0 (б)

Влияние коэффициента использования мощности печи на приведенные затраты весьма значительно, при его изменении в пределах 0,5-0,9 они при прочих равных условиях могут возрасти в 2-2,3 раза и особенно сильно при использовании печей малой вместимости 1,0-2,5 т. Отсюда следует, что необходимо максимально использовать подводимую мощность и следить за состоянием электрической части печи, так как снижение коэффициента мощности печи ведет к снижению ее производительности и увеличению себестоимости металла.

Увеличение потерь рабочего времени, т.е. рост вспомогательного времени, должно вести к увеличению приведенных затрат во всех случаях. Это наглядно подтверждает рис. 3.1.6,б. Увеличение вспомогательного времени на один час увеличивает приведенные затраты для печей емкостью 1,0; 2,5; 6,0; 10; 21; 31 и 60 т на 39,5; 19,4; 12,8; 11,5; 9,9; 16,2; 17,7 руб. соответственно. Следовательно, хорошая организация плавки, подготовка шихтовых материалов, быстрая загрузка и выпуск позволяют значительно снизить приведенные затраты и увеличить производительность плавильного участка.

При ограниченном (частичном) использовании производительности печи большой вместимости, когда изготавливают крупные отливки, а производительность цеха мала, приведенные затраты будут существенно возрастать.

Конкретные расходы шихтовых материалов на отдельных заводах, различная их стоимость дают различные соотношения в снижении себестоимости жидкого чугуна на разных предприятиях при плавке в вагранке и индукционной печи, но в большинстве случаев отмечается заметная разница в пользу плавки в индукционной печи.

3.1.2. Агрегаты для плавки стали

В современных сталелитейных цехах используются различные способы выплавки стали, преимущественно монопроцессы. Наибольшее количество стали для литейных цехов выплавляется в электрических печах - дуговых садкой от 1,5 до 25 т, индукционных тигельных садкой 0,06-6,0 т, плазменных садкой 0,16-1,6 т,

печах сопротивления - переплавных печах для получения электрошлакового литья.

В качестве плавильных агрегатов для плавки стали применяют печи, как с кислой, так и с основной футеровкой. В литейных цехах, производящих отливки из рядовых углеродистых сталей, чаще всего используют печи с кислой футеровкой, а для производства легированных и высоколегированных сталей - печи с основной футеровкой.

Общеизвестны недостатки печей с кислой футеровкой - они не позволяют удалять из металла вредные примеси - серу и фосфор, поэтому для выплавки стали в таких печах необходимо иметь шихту, чистую по сере и фосфору. При соблюдении последнего условия или пониженных требованиях по содержанию вредных примесей в стали печи с кислой футеровкой обеспечивают более высокие технико-экономические показатели из-за сокращения длительности плавки на 20-25 %, сокращения расхода электродов, повышения стойкости футеровки и соответственно снижения расхода электроэнергии на 10-15 %, по сравнению с плавкой в печах с основной футеровкой.

Печи с основной футеровкой позволяют производить рафинирование металла от серы и фосфора за счет наведения жидкоподвижных основных шлаков и их удаления в процессе доводки металла. Наведение шлака связано с дополнительным расходом флюсов, тепла, электроэнергии и удлиняет период доводки, что приводит к снижению технико-экономических показателей плавки.

В связи с бесперспективностью использования мартеновского и конвертерного способов выплавки стали в сталелитейных цехах эти процессы в пособии не рассматриваются.

Типы применяемых электрических дуговых печей и их технические характеристики приведены в табл. 3.1.10.

В черной металлургии используются производимые машиностроительным комплексом дуговые электрические печи садкой 100 и 200 т. Такие печи можно применять в качестве плавильного агрегата в специфических условиях, когда требуется изготавливать особо крупные отливки соответствующей массы. Имеются также печи меньшей вместимости 0,5-1,5 т [13]. Печи малой вместимости не нашли широкого распространения из-за их низких технико-экономических показателей и не могут рекомендоваться для вновь проектируемых сталелитейных цехов.

Таблица 3.1.10

Технические характеристики дуговых электрических печей

Вместимость, т	Индекс печи	Установленная мощность по трансформатору, кВ·А	Расход электроэнергии, кВт·ч/т		Диаметр электрода, мм	Внутренний диаметр конуса печи, мм	Производительность печи, т/ч
			теоретический на расплавление	фактический на плавку			
3	ДСП-3	2000	500	750	200	2764	1,6
6	ДСП-6	4000	550	750	300	3190-3500	2,7
12	ДСП-12	8000	470	720	350	3760-4260	4,2
25	ДСП-25	12500	460	700	400	4450-4950	6,6
50	ДСП-50	20000	440	680	500	5800-6050	11,4

Выбор футеровки дуговой печи для вновь проектируемого плавильного участка и реконструируемого цеха должен зависеть от требований к выплавляемому металлу (в первую очередь по сере и фосфору) и возможностей обеспечения производства чистой по вредным примесям шихтой. Если требования к металлу не особо жесткие, а шихта достаточно чистая, то предпочтение должно быть отдано печам с кислой футеровкой. Если требования к качеству металла повышенные, то печи должны иметь основную футеровку. В тех цехах, где имеется несколько печей, можно иметь большую часть печей с основной футеровкой, а остальные с кислой.

3.1.2.1. Методы интенсификации электродуговой плавки

В связи с тем, что развитие производства в действующих цехах требует увеличения мощностей металлургических агрегатов, а существующие габариты цеха не позволяют сделать этого за счет экстенсивного пути развития — увеличения числа печей, очень часто возникает необходимость интенсифицировать плавку, особенно в дуговых электрических печах.

Существует несколько методов интенсификации плавки в дуговых печах независимо от типа применяемой в них футеровки. Наиболее широко распространенным методом интенсификации является предварительный подогрев металлической части шихты с помощью газового топлива (рис. 3.1.7).

Подогрев металлической части шихты осуществляется в специальных устройствах, в которые устанавливаются корзины с металлошихтой. Внизу устройства имеются горелки, а продукты горения просасываются через металлическую шихту и подогревают ее до температуры на уровне 730-930 К. Длительность подогрева сравнительно небольшая и составляет около 15 мин. При этом происходит некоторое уплотнение шихты и она подогретой поступает в печь. За счет подогрева шихты происходит снижение длительности расхода электроэнергии, исключаются дополнительные подвалки шихты при недостаточной плотности лома, загружаемого в печь, когда в рабочее пространство печи не помещается вся необходимая завалка.

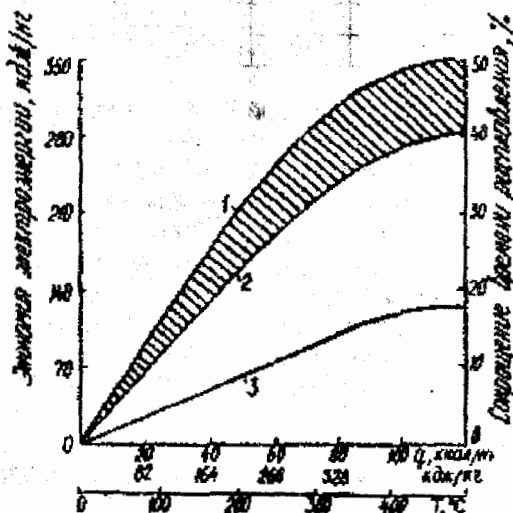


Рис. 3.1.7. Зависимость экономии электроэнергии и сокращения времени плавки от температуры подогрева и расхода тепла на подогрев при выплавке стали:

- 1 – при доле усвоения тепла 0,95; 2 – при доле усвоения 0,7;
3 – сокращение времени расплавления

Другим методом интенсификации плавки является использование газокислородных горелок для подогрева шихты непосредственно в печи. Горелки устанавливают в специальное отверстие в своде или перед открытым завалочным окном печи и факел направляют в рабочее пространство печи.

Для интенсификации плавки в окислительный период можно использовать кратковременную продувку ванны кислородом путем введения его в ванну с помощью металлических труб, чаще всего футерованных. Продувка кислородом позволяет снизить содержание примесей в металле, ускорить нагрев металла, улучшить шлакообразование.

Интенсификация плавки стали в дуговой печи может быть связана с использованием печных трансформаторов повышенной мощности, что увеличивает подводимую мощность к печи и пропорционально сокращает время плавки, когда она находится под током, и, в первую очередь, длительность плавления шихты. В период доводки мощность трансформатора используется не полностью из-за повышенных потерь тепла и интенсивного разрушения футеровки печи.

В зарубежной практике отмечается тенденция к замене трехфазных электродуговых печей на однофазные электродуговые печи постоянного тока, которые имеют значительно меньшие шумовые характеристики, высокие удельные подводимые мощности, что обеспечивает высокую производительность печи. Создание преобразователя постоянного тока повышает стоимость однофазной дуговой печи по сравнению с трехфазной печью переменного тока на 35 % [24]. Ряд фирм ведет разработку дуговых печей постоянного тока для машиностроительных заводов [25].

До 1989 года печи этого типа создавались преимущественно за счет реконструкции устаревших дуговых печей переменного тока, но, начиная с этого года, приступили к строительству дуговых печей постоянного тока (ДППТ) и их количество резко возросло, и сейчас за рубежом строят преимущественно ДППТ вместимостью до 200 т и более.

Столь высокий интерес к ДППТ вызван их преимуществами по сравнению с печами переменного тока:

- 1) резко снижается расход электродов в 2-3 раза и обеспечивает на уровне 1,8- 2,0 кг/т, а в среде аргона даже 0,5-0,6 кг/т;
- 2) большая стабильность горения дуги постоянного тока, что особо ощутимо в первые полчаса периода расплавления. При

- этом снижается газообмен, что обеспечивает меньший угар легирующих и меньшее количество газопылевых выбросов;
- 3) повышение равномерности износа футеровки по периметру печи при наличии одного электрода способствует более высокой стойкости огнеупорной кладки;
 - 4) снижение уровня шума при работе печи за счет стабилизации дугового разряда и отсутствия толчков тока улучшает условия труда обслуживающего персонала;
 - 5) более спокойный электрический режим хода плавки и резкое уменьшение помех в питающей энергосистеме.

ДППТ не вносит каких-либо существенных осложнений в технологию электроплавки по сравнению с печами переменного тока. Нет в них и ограничения по сортаменту выплавляемых сталей и они особенно эффективны при выплавке высоко- и сложнолегированного сортамента без использования агрегатов внепечной обработки стали, что характерно для сталелитейных цехов. Более подробно по этому вопросу можно ознакомиться в литературе [26-28].

Перспективным направлением улучшения качества стали и повышения гибкости процесса является применение внепечной обработки стали в ковше-миксере, о чем подробнее будет сказано в разделе «Реконструкция литейных цехов».

3.1.2.2. Выплавка стали в индукционных тигельных печах

При сравнительно небольшой потребности литейного цеха в жидкой стали широкое применение находят индукционные тигельные сталеплавильные печи серии ИСТ. Такие печи обычно работают на токах средней (500-2400 Гц), а не промышленной частоты. В этом случае в технологии используется твердая шихта, и печь работает без «болота». В таких печах можно получать разнообразные марки стали, выплавлять со вставными графитовыми тиглями металл для фасонного цветного литья.

Технические характеристики печей ИСТ, по которым подготовлены технические решения, имеющих повышенные удельные мощности до 500-600 кВт·ч/т с вращающимися преобразователями частоты (ВПЧ) и тиристорными преобразователями частоты (ТПЧ), приведены в табл. 3.1.11 [28].

Технические характеристики индукционных тигельных сталеплавильных печей средней частоты

Тип электропечи	Преобразователь		Частота тока, Гц	Потребляемая мощность, кВт	Номинальная вместимость, т	Скорость плавки мах, т/ч	Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	Расход электроэнергии, кВт·ч/т
	Тип	Мощность, кВт						
ИСТ-0,66/0, 1ИЗ	ВПЧ-100-2,4	100	2400	95	0,06	0,13	3,8	1000-1150
ИСТ-0,66/0, 16-И1	ВПЧ-100-2,4	160	2400	130	0,06	0,24	4,8	1000-1150
ИСТ-0,16/0,16-И1	ВПЧ-100-2,4	160	2400	145	0,16	0,26	5,2	1000-1150
ИСТ-0,16/0,25-И1	ТПЧ-250-2,4	250	2400	250	0,16	0,35	8,0	850-900
ИСТ-0,16/0,25-ИЗ	ТПЧ-250-2,4	250	2400	250	0,16	0,35	8,0	850-900
ИСТ-0,16/0,32-И1	ТПЧ-320-1,0	320	1000	290	0,16	0,4	10	850-900
ИСТ-0,25/0,32-И1	ТПЧ-320-1,0	320	1000	290	0,25	0,4	10	850-900
ИСТ-0,4/0,32-И1	ТПЧ-320-1,0	320	1000	320	0,4	0,48	12	850-900
ИСТ-0,4/0,5-ИЗ	ОПЧ-500-0,1	500	1900	450	0,4	0,78	15	800-775
ИСТ-1/0,5-М4	ОПЧ-500-0,1	500	1900	500	1,0	0,79	14	800-775
ИСТ-1/0,8-М5	ТПЧ-800-1,0	800	1000	800	1,0	1,3	16,4	800-775
ИСТ-2,5/2,4-М3	ТПЧ-2400-0,5	2400	500	2240	2,5	3,0	50,4	800-775
ИСТ-6-М1	ТПЧ-2400-0,5	2400	500	2240	6,0	3,0	53,4	725

К настоящему времени машиностроительными заводами освоено производство печей следующих модификаций: ИСТ-0,16/0,1-ИЗ; ИСТ-0,16/0,25-ИЗ; ИСТ-0,16/0,32-ИИ; ИСТ-0,20/0,32-ИИ; ИСТ-0,4/0,5-ИЗ; ИСТ-1/0,5-М4; ИСТ-1/0,8-М5; ИСТ-2,5/2,4-М3; ИСТ-6МІ.

Электроснабжение печей всех модификаций осуществляется от трехфазной сети частотой 50 Гц. Как видно из табл. 3.1.11, основная масса печей средней частоты имеет в качестве источника питания тиристорные преобразователи, которые надежны и обеспечивают высокий КПД=96 %. Основным преимуществом ТПЧ является то, что ток индуктора, его частота и соответственно подводимая мощность изменяются автоматически в зависимости от состояния металла в печи и степени заполнения им объема тигля. При этом можно вести плавку без "болота" на твердой шихте, что позволяет иметь одно- и двухсменный режимы работы, т.к. печь можно отключать, когда в ней нет необходимости. Снижения стоимости футеровки при этом не отмечается. Средний срок службы футеровки на 6 т печи составил 300-350 плавов, что позволило выплавить на одной футеровке 1,8-2,0 тыс. т металла [29].

Они сравнительно недороги. С развитием техники следует ожидать повышения надежности и удешевления источника питания.

Печи средней частоты имеют технологические преимущества, связанные с лучшим поглощением энергии шихтой и возможностью увеличения подводимой удельной мощности к печи по сравнению с печами промышленной частоты до 1000 кВт/т. Это позволяет резко снизить время расплавления до 30-40 мин при плавке чугуна, а также цветных сплавов. Кроме того, эти печи характеризуются большей компактностью плавильных постов и конденсаторных батарей, что обеспечивает снижение капитальных затрат на строительство плавильного отделения и особенно на фундаментные работы. В среднем съем с квадратного метра производственной площади в отделениях на печах средней частоты возрастает на 30 %. Использование тиристорных преобразователей ведет еще к большему сокращению производственных площадей по сравнению с применением вращающихся преобразователей частоты (рис. 3.1.8).

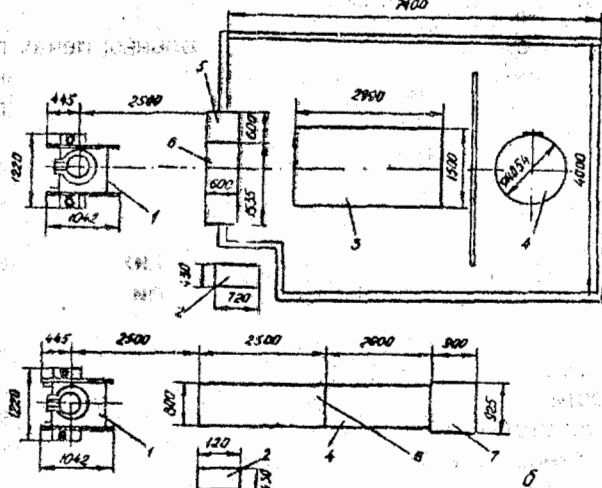


Рис. 3.1.8. Планировка размещения оборудования на печи ИСТ-016 с ВПЧ (а) и ТПЧ (б): 1 – индукционная печь; 2 – насосная установка; 3 – батарея конденсаторов; 4 – преобразователь частоты; 5 – шкаф управления ШДД; 6 – щиты управления; 7 – теплообменник ТВКШФ

Из рис. 3.1.8 видно, что для установки тиристорного преобразователя потребуется примерно в шесть раз меньше площади, чем на печи аналогичной вместимости с ВПЧ. ТПЧ размещается непосредственно в цехе, что, безусловно, скажется на снижении капитальных вложений. Можно в процессе реконструкции плавильных отделений производить замену ВПЧ на ТПЧ, что приведет также к снижению уровня шума в плавильном отделении и повышению надежности работы печи. При наличии мощного источника питания его можно использовать для двух печей, когда одна печь подключена к источнику питания и проводит плавление и перегрев металла, другая печь ведет организационные периоды – выпуск металла, загрузку шихты. Затем производится переключение источника питания на другую печь. С целью максимального использования источника питания могут быть и другие варианты, например использование двух источников питания для трех печей.

Такие печи могут иметь весьма высокую производительность. Так, в Германии печь вместимостью 12 т с преобразовате-

лем 9500 кВт достигла производительности 15 т/ч при снижении уровня шума менее 82 дБ [29].

Выплавка стали в индукционных тигельных печах применима в том случае, если необходимо обеспечить цех сравнительно небольшой производительности высококачественными сплавами. Для ускорения процесса такие печи можно оборудовать плазмотроном постоянного тока, что приведет к росту производительности печи и улучшит технологические возможности выплавки стали.

3.1.2.3. Сравнение технико-экономических показателей процессов выплавки стали

При проектировании сталелитейных цехов различной производительности приходится выбирать наиболее рациональный способ выплавки стали, обеспечивающий необходимый перегрев металла, получение металла заданного химического состава и качественной отливки.

Лучшими агрегатами для выплавки стали в настоящее время являются индукционные печи для плавильных отделений сравнительно небольшой производительности, хотя наиболее крупные индукционные сталеплавильные печи обеспечивают производительность до 3 т/ч. Такими печами можно оборудовать цехи годовой производительности до 20 и более тысяч тонн жидкого металла.

В цехах большой производительности и при производстве тяжелых отливок следует признать основным агрегатом - дуговые электросталеплавильные печи, которые имеют садку до 50 т, но в практике сталелитейного производства пока используют дуговые печи максимальной вместимостью 25 т.

Расходы шихтовых материалов при выплавке стали различными способами отличаются не столь сильно, как при выплавке чугуна. Наиболее часто используют стальной лом, стальную стружку, возврат и необходимые ферросплавы для получения заданной марки стали. Примеры расходов шихтовых материалов для выплавки стали в различных агрегатах даны в табл. 3.1.12. Обращает на себя внимание, что расход металлошихты на различных печах изменяется в сравнительно небольших пределах (от 1027,6 для индукционных печей до 1070 кг/т стали для мартеновских печей).

Таблица 3.1.12

**Сравнительные расходы металлошихты и ее стоимости
при выплавке стали в различных агрегатах**

Материалы	Цена, руб.	ИСТ		Мартеновская печь (25 т)		ДЭСП (5 т)		ДЭСП (3 т)	
		кг	руб.	кг	руб.	кг	руб.	кг	руб.
		На 1 тонну жидкой стали							
Чугун передельный	70-00	-	-	370	25,90	25	1,75	-	-
Стальной лом	44-00	453	19,93	668	29,39	905	39,82	533,68	23,48
Стальная стружка	27-00	-	-	-	-	-	-	63,39	1,71
Возврат	60-00	554	33,27	-	-	-	-	441,76	26,50
Ферромарганец	355-00	10,6	3,76	7,14	2,33	75,73	26,88	14,98	5,31
Ферросицилий	171-00	8,5	1,45	10,44	1,78	13,53	2,31	3,38	0,57
Силикомарганец	367-00	-	-	-	-	9,0	0,33	-	-
Алюминий чушковый	395-00	1,6	0,63	0,6	0,24	1,0	0,39	1,71	0,65
Железо из руды	-	-	-	14	-	14	-	-	-
Итого		1027,7	59,01	1070,18	59,64	1043,27	71,49	1057,19	57,57

Разница в стоимости стали, выплавленной в пятитонной дуговой печи, по сравнению с трехтонной объясняется тем, что на ней выплавляется легированный сортament сталей, преимущественно марганцовистая сталь 110Г13Л, что резко увеличивает затраты на ферромарганец.

3.1.3. Агрегаты для плавки цветных металлов

Имеются три группы цветных сплавов в зависимости от температуры плавления и их сродства к кислороду: первая группа – легкоплавкие с повышенным сродством к кислороду (алюминиевые, магниевые и цинковые сплавы), температура плавления чистых металлов соответственно 658, 650, 419 °С; вторая группа – тяжелые с умеренной температурой плавления и низким сродством к кислороду (медь, никель, кобальт); третья группа – тугоплавкие сплавы с высоким сродством к кислороду (титан и тугоплавкие металлы).

Для каждой группы сплавов характерны определенные методы плавки, учитывающие особенности природы сплава. Для первой группы сплавов используются как моно-, так и дуплекс-процессы, для второй группы – преимущественно монопроцессы, а для третьей группы характерны переплавные процессы [30-33].

3.1.3.1. Печи для плавки алюминиевых сплавов

Печи для плавки алюминиевых сплавов могут быть пламенными (отражательными и тигельными, шахтно-ванными, шахтными) на газообразном и жидком топливе, электрическими (печи сопротивления и индукционные печи, каналные индукционные печи). Схемы печей для плавки алюминиевых сплавов, их достоинства и недостатки можно найти в работах [34, 35]. Дуговые печи для плавки легких металлов не применяются из-за местного перегрева и повышенного газонасыщения металла. Различные печи или их комбинации применяются для плавки алюминиевых сплавов в зависимости от характера производства (массовое, мелкосерийное) и его специфики (требований к качеству получаемой отливки). В случае небольшой потребности в металле его плавят в тиглях за счет газового или мазутного факела или в электрических печах сопротивления. Когда же требуется большой расход сплава (массовый характер производства), то применяют дуплекс-процесс: газовая отражательная печь – печь выдержки (стационарный тигель с подогревом). При применении в шихте мелкой загрязненной

стружки, легковесного возврата выгодно использовать индукционную тигельную печь. Области эффективного использования пламенных и индукционных тигельных печей приведены в [34], где показано, что использование пламенных печей выгодно лишь при использовании хорошей шихты, когда угар металла в процессе плавки не превышает 1,1 % (рис. 3.1.9).

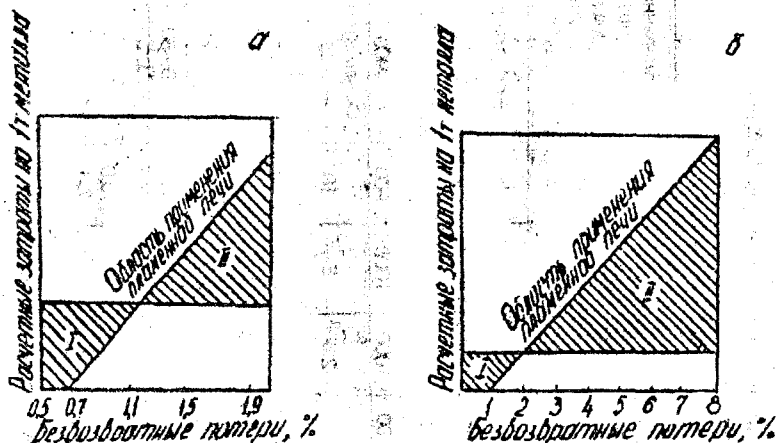


Рис. 3.1.9. Эффективность работы печей ИАК-16 (а) и ИАК-6 (б) на алюминиевых сплавах

Для плавки алюминиевых и магниевых сплавов в стране применяются пламенные отражательные печи, технические характеристики которых приведены в табл. 3.1.13.

Из табл. 3.1.13 следует, что эти печи имеют сравнительно низкую производительность по плавке, и она существенно возрастает при увеличении вместимости печи. Заметное увеличение производительности наблюдается у шахтно-ванной печи, где наиболее полно утилизируется тепло отходящих продуктов горения и обеспечивается высокий тепловой КПД. Технические характеристики индукционных тигельных печей, имеющих более высокую производительность по сравнению с тигельными печами сопротивления, приведены в табл. 3.1.14.

Основные параметры и технические характеристики печей сопротивления даны в табл. 3.1.15.

Таблица 3.1.13

**Технические характеристики пламенных отражательных печей
для плавки алюминиевых и магниевых сплавов**

Показатели	Печи для плавки алюминиевых сплавов вместимостью, т							Шахтно-ванная печь непре- рывной плавки вместимостью 40-60 т	Печи для маг- ниевых сплавов вместимостью, т	
	1,0	2,0	3,0	3,5	7	12	30		1,5	12,0
Длительность плавки, ч	2,5	2,5	6,0	4,4,5	8,5	10-12	5	Непрерывная	3,5-4	-
Часовая производи- тельность, кг	400	700- 800	500*	800	800	1000- 1250*	5000	8000- 15000	400	-
Максимальная темпера- тура металла, °C	1000	1000	1000	1000	1000	1000	900	900	850	-
Объем плавильной ван- ны, м³	0,45	0,8	1,1	1,4	2,8	5	19	Объем шахты 20	0,9	-
Площадь зеркала ванны, м²	3,0	3,5	3,35	4,7	7,0	10,7	24	25	3,5	12,0
Угар, %	-	-	-	-	-	1,5	1,5	1	-	-
Расход мазута, кг/ч	50	90	80	90	100	140	-	-	-	-
КПД, %	-	-	-	-	25	30	30	55-60	-	-
Размеры, м: длина	-	-	6,0	-	8,0	9,0	10,0	-	-	-
ширина	-	-	2,5	-	3,5	6,0	7,0	-	-	-
высота над уровнем пола	-	-	2,0	-	3,5	3,7	6,0	-	-	-
общая высота	-	-	3,5	-	4,5	5,0	-	-	-	-

Таблица 3.1.14

Технические характеристики индукционных тигельных печей промышленной частоты

Показатели	Марка печи				
	ИАТ-0,25	ИАТ-0,6	ИАТ-1	ИАТ-2,5	ИАТ-62
Мощность трансформато- ра, кВ·А	200	300	400	800	1300
Номинальная мощность, кВт	123	270	317	720	1100
Частота, Гц	50	50	50	50	50
Рабочее напряжение, В	280	400	475	1000	1050
Время расплавления, ч	-	-	1,77	2,0	3,0
Коэффициент мощности: без компенсации с компенсацией	0,156 1,0	0,124 1,0	0,64 0,95	0,115 1,0	0,11 1,0
Рабочая температура, °C	800	800	750	800	750
Расход электроэнергии, кВт·ч/т	250	575	610	595	650
Производительность, т/ч	0,149	0,36	0,555	0,555	1,95
Расход воды, л/ч	2915	3845	8600	8600	17000
Размеры тигля, мм: внутренний диаметр высота	430 720	570 980	- -	1050 1300	- -
Общая масса печи, т	3,08	7,08	14,0	21,8	39,6

**Технические характеристики электрических печей сопротивления
для плавки алюминиевых сплавов**

Показатели	Тигельные САТ						
	Поворотные		Стационарные				
	0,25	0,5	0,15	0,25	0,5	0,3 ПК-90	0,5 ПК-120
Длительность плавки, ч	2,5-3	3,5-4	2,5-3	3-3,5	3-3,5	2-2,5	2,5-3
Часовая производительность, кг	85	125	55	85	125	125	150
Мощность горячего хода печи, кВт	62	83	41	62	83	90	124
Расход электроэнергии, кВт·ч/т	550	430	550	550	430	510	600
Максимальная температура, °C:							
металла	800	800	800	800	800	850	850
на элементах сопротивления	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Габариты, м:							
длина	1,87	2,0	2,0	2,2	2,43	3,44	3,94
ширина	1,44	1,59	1,20	1,30	1,50	2,74	3,10
общая высота	2,38	2,62	2,09	2,05	2,34	2,80	3,16

Окончание табл. 3.1.15

Показатели	Камерные							
	Поворотные				Стационарные			
	САН				САМ		САК	
	1,0	1,5	2,0	3,0	0,5	1,0	0,15	0,25
Длительность плавки, ч	3-3,5	3,5-4	3,5-4	4-4,5	-	8,0	2-2,5	2,5-3
Часовая производительность, кг	225	350	500	650	125	125	50	75
Мощность горячего хода печи, кВт	186	247	310	414	124	183	41	83
Расход электроэнергии, кВт·ч/т	600	600	600	550	-	720	650	600
Максимальная температура, °C:								
металла	850	850	850	850	825	825	850	850
на элементах сопротивления	1000	1000	1000	1000	1200	1200	1000	1000
Габариты, м:								
длина	5,44	6,50	-	-	2,44	3,34	2,07	2,67
ширина	3,10	3,10	-	-	2,74	2,74	1,78	2,26
общая высота	3,16	3,16	-	-	2,80	2,80	-	2,06

Из табл. 3.1.15 видно, что камерные печи имеют более высокий расход электроэнергии и позволяют получать более высокую температуру металла. Эти печи чаще всего используются как вторичные плавильные агрегаты – раздаточные печи. Устанавливаются они непосредственно у кокильных машин или машин литья под давлением.

Особо следует остановиться на плавке алюминиевых сплавов в индукционных канальных печах. В стране созданы конструкции мощных индукционных тигельных печей, конкурентоспособных лучшим зарубежным аналогам [33].

По конструкции индукционные канальные печи могут быть одно-, двух- и многофазные, с одним или несколькими каналами. В зависимости от места расположения и числа печных трансформаторов различают печи с одним трансформатором, встроенным в корпус печи, и печи с ответвленными индукционными единицами. В практике наибольшее распространение получили трехфазные печи ИАК-6, ИСК-13, технические характеристики которых приведены в табл. 3.1.16, а также печи с отъемными индукционными единицами ИАК 15/18 и ИАК-25К.

Таблица 3.1.16

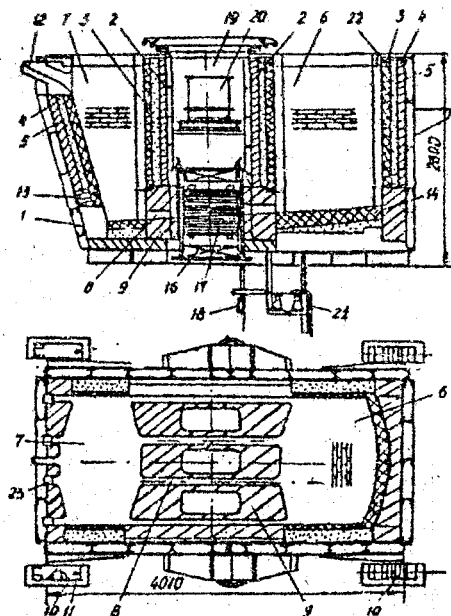
Технические характеристики индукционных канальных печей ИАК-6 и ИАК-13

Параметры	Индукционные канальные печи	
	ИАК-6	ИАК-13
Мощность, кВт	750	1300
Напряжение, В	1000	1000
Число фаз	3	3
Полезная вместимость печи, т	6	16
Масса болота, т	3	3
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	400-450	400-450
Производительность по плавлению, т/сут	33,5	33,5
Коэффициент мощности:		
естественный	0,23	0,23
скомпенсированный	0,9-1	0,9-1

В печах ИАК-6 и ИАК-13 печные трансформаторы установлены в корпусе печи, а сама печь разделена на две ванны, соединенные четырьмя каналами, выполненными в набивном подовом камне. На рис.3.1.10 приведена схема печи ИАК-13. Средняя камера, расположенная между загрузочной и сливной ваннами, футерованная теплоизоляционными и огнеупорными кирпичами с засыпкой магнезитового порошка между ними, предназначена для печного трансформатора. Индукторы, опоясывающие подовый камень, служат первичной обмоткой трансформатора, а вторичной обмоткой является расплавленный металл, находящийся в каналах и ваннах.

Рис. 3.1.10. Индукционная плавильная печь ИАК13:

1 – корпус; 2 – перегородка; 3 – огнеупорная кладка; 4 – теплоизоляционная кладка; 5 – магнезитовый порошок; 6 – загрузочная ванна; 7 – сливная ванна; 8 – канал; 9 – подовый камень; 10 – цапфа; 11 – крышка цапфы; 12 – сливной носок; 13 – летка; 14 – подина; 15 – верхнее ядро; 16 – нижнее ядро; 17 – катушка трансформатора; 18 – шланг для подвода охлаждающей воды к индуктору; 19 – вентиляционная камера; 20 – вентилятор; 21 – кабель; 22 – чугунная плита; 23 – окно для чистки каналов



Еще более мощными по производительности являются индукционные каналные печи съемными единицами ИАК-15/18 и ИАК-25К. Технические характеристики этих печей приведены в табл. 3.1.17.

Как видно из табл. 3.1.16 и 3.1.17, каналные печи отличаются большей производительностью, сопоставимой с производительностью крупных пламенных печей 12 и 30 т, поэтому представляет интерес провести сравнение себестоимости выплавки

алюминиевых сплавов в пламенных отражательных печах и канальных индукционных печах вместимостью 16 т. Такое сравнение приведено в табл. 3.1.18.

Таблица 3.1.17

Технические характеристики индукционных канальных печей с отъемными единицами ИАК-15/18 и ИАК-25К

Параметры	Индукционные канальные печи с отъемными единицами	
	ИАК-15/18	ИАК-25К
Вместимость полезная, т	15	20
Вместимость полная, т	18	25
Мощность, кВт	1200	1900
Напряжение, В	600	700
Число фаз	3	3
Коэффициент мощности	0,36	0,26
Рабочая температура, °С	800	800
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	400	450-500
Время на расплавление, ч	4	4
Производительность по плавлению, т/ч	3	2,5-2,7
Расход охлаждающей воды, м³/ч	6	7,5
Угол поворота печи, град	65	65
Размеры ванны:		
длина	31200	3000
ширина	1150	3600
глубина	1930	1700
Масса вращающихся частей печи, т	65	-

Таблица 3.1.18

**Себестоимость алюминиевых сплавов,
выплавляемых в печах различной вместимости**

Статьи затрат	Цена единицы измерения, руб.	Отражательная печь вместимостью 30 т		Индукционная канальная печь вместимостью 16 т	
		Расходный коэффициент	Сумма*, руб.	Расходный коэффициент	Сумма, руб.
Шихта, кг	400	1,026/1,026	410,4/410,4	1,011	404,4
Возвратные отходы (вычитаются), т	160	0,015/0,015	2,4/2,4	0,006	0,96
Флюсы, кг	0,05-0,08	3,5/5	0,27/0,28	6	0,29
Энергоноситель: природный газ, м ³	0,005-0,01	130/-	0,66-1,28/-	-	-
мазут, т	0,008-0,011	-/120	-/0,99-1,39	-	-
Электроэнергия, кВт·ч	0,037-0,059	-	-	350	1,28-2,06
Заработная плата, руб.	-	-	0,38/0,38	-	0,41
Охлаждающая вода, м ³	0,03	4/4	0,12/0,12	1,14	0,03
Амортизация оборудования, руб.	-	-	0,33/0,33	-	0,48
Итого			410,1/410,5		406,71

* В числителе - для газовой печи, в знаменателе - для мазутной.

Из сравнения видно, что разница в себестоимости выплавки алюминиевых сплавов в пламенных и индукционных печах составляет около 4 руб. в пользу канальных печей. Следовательно, такие печи можно рекомендовать к применению в плавильных отделениях цехов алюминиевого литья большой производительности.

Какие же печи следует выбрать для плавки алюминиевых сплавов в литейных цехах? Определяющими в этом случае являются величины безвозвратных потерь (угара), характерных для печи. Печи, имеющие малые безвозвратные потери, будут иметь более низкую стоимость шихты и будут более предпочтительными. Пламенные печи содержат в своей атмосфере значительное количество кислорода, поэтому угар активного алюминия и других элементов в них, несмотря на плотную пленку оксидов на поверхности, будет значительным, что видно из табл. 3.1.19 [32], где приведены угары для алюминиевых, магниевых и медных сплавов.

Таблица 3.1.19

**Угар металла при плавке в пламенных
и индукционных печах, %**

Тип печи	Состояние шихты	Сплавы		
		Алюминиевые	Магниевые	Медные
Индукционная	Плотная	0,5-0,8	0,5-1,0	0,5-1,4
	Некомпактная	0,7-0,1	1,0-1,2	0,8-1,5
Пламенная	Плотная	1,5-2,5	1,0-1,5	1,5-2,5
	Некомпактная	3,0-5,0	1,5-2,0	2,5-4,0

Развитая поверхность шихты также способствует увеличению угара элементов независимо от вида плавильной печи, в то же время в пламенной печи угар значительно возрастает, когда применяется легковесная шихта. Угар возрастает при контакте с горячим потоком газов, движущихся в пламенной печи.

Капитальные затраты на строительство плавильного отделения будут складываться аналогично затратам на строительство чугунолитейного отделения и определяться типом плавильной печи.

Индукционные печи имеют большую стоимость, чем газовые, но они себя окупают за счет снижения себестоимости сплава, связанного с уменьшением безвозвратных потерь в процессе плавки.

В табл. 3.1.20 приведены некоторые экономические показатели работы плавильных печей при выплавке алюминиевых сплавов.

Таблица 3.1.20

**Сравнительные показатели работы
при выплавке алюминиевых сплавов**

Тип печи	Балансовая стоимость, тыс. руб.	Площадь, занимаемая печной установкой, м ²	Производительность, т/сут	Съем расплава с производственной площади, т/м ² ×сут	Расход электроэнергии на расплавление или перегрев, кВт×ч/т	Безвозвратные потери, %
Электрическая печь сопротивления (САН-7)	7,0	-	12-18	-	780-805	1,7-2,3
Индукционные печи:						
канальные						
ИАК6, ИАК13	21,6	123	33,5	0,27	400-450	0,52-0,63
ИАК-25К	122	-	63-65	-	440-470	0,33-0,34
тигельные						
ИАТ-6	115	120	36,0	0,3	650	2-4
Газовая отражательная	51-64	306	51,6-79,2	0,17-0,26	-	1-4

Таким образом, выбор плавильной печи для алюминиевого сплава будет, в первую очередь, определяться потребностью в сплаве (производительностью печи). При большой потребности в металле следует отдавать предпочтение индукционным канальным печам, а также индукционным тигельным. Надо проводить детальное обоснование необходимости использования пламенных печей для плавки алюминиевых сплавов.

3.1.3.2. Печи для плавки магниевых сплавов

Магний отличается высокой химической активностью, имеет низкую плотность $1,74 \text{ г/см}^3$, температуру плавления 650°C , реакция окисления его при нагреве и плавке протекает бурно – с воспламенением. На поверхности расплава образуется непрочная пленка оксидов, обладающая слабыми защитными свойствами. Магний хорошо испаряется, и поэтому плавка его в вакууме невозможна. Его плавят в открытых печах в нормальных атмосферных условиях с применением рафинирующих и покровных флюсов в стальных тиглях.

В зависимости от потребности в жидком сплаве плавку литейных магниевых сплавов ведут в тигельных печах, работающих на электричестве (индукционные печи и печи сопротивления), жидком и газообразном топливе.

Чаще всего используются тигельные печи с выемными или стационарными тиглями. Тигли для плавки магния и его сплавов изготавливают из обычной углеродистой стали (C 0,25-0,35 %, Si 0,17-0,45 %, Mn 0,5-0,9 %), которая не должна содержать никель, хром, кобальт, так как они могут перейти в сплав даже при незначительном количестве их и снизить антикоррозионные свойства сплава.

Выемные тигли используют как разливочные ковши, когда заливка сплава идет непосредственно из них. Стационарные тигли не вынимаются из печи, а разливку металла осуществляют или черпаками, или разливочными ковшами.

При заливке сплава в кокиль или машины литья под давлением применяют раздаточные печи, где осуществляется выдержка и подогрев металла. Для улучшения условий труда такие печи имеют систему экранов, обеспечивающих защиту жидкого металла, вытяжку газов, удобство доступа к расплаву и безопасность заливщика.

При плавке магниевых сплавов в больших объемах применяют пламенные подовые печи, футерованные магнезитом. Печи отапливаются природным газом и имеют сравнительно низкий угар металла, а также удовлетворительное качество сплава. Технические характеристики таких печей были приведены ранее (см. табл. 3.1.16).

Широко используют для плавки магния и его сплавов индукционные тигельные печи. Попытки применять индукционные канальные печи оказались безуспешными из-за быстрого зарастания канала шлаками и флюсами. Тигельные индукционные печи имеют

высокий КПД, так как в них применяются металлические тигли, в которых индуцируется тепло, передающееся излучением и конвекцией магниевой шихте. Поэтому желательно использовать металлические тигли с большой толщиной стенки (до 20 мм). Технические характеристики таких печей приведены ранее (см. табл. 3.1.17). Эти печи имеют высокую производительность и сравнительно низкий удельный расход электроэнергии.

3.1.3.3. Печи для плавки медных сплавов

Большое разнообразие литейных сплавов на основе меди определяет разнообразие плавильных печей и способов их плавки.

В настоящее время для выплавки медных сплавов используются пламенные печи: тигельные и стационарные (отражательные) подовые (вместимостью 250-2000 кг и более), вращающиеся (есть сведения об использовании шахтных печей – вагранок для плавки медных сплавов); электрические: сопротивления (с неметаллическими нагревателями), дуговые (дуга косвенного действия во вращающейся печи), индукционные – канальные и тигельные бессердечниковые печи (в том числе вакуумные).

Тип печи для плавки медных сплавов зависит от потребности в сплаве. При малой потребности используются пламенные печи на газообразном или жидком топливе, печи сопротивления и электрические дуговые печи косвенного нагрева. При значительной потребности в жидком сплаве применяют газовые отражательные печи большой вместимости (до 30 т), а при умеренной – индукционные канальные и тигельные печи.

Расход энергии при плавке медных сплавов колеблется в широких пределах, в зависимости от типа плавильной печи, характера применения - расплавления металла или поддержания его в жидком состоянии и вида сплава. Примерный расход энергии на плавку медных сплавов дан в табл. 3.1.21 [31].

Табличные данные показывают, что удельный расход электроэнергии на расплавление снижается с ростом вместимости печи при плавке любых медных сплавов. Заметно растет удельный расход энергии при подогреве сплава в печах малой вместимости (примерно в два раза при снижении вместимости в пять раз).

Расход электроэнергии при плавке медных сплавов

Род печи	Вмести- мость, т	Производи- тельность печи, кг/ч	Необходимое количество электроэнергии, топли- ва		
			при расплав- лении 1 т сплава	для подогрева	
				в течение 1 ч	1 т сплава
1. Чистая медь до 1200 °С					
Индукционная тигельная	1,2	400	460-500 кВт·ч	360-400 кВт·ч	300-330 кВт·ч
Промышленной частоты	3,0	1000	420-450 кВт·ч	450-520 кВт·ч	150-180 кВт·ч
Индукционная канальная	0,3	200	280-300 кВт·ч	180-200 кВт·ч	540-600 кВт·ч
	1,0	600	260-280 кВт·ч	280-300 кВт·ч	280-300 кВт·ч
Тигельная газовая	0,5	300	330-360 м ³	40-50 м ³	800-1000 м ³
	0,1	80	430-450 м ³	150-200 м ³	150-200 м ³
Тигельная мазутная	0,5	350	130-150 кг	18-20 кг	36-40 кг
	0,1	110	170-190 кг	17-19 кг	60-80 кг
2. Бронзы и латуни (меди до 80 %) при 1200 °С					
Индукционная тигельная	1,2	600	380-420 кВт·ч	350-390 кВт·ч	290-325 кВт·ч
Промышленной частоты	3,0	1200	340-380 кВт·ч	440-450 кВт·ч	150-170 кВт·ч
Индукционная канальная	3,0	1000	220-240 кВт·ч	250-260 кВт·ч	85-90 кВт·ч

Окончание табл. 3.1.21

Род печи	Вмести- мость, т	Производи- тельность печи, кг/ч	Необходимое количество электроэнергии, топлива		
			при расплав- лении 1 т сплава	для подогрева	
				в течение 1 ч	1 т сплава
3. Латуни (меди до 60 %) при 1000 °С					
Индукционная тигельная	0,5	400	310-330 кВт·ч	300-320 кВт·ч	600-640 кВт·ч
Промышленной частоты	3,0	1500	260-290 кВт·ч	420-480 кВт·ч	140-160 кВт·ч
Индукционная канальная	0,3	300	210-230 кВт·ч	150-170 кВт·ч	500-600 кВт·ч
	1,0	1000	190-210 кВт·ч	220-240 кВт·ч	220-240 кВт·ч
Тигельная канальная	0,3	350	280-300 м ³	350-400 м ³	700-800 м ³
	0,1	100	380-400 м ³	100-180 м ³	1600-1800 м ³
Тигельная мазутная	0,5	400	110-130 кг	140-160 кг	280-300 кг
	0,1	130	130-150 кВт·ч	60-70 кг	600-700 кг

Из табл. 3.1.21 видно, что наиболее низкий расход электроэнергии обеспечивается при выплавке сплавов в индукционных канальных печах. Однако не все виды медных сплавов можно плавить в этих печах из-за зарастания каналов. В частности, в них нельзя плавить оловянистые бронзы. Более универсальными в этом плане являются тигельные индукционные печи.

Технические характеристики канальных печей для плавки медных и цинковых сплавов приведены в табл. 3.1.22.

Канальные индукционные печи широко применяются для выплавки меди и особенно латуни, так как в этом случае наблюдаются минимальные потери легколетучего цинка в отличие от плавки в пламенных подовых печах и электрических дуговых печах.

При плавке литейных латуней в индукционных канальных печах переплавляют вторичную чушковую латунь соответствующих марок и отходы собственного производства. Марганцовистые и алюминиево-марганцовистые литейные латуни высокой прочности для того, чтобы снизить их коррозионное разрушение под напряжением из-за большого количества металлических и неметаллических примесей, плавят со значительным расходом свежих материалов и лигатур (25-30 %).

При выборе типа плавильной печи необходимо учитывать, что медные сплавы склонны к газопоглощению. Этому способствует присутствие в кремнистых латунях алюминия. В высокотемпературных печах происходит значительное испарение цинка и поэтому в них трудно получить необходимый химический состав сплава. При выплавке медных сплавов со свинцом необходимо применять индукционные тигельные печи, в которых тяжелый свинец благодаря конвективному перемешиванию равномерно распределяется в меди.

Для выплавки других цветных сплавов применяют разнообразные плавильные печи в зависимости от специфики данного сплава. Поэтому в случае необходимости выплавить тот или иной сплав следует выбрать плавильный агрегат после изучения литературы по плавке соответствующего сплава [31-36].

Таблица 3.1.22

Технические характеристики индукционных печей с железным сердечником

Показатели	Для плавки медных сплавов							Для плавки цинковых сплавов	
	ИЛК - 6	ИЛК - 16	ИЛО-0,75	ИЛТ-1,5	ИЛТ-3	ИЛТ-5	ИЛТ-15	ИЦ-20	ИЦ-40
Вместимость, т: полезная каналов с бортом полная	6	16	0,75	1,5	3,0	5,0	15,0	20,0	40,0
	3	5	0,3	0,95	2,5	3,0	5,0	-	-
	9	21	1,05	2,45	5,5	8,0	20,0	20,0	40,0
Мощность трансформатора, кВ·А	1000	2400	400	1000	1000	1000	2400	360	2000
Число фаз	3	3	1	3	3	3	3	3	3
Частота, Гц	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Номинальное напряжение, В	500	500	350	500	500	500	500	220/ 380	500
Коэффициент мощности: без компенсации с компенсацией	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,6	0,63
	-	-	1,0	0,95	0,95	1,00	1,00	0,95	1,0
Рабочая температура, °С	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	500	500
Мощность холодного хода, кВ·А	100	200	25	55	80	100	200	140	80
Расход энергии, кВт·ч/т	220- 400	220- 400	200	200	200	200	200	110	100
Расчетная производительность, т/ч	5	8	1,25	3,75	3,5	5,0	10,0	10,0	15,5
Расход охлаждающей воды, м³/ч	1,5	3,75	0,45	1,5	1,5	1,5	3,75	9000*	14000*

* Указан расход воздуха.

3.1.4. Расчет параметров плавильного отделения

3.1.4.1. Определение потребности в жидком металле

После сравнительного анализа возможных средств плавки для определенного сплава в проектируемом литейном цехе необходимо выбрать конкретный плавильный агрегат, его вместимость и термическую мощность. Теоретическая мощность печи определенной вместимости обычно задана заводом-изготовителем и практически не может быть изменена, она определяет удельную производительность печи, а ее значение приводится в технической характеристике.

Выбор вместимости плавильного агрегата будет определяться максимальной массой отливки, производимой в данном цехе и часовой потребностью в жидком металле.

Потребность в жидком металле литейного цеха для выполнения годовой программы устанавливается на основе производственной программы цеха по всем видам и маркам сплавов. При этом плавильные средства должны удовлетворять часовую потребность в жидком металле формовочно-заливочно-выбивного отделения и обеспечивать бесперебойное снабжение его металлом в зависимости от графика и режима работы этого отделения.

Потребность в жидком металле литейного цеха устанавливается по определенным группам отливок в зависимости от массы (крупные, средние, мелкие), а также по видам металла и сплава, если в цехе производятся отливки из нескольких сплавов. Переход на выплавку другого сплава может сопровождаться некоторой потерей производительности печного агрегата по сравнению с режимом плавки одного и того же сплава.

Потребность в жидком металле значительно превышает производственную программу по литью, так как жидкий металл расходуется кроме отливки на литниковую систему, прибыли, брак, потери в виде сливов и всплесков.

Расход металла на литниковую систему и прибыли зависит от принятого в цехе технологического процесса изготовления отливки, вида применяемого сплава и определяется на основании установленного в технологическом процессе коэффициента технологического выхода годного (ТВГ). Изменение ТВГ приведено на рис. 3.1.11.

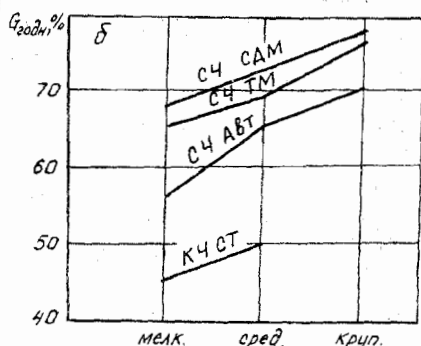
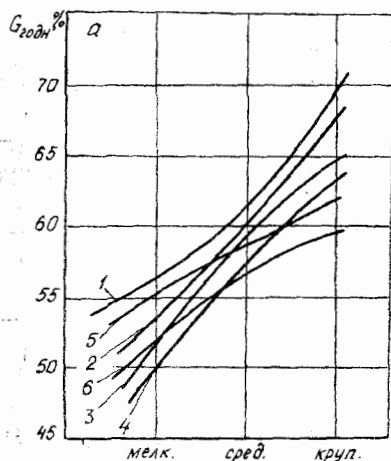


Рис. 3.1.11. Технический выход годного ($G_{\text{годн}}$) при производстве стального (а) и чугунного (б) литья в различных отраслях:

- 1 - сталь углеродистая ДСП (тяжелое машиностроение ТМ);
 2 - сталь углеродистая МП (строительно-дорожное строительство СДМ); 3 - Ст 110Г13Л (ТМ); 4 - Ст 110Г13Л ДСП (СДП);
 5 - легированная (СДМ); 6 - легированная ДСП (станкостроение СТ)

Потери от брака определяются, в первую очередь, стабильностью технологического процесса и строгим выполнением требований его на основе технологической и маршрутной карт изготовления отливки. Величина брака зависит от условий работы цеха, сложности изготавливаемых отливок, вида сплава и от других факторов и может быть принята по практическим данным, характерным для цехов, аналогичных проектируемым. Величина брака может возрастать в связи с ужесточением требований к отливкам. Усредненные величины брака по соответствующим цехам приведены в табл. 3.1.23.

Потери на сливы и всплески достаточно стабильны для условий каждого цеха и зависят от способа заливки металла, кратности металлоемкости литейной формы и вместимости ковша. При ручном способе заливки эти потери растут, а при автоматическом снижаются. Общие потери на сливы и всплески составляют от 2 до 5 % при большой вместимости ковша и ручном способе заливки форм.

Таблица 3.1.23

Величины брака по литейным цехам, %

Цехи чугунного литья			Сталелитейные цехи		Цехи цветного литья		
серого чугуна	ковкого чугуна	высокопрочного чугуна	углеродистое литье	легированное литье	медных сплавов	алюминиевых сплавов	магние-вых сплавов
1,5-3	4-10	2-4	2-4	3-5	3-5	1-2	4-8

Примечание. В зависимости от группы сложности, массы отливок и применяемого технологического процесса величина брака может существенно изменяться.

Расчет общей потребности литейного цеха по видам сплава для всех участков литейного цеха осуществляются по форме, представленной в табл. 3.1.24.

Масса производимых отливок, которая должна быть равна годовой производственной программе цеха по каждому виду сплава, определяется суммой колонки «годные отливки». Суммирование колонок «прибыли и литники», «брак», «сливы и всплески» дает представление о том, какое количество возврата будет образовываться в цехе и позволяет учитывать его при шихтовке плавки в плавильном агрегате.

Таблица 3.1.24

Потребность в жидком металле литейного цеха

Участки и поточные линии	Марка сплава	Годные отливки		Прибыли и литники		Брак		Сливы и всплески		Всего жидкого металла	
		%	т/год	%	т/год	%	т/год	%	т/год	%	т/год
1											
2											
3											
...											
Итого											

Желательно весь возврат перерабатывать в литейном цехе, что снизит в значительной мере потребность в свежих шихтовых материалах. При заполнении табл. 3.1.24 необходимо в колонку «годные отливки» вносить процент технологического выхода годного, а сумма процентов по колонкам «годные отливки» и «прибыли и литники» должна составлять 100 %.

3.1.4.2. Расчет вместимости и количества плавильных агрегатов

На основании анализа производственной программы устанавливается максимальная масса отливки, производимой в проектируемом цехе, а также марки сплавов, из которых будут изготавливаться отливки, а значит, и число технологических потоков, организуемых в цехе.

Анализ номенклатуры производимых отливок позволяет установить требования по качеству к выплавляемому сплаву, что определит тип плавильного агрегата для обеспечения металла требуемого качества, который должен быть выбран на основе анализа, изложенного выше, с учетом того, что приведенные затраты должны быть минимальными, сам процесс экологически чистым, а условия труда отвечать санитарно-гигиеническим нормам.

После выбора типа агрегата необходимо установить вместимость и производительность его [37].

Анализ, выполненный ранее, убедительно показал, что лучшие технико-экономические показатели процесса имеют печи большей садки и, следовательно, они являются экономичными. С точки зрения организации производства, особенно при непрерывном его характере (конвейеры, автоматические линии), необходимо бесперебойно и равномерно обеспечивать формовочно-заливочно-выбивное отделение жидким металлом. Это лучше всего достигается при частых выпусках плавки, т. е. на печах малой вместимости, или при применении промежуточного буфера – миксера, на печах большой вместимости. При установке в плавильном отделении печей малой вместимости возрастает количество обслуживающего персонала, а также затраты на эксплуатацию. Однако с увеличением вместимости индукционной печи 6 т и более (см. рис. 3.1.6) приведенные затраты изменяются незначительно и применение печей садкой более 6 т не дает большой экономической выгоды.

Равномерное снабжение цеха жидким металлом может осуществляться с использованием миксера. Как указывалось ранее (п.3.1.3), для получения стабильного химического состава необходимо, чтобы вместимость миксера превышала вместимость печи, по крайней мере, в два-три раза.

Расчет числа и вместимости печей для обеспечения потребности в металле начинается с установления часовой потребности цеха в жидком металле. Такая потребность тесно связана с характером производства в цехе и может значительно колебаться в течение суток, поэтому для учета этого фактора вводится коэффициент неравномерности потребления металла с тем, чтобы установить максимальную потребность в металле. Коэффициент неравномерности возрастает, когда производство носит единичный или мелкосерийный характер. Согласно [1], в этом случае его можно принимать равным 1,3-1,4. При крупносерийном и массовом производстве, когда изготовление форм, а значит, и заливка их, идет равномерно, величина коэффициента неравномерности приближается к 1,0-1,05. При среднесерийном производстве он будет составлять 1,10-1,25.

Часовая потребность цеха в жидком металле определенной марки устанавливается по формуле

$$Q' = \frac{B_{\Gamma} K_H}{\Phi_B}, \quad (3.1.1)$$

где Q' - часовая производительность плавильного отделения по данному виду сплава, т/ч;

B_{Γ} - потребное годовое количество сплава для цеха или участка, т/год;

K_H - коэффициент неравномерности потребления металла;

Φ_B - действительный годовой фонд времени работы печи, ч.

Действительный фонд времени работы печи зависит от режима работы оборудования и может быть принят по данным [1] или подсчитан по конкретному графику работы цеха.

Можно предусмотреть выплавку на одной и той же печи различных сплавов, если их можно выплавить в принятом плавильном агрегате, организовав циклическую попеременную выплавку то одного, то другого сплава. В этом случае необходимо сложить потребности в этих сплавах, а производительность печи несколько снизить из-за перехода на выплавку другого сплава.

Установив часовую производительность плавильного отделения, можно определить часовую производительность агрегата для вагранок, индукционных печей, работающих с «болотом», а также для печей непрерывного действия, и определить число работающих печей по следующим формулам:

$$q'_{\text{расч}} = \frac{B_r K_n}{\Phi_d P'_1};$$

$$P'_1 = \frac{Q'}{q'_{\text{техн}}}, \quad (3.1.2)$$

где $q'_{\text{техн}}$ - паспортная производительность печи, т/ч;

$q'_{\text{расч}}$ - расчетная потребная производительность печи, т/ч;

P'_1 - расчетное число одновременно работающих печей, шт.

Число одновременно работающих печей в цехе не должно быть менее двух при потребности в металле более 1 т/ч. При ее возрастании можно увеличивать число плавильных печей или их вместимость.

Установка в плавильном отделении одной печи, даже обеспечивающей необходимую потребность в жидком сплаве, нежелательна из-за большой неравномерности выдачи металла. Даже при работе индукционной печи с «болотом» выдачу порции металла производят не чаще чем три раза в час. Выход из строя печи или ее ремонт приводит в данном случае к полной остановке работы цеха. Наличие в цехе миксера или копильника может несколько улучшить ситуацию, но не способно полностью ее устранить. Поэтому в литейных цехах устанавливаются блоки вагранок, состоящие из двух печей, имеющих общий воздухонагреватель и систему очистки, что позволяет такой комбинации работать практически непрерывно. На индукционных печах малой вместимости на один преобразователь можно иметь два тигля, из которых один находится в работе, а другой в ремонте или резерве. При большой потребности в металле число печей можно увеличить до 3-4 и даже более в зависимости от числа технологических потоков, вместимости разливочных ковшей, возможности обеспечить длительное хранение сплава без изменения его химического состава и снижения температуры. Приняв определенное число печей для условий проектируемого цеха по формуле (3.1.2), устанавливаем расчетную производительность и сравниваем ее с паспортной.

Паспортные производительности различных печей в зависимости от марки сплава можно найти для чугуна в табл. 3.1.2, 3.1.7, 3.1.8, для стали – в табл. 3.1.13, 3.1.14, а для цветных сплавов – в разделе 3.1.3 в табл. 3.1.16 - 3.1.20, 3.1.24 - 3.1.26 или другой справочной литературе.

На основании этого сравнения можно установить ближайшую вместимость печи или типоразмер вагранки. Важно отметить, что часто дальнейший рост производительности литейного цеха при использовании более производительного технологического оборудования или применении высокопроизводительного процесса сдерживается отсутствием резервных мощностей плавильного отделения. Нарращивание его мощности может сдерживаться отсутствием свободных производственных площадей, большими капитальными затратами на реконструкцию отделения или строительство дополнительных печей, а также зачастую ограниченной мощности электроснабжения. Поэтому при проектировании плавильного отделения всегда необходимо предусматривать резервные мощности с учетом дальнейшего развития цеха.

В случае невозможности использовать весь металл для заливки форм при выплавке чугуна можно использовать миксер. Вместимость миксера можно принять на основании данных табл. 3.1.2 или 3.1.4, но и в этом случае нельзя иметь только один миксер, желательно иметь их в цехе хотя бы два.

При выборе способа плавки в дуговых печах, особенно стали, сначала устанавливают необходимую вместимость печи для каждого потока. Вместимость печи в этом случае лимитируется временем заливки полученного сплава по формам и определяется из выражения

$$G_{\text{п. расч}} = \frac{B_r K_n \tau_{\text{ц}}}{\Phi_{\text{д}}}, \quad (3.1.3)$$

где $G_{\text{п. расч}}$ - расчетная вместимость печи, т;

$\tau_{\text{ц}}$ - длительность разливки одной плавки, ч.

Длительность цикла разливки обычно небольшая и зависит от вместимости сталеразливочного ковша. Известно, что относительные теплотери снижаются с повышением вместимости ковша, но даже для ковшей большой вместимости (30 т) длительность разливки ограничена 30-45 мин. При разливке металла по формам с малой металлоемкостью можно выполнить всего несколько заливок (не более 10). Отсюда ограничения по вместимо-

сти плавильных агрегатов для выплавки стали. Рекомендуемое расчетное время для раздаточных или разливных ковшей разной вместимости: при вместимости 4 т – 12-15 мин, 6-8 т – 18-35 мин, 16 т – 23-45 мин [1]. Нижнее значение относится к заливке с дистанционным управлением.

Из сказанного следует, что вместимость дуговых печей будет тем меньше, чем меньше металлоемкость формы, но зато в цехе возрастет число печей. Сталелитейные цехи, как правило, имеют в плавильном отделении от 6 до 10 печей, еще большее число печей устанавливают в цехах точного литья по выплавляемым моделям (до 15 шт.), в которых заливаемые формы имеют очень низкую металлоемкость.

С точки зрения снижения приведенных затрат на выплавку сплава, цехи с печами малой вместимости являются менее выгодными, чем цехи с печами большей вместимости, но меньшим количеством печей. Но на практике большие объемы стали сложно поддерживать в жидком состоянии длительное время, потому что при этом происходят физико-химические процессы, приводящие к изменению ее химического состава. Использование в качестве раздаточных печей промежуточных емкостей характерно для цехов с крупносерийным и массовым характером производства. Эти раздаточные емкости выполняют обычно в виде ковшей-накопителей без подогрева или с небольшим подогревом за счет газовой горелки, сейчас разработаны ковшы-миксера с подогревом металла дугой постоянного тока.

В советской практике описан опыт применения индукционного тигельного миксера ИЧТМ16 для хранения жидкой стали в течение длительного времени от 4 до 15 ч [37], при этом число порционных сливов составляло от 3 до 7. При такой длительной работе печи происходит заметное разрушение футеровки. Для обеспечения надежной службы огнеупоров футеровку выполняют из магнезитового кирпича и засыпки магнезитового порошка. Такая футеровка служит длительное время и может после охлаждения быть вновь разогрета, при этом не требовать ремонта, т.е. она может обеспечивать дискретный режим работы. Однако происходит интенсивный износ футеровки в районе шлакового пояса, что требует применения уплотненного магнезитового кирпича.

При расчете плавильных печей в зависимости от их режима работы допускается иметь высокий коэффициент загрузки оборудования: для печей с дублированием агрегата (вагранки, спаренные тигли индукционных печей) на уровне 0,9-0,95 (для работаю-

щего агрегата, но не резервного), для других печей 0,8-0,85. В практике литейных цехов наблюдается неполное использование плавильных мощностей, особенно дуговых электрических печей, из-за слабой организации ремонта и низкой квалификации огнеупорщиков.

Рассмотрим пример расчета плавильных печей для чугунолитейных цехов различной производительности, выполненный Институтом проблем литья АН УССР совместно с другими организациями для Министерства тяжелого машиностроения [37, 39].

Плавильные участки ориентированы на выплавку серых, модифицированных, высокопрочных и легированных чугунов в индукционных печах типа ИЧТ как агрегатах, имеющих наиболее низкие приведенные затраты (см. разд. 3.1.4).

Производительность плавильных участков по годному литью изменяется от 5 до 50 тыс. т в год. Массовые группы отливок приняты следующими: мелкие (до 100 кг) и средние (до 1000 кг) для участков до 15 тыс. т в год, средние и крупные (10000 кг и выше) для участков 25 и 50 тыс. т отливок в год. Классификация рассматриваемых участков приведена в табл. 3.1.25.

Из табл. 3.1.25 видно, что вместимость печей, как правило, выше, чем максимальная масса отливки, и лишь для участка УП 20000 они совпадают. Такие печи обеспечивают высокую производительность и низкий расход электроэнергии на плавку, снижение удельных производственных площадей на строительство участка и улучшение других технико-экономических показателей, что наглядно видно из табл. 3.1.26, где даны технические характеристики рассматриваемых участков.

На основании данных табл. 3.1.26 были высчитаны удельные показатели по производительности плавильных участков по жидкому металлу $У_{ж. ме}$ и годным отливкам $У_{год. отл}$ на одного работающего, общие производственные площади плавильного участка на 1000 т $S_{уд}$, а также общие установленные мощности электрооборудования, отнесенные к 1000 т годного литья $N_{уд}$. Изменение удельных показателей плавильных участков в зависимости от их мощности представлено на рис. 3.1.12, из которого видно, что все удельные показатели улучшаются при увеличении мощности плавильного участка, что неоднократно подчеркивалось ранее при сравнении различных плавильных агрегатов. Расчет числа индукционных печей для рассматриваемых плавильных участков при двухсменном режиме работы приведен в табл. 3.1.27.

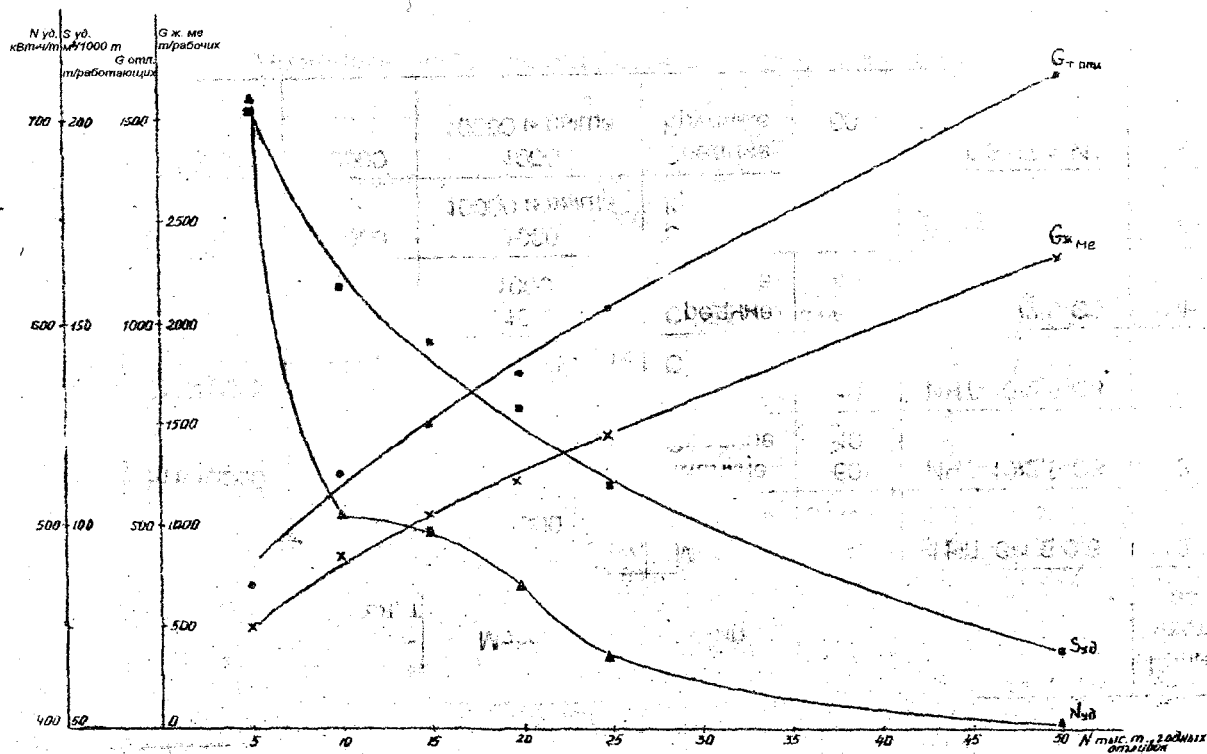


Рис. 3.1.12. Изменение удельных показателей работы плавильного участка в зависимости от мощности

Классификация плавильных участков

Тип плавильного участка	Годовая программа годного литья, т	Группы отливок по массе			Электропечь	
		Масса, кг	Тип	Соотношение, %	Тип	Количество
УП-5000	5000	100 1000	Мелкие Средние	60 40	ИЧТ-6/1,6-0,6	2
УП-10000	10000	100 1000	Мелкие Средние	60 40	ИЧТ-10/2,5-СЗ	2
УП-15000	15000	100 1000	Мелкие Средние	40 60	ИЧТ-10/2,5-СЗ	3
УП-20000	20000	1000 10000	Средние Крупные	60 40	ИЧТ-10/2,5-СЗ	4
УП-25000	25000	1000 10000 и выше	Средние Крупные	50 50	ИЧТ-31/7,1-И1	2
УП-50000	50000	1000 10000 и выше	Средние Крупные	40 60	ИЧТ-31/7,1-И1	3

Таблица 3.1.26

Технологическая характеристика плавильных участков

Наименование показателя	Тип плавильного участка					
	УП-5000	УП-10000	УП-15000	УП-20000	УП-25000	УП-50000
Годовая программа, т/год: годного литья жидкого металла	5000 7000	10000 14000	15000 21000	20000 28000	25000 3500	50000 70000
Количество работающих всего, в том числе:	14	16	20	23	23	31
основные рабочие	6	8	12	12	12	20
вспомогательные рабочие	6	6	6	8	8	8
инженерно-технические работники	2	2	2	3	3	3
Площадь участка, м ² :						
общая	1090	1580	2180	2570	2720	3460
производственная	920	1360	1920	2230	2380	3010
вспомогательная	170	220	260	340	340	450
Мощность, кВт:						
общая установленная	3562	5046	7473	9763	13955	2057
технологического оборудования	3272	4694	7079	9427	13410	20051
подъемно-транспортного оборудования	290	352	394	336	545	522
Расход воды, м ³ /ч:						
всего	30,7	56,4	84,5	110,7	120,5	180,6
оборотной	30,4	56,0	84,0	110,0	120,0	180,0
безвозвратной	0,3	0,4	0,5	0,7	0,5	0,6
Расход газа, м ³ /ч	180	180	180	360	360	540

Определение количества индукционных печей

Наименование показателей	Тип плавильного участка					
	УП-5000	УП-10000	УП-15000	УП-20000	УП-25000	УП-50000
Годовая программа, т/год : годного литья жидкого металла	5000 7000	10000 14000	15000 21000	20000 28000	250000 35000	50000 70000
Тип печи	ИЧТ-6/1,6-С6	ИЧТ-10/2,5-С3			ИЧТ-31/7,1-И1	
Производительность, т/ч	2,7	4,4	4,4	4,4	13,3	13,3
Количество печей расчетное, шт.	1,37	1,68	2,52	3,36	1,64	2,71
Количество печей, принятое для плавильного участка, шт.	2	2	3	4	2	3
Коэффициент использования (загрузки) печи	0,685	0,84	0,84	0,84	0,82	0,903

Примечание. Годовой фонд времени для всех участков - 3890 ч.

Однако удельные показатели могут изменяться при работе плавильных участков в конкретных условиях, что может привести к неравномерному снабжению цеха жидким металлом из-за ограниченного числа печей плавильного участка. А это, в свою очередь, может ухудшить показатели работы всего цеха.

Улучшение снабжения цеха жидким чугуном может быть достигнуто за счет установки миксеров в цехе, что не предусмотрено в руководящем технологическом материале.

3.1.4.3. Расчет шихты и потребного количества шихтовых материалов

Расчет шихты производится исходя из требуемого химического состава сплава с учетом фактически используемых шихтовых материалов и применяемых плавильных агрегатов. Фактические расходы шихтовых материалов в значительной степени зависят от возможности снабжения и колеблются как по виду материала, так и их соотношения. В качестве примера даны расходы шихтовых материалов для ваграночной плавки ряда заводов, которые были представлены ранее в табл. 3.1.19.

Потребность цеха в металлошихте будет больше, чем потребность в жидком металле на величину угара сплава и величину безвозвратных потерь, которые имеют место в процессе плавки и выпуска металла из печи. Угар металла зависит от многих факторов: типа применяемого плавильного агрегата, вида получаемого сплава, характера используемой шихты, ее загрязненности, окисленности, развитости поверхности, атмосферы печи, удельной нагрузки на под и других. Усредненный угар металлошихты при выплавке черных металлов приведен в табл. 3.1.28.

Безвозвратные потери при выпуске и плавке сравнительно невелики и зависят от технологии плавки и метода выпуска ее. Сюда входят потери металла со скачиваемым шлаком и корольками в конечном шлаке, потери в виде брызг и настывшей на ковше. Часто в связи с тем, что трудно разделить металл, теряемый в виде угара и в виде безвозвратных потерь, они выступают под одним обобщенным показателем - угар металла.

Средний угар шихты при плавке черных металлов

Вид выплавляемого сплава	Плавильный агрегат или сочетание агрегатов	Металлургический угар, %	
		Основной процесс	Кислый процесс
Серый чугун	Вагранка	-	2-5
	Индукционная печь	-	1-2
	Электродуговая печь	-	1,5-3,0
Ковкий чугун	Вагранка	-	До 6
	Вагранка - электропечь	-	8
Сталь	Мартеновская печь	6	8
	Электродуговая печь	4	5
	Индукционная печь	2	3
	Мартеновская печь + электропечь	6	7

Общая потребность в металлозавалке определяется по формуле

$$G_{\text{мет.зав}} = G_{\text{ж.ме}} + G_{\text{ут.ме}}, \quad (3.1.4)$$

где $G_{\text{мет.зав}}$ — требуемое количество металлозавалки, т/год;

$G_{\text{ж.ме}}$ — потребность цеха в жидком металле, т/год;

$G_{\text{ут.ме}}$ — количество металла, угоревшего и безвозвратно потерянного во время плавки, т/год.

Установив общую потребность в металлической шихте, необходимо произвести расчет шихты, исходя из вида выплавляемых сплавов. Каждый вид сплава для выплавки потребует определенной шихты в зависимости от химического состава получаемого сплава. Естественно, что в цехе необходимо иметь как можно меньшее количество шихтовых материалов, что упрощает их складирование и снижает вероятность ошибки использования шихты другой марки. Желательно также, исходя из технологии выплавки и требований к качеству сплава, максимально использовать в шихте наиболее дешевые шихтовые материалы, что снизит стоимость жидкого металла.

Расчет шихты при проектировании плавильных отделений является обязательным, так как он определяет потребность в шихтовых материалах и расходный коэффициент шихты. Для расчета шихты можно воспользоваться графическим, графоаналитическим, аналитическим методом или методом подбора. Имеются соответствующие методические указания к расчету шихты для плавки чугуна. Величины угара химических элементов при различных методах выплавки приведены в табл. 3.1.29 и 3.1.30.

Знак «-» перед величиной угара в табл. 3.1.29 означает, что в данном случае происходит увеличение концентрации примеси за счет кокса в ваграночной плавке, электродов в электродуговой плавке, восстановления кремния из футеровки печи при плавке в индукционной печи.

При расчете шихты можно использовать вычислительную технику и с ее помощью провести оптимизацию расхода шихты по критерию «минимальная стоимость». На основании расчета шихты составляется ведомость потребности в шихтовых материалах плавильного отделения цеха. Если величины расходных коэффициентов металлической части шихты, включая ферросплавы, берутся исходя из расчета шихты, то расходные коэффициенты по флюсам, огнеупорам принимаются на основе практических данных. Средние нормы расхода огнеупоров на ремонт печей и ковшей при получении стального и чугунного литья приведены в табл. 3.1.31, причем при определении годовой потребности в шихтовых материалах в расчет принимаются все шихтовые материалы, которые применяются в цехе.

Годовая потребность в шихтовых материалах плавильного отделения устанавливается на основе формы, представленной в табл. 3.1.32.

Имея ведомость шихтовых материалов, можно определять производственные площади для хранения всех необходимых материалов, объемы и количество закровов в шихтовом пролете литейного цеха в зависимости от необходимого запаса хранения и предельной высоты хранения материала. Нормативы запаса и высоты хранения различных шихтовых материалов можно взять в литературе по проектированию литейных цехов и заводов [1, 3].

Угар химических элементов при выплавке чугуна

Плавильный агрегат	Футеровка	Угар элементов, % от содержания в шихте									
		Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Сера	Хром	Никель	Медь	Молибден	Титан
Вагранка холодного дутья	Кислая	8-(-8)	10-35	15-40	-	(-25)-(-100)	15-20	До 10	До 10	До 10	20-50
	Основная	10-(-15)	35-30	10-15	До 30	10-30	15-30	До 10	До 10	До 10	20-50
Вагранка горячего дутья	Кислая	10-(-8)	10-(-10)	10-30	-	(-10)-(-50)	10-15	До 5	До 5	До 5	30-60
	Основная	10-(-12)	20-25	10-20	До 10	20-50	10-20	До 5	До 5	До 5	30-60
Дуговая электропечь	Кислая	(-5)-(-10)	-	15-20	-	До 30	15-30	До 10	До 10	До 10	30-60
	Основная	(-3)-(-5)	5-10	10-15	До 20	20-50	15-30	До 10	До 10	До 10	30-60
Индукционная тигельная печь повышенной частоты	Кислая	15-20	5-10	10-15	-	-	-	0	0	-	-
	Основная	15-10	10-15	8-12	-	-	-	0	0	-	-
Индукционная тигельная печь промышленной частоты	Кислая	5-15	3-(-5)	10-25	-	-	-	0	0	-	-
	Основная	5-10	5-10	5-10	-	-	-	0	0	-	-

Таблица 3.1.30

**Угар химических элементов из добавок,
вводимых в жидкий чугун при плавке в электрических печах**

Плавильный агрегат	Футеровка	Угар элементов, %			
		Углерод	Крем- ний	Марга- нец	Сера
Индукционная тигельная печь промышленной частоты	Кислая	10-15	-	10-20	25-50
	Основная	5-10	5-10	5-10	30-60
Индукционная тигельная печь высокой частоты	Кислая	15-25	0-10	15-25	15-40
	Основная	10-20	5-10	10-20	20-45
Дуговая электрическая печь	Кислая	20-25	5-10	20-25	25-50
	Основная	25-30	40-55	25-30	40-60

Таблица 3.1.31

**Средние нормы расхода огнеупорных материалов
на ремонт печей и ковшей (кг на 1 т годного литья)**

Материал	Плавильные печи и ковши					Печи	
	Стальное литье			Чугунное литье		Су- шиль ные	Тер- ми- чес- кие
	ОМ	ОЭ	КЭ	СЧ	КЧ; МСЧ; ВЧ		
Шамотный кирпич и фасон- ные изделия	43,0	41,0	35,0	34,0	42,0	2,5	5,5
Магнезитовые и хромомagne- зитовые кирпичи	10,5	18,7	-	-	-	-	-
Динасовый кирпич	28,0	32,0	25,0	-	-	-	-
Изоляционный кирпич	1,5	1,0	1,0	-	-	-	1,0
Доломит	30,0	10,0	-	-	-	-	-
Огнеупорные порошки раз- ные	19,0	34,0	10,0	6,0	6,0	0,15	2,0
Песок кварцевый	-	-	10,0	5,2	5,2	-	1,0
Глина огнеупорная	10,0	10,0	10,0	7,5	7,5	0,25	1,0

Примечание. ОМ – основная мартеновская печь; ОЭ – основная электропечь; КЭ – кислая электропечь; СЧ – серый чугун всех марок; МСЧ – модифицированный серый чугун; ВЧ – высокопрочный чугун; КЧ – ковкий чугун.

Ведомость шихтовых материалов

Шихтовые материалы	Количество шихтовых материалов для сплавов марок, т/год/%			Всего материалов, т/год/%
	Сплав 1	Сплав 2	Сплав 3	
Свежие материалы:				
Чугун передельный марок				
Чугун литейный чушковый марок				
Скрап стальной				
Стружка				
Возврат литейного цеха				
Скрап чугунный				
Ферросплавы и добавки				
Флюсы				
Огнеупоры				
Топливо				

3.1.4.4. Выбор вместимости ковша и расчет их парка

Нормальная организация работ в плавильном отделении невозможна без оптимального количества разливочных ковшей, служащих для приема плавки, кратковременного хранения, перемещения и заливки расплава.

Для перемещения ковша должно быть запроектировано соответствующее грузоподъемное и транспортное оборудование — монорельс с ручным или электрическим приводом, электрифицированными монорельсовыми тележками, кран-балками или мостовыми кранами соответствующей грузоподъемности.

Вместимость заливочного ковша определяется, в первую очередь, максимальной металлоемкостью формы и может быть равна или кратна ей. Если таких отливок изготавливается несколько штук в год, тогда заливка самой крупной формы осуществляется из двух или даже трех ковшей, которые могут заполняться из различных плавильных печей. Вместимость ковша определяется также видом сплава, типом плавильного агрегата (с непрерывной, периодической или дискретной выдачей). Выпуск металла из сталеплавильной печи обычно осуществляется дискретно с полным опорожнением печи, поэтому вместимость разливочного ковша

должна быть равна вместимости печи и даже несколько превышать ее, с учетом возможного незначительного перегруза печи.

В чугунолитейных и цветно-литейных цехах с непрерывно работающими печами выпуск металла осуществляется в промежуточную емкость – миксер или копильник с последующей раздачей по заливочным ковшам. В этом случае вместимость разливочного ковша будет определяться числом возможных заливок литейных форм. Для разливки цветных сплавов непосредственно у кокильных станков или машин литья под давлением устанавливаются раздаточные печи, и разливка в формы ведется в этом случае черпаком, равным металлоемкости формы.

Число заливок, как указывалось ранее, для стальных отливок не может составлять более 6-8, а для чугуна до 10-12. Зная среднюю металлоемкость формы, можно установить вместимость разливочного ковша, перемножив металлоемкость формы на число заливок. Вместимость ковша должна быть принята стандартной, ближайшей к расчетной величине.

Различают три типа ковшей – конические (носковые и чайниковые), стопорные и барабанные. Наиболее подробные сведения о стандартных сталеразливочных ковшах можно найти в ГОСТ 7358-78.

Для других ковшей кранового и монорельсового типа основные параметры (вместимость; масса с траверсой, механизмом поворота и футеровкой; габаритные размеры; высота от низа конструкции ковша до оси поворота, которая предотвращает самопроизвольное опрокидывание ковша с металлом; расстояние от носка ковша до оси поворота) приведены в табл. 39, 38 [1].

В цехе желательно иметь один тип ковшей для того, чтобы облегчить уход за ними и создать приспособления для ремонта футеровки и сушки ковша, однако в цехах с разнообразной номенклатурой приходится иметь несколько типов ковшей различной металлоемкости. Предпочтение следует отдавать чайниковым и барабанным ковшам как имеющим минимальные потери тепла.

При расчете необходимого парка ковшей разной вместимости исходят из времени оборота ковша, которое складывается из времени заполнения ковша металлом, транспортировки его до места заливки, времени разливки металла, возвращения ковша под новое заполнение, слива остатка и ожидания заполнения ковша. Таким образом, зная по технологической карте основной параметр – время заполнения литейной формы и организацию работ

в цехе, можно установить время оборота ковша, а также часовую производительность ковша по заливке. Сравнив эту цифру с потребным количеством металла на заливку полученных форм в час, определяем число ковшей, необходимых для обеспечения металлом данного потока, по выражению

$$n'_k = \frac{g'_{Me} \tau_{ц.к} K_H}{g_k},$$

где n'_k - число ковшей определенной металлоемкости, находящихся одновременно в работе, шт.;

g'_{Me} - потребность в металле для заполнения готовых форм из такого ковша, кг/ч;

$\tau_{ц.к}$ - время оборота (цикла) работающего ковша, ч;

g_k - металлоемкость ковша, используемая на заполнение литейных форм, кг;

K_H - коэффициент неравномерности потребления металла под заливку.

Потребность в металле будет определяться производительностью литейной линии или конвейера, и если в цехе один формовочный поток, то она будет равна q'_{Me} часовой потребности цеха в металле. Время оборота ковша определяется нормированием в соответствии с вышеописанным циклом и будет зависеть не только от вместимости ковша, но и от длины пути пробега от печи до места заливки. Коэффициент неравномерности потребления металла для ковша будет больше, чем при расчете количества плавильных печей, и его с запасом можно брать в пределах 1,3-1,7. Металлоемкость ковша, используемая для заполнения литейных форм, будет определяться числом залитых форм и металлоемкостью каждой из них. Фактическое заполнение ковша должно идти с некоторым избытком, чтобы не допустить недолива литейной формы. Этот избыток затем сливается в емкость и в виде слива возвращается в шихту.

Работающий ковш постепенно выходит из строя из-за механического разрушения футеровки носка, краев, а также разъедания внутренней футеровки металлом и шлаком. Поэтому периодически ковш возвращается на перефутеровку. Ломается рабочий слой кладки или набивки, очищается горловина ковша и затем восста-

наливается первоначальная футеровка. Ковш подвергается сушке, разогреву и после этого включается в работу. Значит, для проведения ремонта нужно иметь резервные ковши.

Длительность ремонтного цикла ковша обычно невелика и связана с вместимостью, методом восстановления футеровки, длительностью сушки и разогрева ковша. Она колеблется от 8 до 16-18 ч. Ремонтный цикл также зависит от технологии, принятой на данном предприятии, и вида заливаемого сплава, возрастая при подготовке ковшей для заливки чугуна и особенно стали. В ряде случаев мелкий ремонт ковша – подмазка носка, снятие скардовин с горловины осуществляется в процессе рабочего цикла ковша. В то же время в стопорных ковшах после каждой плавки меняют разливочные стаканы и стопора, что удлиняет цикл оборота ковша.

Рабочий цикл ковша от ремонта до ремонта складывается из длительности оборота ковша и числа наливов, которые выдерживает его футеровка. В зависимости от стойкости футеровки меняется число межремонтных циклов в течение года, и обычно принимается среднекалендарное время межремонтного цикла ковша, т.е. устанавливается среднее число ремонтов. Например, на ВАЗе стойкость ковшей для разливки серого чугуна составляет примерно 2 месяца или 6 ремонтов в год. Ковши имеют набивную муллитовую футеровку с применением в качестве связующего ортофосфорной кислоты. Ковши, используемые для разливки высокопрочного чугуна, выдерживают лишь около 0,5 месяца, а иногда и меньше. Таким образом, ковш проходит 24 ремонта в год.

Число ковшей, постоянно находящихся в ремонте в течение года, устанавливается по формуле

$$n_{\text{к.р.}} = \frac{n_{\text{к}} \tau_{\text{р}} K_{\text{н}}}{\Phi_{\text{р}}}$$

где $n_{\text{к.р.}}$ – число ковшей, постоянно находящихся в ремонте в течение года, шт.;

$n'_{\text{к}}$ – число ковшей, находящихся одновременно в работе, шт.;

$\tau_{\text{рем. к}}$ – общая длительность ремонтного цикла ковша, ч;

$n'_{\text{р}}$ – число ремонтов ковша в год, шт.;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности поступления ковшей в ремонт;

$\Phi_{\text{р}}$ – фонд рабочего времени ремонтных рабочих, ч.

Кроме того, необходимо иметь резервные ковши на случай аварийного выхода их из строя. Число резервных ковшей не должно быть меньше двух, а при большом числе одновременно работающих ковшей составлять 15-20 % от их числа.

Расчет необходимого парка ковшей сводится тогда к заполнению табл. 3.1.33.

Таблица 3.1.33

Расчет парка ковшей

Вместимость, кг	Оборот ковша, мин	Количество металла, заливаемого из ковшей данного типа, кг/ч	Длительность работы ковша до смены футеровки, ч	Производительность одного ковша, кг/ч	Число работающих ковшей в смену, шт.	Длительность ремонтного цикла, ч	Число ковшей, шт.		
							в ремонте	в резерве	общее

3.1.5. Планировочные решения плавильных отделений

Плавильные отделения в литейных цехах обычно размещают в торце здания цеха либо в центре его в зависимости от условий планировки цеха, его производительности и потребности в шихте. Цехи большой производительности имеют плавильные отделения в торце цеха, причем пролеты плавильного отделения зачастую располагаются перпендикулярно к пролетам формовочно-заливочно-выбивного и других отделений цеха.

С плавильным отделением органически связаны шихтовый двор и участок огнеупорных работ (ремонта футеровки печи, подготовки ковшей, футеровки сводов и др.).

Шихтовый двор служит для обеспечения складирования и непродолжительного хранения шихтовых материалов для сплава, а также иногда и хранения формовочных материалов. Подача материалов в шихтовый двор осуществляется либо железнодорожным транспортом (наиболее часто), либо автомобильным, если завод имеет специальный цех подготовки и разделки металлической шихты (завод «Центролит» в Рязани).

Шихтовый двор оборудуется закромами и бункерами для хранения всех видов шихтовых материалов, в том числе и возврата собственного производства. Объем закромов и бункеров должен обеспечивать хранение такой части шихтовых материалов, чтобы обеспечить бесперебойную работу цеха, несмотря на неравномерную поставку материалов. Примерные запасы материалов для III зоны, обеспечивающие нормальную работу цеха, даны в литературе [1].

Объем закрома должен быть кратным грузоподъемности транспортного средства, на котором доставляются материалы. Следует принимать во внимание, что насыпная плотность металла постепенно снижается из-за недостаточной его разделки и на практике в два раза ниже, чем рекомендованная в литературе [1]. Легковесный лом имеет насыпную плотность $1-1,25 \text{ т/м}^3$, а пакетированный – до 2 т/м^3 .

Шихтовый двор располагается на уровне нулевой отметки, а бункера могут иметь углубления до отметки $-2,0 - -3,0 \text{ м}$. Бункера металлической шихты должны иметь стены, облицованные металлом (чаще всего железнодорожными рельсами), с тем чтобы они не разрушались в процессе эксплуатации. Это особенно важно для цехов большой производительности, где разгрузка и погрузка материалов ведется с помощью магнитной шайбы и в высоком темпе.

В шихтовом дворе производится взвешивание шихты и транспортировка ее к плавильному агрегату внутрицеховым транспортом. Шихтовые пролеты обычно оборудуются мостовыми магнитогрейферными кранами, способными разгружать и погружать как магнитные, так и сыпучие материалы.

Устройства для взвешивания, оборудованные тензометрическими датчиками, должны обеспечивать автоматическое взвешивание с цифровой индикацией количества загружаемого материала в приемную емкость.

Пролеты шихтового двора обычно выполняются шириной 18 или 24 м. Длина их или соответствует ширине цеха, если пролет расположен перпендикулярно основным отделениям цеха, или больше, если не хватает площадей для размещения нужного количества бункеров и площадок.

Участок огнеупорных работ в крупных литейных цехах выделяется в самостоятельное помещение и ему отводится пролет, параллельный шихтовому двору, шириной 12 или 18 м. В цехах небольшой производительности он располагается в одном проле-

те с плавильными печами и ему выделяется место ближе к стенам цеха.

Плавильные отделения должны максимально приближаться к потребителю жидкого металла – формовочно-заливочно-выбивному отделению, с тем чтобы обеспечить минимальный провоз жидкого металла от раздаточной печи до литейной формы, но необходимо исключить неоправданные переливы металла из печи в ковш, так как при этом теряется температура перегрева расплава от 30 до 60 К в зависимости от вместимости ковша и скорости слива металла.

Плавильные печи располагаются, как правило, на одном этаже с формовочно-заливочно-выбивным отделением и выпуск металла осуществляется на этой отметке. Имеют место проектные решения расположения плавильных печей на уровне пола цеха с последующим подъемом ковша на второй этаж с помощью мостового крана. Такую схему, с точки зрения организации работ и техники безопасности, следует признать нерациональной. На втором этаже могут размещаться вагранки, электродуговые, пламенные и индукционные печи. Рекомендуются следующие отметки пола второго этажа: + 7,2; +7,8; +8,4 м.

Кроме того, плавильное отделение может иметь дополнительные промежуточные перекрытия и площадки для размещения оборудования и удобства обслуживания. Шаг колонн в плавильном отделении принимается равным 12 м и лишь при применении плавильных печей малой производительности допускается шаг колонн 6 м, а здание выполнять из железобетонных конструкций.

На рис. 3.1.13 показаны схемы расположения блока вагранок с рекуперативным подогревом дутья, скиповой загрузкой шихты и выпуском металла в индукционные каналные миксеры барабанного типа (рис. 3.1.13.а), а также размещения индукционных тигельных печей (рис. 3.1.13.б).

На рис. 3.1.14 даны схемы расположения дуговых электропечей на уровне пола цеха и размещения основного оборудования и грузоподъемных средств.

Параметры грузоподъемных средств и размеры основных пролетов показаны в табл. 3.1.34.

Ширина печных пролетов берется всегда большой и лишь при малой вместимости печи она составляет 18 м, чаще всего ширину пролета принимают 24, 30 м, а для крупных ваграночных комплексов – 36 м.

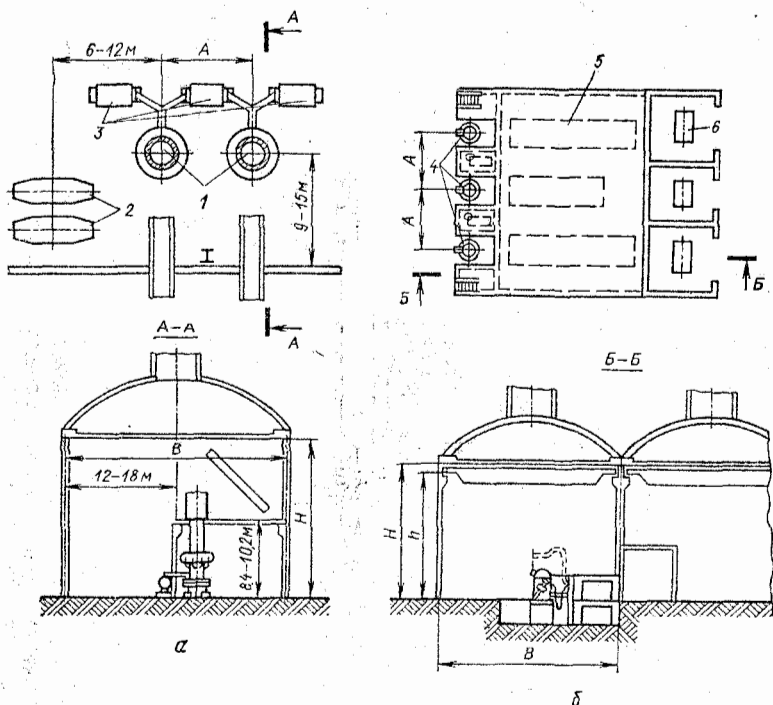


Рис. 3.1.13. Схемы расположения вагранок (а) и индукционных печей (б) с основными параметрами помещений и грузоподъемных средств:

1 – вагранки; 2 – рекуператор; 3 – миксеры; 4 – индукционная печь; 5 – конденсаторные батареи; 6 – трансформаторы

Соответственно ширине принимается высота пролета до низа конструкции перекрытия от 10,8 до 21,6 м, лишь при размещении крупных дуговых печей садкой 25 и 50 т высота увеличивается от 23,4 до 27,0 м соответственно.

На рис. 3.1.13,б отсутствуют привязочные размеры для проектирования помещения под электрооборудование индукционной печи. Ранее на рис. 3.1.9 была показана планировка размещения электрооборудования для индукционной печи ИСТ-0,16 с вращающимся и тиристорным частотным преобразователем. Представляет интерес планировка и вертикальное расположение электрооборудования крупной индукционной тигельной печи для плавки чугуна ИТЧ-10/25-03 (рис. 3.1.15).

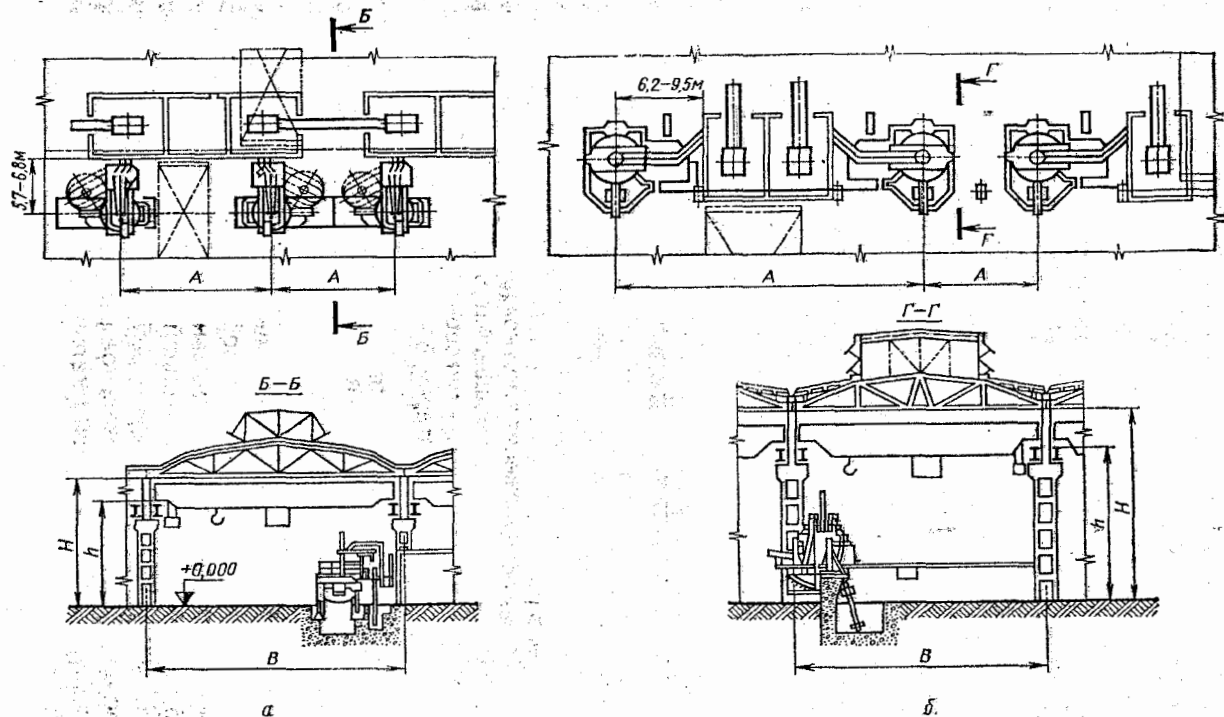


Рис. 3.1.14. Схема расположения дуговых электропечей, основные параметры помещений и грузоподъемных средств

Таблица 3.1.34

Размеры пролетов и грузоподъемные средства плавильных отделений

Тип печи	Минимальное расстояние между осями печей А, м	Минимальная грузоподъемность подъемно-транспортного средства для обслуживания и загрузки печей, т	Размеры пролета, м			
			Ширина	Высота до низа конструкции перекрытия от отметки пола этажа, на котором установлена печь, Н	Высота до головки подкранового рельса	Шаг колонн
Вагранки						
95111	6	1,5	18; 24	16,8	-	6; 12
95112	6	1,5	24; 30	16,8	-	6; 12
95113	6	2,5	24; 30	16,8	-	6; 12
95114	8	4,5	30; 36	21,6	-	12
95115	10	4,5	30; 36	21,6	-	12
Индукционные печи						
ИСТ-0,16	2,5	1	18; 24	10,8	8,15	6; 12
ИСТ-0,25	3,5	1	18; 24	10,8	8,15	6; 12
ИСТ-0,4	5	1	18; 24	10,8	8,15	6; 12
ИЧТ-1, ИСТ-1	5	5	24	10,8	8,15	6; 12
ИЧТ-2,5, ИСТ-2,5	6	5	24	10,8	8,15	6; 12
МЧТ-6, ИСТ-6	6	10	24; 30	12,6	9,65	6; 12
ИЧТ-21,5	6,6	20	24; 30	16,2	12,65	12
Дуговые печи						
ДСП-3	9,5/14,5	10	18; 24	10,8	8,15	12
ДСП-6	12/18	20/5	24; 30	12,6	9,65	12
ДСП-12	14/18	30/5	24; 30	14,4	11,45	12
ДСП-25	12/34	5/10	24; 30	23,4	18,05	12
ДСП-50	14/38	80/20	24; 30	27,0	21,65	12; 18

* Указана грузоподъемность подъемника для загрузки шахты.

** Расстояние между поперечными осями печей; в числителе – при сливных желобах, обращенных друг к другу (рис. 3.1.14, а).

*** Расстояние между продольными осями печей; в числителе – расположенных друг к другу свободными сторонами; в знаменателе – с двумя печными трансформаторами между печами (рис. 3.1.14, б).

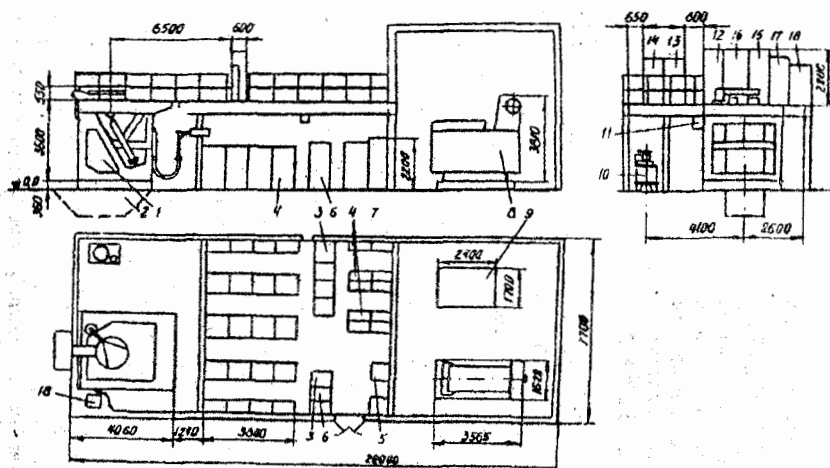


Рис. 3.1.15. Расположение оборудования индукционной тигельной электропечи ИТЧ-10/2, 5СЗ: 1 – печь; 2 – взвешивающее устройство; 3,5,6,11 – панели управления; 4 – блоки конденсаторов; 7,12,15,16 – щиты управления; 8 – силовой трансформатор; 9 – реактор; 10 – гидравлическая станция; 13,14 – пультаы водоохлаждения; 17 – автоматический регулятор; 18 – пульт управления

Общая площадь, занимаемая печью и электрооборудованием, составляет 158 м², из них на долю самой печи непосредственно приходится лишь около 10 м², рабочая площадка печи возвышается над уровнем пола этажа или пола цеха только на 4 м. Силовой трансформатор размещается в отдельном помещении, а конденсаторные батареи – под полом рабочей площадки. Рабочая площадка ограждена металлической оградой на уровне 1,2 м.

Трансформаторные подстанции и другое электрическое оборудование располагаются вблизи печей, с тем чтобы снизить потери на передачу энергии к печи. Габаритные размеры подстанций электрооборудования индукционных тигельных печей промышленной частоты для выплавки черных и цветных металлов даны в литературе [3]. Следует заметить, что каждая новая модификация печи имеет свои особенности и поэтому точное положение подстанций электрооборудования можно уточнять в процессе работе.

го проектирования по проспектам и технической документации данного типа печи.

На схемах расположения оборудования (см. рис. 3.1.13) выпуск металла осуществляется перпендикулярно пролету в миксеры или непосредственно в ковш. Схему выпуска металла из вагранки в миксер по передаточному желобу следует признать рациональной, так как при этом не требуется участие подъемно-транспортного оборудования и снижаются потери тепла при переливе. Важной особенностью системы слива металла в миксере является слив металла по оси вращения миксера, что не нарушает прием металла во время слива металла из миксера. Около миксера проходит монорельсовый путь, по которому движется приемный разливочный ковш.

На схеме, изображенной на рис. 3.1.14.б, перед печью, несмотря на ее значительную высоту расположения, также выполняется приямок, позволяющий крану передвигать разливочный ковш при приеме плавки.

На схеме, изображенной на рис. 3.1.14.а, показано расположение электрических дуговых печей, осуществляющих слив металла из печи вдоль основного пролета цеха, при этом две печи имеют сливные желоба друг против друга, аналогично располагаются и другие пары печей. Такое расположение печей со сливным желобом вдоль пролета позволяет при использовании довольно мощных печей иметь минимальную ширину пролета и это особенно выгодно, если длина пролета не превышает ширину других отделений цеха. В этом случае для приема плавки в разливочный ковш используется один и тот же приямок.

На схеме «б», показанной на рис. 3.1.14, слив металла осуществляется перпендикулярно оси пролета, поэтому перед сливным желобом печи выполняется приямок, в который опускается разливочный ковш с помощью мостового крана. Достоинством этой схемы является максимальное сокращение длины короткой сети из-за расположения печных трансформаторов в печном пролете.

Для перемещения грузов и разливочных кранов пролеты плавильных отделений оборудованы грузоподъемным оборудованием — мостовыми электрическими кранами различной грузоподъемности от 5 до 100 т или подвесным транспортом грузоподъемностью от 0,5 до 3 т или выше, если применяется управляемая электрифицированная монорельсовая тележка.

Расчет количества подъемно-транспортного оборудования для плавильного отделения ведется по смене с максимальным выпуском жидкого металла по формуле, аналогично использованной ранее в разд. 3.1.4. Удельная загрузка мостовых кранов плавильных пролетов, оборудованных электродуговыми и индукционными тигельными печами, приведена в табл. 3.1.35.

Таблица 3.1.35

Удельная загрузка мостовых кранов плавильных пролетов, оборудованных дугowymi и индукционными электропечами

Вместимость электропечи, т	Назначение мостового крана	Количество крано-часов на 1 т выплавки жидкого металла		
		Всего	В том числе	
			Загрузка печи шихтой	Выдача жидко- го металла из печи
Дуговые плавильные печи				
3	Основной	0,190	0,028	0,038
6	Основной	0,182	0,024	0,030
12		0,064	0,012	0,017
	Уборочный	0,040	-	-
25	Основной	0,062	0,010	0,017
	Уборочный	0,025	-	-
50	Основной	0,032	0,005	0,008
	Уборочный	0,018	-	-
Индукционные плавильные печи				
2,5		0,100	0,028	0,034
6	Основной	0,057	0,024	0,022
10		0,042	0,015	0,015
	Уборочный	0,025	-	-
16	Основной	0,037	0,012	0,010
	Уборочный	0,022	-	-
25	Основной	0,020	0,010	0,008
	Уборочный	0,010	-	-

Следует отметить, что использование двух типов кранов в одном пролете – основного и уборочного может быть оправдано лишь в плавильном отделении с большим количеством печей. Работа уборочного крана затрудняется тем, что приоритетным в пролете является основной кран, который также должен передвигаться при перемещении уборочного крана. Поэтому в проектных ре-

шениях последних лет предпочитают устанавливать основные краны со вспомогательными подъемами, способными выполнять как основные, так и вспомогательные работы. Несмотря на некоторое увеличение капитальных вложений, такое решение позволяет обеспечить более устойчивую работу плавильного отделения, так как дополнительный кран является резервным для приема плавки и выполнения разливки.

В плавильных отделениях производительностью свыше 5 тыс. т годных отливок должно быть установлено не менее двух разливочных кранов, несмотря на значительное снижение коэффициента загрузки. При таком решении цех будет функционировать даже при аварийной остановке одного из кранов.

Коэффициент загрузки оборудования рекомендуется принимать на уровне 0,7-0,8. По укрупненным показателям для обслуживания плавильного отделения принимают один кран на 30-50 м длины печного пролета, это можно использовать в качестве проверки предыдущего расчета.

Кроме основного оборудования в плавильном отделении должны быть предусмотрены площади для вспомогательных участков и отделений – участка огнеупорных работ (ремонт ковшей, раздаточных печей, футеровка сводов), участка сушки и размещения ковшей, в том числе раздаточных. Эти участки должны иметь оборудование для приготовления футеровочных масс (мельницы, размалывающие бегуны, смесители, прокалочные печи и другие). Необходимо обеспечить участок приготовления футеровочных масс соответствующими грузоподъемными средствами для доставки исходных материалов и транспортирования готовых смесей. Необходимо позаботиться о механизации разрушения старой футеровки и организовать уборку остатков, для чего должны быть машины разрушения, выбивные решетки, транспортеры для уборки отработанной футеровки.

Сушка ковшей осуществляется на стендах, оборудованных местной отсасывающей вентиляцией (зонт). На этом стенде производится и подогрев ковша перед приемом плавки.

В зависимости от технологии плавки, применяемой в цехе в плавильном отделении, могут осуществляться рафинировочные процессы: внепечная обработка металла, модифицирование, скачивание шлака. Все эти особенности технологии должны найти отражение в планировке цеха отведением специального места, размещения нужного оборудования, созданием зон безопасности при проведении той или иной операции.

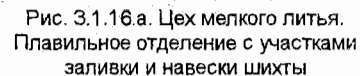
Работа плавильного отделения связана с выделением вредных: пыли, газов, избыточной теплоты, шума, причем все эти вредности выделяются практически на каждом рабочем месте.

Плавильное отделение по отношению к другим отделениям цеха должно располагаться с подветренной стороны, учитывая ветры преобладающего направления. В этом случае вредности в меньшей мере будут распространяться на рабочие зоны цеха.

Все отходящие газы плавильных печей должны подвергаться эффективной очистке, в том числе мокрой, рабочие места оборудоваться устройствами местной и общеобменной вентиляции. Необходимо использовать современные технологические процессы, имеющие минимальное выделение вредных (индукционные печи). Для оздоровления условий труда в плавильном отделении следует широко использовать механизацию и автоматизацию работ, включая системы автоматизированного управления процессом плавки.

Плавильные и заливочные отделения желательно ограждать от других отделений цеха или стенами и перекрытиями, или откатными устройствами, полностью изолирующими печи от цеха, так называемая система «бег хауз», по примеру цеха тяжелых стальных отливок Чебоксарского завода промышленных тракторов.

Примеры компоновок плавильных отделений приведены ниже. Рассмотрим планировку и разрез плавильного отделения цеха мелкого чугуна литья с участком заливки металла и навески шихты. В цехе установлено два блока вагранок производительностью 7-8 и 5-6 т/ч (рис. 3.1.16). Шихтовый двор расположен в пролете шириной 24 м с шагом колонн 6 м, длина его 48 м, подача шихты осуществляется автотранспортом в контейнерах с последующей перегрузкой мостовым краном грузоподъемностью 15/3 т во встряхивающиеся бункера, из которых шихта с помощью пластинчатого питателя подается на электровесовую автоматическую тележку грузоподъемностью 16 т. В тележку по определенной программе производится навеска всех необходимых шихтовых материалов. Из этой тележки шихта перегружается в скип. А скиповый подъемник поднимает шихту на колошник вагранки и производит загрузку шихты. Выпуск металла осуществляется во вращающийся копильник, а из него в заливочный ковш вместимостью 250-500 кг, который по монорельсу передается на подвижную заливочную площадку шириной 700 мм. Заливка металла производится в литейные формы, находящиеся на подвижном конвейере.



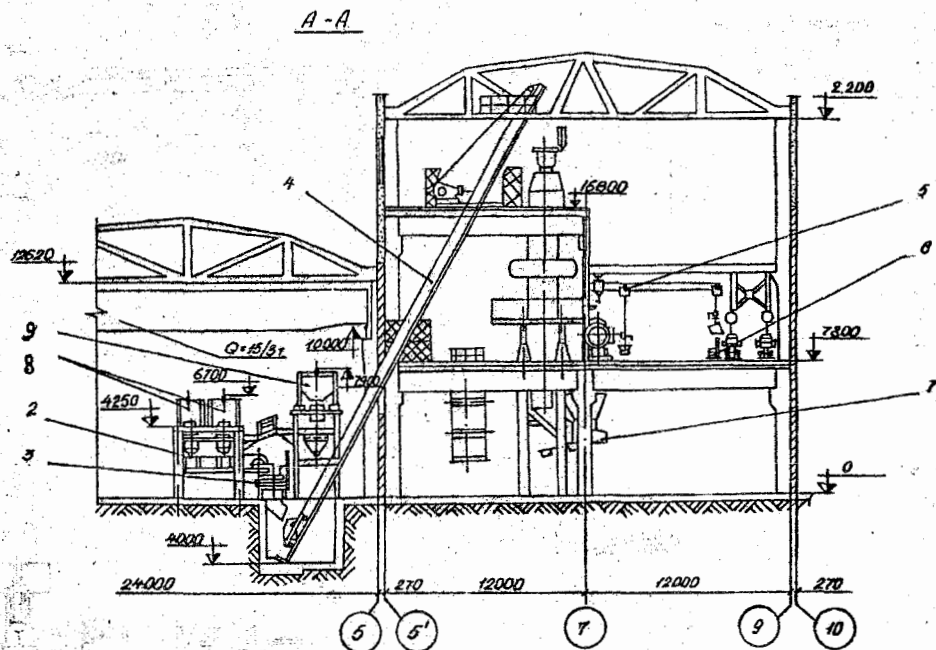


Рис. 3.1.16.6. Цех мелкого литья. Плавильное отделение с участками заливки и навески шихты. Разрез А-А:
 1 – встряхивающийся бункер с траковым питателем $B=800$ мм; 2 – питатель ленточный $B=500$ мм; 3 – электровесовая тележка, автоматическая $Q=1,6$ т; 4 – скиповый подъемник, вместимостью бады $1,0$ м³; 5 – устройство заливочное, винтовое, вместимостью ковша $250-500$ кг; 6 – заливочная площадка подвесная $B=700$ мм; 7 – электровибропитатель 189-ПТ; 8 – контейнеры для известняка и ферросплавов; 9 – контейнеры для кокса

Аналогичная планировка представлена на рис. 3.1.17 для плавильного отделения цеха крупного чугунного литья. Планировки чугунолитейных цехов, использующих в качестве плавильных агрегатов дуговые печи, осуществляются по аналогии с планировками сталелитейных цехов, но для выдержки чугуна и равномерного его использования устанавливаются промежуточные печи выдержки, чего нет в сталелитейных отделениях.

Особенности планировки сталелитейных цехов связаны с технологией выплавки стали и ее разливки. Плавка стали осуществляется дискретно с определенной периодичностью, а длительность разливки этой порции металла ограничена из-за быстрого охлаждения стали и изменения ее химического состава в процессе разливки. Поэтому в плавильном отделении необходимо устанавливать несколько плавильных печей и иметь промежуточные емкости для приема металла, позволяющие синхронизировать процесс формовки и заливки. Ими чаще всего являются разливочные ковши, в которые осуществляется выпуск плавки. Конкретные планировочные решения плавильных отделений современных сталелитейных цехов представлены ниже.

На рис. 3.1.18 показана планировка плавильного отделения литейного цеха с двумя автоматическими формовочными линиями, заливочные участки которых выходят в плавильное отделение. Шихтовый двор имеет тупиковый железнодорожный путь, по которому доставляются металлошихта и другие материалы. Пролет шихтового двора составляет 24 м и обслуживается тремя мостовыми кранами с магнитными шайбами и грейферами. В пролете располагаются бункера для шихтовых материалов, печные трансформаторные подстанции, система подготовки возврата (литники, прибыли, брак). Взвешивание и загрузка шихты осуществляется в бадьи на платформенных весах, а затем с помощью электротележки, движущейся по нулевой отметке, передается в печной пролет. Печной пролет имеет ширину 24 м. В нем на втором этаже располагаются 5 электродуговых печей, имеющие совмещенные на две печи люки для выпуска металла. Загрузка печей осуществляется сверху бадьями с раскрывающимися днищами с помощью мостового крана. Подъем бадьи происходит через люк на рабочей площадке.

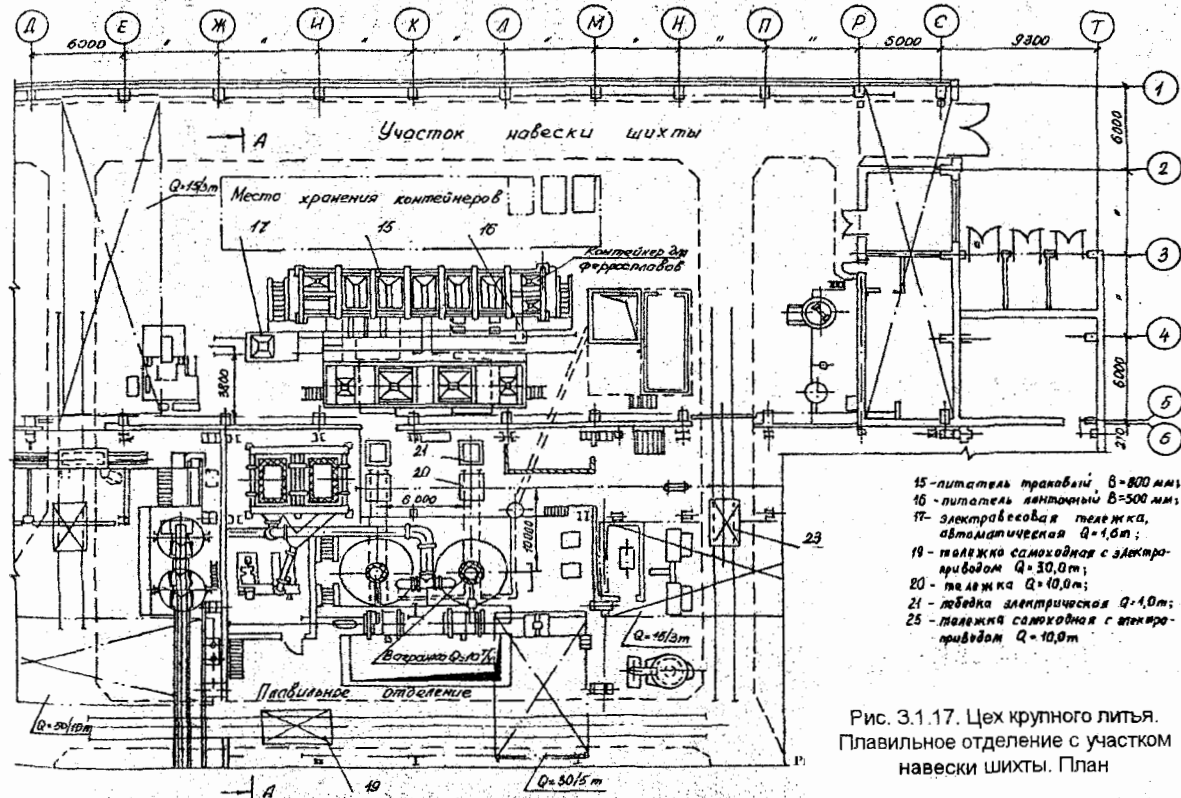


Рис. 3.1.17. Цех крупного литья.
Плавильное отделение с участком навески шихты. План

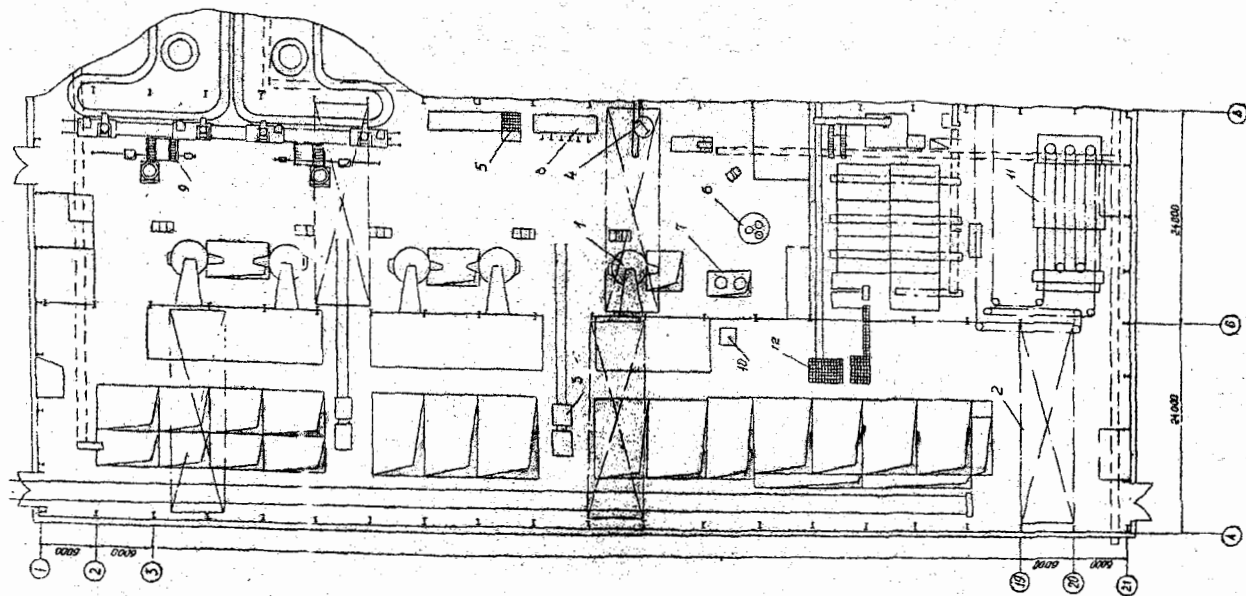


Рис. 3.1.18. Планировка плавильного отделения литейного цеха с двумя автоматическими формовочными линиями, заливочные участки которых выходят в плавильное отделение:
 1 – электрическая печь; 2 – кран мостовой; 3 – весы для шихты; 4 – бегуны; 5 – выбивная решетка; 6 – участок ремонта сводов; 7 – участок ремонта ковшей; 8 – участок сушки ковшей; 9 – трансформатор подстанции; 10 – печь расплавления алюминия; 11 – сушильная камера; 12 – система подготовки возврата

Поднятая бадья перемещается над рабочее пространство печи, которое открывается за счет отвода свода печи в сторону. Бадья опускается в рабочее пространство, днище открывается, и шихта высыпается в печь. На рабочее пространство печи после извлечения бадьи надвигается свод. Он опускается и проходит герметизация печи. Опускаются электроды, и начинается плавка. Выплавленный металл выпускается в ковш и краном передается на стелды разливки стали. Каждая формовочная линия имеет свой стенд, на котором имеются два заливочных ковша небольшой вместимости, которые заполняются поочередно и передаются к участку заливки автоматической линии. Общая транспортная система позволяет использовать заливочный ковш для заполнения литейных форм металлом на другой линии, что улучшает организацию работ. В печном пролете имеется участок для выбивки, ремонта и сушки ковшей и футеровки сводов.

На рис. 3.1.19 приведена планировка плавильного отделения цеха среднего и крупного сталеного литья углеродистых и легированных марок стали. Формы для средних отливок изготавливаются на автоматической линии, а для крупного литья - в опоках методами наливной формовки. На рис. 3.1.19 участок изготовления крупных форм не показан, а указана лишь тележка для передачи ковша с металлом на заливку. Особенностью планировки является то, что в цехе отсутствует шихтовый двор, так как на заводе имеется цех подготовки металлошихты, и она поступает в бадьях на автотранспорте. В цехе производится взвешивание шихты, добавка ферросплавов, прокаленных в специальной печи, после чего тележка перемещается в печной пролет, где через люк мостовым краном поднимается вверх и загружается в печь. Подготовка ковшей и футеровочных масс производится в шихтовом дворе цеха, здесь же осуществляется подготовка и сушка стопоров для сталеразливочных ковшей.

Печи вместимостью 6 т расположены парами и имеют совмещенные люки для выпуска металла. Имеется в цехе установка по внепечной обработке стали, но ее расположение в торце пролета не позволяет ее эффективно использовать. Такие установки должны устанавливаться в технологическом потоке недалеко от печи.

Мостовые краны, перекрывающие печной пролет, имеют возможность переместить ковш с жидким металлом на подвижный заливочный стенд, который перемещается на накопительные ветки конвейера. Из ковша можно производить последовательную заливку накопленных форм как на одной, так и на другой ветках конвейера.

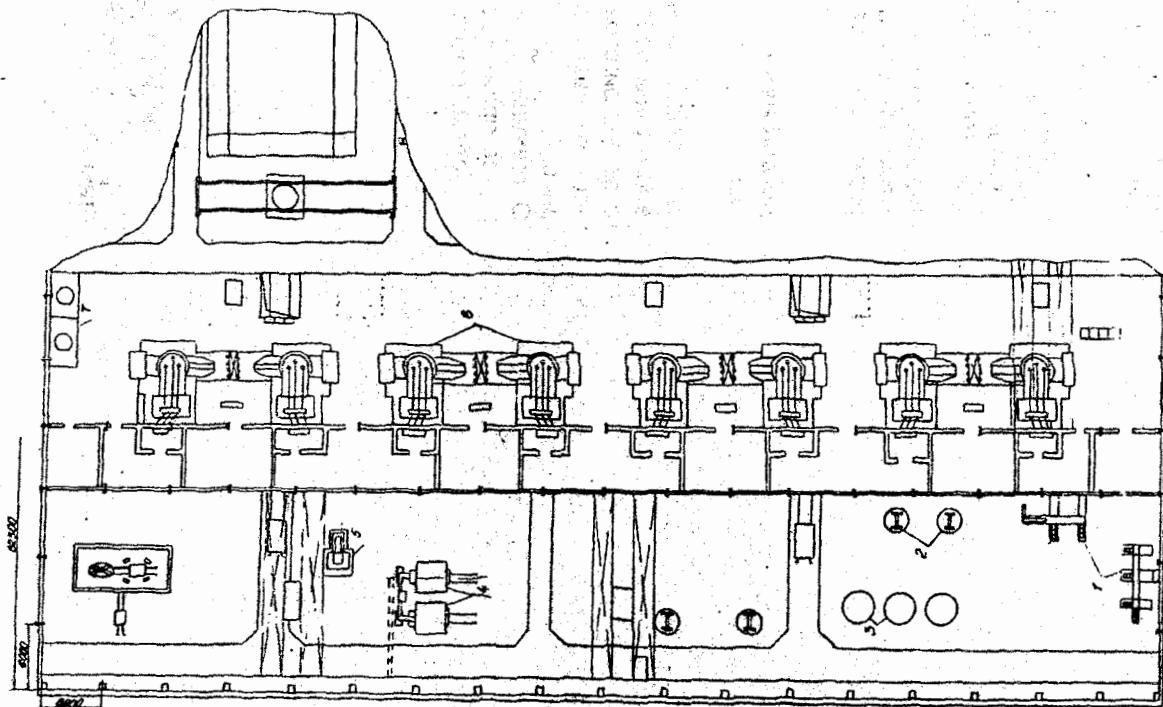


Рис. 3.1.19. Планировка плавильного отделения цеха среднего и крупного стального литья углеродистых и легированных марок стали:

- 1 – установка стенов для сушки ковшей; 2 – бегуны для приготовления футеровочной массы; 3 – стенд для набора стопоров; 4 – печи для прокалики ферросплавов; 5 – весы рычажно-механические; 6 – электродуговая печь; 7 – установка для внепечной обработки; 8 – подвижный заливочный стенд

Ветви конвейера служат накопителями форм и позволяют производить заполнение форм дискретно, а не непрерывно, как работает автоматическая формовочная линия.

На рис. 3.1.20 представлена планировка цеха тяжелых стальных отливок с электрическими дугowymi печами вместимостью по 25 т с системами очистки выделяющихся газов и вредностей. В этом цехе кроме шихтового двора есть пролет ремонта ковшей и хранения огнеупоров и пролет трансформаторных подстанций.

Цех имеет в своем составе три автоматические литейные линии, которые связаны с печным пролетом кранами. Металл передается на передвижные стенды для заливки форм и затем разливается по формам.

3.2. Проектирование формовочно-заливочно-выбивного отделения (ФЗВО) литейного цеха

Это отделение является основным в составе любого литейного цеха, так как на нем замыкается работа целого ряда основных отделений цеха - плавильного, стержневого смесеприготовительного, а также ряда вспомогательных. Оно обеспечивает отливками финишное отделение цеха - термообрубное.

Устойчивая и качественная работа ФЗВО определяет как производительность цеха по объему и номенклатуре производства, так и качество литья по геометрическим размерам, массе и шероховатости поверхности. Именно работой ФЗВО определяет основные технико-экономические показатели работы литейного цеха, ибо здесь образуется основной брак отливок. Возможности ФЗВО быстро изменять номенклатуру отливок без снижения производительности цеха и качества литья определяют технологическую гибкость процесса и позволяют литейному цеху быстрее реагировать на изменившуюся конъюнктуру рынка.

Все это будет определяться заложенными в проектные решения технологическими процессами формовки, принятым типом формовочного оборудования, возможностями цеха по производству отливок различных размеров и массы (габарита опок), качества выбранной формовочной смеси, а также габаритами и объемами здания, занятым ФЗВО.

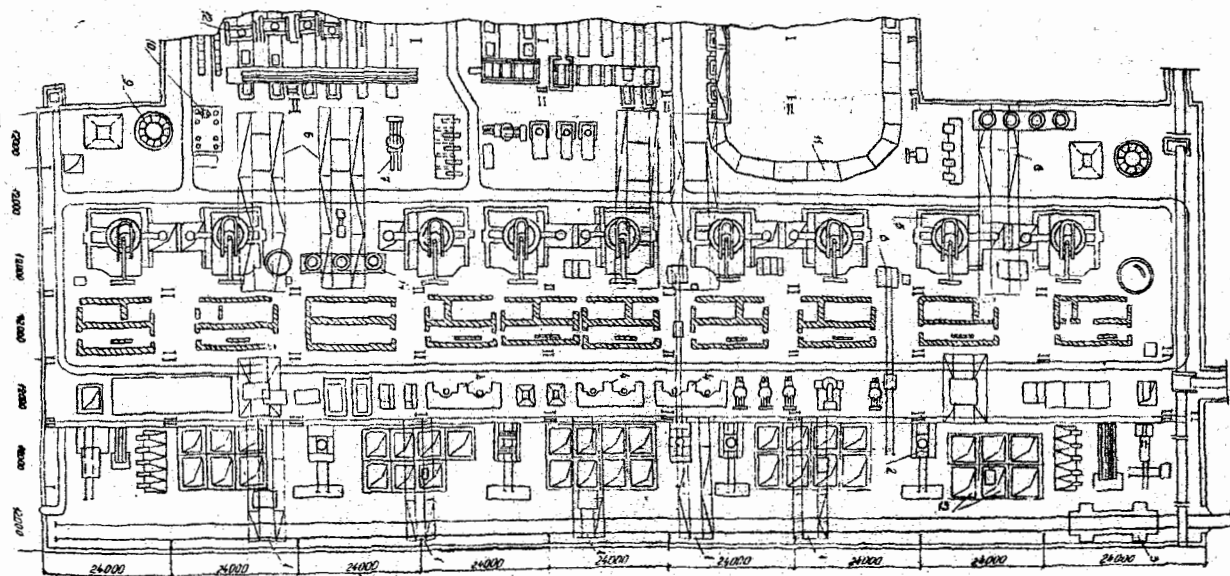


Рис. 3.1.20. Планировка цеха тяжелых стальных отливок с электрическими дуговыми печами:

1 – кран мостовой 30/5 т; 2 – тележка для транспортировки бады с шихтой; 3 – весы платформенные; 4 – стенд для выбивки и ремонта ковшей; 5 – электропечь дуговая сталеплавильная 25 т; 6 – кран мостовой 50/10 т; 7 – стенды для подогрева ковшей; 8 – люк для подачи бадей с металлическим ломом; 9 – место для набора сводов электропечей; 10 – сушило для стопоров; 11 – линия охлаждения литейного конвейера; 12 – передвижные стенды с ковшом для заливки форм; 13 – бункера металлической шихты; 14 – бункера для шлакообразующих

Поэтому, прежде чем приступить к расчетам по ФЗВО, необходимо обсудить современное состояние методов формовки, имеющихся в стране и мире, производимого формообразующего оборудования, включая автоматические литейные линии (АЛЛ), и установить области применения их для конкретных условий цеха.

3.2.1. Выбор технологического процесса формовки

Выбор технологического процесса для конкретного отделения тесно связан с общими и специальными требованиями, которые предъявляются к готовым отливкам по геометрической точности, эксплуатационной надежности и шероховатости поверхности, герметичности, коррозионной стойкости и др.

В настоящее время встречается большое разнообразие технологических процессов изготовления литейных форм, число которых превысило 50. Каждый из способов имеет свои достоинства, недостатки и определенные области применения в зависимости от вида сплава, габаритов и массы отливки, серийности производства. Этому вопросу посвящены многие литературные источники [4], а выбор для проектируемого цеха одного или нескольких процессов будет определяться в зависимости от производственной программы. При этом важным обстоятельством при выборе процесса должна быть производительность оборудования отделения и качество литья.

Наибольшее распространение в практике получили технологии изготовления литейных форм из песчано-глинистых смесей. Типовые разновидности технологических процессов представлены на рис. 3.2.1. В дальнейшем будут рассмотрены вопросы проектирования ФЗВО для литья в песчаные формы с использованием разнообразных связующих и вида оборудования.

3.2.2. Выбор формовочной смеси и габаритов опок

Наиболее часто используемыми являются песчано-глинистые формовочные смеси [41-43]. В качестве связующего чаще всего используются каолиновые глины, и на этой базе могут изготавливаться облицовочные, наполнительные и единые смеси как для машинной, так и ручной формовки. Bentonитовые глины применяются при приготовлении единой формовочной смеси автоматических формовочных линий при заливке «по-сырому».

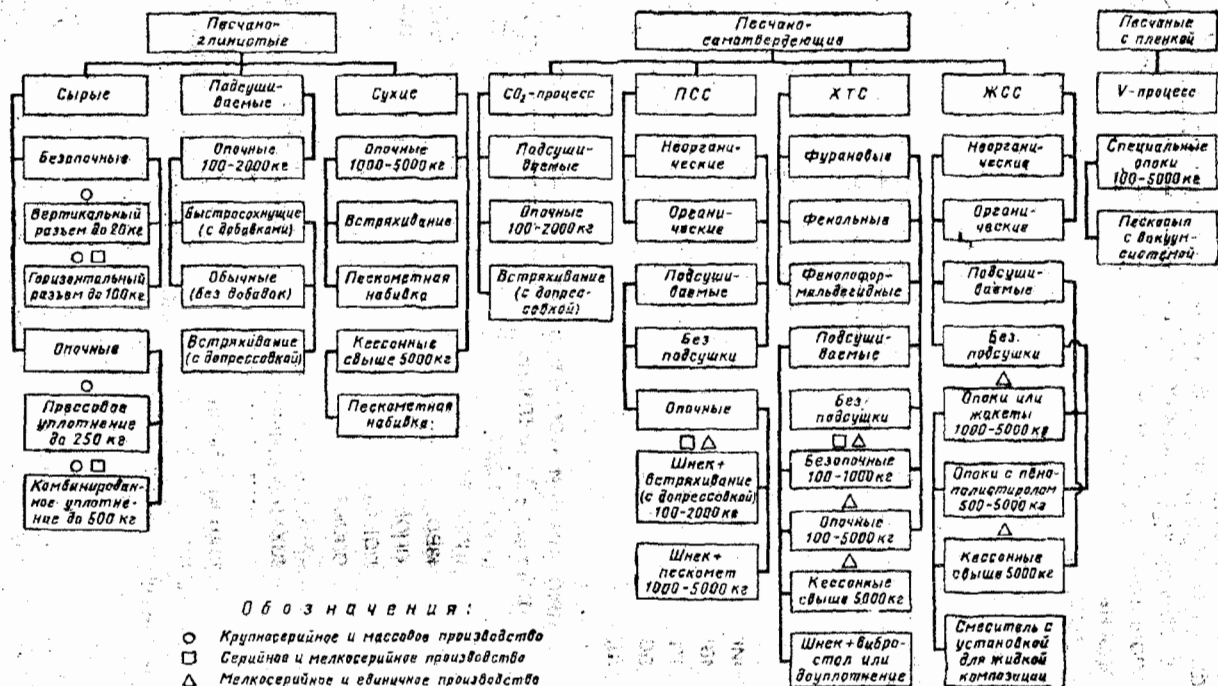


Рис.3.2.1. Типовые технологические процессы изготовления разовых объемных песчаных форм

Жидкостекольные смеси применяются при изготовлении крупных форм и стержней. Для изготовления крупных форм и стержней, особенно при мелкосерийном характере производства, широко используются наливные формовочные смеси [44]. В последние годы находят применение металлофосфатные смеси [45].

Для изготовления крупных форм из песчано-глинистых смесей большое распространение получила пескометная набивка форм.

Мелкие и средние формы при мелкосерийном и серийном характере производства выгодно изготавливать из холодно-твердеющих смесей (ХТС) со смоляными связующими.

На основании анализа производственной программы необходимо выбрать тип формовочной смеси, а затем приступить к выбору метода уплотнения формы.

Наиболее широко распространенными методами уплотнения литейной формы являются прессовые, встряхивающие, импульсные и комбинированные, а также уплотнение пескометом и применение наливных смесей. Выбор того или иного метода уплотнения должен быть обоснован требованиями к качеству и сложностью отливки, массой ее и габаритами опоки, а также возможностями соответствующего оборудования по равномерному уплотнению формы.

Определяющим при этом является выбор габарита опоки для изготовления формы. Ориентировочную оценку габаритов опоки для отливок средней массы можно выполнить на основании рис.3.2.2, построенного по данным табл.11 [1].

Если в производственной программе имеются сведения о точных габаритах опоки или технологические карты на отливки, то выбор габаритов опоки будет более строгим и точным.

Выбранные опоки должны соответствовать ГОСТам. Специальные опоки необходимо иметь для приготовления крупных специфических отливок (например, шлаковые чаши, изложницы и др.).

В целом, в цехе необходимо иметь ограниченный по габаритам и количеству парк опоки, с тем чтобы не омертвлять капитал в опоках и не расширять площади под складом для их хранения.

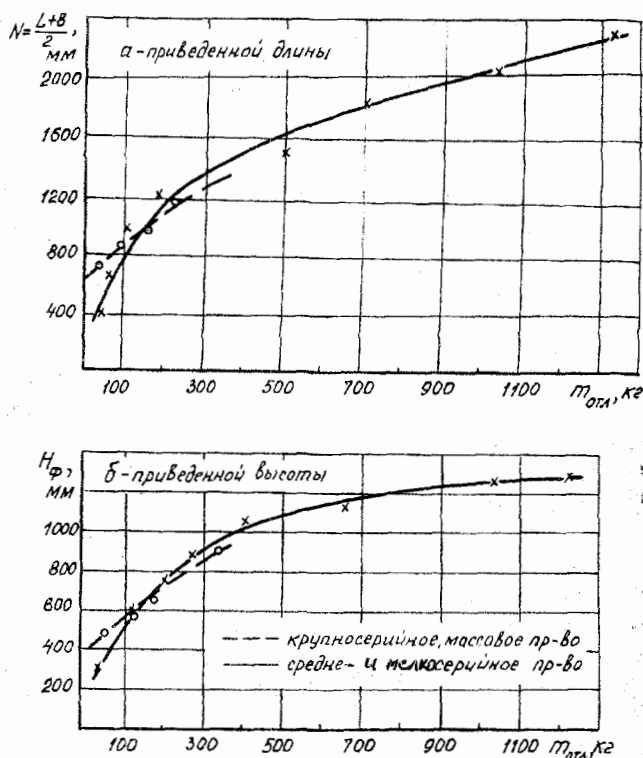


Рис. 3.2.2. Зависимость среднего габарита опок от средней массы годных отливок

3.2.3. Развитие автоматических литейных линий

На современном этапе развития технологических процессов производства литья в сырые песчано-глинистые формы (ПГФ) стоят задачи значительного повышения качества отливок и снижения их металлоемкости за счет тонкостенного литья, роста производительности оборудования и труда, коренного улучшения условий труда при низкой себестоимости отливок. Все это может быть решено только при использовании механизированного и автоматизированного производств, обеспечивающих повышение точности отпечатка и прочности формы, что улучшает как геометрическую,

так и точность отливки по массе. При этом упрощается и интенсифицируется технологический процесс изготовления форм.

В зависимости от задач, поставленных в конкретном случае, можно использовать большое разнообразие АЛЛ как при строительстве новых литейных цехов, так и при их техническом перевооружении [46].

Общая классификация АЛЛ представлена на рис. 3.2.3.

Отечественное производство отливок на АЛЛ прошло несколько этапов, для которых характерны, в основном, различные методы уплотнения формы [47]. На первом этапе на АЛЛ использовали высокое давление прессования (2-4 МПа) и текучие формовочные смеси. Но область применения АЛЛ ограничивалась высотой отливки и невысокой сложностью конфигурации ее. Наиболее распространенной АЛЛ была линия НИИ тракторсельхозмаш, отличающаяся нетребовательностью в эксплуатации в сочетании с высокой конструктивной надежностью и безотказностью (рис. 3.2.4). Описание ее работы и технические характеристики приведены в работе [46]. В настоящее время этим институтом созданы АЛЛ нового поколения, отличающиеся высокой надежностью [48].

Затем АЛЛ стали использовать комбинированные методы уплотнения: прессование (~1,5 МПа) в сочетании с пескодувным, вакуумным, свободным заполнением и высокочастотным ударным встряхиванием; импульсное и импульсно-прессовое уплотнения. На этих линиях широко используется автоматическая смена оснастки в цикле.

При этом для крупносерийного и массового производства применяют следующие типовые процессы: безопочная формовка с горизонтальным и вертикальным разъемом (типы таких линий представлены в табл. 3.2.1), опочная с раздельной формовкой и выбивкой верха и низа, заливка и охлаждение на удлиненно движущемся конвейере - для среднего литья; опочная с применением опок с крестовинами и выемкой отливок из нижних полуформ - для крупного литья (табл. 3.2.2).

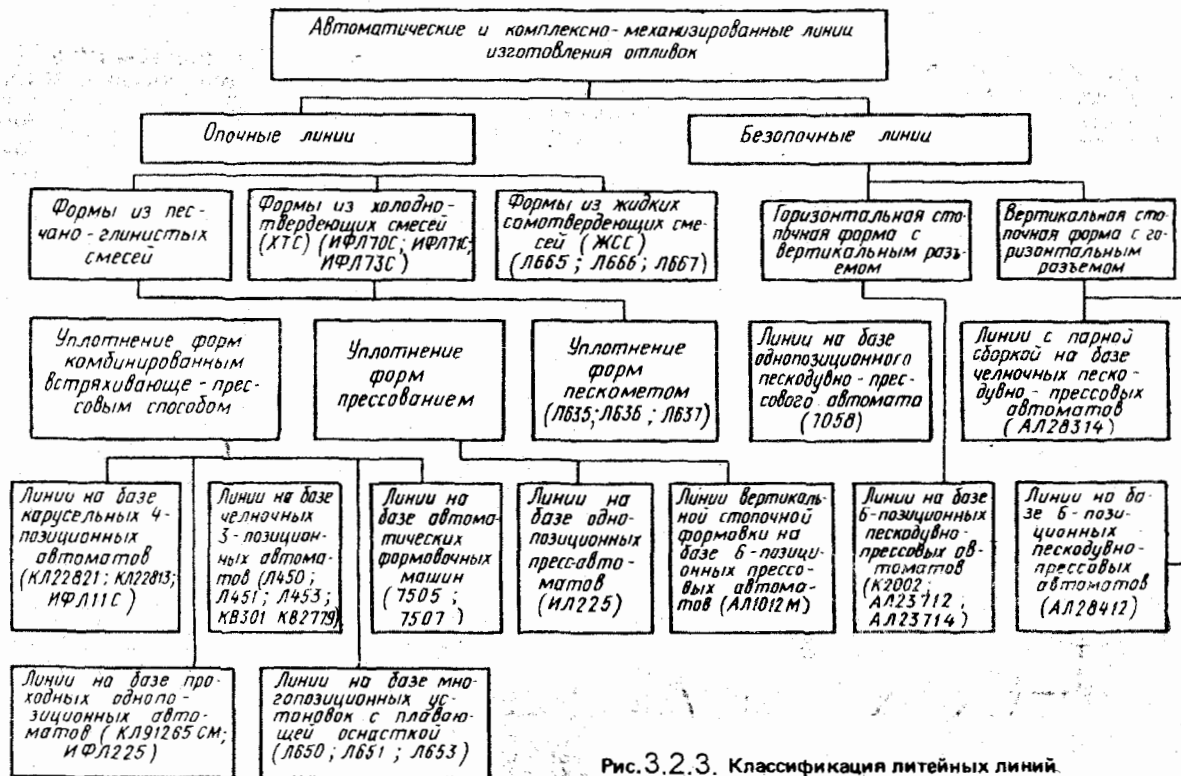


Рис.3.2.3. Классификация литейных линий.

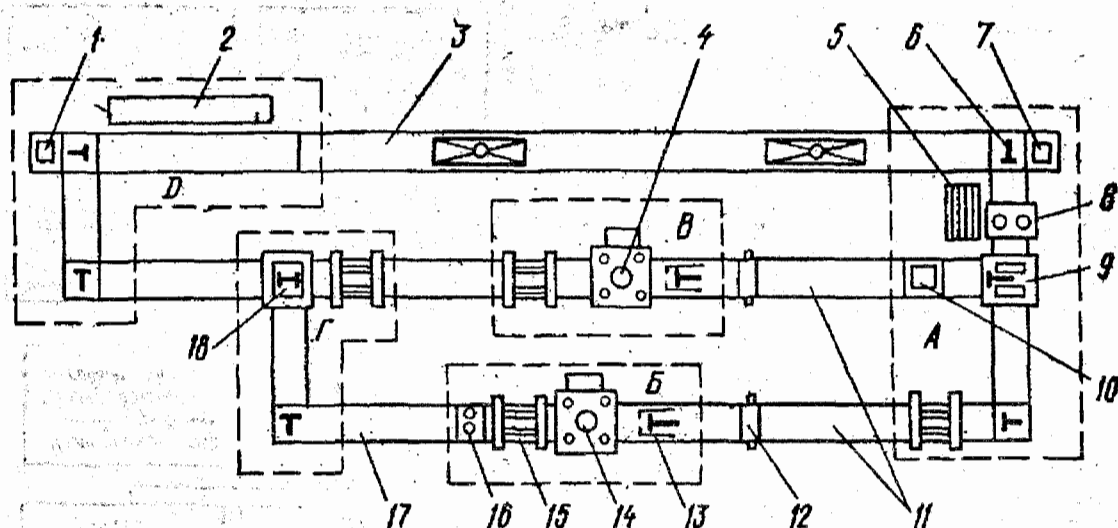


Рис. 3.2.4. Схема автоматической прессовой литейной линии модели 5840:

1 — механизм подъема подопочных плит; 2 — участок заливки; 3 — охлаждающий рольганг; 4 — формовочный автомат для верхних полуформ; 5 — выбивная решетка; 6 — толкатель; 7 — механизм опускания подопочных плит; 8 — установка выдавливания горелого кома; 9 — распаровщик опок; 10 — механизм подъема; 11 — приводные рольганги; 12 — механизм очистки опок; 13 — отсекагель; 14 — формовочный автомат для нижних полуформ; 15 — кантователь; 16 — устройство срезания напуска смеси; 17 — участок простановки стержней; 18 — сборщик форм

Линии формовочные безопочные

Наименование изделия	Модель	Основные параметры			
		раз- меры фор- мы, мм	высота формы, мм	произ- водител ность цикло- вая, форм/ч	габари- ты, мм
1. Комплексная автоматическая линия безопочной формовки в горизонтальную стопку для изготовления отливок массой до 5 кг	7058	600x 500	120-300	270-300	26000x 4605
2. То же до 20 кг	АЛ23712	600x 450	180-300	300	31050x 5350
3. « » до 50 кг	АЛ23714	800x 600	250-400	300	70000x 6500
4. Комплексная автоматическая линия безопочной формовки и сборки в вертикальную стопку для изготовления отливок массой до 15 кг	АЛ28412	600x 500	80-200 (при вы- соте стопки 800 мм)	420-450	27000x 1200

Для мелкосерийного и серийного производства среднего литья - опочная формовка на формовочных автоматах с быстрой или автоматической сменой моделей в цикле линии, заливка и охлаждение формы на рольганговых линиях с варьируемыми параметрами и продолжительностью операций (табл. 3.2.2).

Применение АЛЛ потребовало использования формовочных смесей высокого качества.

Повышение качества форм связано с хорошей уплотняемостью, высокой сырой прочностью, газопроницаемостью и податливостью. Смесей стали готовиться из обогащенных песков определенной фракции, порошкообразных активированных бентонитов с добавками, обеспечивающими противопожарные пластифицирующие и стабилизирующие свойства (графит, крахмалит, различные соли и др.), из хорошо подготовленных оборотных смесей со стабильными свойствами (гранулометрический состав, влажность, температура). Эти смеси имеют пониженную влажность - до 3 %.

Линии формовочные опочные

Наименование изделия	Модель	Основные параметры			
		размеры формы, мм	высота формы, мм	производительность цикловая, форм/ч	габариты, мм
Массовое и крупносерийное производство					
1. Комплексная автоматическая линия формовки, заливки и выбивки для изготовления отливок массой до 50 кг	Л450А (КВ301)	1100x750	300	240	105000x16800x6300
2. То же до 75 кг	Л451	1250x1000	350	150	-
3. « « до 100 кг	Л453	1600x1250	400	120	10920x21400
4. « « до 50 кг	7501	1100x750	300	240	11000x18000
5. « « до 50 кг	В715	900x600	200	120	
6. « « до 50 кг	КЛ2301	700x650	250-200	300	65000x9000
Серийное и мелкосерийное производство					
7. Линия автоматическая для изготовления отливок массой до 50 кг	Л22843	800x630	300	100	102000x12900
8. То же до 120 кг	Л650	1000x800	300	120	-
9. « « до 200 кг	Л651М	1250x1000	400	80	96400x27100
10. « « до 320 кг	Л653М	1600x1250	500	50	11000x18000
11. « « до 70 кг	Л653С	1800x1300	550	35	140000x34000
12. Блок-линия импульсной формовки	Л23813	800x630	200-400	90	9300x7320

Для цехов, производящих большую номенклатуру изделий (мелкосерийное производство), разработаны АЛЛ на базе четырех-позиционного встряхивающе-прессового автомата [49]. Производительность линии - 120 форм в час, габаритные размеры опок - 1000x800, разработчик - ВНИИлитмаш.

Была решена важная задача технического перевооружения старых действующих литейных цехов, в которых было невозможно разместить современные АЛЛ. На ГАЗе были разработаны и установлены АЛЛ для мелкого и среднего литья с опоками 700x650 и 1000x700 с цикловой производительностью до 300 форм/ч [50]. Метод уплотнения форм на этих линиях - вибропрессовый. Линия состоит из двух формовочных блоков с проходными формовочными однопозиционными машинами для раздельной формовки верха и низа, выбивной установки, грузоукладчика и работает с непрерывно движущимся конвейером. Эта линия отличается высокой компактностью, достаточной надежностью, невысокой эксплуатационной сложностью, хорошо вписывается в действующие цехи.

Наиболее перспективными АЛЛ в настоящее время следует признать гибкие линии, предназначенные для производства широкой номенклатуры разнообразных по габаритам и точности отливок. В этих линиях используются комбинированные методы уплотнения форм (нижнее прессование в сочетании с воздушно-импульсным воздействием на смеси). В состав линии входят карусельный четырехпозиционный автомат и три гибкосвязанных между собой участка: отделки и сборки форм; заливки, охлаждения и выбивки отливок; очистки и подачи пустых опок к формовочному автомату. При этом используются дискретные транспортные системы (рольганговые и тележечные). Такие линии изготавливают в АО «Литаформ» [51].

Схема линии АО «Литаформ» показана на рис. 3.2.5.

Эта линия оснащена средствами автоматической смены модельной оснастки, электронной системой управления, средствами диагностики технологических процессов и оборудования, системой обеспечения индивидуального технологического режима и оптимизации технологического процесса для каждой формуемой модели. Линия может использовать как единую смесь, так и работать с двумя смесями (облицовочной и наполнительной). В табл. 3.2.3 приведена техническая характеристика этих линий.

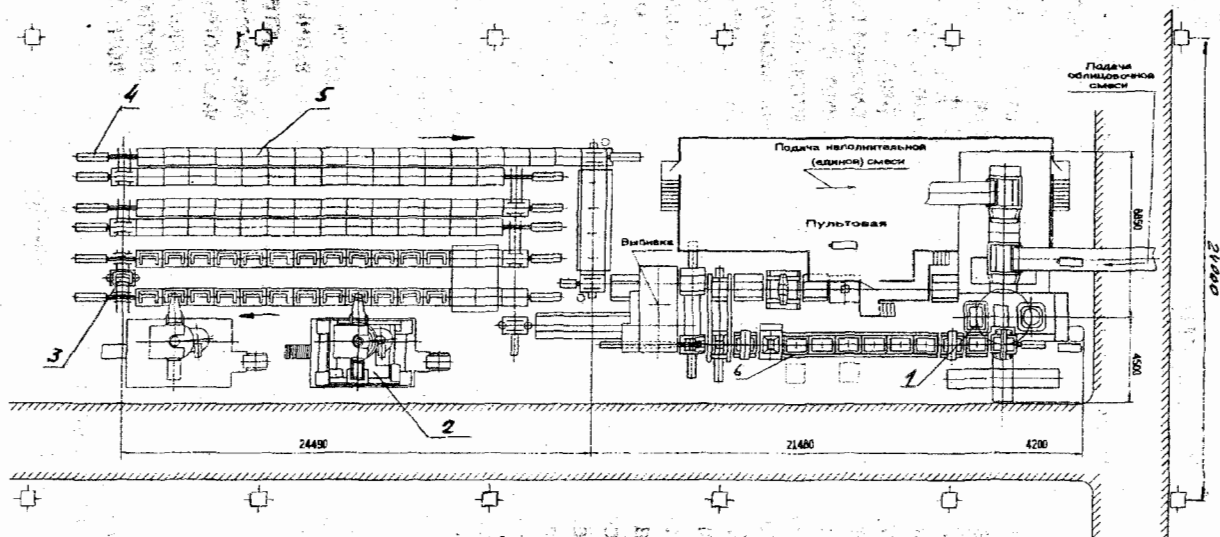


Рис. 3.2.5. Гибкая автоматическая формовочная линия:

- 1 – формовочный автомат; 2 – заливочное устройство; 3 – тележка передачи опок;
4 – толкатели; 5 – охладительная ветвь конвейера; 6 – подача пустых опок

Технические характеристики АЛЛ АО "Литоформ"

Показатель	Единицы измерения	Величина
Размеры опок: в свету высота	мм	От 800х600 до 1100х900 От 200/200 до 350/350
Производительность циклов	форм/ч	180
Количество одновременно формуемых модельных комплектов	шт.	2
Наименьшее время простановки стержней	с	42
Наибольшее время заливки форм	с	22
Время охлаждения отливки в форме	мин	30
Габаритные размеры: наименьшая длина наименьшая ширина высота	мм	60000 10000 8300
Масса	кг	300000

При крупносерийном и массовом характере производства в качестве основного формообразующего агрегата может быть выбрана автоматическая литейная линия как опочной, так и безопочной формовки. Краткое описание основных типов литейных линий можно найти в [46,52], где приведены технические характеристики автоматических линий для серийного и даже мелкосерийного производства с использованием быстросменной модельной оснастки. Обзор развития АЛЛ в различных институтах можно найти в подборке [53].

Имеются зарубежные АЛЛ, разнообразные по габаритам опок и производительности, фирм G.Ficher, Herman, Kunkel Wagner, Wohz, BMD, Disa, SPO и др.

Интерес представляют линии фирмы Disa, на них используется безопочная формовка и отливают широкую номенклатуру от-

ливок разнообразной сложности и габаритов. Имеется большая гамма таких линий, отличающихся главным образом габаритами кома формовочной смеси и наличием некоторых периферийных устройств. В табл. 3.2.4 приведены краткие характеристики ряда линий фирмы Disa.

Таблица 3.2.4

Техническая характеристика линий фирмы Disa

Параметры	Автоматические машины						
	2013		2120/30			2070	
	А	Б	А	Б	В	А	В
Размер кома, мм:							
высота	480	535	650	600	650	700	800
ширина	600	650	730	775	850	950	950
глубина	120-330	120-330	100-475	100-475	100-475	200-560	250-635
Расчетная производительность форм/ч при глубине кома:							
минимальной	410	370	200	420		275	260
средней	390	350	200	400			
максимальной	320	290	200	360		230	220
Расход смеси т/ч	46	50	30	50		125	160
Расход электроэнергии*, кВт/ч	32		30	50		42	42

* Не учтен расход на перемещение конвейеров и работу стержнеукладчика.

Компоновочная схема одной из модификаций линий Disa – формовочной системы Disa ФСД – 2013МК-5 представлена на рис.3.2.6.

В табл. 3.2.5 приведены более подробные технические параметры этой линии, а на рис.3.2.7 показаны изменения основных технологических параметров линии А и Б в зависимости от толщины кома и связанных с ней технологических параметров процесса (производительности (а), времени заливки и простановки стержней (б), длины конвейера от времени охлаждения отливки (в), расхода формовочных смесей (г) от производительности).

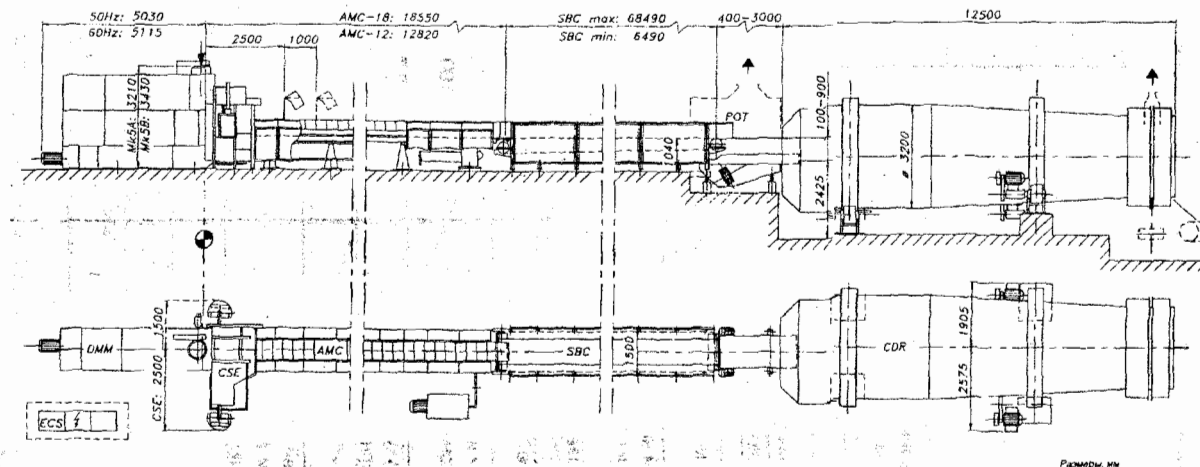


Рис. 3.2.6. Компонентная схема ФСД 2013 МК5:

- 1 – DMM – формовочная машина; 2 – CSE – стержнеукладчик;
 3 – AMC – автоматический конвейер для форм; 4 – SBC – синхронный ленточный конвейер;
 5 – CDR – охлаждающий барабан; 6 – POT – узел выбивки отливок

Основные технические параметры 2013 МК5 тип А и тип Б

Параметры	Тип А	Тип Б
Размеры форм, мм:		
высота	480	535
ширина	600	650
толщина	120-330	120-360
• Производительность, форм/ч:		
со стержнями	355	330
без стержней	370	350
При длине конвейера (АКФ+СЛК)=30		
• Приведенная при длине конвейера от 30 до 86,5 м, 3,3 форм/ч на 10 м, свыше 30 м – макс.	20	20
Длина конвейера, м (АКФ+СЛК)=макс.	86,5	86,5
соответствующее время охлаждения, мин *	72	76
Давление прессования на поверхности формы, МПа	4-20	4-16,5
Расход смеси, т/ч:		
• При толщине форм 200 мм	32	37
• Макс. расход	46	57
Требования к электрической части:	От 200 до 575 В пер. тока (+5%/-5%) 50 или 60 Гц 24 В пост. тока и 110 В пер. тока 60 кВт 100 кВт-А	
• Источник питания – 3 фазы с заземленной землей		
• Линейное напряжение задается Покупателем:		
• Управляющее напряжение		
• Среднее потребление при использовании СУ и макс. длине конвейера		
• Подключенная нагрузка		
Требования к сжатому воздуху	8 м³ 5,5 бар 10 бар	
• Средний расход атмосферного воздуха в мин		
• Мин. давление		
• Макс. давление		
Требования по охлаждающей воде	46 л/мин (примерно)	
• Среднее потребление при Т на входе +15°C и окружающей среды +20°C		
Вес нетто, т		
• Формовочная машина	18,0	
• Стержнеукладчик	1,7	
• АКФ-12 м	8,7	
• АКФ-18 м	11,8	
• СЛК - 6,5 м (основной)	3,5	
• СЛК – 2,0 м (доп. секция)	0,7	
• БЗМ	0,35	

* При толщине форм 200 мм.

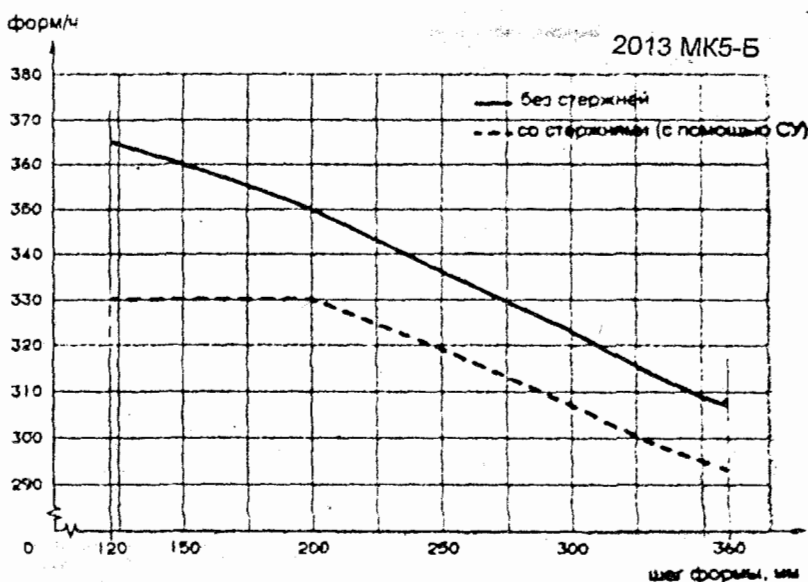
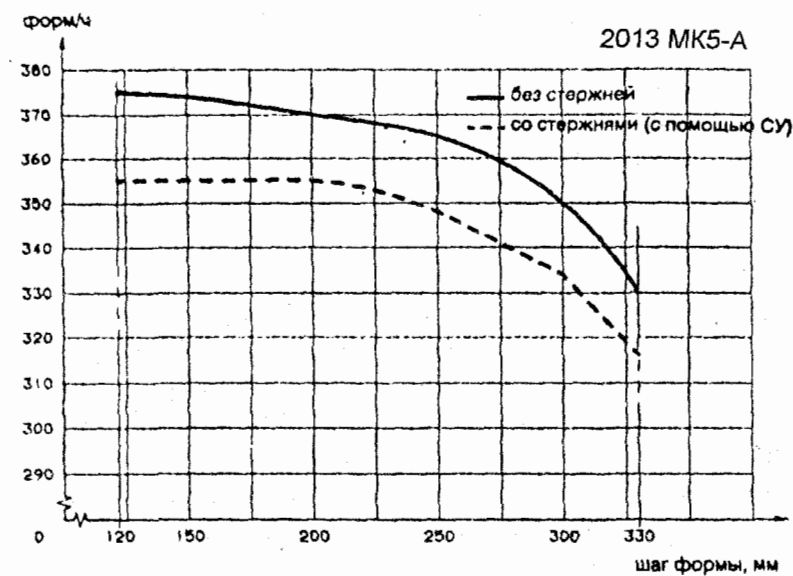
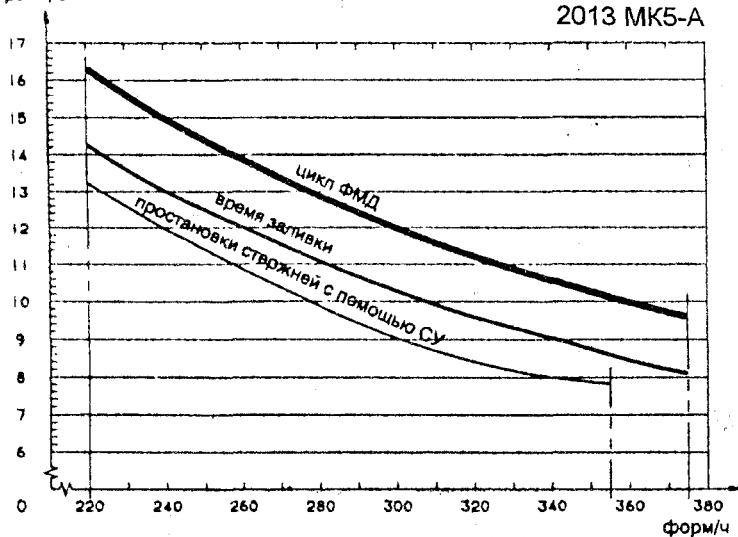


Рис. 3.2.7, а. Производительность линии DiSa ФСД-2013 МК-5

время, с

2013 МК5-А



время, с

2013 МК5-Б

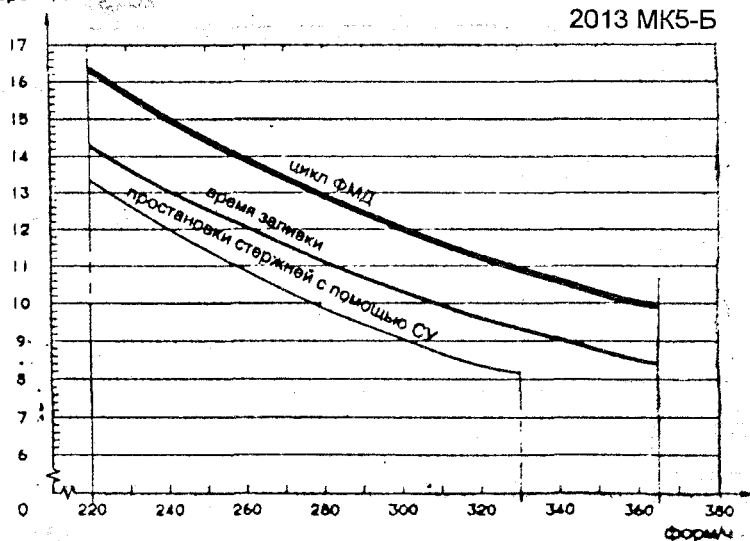
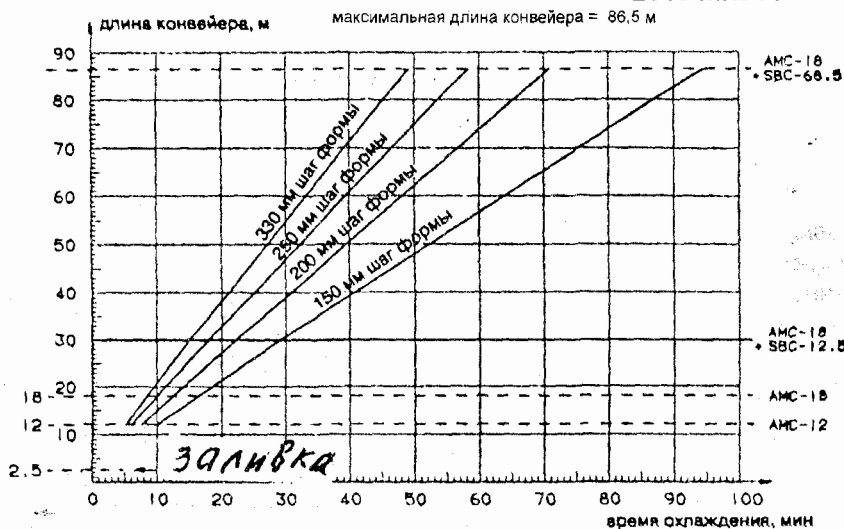


Рис. 3.2.7, б. Время заливки и простоя стержней на линии DiSa ФСД-2013 МК-5

при макс. скорости формовки (без стержней)

2013 МК-5-А



при макс. скорости формовки (без стержней)

2013 МК-5-Б

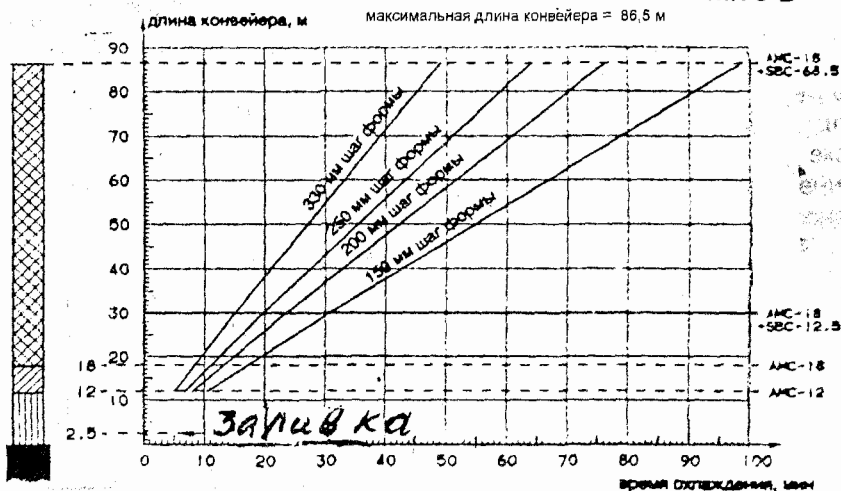


Рис. 3.2.7, в. Длина конвейеров
линии DiSa ФСД-2013 МК-5

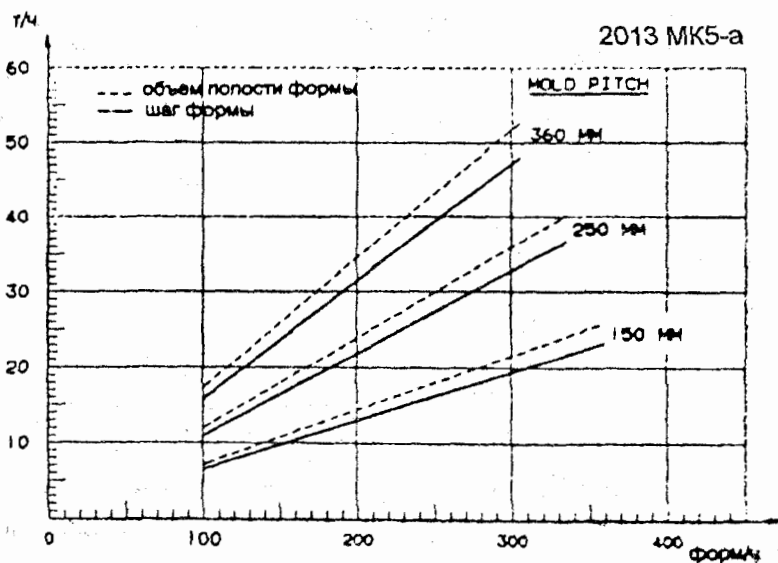
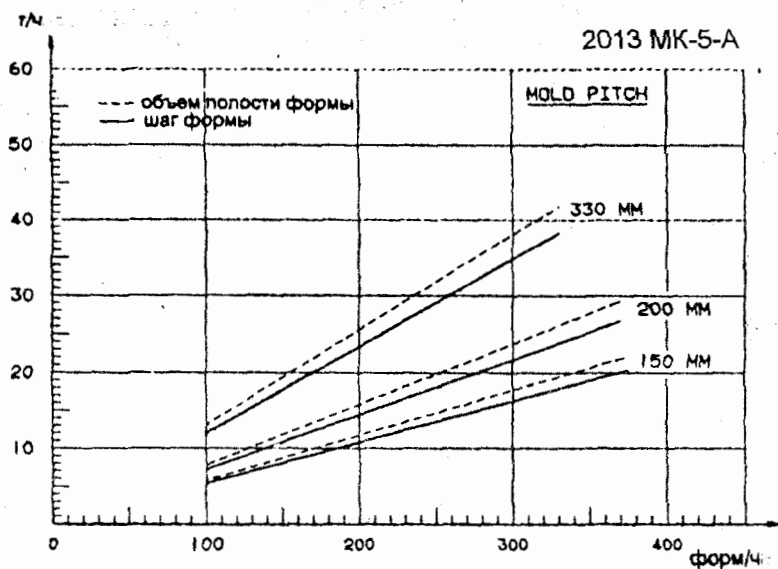


Рис. 3.2.7, г. Расход формовочной смеси на линии DiSa ФСД-2013 МК-5

При выборе АЛЛ в качестве основной конвейерной линии могут использоваться замкнутые тележные конвейеры (Л22821, КЛ91265СМ, Л450А, КВ301 (рис. 3.2.8), СПО (рис. 3.2.9)), а также роликовые конвейеры, как приводные, так и не приводные с простой замкнутой планировкой и сложной с многоветвевым транспортом (ИФЛ 225 (рис. 3.2.10), Л013, А015А, НЛ453С1, Л651 (рис. 3.2.11), Л653С, ИФЛ70С и др.). Технические характеристики некоторых опочных линий приведены ранее в табл. 3.2.2.

Большие успехи в разработке и эксплуатации АЛЛ имеет фирма Georg Fischer, в качестве основного агрегата уплотнения используются формовочные машины импульсного уплотнения. Рассмотрим АЛЛ с размером опок 1420x915x360/360 и 500/360 мм. Производительность линии 140 форм/ч, масса отливок от 0,5 до 150 кг, масса заливаемого металла до 400 кг (рис. 3.2.12). Особенности линии - большое количество стержней, подход к участку простановки стержней с обеих сторон, возможность регулирования времени охлаждения отливок на 6 конвейерах с переменным временем охлаждения, автоматическая заливка и возможность заливки высокопрочного чугуна.

При этом необходимо знать, что АЛЛ имеют и ряд недостатков, связанных с технологическими (понижение плотности монтажа моделей на плите и металлоемкости форм, повышение требований к формовочным материалам, в ряде случаев недостаточный уровень точности отливок), организационными (отсутствие непрерывного снабжения линии формовочной смесью, жидким металлом, стержнями и задержки в удалении отходов и отливок), эксплуатационными (высокая сложность оборудования и увеличение вероятности отказа, высокие требования к квалификации персонала и его психофизиологическим особенностям) требованиями.

Все это ведет к значительному браку форм и отливок, большим простоям, удлинению срока освоения линии, низкой загрузке ее и снижению выпуска отливок. Промышленным освоением некоторых автоматических линий на ЗИЛе [54] показало, что зачастую проектные показатели их не были достигнуты.

Многообразие типов автоматических литейных линий, используемых в литейном производстве при одинаковых или близких габаритах опок, ставит перед проектировщиком сложную задачу выбора наиболее экономичной и надежной в эксплуатации АЛЛ.

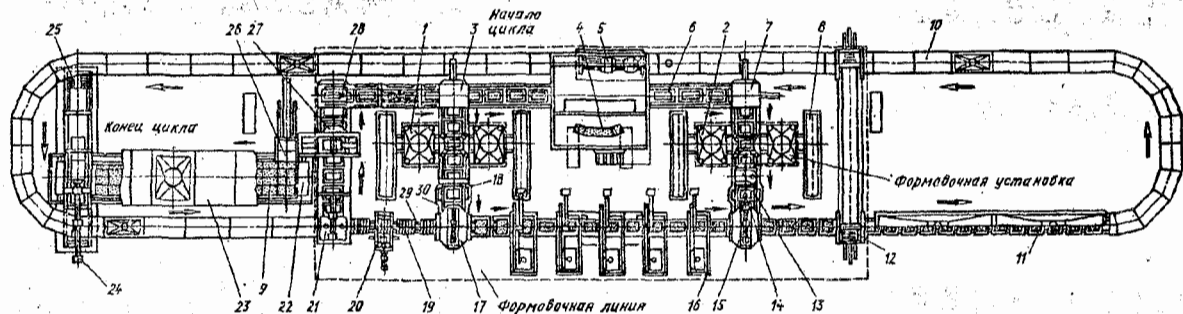


Рис.3.2.8. Планировка комплексной автоматической линии типа Л450А (КВ301):

1 и 2 — формовочная установка 3019; 3 — распорщик; 4 — центральный пульт управления; 5 — каретка силовых гидроцилиндров литейного конвейера; 6 — ролик; 7 — устройство передачи верхних опок к формовочному автомату; 8 — устройство для замены модельных комплектов; 9 — брикеты на конвейере охлаждения; 10 — охлаждающий тоннель; 11 — место заливки; 12 — укладчик грузов; 13 — механизм накалывания вентиляционных каналов; 14 — кантователь верхних полуформ; 15 — сборщик форм; 16 — стержнеукладчик; 17 — устройство передачи нижних полуформ на литейный конвейер; 18 — устройство для срезания излишка смеси; 19 — тележка конвейера; 20 — устройство для очистки тележек; 21 — устройство для передачи залитых форм с литейного конвейера на выбивку; 22 — охлаждающий конвейер; 23 — тоннель интенсивного охлаждения; 24 — толкатель брикетов на выбивку; 25 — выбивная решетка; 26 — толкатель брикетов на конвейер охлаждения; 27 — установка выдавливания брикетов с отливками из опок; 28 — устройство передачи комплекта пустых опок; 29 — литейный пульсирующий конвейер; 30 — кантователь нижних полуформ

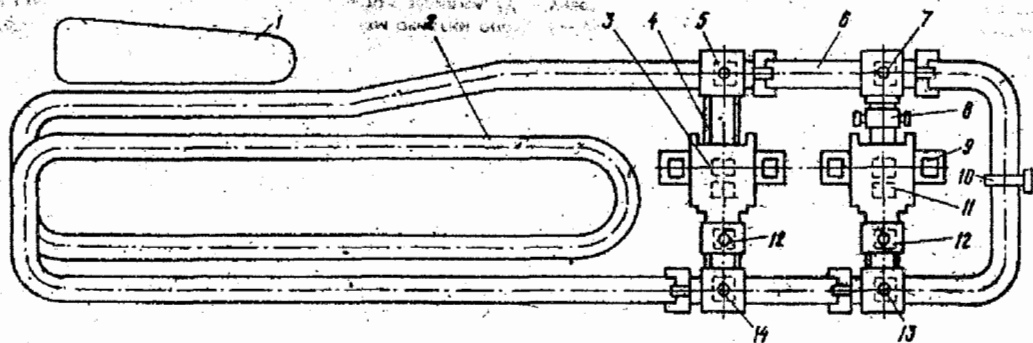


Рис.3.2.9.Схема автоматической линии фирмы «СПО» для среднего литья:

1 — участок заливки; 2 — литейный тележечный конвейер; 3 — автомат для изготовления верхней полуформы; 4 — рольганг; 5 — сборщик форм; 6 — участок простановки стержней; 7 — механизм установки нижней полуформы на конвейер; 8 — кантователь для нижних полуформ; 9 — тележки для смены модельных плит; 10 — устройство очистки тележек конвейера; 11 — автомат для изготовления нижней полуформы; 12 — механизм прошивки и очистки опоки; 13 — механизм съема нижней полуформы с конвейера; 14 — распаровщик

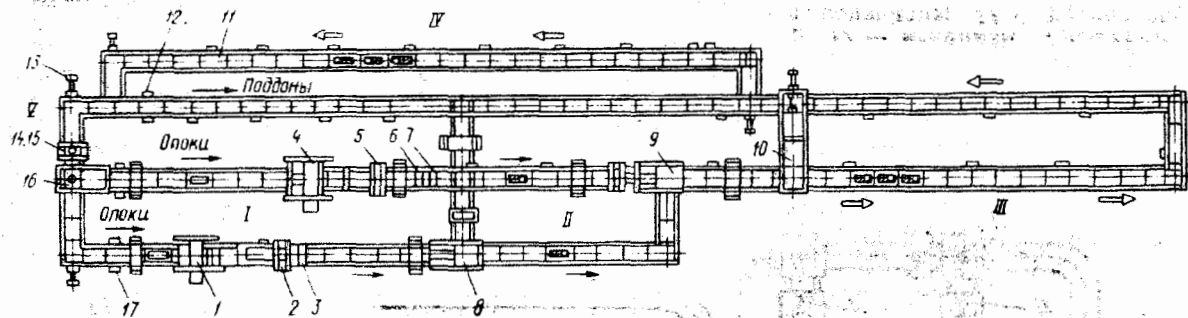


Рис.3.2.10. Комплексная автоматическая линия формовки и выбивки модели ИФЛ225:

1 — автомат формовочный встряхивающе-прессовый проходной однопозиционный нижних полуформ модели ИА225М, 2 — кантователь нижних полуформ, 3 — механизм срезания излишка смеси, 4 — автомат формовочный встряхивающе-прессовый проходной однопозиционный верхних полуформ модели ИА225М, 5 — кантователь верхних полуформ, 6 — механизм сверления вентиляционных отверстий, 7 — механизм фрезерования литниковой чаши, 8 — сборщик опок с подопочной плитой, 9 — сборщик форм, 10 — механизм нагружения форм, 11 — конвейер литейный роликовый приводной, 12 — механизм очистки подопочных плит, 13 — толкатель, 14 — механизм выдавливания кома, 15 — решетка выбивная, 16 — распаровщик опок, 17 — механизм очистки опок; I — участок формовки (начало цикла), II — участок простановки стержней и сборки форм, III — участок заливки, IV — участок охлаждения, V — участок выбивки (конец цикла)

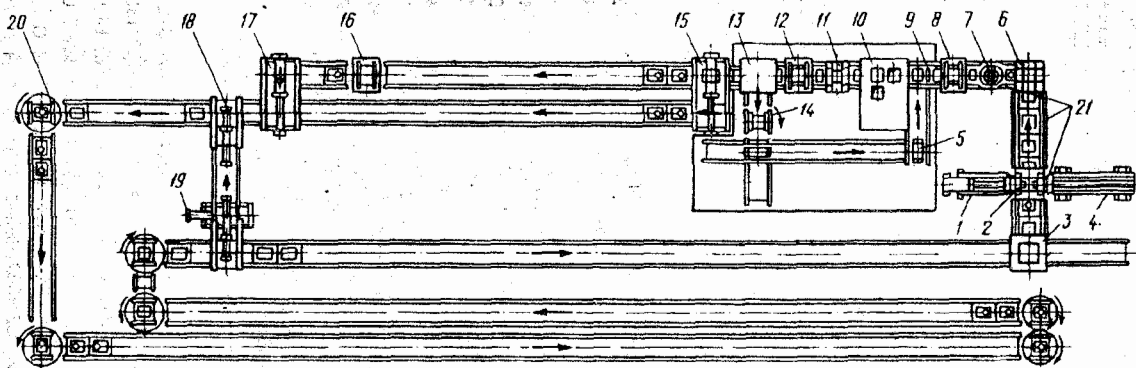


Рис.3.2.11. Автоматическая линия формовки и выбивки модели Л651:

1 — сталкиватель, 2 — пресс выбивки, 3 — съемщик залитых форм, 4 — решетка выбивная, 5 — стол подъемный, 6 — распаровщик, 7 — механизм очистки отливок, 8 — кантователь нижних полуформ, 9 — механизм сборки, 10 — дозатор, 11 — дифференциальный пресс, 12 — кантователь полуформ, 13 — механизм вытяжки, 14 — кантователь моделей, 15 — передаточная тележка, 16 — кантователь верхних полуформ, 17 — сборщик форм, 18 — переключатель грузов и поддонов, 19 — механизм очистки поддонов, 20 — поворотный стол, 21 — неприводные роликэнги

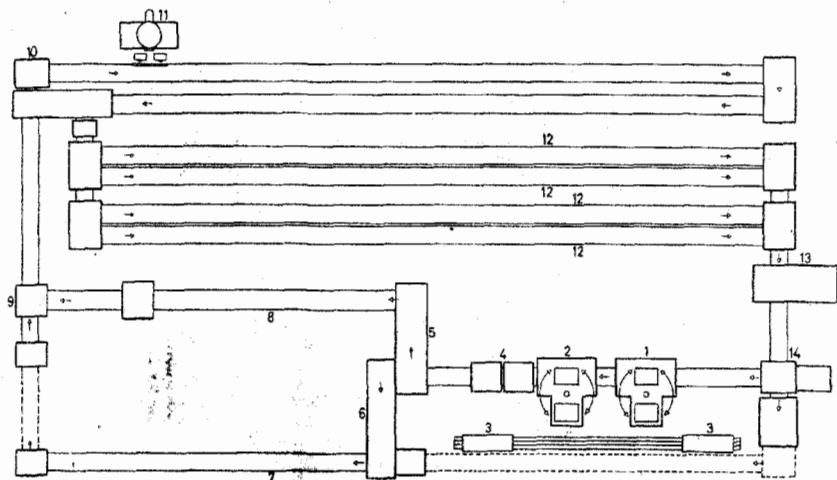


Рис. 3.2.12. Автоматическая формовочная линия для производства отливок для автотракторной промышленности из высокопрочного чугуна:

1 – формовочный автомат для нижних опок; 2 – формовочный автомат для верхних опок; 3 – тележка механизма для смены моделей для нижних и верхних полуформ; 4 – кантователь; 5 – перестановочное устройство для верхних опок; 6 – перестановочное устройство для нижних опок; 7 – участок простановки стержней в нижние полуформы; 8 – участок простановки стержней в верхние полуформы + кантователь; 9 – устройство для сборки форм; 10 – устройство для накладывания грузов; 11 – заливочная установка; 12 – конвейеры для охлаждения форм с переменным временем охлаждения; 13 – выбивное устройство для выдавливания пакета земли с отливкой; 14 – устройство для распаривания опок

Экономичность выбранной линии будет определяться стоимостью этой линии, которая будет возвращаться в виде амортизации, затратами на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, затратами на обслуживание, эксплуатацию и ремонт оборудования, энергетическими затратами на эксплуатацию и обслуживание АЛЛ и другими затратами, связанными с работой всего цеха.

Определяющими являются при этом первые три статьи расходов (амортизация, зарплата, расходы по эксплуатации).

Наибольшие затраты при этом приходится на амортизацию (от 45 до 75 % от всей суммы затрат). При использовании АЛЛ, как правило, снижается трудоемкость, улучшаются санитарно-гигиенические условия труда как основных производственных, так и ремонтных и обслуживающих оборудование рабочих.

Использование АЛЛ по сравнению с формовочными машинами приводит к снижению срока окупаемости вложений за счет сокращения брака, снижения массы отливок, повышения выхода годного.

Как указывалось ранее, имеется большое разнообразие компоновки АЛЛ, использования различных формовочных агрегатов, способов простановки стержней, сборки форм и транспортных систем опок и форм.

Это затрудняет проведение сравнительного экономического анализа эффективности АЛЛ.

Попытка такого анализа для условий одного завода (ЗИЛа) была сделана в работе [54]. Анализу были подвергнуты четыре группы оборудования АЛЛ.

К первой группе были отнесены такие АЛЛ, как «Кюнкель-Вагнер» (Германия), Sicast и SPO (США), Georg Fischer (Швейцария), а также АЛЛ НИИТракторсельхозмаш, АЛЛ НИИТавтопрома модель 7007, KB-301 и АЛЛ типа ИА-225.

Вторая группа оборудования для безопочной формовки с вертикальным разъемом включала в себя оборудование фирмы Disa моделей 2013, 2032 и 2070 (Дания), фирмы «Генри Волворк» (Англия), фирмы «Барлет Сноу» (США), фирмы «Синтокогио ЛТД» (Япония), а также отечественные линии моделей КЛ 2002 и АЛ 23714 конструкции ХФ ВНИИлитмаш и модели 7058, разработанной НИИТавтопром.

К третьей группе оборудования были отнесены такие линии, как безопочной формовки с горизонтальным разъемом фирмы «Аренко БМД» (Германия) с формовочными автоматами моделей 5656, 7272, 8282, 92110, фирмы «Барделей Пайнер» с автоматом «Матчбломатик» (США), фирмы, «Вебек» с автоматом «Ротомат» (Швейцария) и линия АЛ 28314 конструкции ВНИИлитмаш.

Четвертая группа оборудования для изготовления станочных форм включала линию модели 1АЛ 1012М конструкции ХФ ВНИИлитмаш и линию фирмы «ГОТЦ».

В табл. 3.2.6 приведены основные технико-экономические показатели сравнения этих четырех групп оборудования.

Таблица 3.2.6

**Сравнительные технико-экономические показатели
по четырем группам АЛЛ**

Наименование показателя	Группа оборудования					
	I	II		III		IV
	КВ-276	Дисама- тик 2013	Диса- матик 2070	Аренко - БМД 5656	Аренко - БМД - 92110	1АЛ1012М
Габариты форм, мм	1100х 750х285/ 285	600х 480х 300	950х 700х 560	560х560х 200/200	1100х920х 320/320	500х400х 100
Расчетная производи- тельность линии: по количеству форм, форм/ч	240	300	250	180	150	600
по формуемой площа- ди, м ² /ч	199,2	87,0	167,5	48,6	151,5	120
по объему уплотнен- ной смеси, м ³ /ч	112,8	27,0	92,5	19,8	97,5	12,0
Металлоемкость фор- мы (макс.), кг	150	30	130	42	215	15
Соотношение ме- талл/форма (по массе)	1:4,5	1:4,3	1:4,3	1:4,5	1:4,5	1:2
Годовой объем произ- водства, т	66440	16075	60735	20254	57868	16075
Установленная мощ- ность, кВт	495,0	35,0	55	55	55	156
Площадь, занимаемая линией, м ²	1659,0	112,0	140,0	240,0	280,0	300,0
Количество производ- ственного персонала, чел.	24	6	8	6	8	8
Доля капитальных за- трат на 1 м ² /ч формы	9,03	2,73	3,52	15,69	8,63	3,12
Доля затрат на обслу- живание и ремонт на 1 м ² /ч формы	0,6	0,57	0,34	1,15	0,38	0,47
Доля затрат на зарпла- ту на 1 м ² /ч формы	0,27	0,15	0,10	0,27	0,12	0,11

Из табл. 3.2.6 видно, что наиболее низкие удельные капитальные затраты (на 1 м²/ч литейной формы) имеют линии Disa и 1АЛ1012М, высокие - линии Аренко БМД и БМД-92110, а также ли-

ния KB-276. Примерно такая же картина по доле затрат на зарплату. Интересно сравнение по площадям, занимаемым линиями. Здесь также в лучшую сторону выделяются линии Disa, и в десять раз больше площади занимает линия KB-276 при примерно такой же производительности ее.

Высокопроизводительные линии имеют значительные затраты на эксплуатацию, обслуживание и ремонт как оборудования, так и занимаемых производственных площадей.

Экономическое сравнение этих групп оборудования рассчитывали по себестоимости 1 т годных отливок по изменяемым статьям затрат, которые были отнесены к доле в себестоимости литья, полученного на линии KB-276, принятой за 100 %. Они приведены в табл. 3.2.7.

Таблица 3.2.7

**Сравнительные затраты по изменяемым статьям
для групп оборудования, %**

Статьи затрат	Группа оборудования			
	I	II	III	IV
Амортизационные отчисления	54,6	35,6-58,9	92,7-62,0	49,8
Затраты на заработную плату	12,1	12,7-4,6	9,6-4,7	16,2
Затраты на обслуживание, эксплуатацию и ремонт оборудования	26,8	47,3-14,7	42,1-14,9	36,8
Затраты на силовую электроэнергию	4,3	1,22-0,81	1,07-0,46	7,5
Затраты на содержание производственных площадей	2,6	0,61-0,15	1,07-0,46	1,7
Относительная себестоимость отливок по изменяемым статьям, %	100	94,4-77,2	146,6-83,0	112,0

Из табл. 3.2.7 следует, что линии фирмы «Disa» также экономичнее, хотя на них трудно изготавливать отливки с большим количеством стержней.

Из табл. 3.2.7 видно, что увеличение габаритов машины ведет к заметному снижению суммы переменных затрат и улучшает экономичность эксплуатации таких линий (рис. 3.2.13).

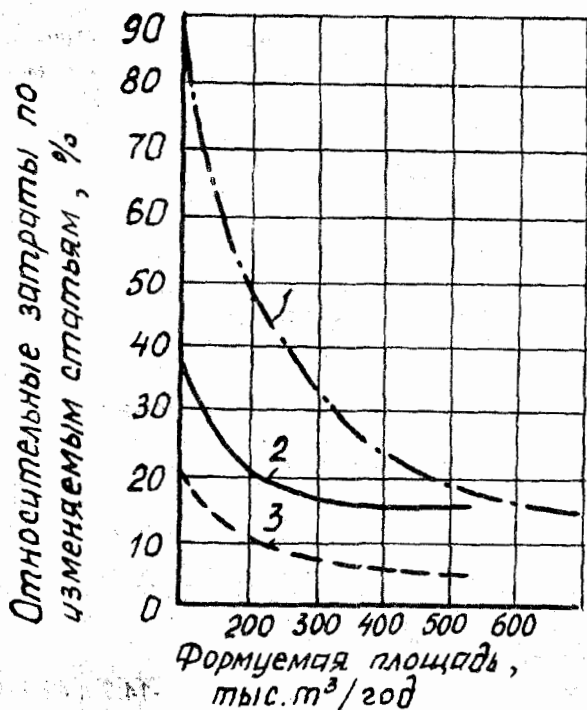


Рис. 3.2.13. Изменение относительной стоимости отливок по изменяемым статьям затрат в зависимости от производительности АЛЛ: 1, 2, 3 – группы оборудования

Важно при выборе АЛЛ обращать внимание и на такие факторы, как длительность монтажа линии, что зависит от конструктивных особенностей оборудования, его сложности, наличия заглубленных и мощных фундаментов, массы и габаритов линии. Чем большее число агрегатов в линии, тем длительнее монтаж, и также удлиняется цикл пуска наладочных работ.

Следует при теоретических расчетах учитывать то обстоятельство, что фактические потери времени при эксплуатации АЛЛ значительны и могут превышать 60 % от рабочего времени.

Фактические потери времени по заводу ЗИЛ представлены в табл. 3.2.8.

**Величина потерь времени для различных АЛЛ
(по заводу ЗИЛ)**

Группа оборудования	Модель линии	Величина потерь времени, %				
		По вине механизмов линии	По вине смежных участков	По организационным причинам	На брак	Сумма потерь
I	KB-276	18,0	26,1	5,0	2,5	51,6
	KB-316	15,0	31,0	6,5	3,0	55,5
	KB-277	35,0	19,0	5,0	4,0	63,0
	НИИ трактор-сельхозмаш	6,0	19,5	7,0	3,7	26,2
II Дисаматик 2013	№ 7	3,5	26,1	4,5	2,0	36,1
	№ 8	3,7	28,0	5,6	2,3	39,6
	№ 9	3,6	28,0	5,5	2,1	39,2
	№ 1	2,6	30,1	3,5	6,0	42,2
	№ 2	2,5	30,1	3,5	5,9	42,0

Из табл. 3.2.8 следует, что наиболее надежной в эксплуатации является линия НИИ тракторсельхозмаш (суммарные потери 26,2 %), потери времени на линии Disa колеблются от 36,1 до 42,2 %, а на линии KB от 51,6 до 63,0 %.

Таким образом, выбору типа АЛЛ для проектируемого или реконструируемого цеха должен предшествовать анализ как технических, так и экономических возможностей установки линии.

Примеры длительной эксплуатации автоматических литейных линий в РФ (ВАЗ, КАМАЗ, Саранский "Центролит" и др.) показали, что при надлежащей организации производства и обеспечения формовочными материалами и жидким металлом, достигаются высокая производительность труда и прибыльность производства.

3.2.4. Формовочные машины, пескометы, наливная формовка

В ряде случаев при производстве незначительного количества литья возможно применение для формовки формовочных машин, использующих различные способы уплотнения, позво-

ляющие получать формы с разнообразными габаритами опок [52,55]. Выбор машины может быть проведен в соответствии с данными по формовочным машинам, приведенным в табл. 3.2.9.

Таблица 3.2.9

Технические характеристики формовочных машин

Наименование	Мо- дель	Основные параметры				
		Размеры опок в свету, мм	Высо- та опоки, мм	Продол- житель- ность цикла, с	Удельное давление прессова- ния, МПа	Габариты, мм
Машина формовочная пневматическая встря- хивающе-прессовая без поворота полуформы	22111	500x400	200	30	0,25	1380x 810x 1740
	22112	600x500	250	36	0,22	1400x 840x 1700
	22113	800x700	300	40	0,22	1860x 1220x 2120
	22114	1000x 800	350	45	0,23	1850x 1230x 2500
Машина формовочная встряхивающе- прессовая с поворотом полуформы	22211	500x400	200	36	0,25	2080x 1090x 2045
	22212	600x500	250	40	0,21	2200x 1200x 2270
	22213	800x700	300	45	0,22	2850x 1100x 2525
Машина литейная фор- мовочная встряхиваю- щая с поворотом полу- формы	22505	1600x 1200	600	300		4365x 3115x 3330
Машины формовочные встряхивающие с пере- кидным столом	325M	2000x 1600	700	300		5145x 3450x 3700
	235C1	2500x 1600	700	360		4940x4450x 3000
	236C	2500x 2000	800	450		5500x5246x 5800

В табл. 3.2.9 приведена характеристика машины с максимальным габаритом опок 2500х2000 мм, но в практике имеются встряхивающие столы с размерами опок 3000х4000 мм и грузоподъемностью до 100 т (УЗТМ).

Современными формовочными машинами являются машины с импульсным уплотнением [55,56], а среди них широко известны разработки фирмы Heinrich Wagner Sinto (HWS), которые выпускают гамму формовочных машин с уплотнением формовочной смеси воздушным потоком. Достоинства и сущность процесса рассмотрены в работах [57]. На рис. 3.2.14 представлен общий вид машины модели HSP, а в табл. 3.2.10 даны основные габаритные размеры и их технические характеристики.

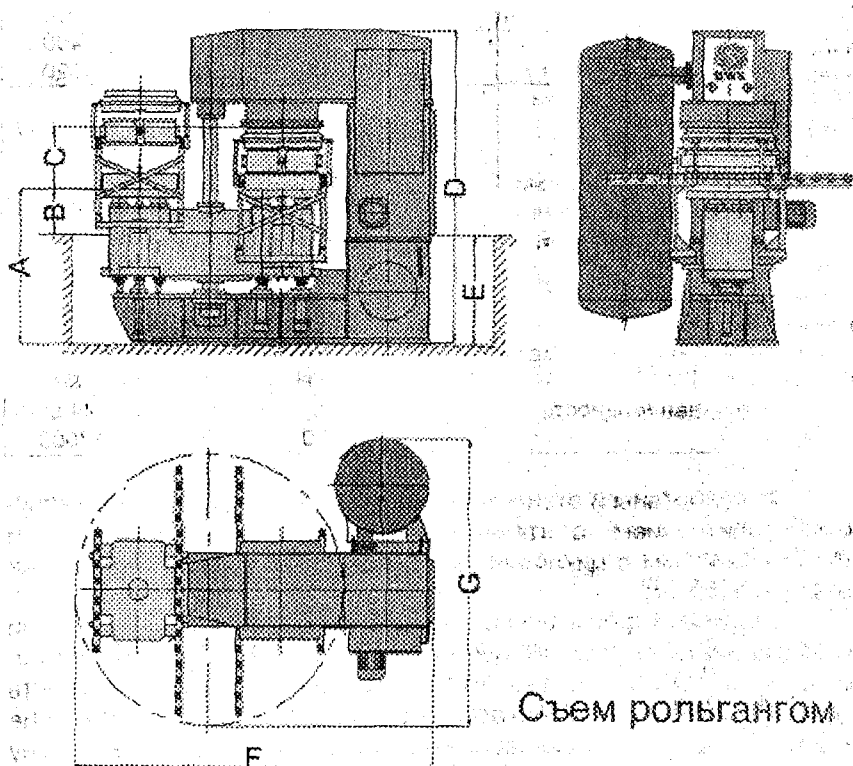


Рис. 3.2.14. Общий вид машин фирмы HWS и привязочные размеры

**Габаритные размеры и технические характеристики
формовочных машин с уплотнением воздушным потоком
высокого давления**

Параметры	Размер- ность	Тип машин		
		HPS-1	HPS-2	HPS-3
Габаритные размеры (по рис. 3.2.14):				
A	мм	1180	1500	1870
B	мм	600	450	300
C	мм	490	605	605
D	мм	2425	3040	3635
E	мм	610	1080	1600
F (примерно)	мм	2700	3480	4400
G (примерно)	мм	2250	2750	3520
Технические характеристики				
Размер стола	мм	750x560	950x710	1155x860
Размер опок:	мм			
внутренний минимальный		450x300	550x450	700x550
внутренний максимальный		650x500	800x650	1000x800
внешний максимальный		850x650	1000x850	1250x1050
Ход поршня	мм	200	250	300
Ход извлечения, макси- мальный	мм	200	300	400
Давление прессования, мак- симальное	кН	200	315	535
Установленная мощность	кВт	5,5	7,5	11,0
Масса	кг	4500	8600	17000

Разработаны и отечественные машины с воздушно-импульс-
ным уплотнением с габаритами опок 1200x1000x250/250 и
1040x900x460мм с цикловой производительностью более 120 по-
луформ/ч [55,57].

Установка формовочных машин оправдана при достижении
коэффициента загрузки их не ниже 40 - 50 %. Необходимо учиты-
вать и то обстоятельство, что паспортная производительность
формовочных машин отличается от фактической, так как в ней не
учтены потери по организационным причинам и время на смену
модельных плит.

Более крупные формы можно изготавливать с помощью пескометов (табл. 3.2.11) или наливной формовкой, используя установки и смесители, приведенные в табл. 3.2.12.

Таблица 3.2.11

Виды пескометров, их технические характеристики

Наименование	Модель	Основные параметры				
		Режим работы	Производительность при плотности уплотненной смеси 1,6 т/м ³ , м ³ /ч	Скорость вылета пакета, м/с	Общий вылет рукавов, мм	Габариты, мм
1. Пескомет формовочный стационарный консольный	2593М	Ручной	12,5	47,4	4600	5585х 1200х 2830
2. То же	24314	Полуавтоматический	12,5	47,4	4600	
3. Пескомет формовочный консольный передвижной	24437М		25	60	7500	10200х 4200х 4820
4. Пескомет формовочный мостовой передвижной	24512М		50	60	3000	7630х 3850х 5780

Таблица 3.2.12

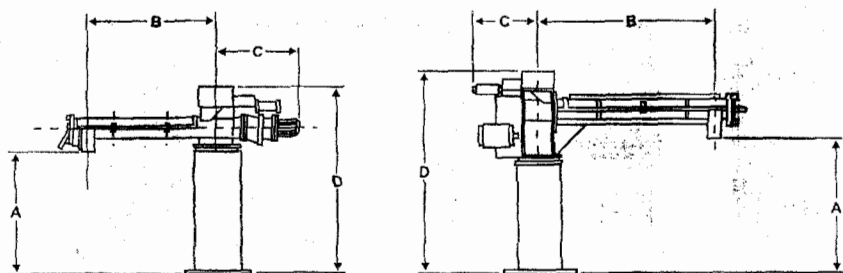
**Установки и смесители
для приготовления самотвердеющих смесей**

Оборудование	Модель	Производительность, м ³ /ч	Габариты, мм	Радиус действия, мм
Установки для приготовления:				
ЖСС периодического действия	19114М	8	6130х 4650х6770	-
ЖСС непрерывного действия	19413	10	5605х2585 (в плане) 2200	

Окончание табл. 3.2.12

Оборудование	Модель	Производительность, м ³ /ч	Габариты, мм	Радиус действия, мм
ЖСС непрерывного действия	19415	До 30	7535x6280 (в плане) 2650	
жидкой композиции непрерывного действия	18113	6	5147x3985	-
ПСС периодического действия	19512	20	9900x5550	2650
Смесители ХТС одножелобные одновальные:	19611	1	2675x700	1200
одноплечие	4727	4	3500x1200	2250
двуплечие	4732	16	4212x950	2630
то же	19639	40	3882x1358	2950
двухвальные, двуплечие	19641	1	2857x700	1200
двухжелобные с вихревой головкой	19653	2,5	3745x700	2500
одноплечие	19655	6	3560x750	2410
двуплечие	19657	16	3795x800	2850

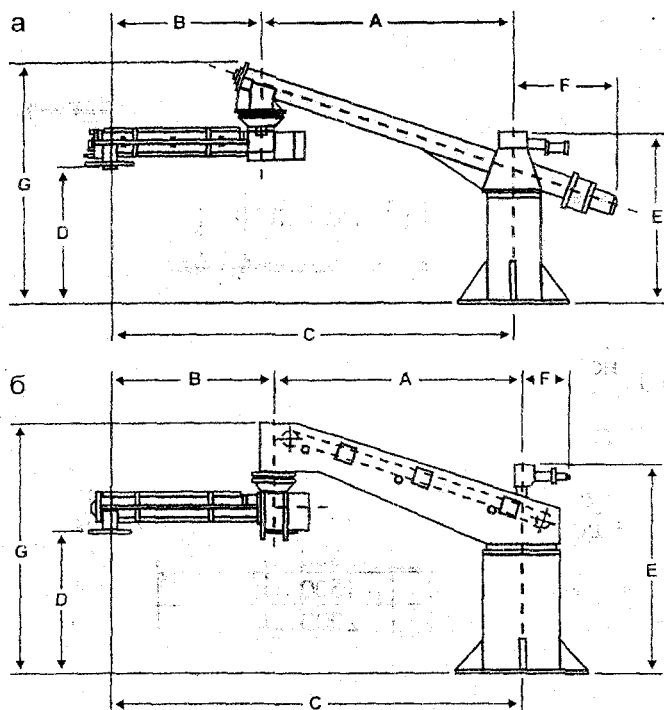
Имеются разнообразные смесители зарубежных фирм, служащие для смешения ХТС и ЖСС. Они весьма отличаются по производительности и конструкции конвейеров, подающих песок. На рис. 3.2.15 показаны одножелобные, а на 3.2.16 - сочлененные системы, выпускаемые фирмой ISSL (Integrated Sand System Limited), и даны габаритные размеры этих систем.



Тип смесителя	Производительность, т/ч	Размеры, мм				Мощность двигателя, кВт
		A	B	C	D	
TS2	1 до 3	1250	735	650	1910	3.0
TS5	3 до 6	1250	1255	900	1910	5.5
TS8	6 до 10	1500	1530	850	2225	7.5
TS8LR	6 до 10	1500	2000	850	2225	7.5
TS15	10 до 15	1500	1500	925	2240	11
TS15LR	10 до 15	1500	2000	925	2240	11
TS20LR	15 до 20	1500	2000	925	2240	15
TS30LR	20 до 30	1500	2000	925	2240	18

Рис. 3.2.15. Одножелобные смесители фирмы JSSL

Можно использовать стационарные пескометы и организовывать линию на рольгангах или тележках со «скользящей» оснасткой (рис. 3.2.17), что позволит увеличить загрузку пескомета и производительность участка. Можно устанавливать передвижной консольный пескомет, который обслуживает большие площади ФЗВО и позволяет механизировать формовку крупных форм, в том числе при формовке в почве или кессоне. Пескомет можно специализировать для набивки однотипных отливок, например изложниц, где применяют пескометы кранового типа, осуществляющие набивку форм, по «чистой» модели. При этом эти формы после набивки и окраски помещаются на литейный конвейер.



Тип сме- сителя	Произ- водитель ность, т/ч	Размеры, мм							Мощ- ность двигате- ля, кВт
		A	B	C	D	E	F	G	
Рис. 3.2.16.а									
TA5SC	3 до 6	3000	1255	4255	1500	1985	1300	2820	5.5
TA8SC	6 до 10	3000	2000	5000	1500	2065	1300	2900	7.5
TA15SC	10 до 15	3000	2000	5000	1500	2065	1300	2900	11
TA20SC	15 до 20	3000	2000	5000	1500	2065	1300	2900	15
TA30SC	20 до 30	3000	2000	5000	1500	2165	1560	3000	18.5
Рис. 3.2.16.б									
TA8BC	6 до 10	3000	2000	5000	1500	2460	700	2950	7.5
TA15BC	10 до 15	3000	2000	5000	1500	2460	700	2950	11
TA20BC	15 до 20	3000	2000	5000	1500	2460	700	2950	15
TA30BC	20 до 30	3000	2000	5000	1500	2460	700	2950	18.5

Рис. 3.2.16. Сочлененные смесители с винтовым (а) и ленточным (б) конвейером фирмы JSSL

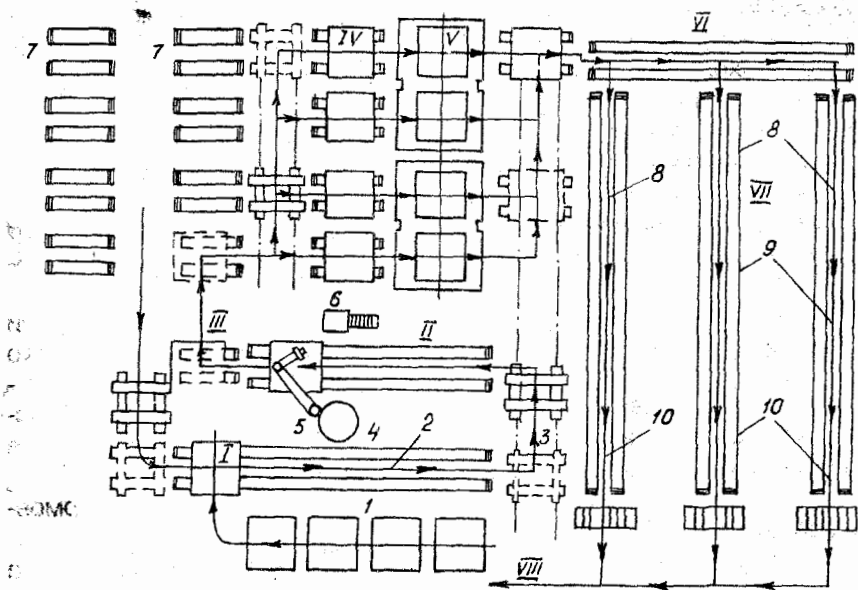


Рис. 3.2.17. Рольганговая линия «скользящей» оснастки с пескометом для крупных форм:

I – зона подготовки оснастки; II – зона формовки пескометом; III – передача готовых полуформ; IV – отделка форм, простановка стержней; V – сборка готовых форм; VI – участок заливки форм; VII – участок охлаждения форм; VIII – зона выбивки опок;
 1 – место для складирования опок; 2 – приводной рольганг; 3 – передаточная тележка; 4 – тарельчатый питатель; 5 – пескомет; 6 – пульт дистанционного управления; 7 – рольганг для хранения модельных плит; 8 – место простановки стержней; 9 – место для сборки форм; 10 – место для заливки форм

Наливную формовку можно осуществлять из стационарных установок приготовления наливных смесей (табл. 3.2.11) с использованием подвижных рукавов или питателей, что обеспечивает обслуживание больших производственных площадей, а иногда и передвижных, когда на установке смонтированы бункер с песком, связующими, а также смеситель. Установка перемещается после заправки исходными материалами к месту формовки на кране, и

после подключения к электросети с помощью ее можно производить наливную формовку на любом участке цеха (ЮУМЗ).

Находит применение и вакуумно-пленочная формовка [58]. Она имеет преимущества по сравнению с традиционной в ПГФ: снижение стоимости и повышение качества отливок, снижение расхода исходных материалов и отсутствие связующего, повышение размерной точности и улучшение качества поверхности, улучшение условий труда и сокращение капитальных затрат. Этот метод широко применяется за рубежом и в отечественных литейных цехах.

На рис. 3.2.18 дана планировка участка вакуумно-пленочной формовки УВФМ 650-30, расчетная производительность которого 32 формы в час и мощность при металлоемкости формы 15 кг - 1500 т/год. Размер опок 650x500x150 мм, количество песка в системе 15-20 т, установленная мощность 250 кВт, площадь участка 183 м². Участок обслуживают два человека.

Типовые решения по участкам вакуумно-пленочной формовки даны в работах [59-61].

Для отливки крупных деталей в единичном исполнении, а также некоторых серийных деталей в стране и за рубежом находит распространение литье по газифицируемым моделям, магнитная формовка и другие разновидности этого процесса [62, 63]. Сравнение магнитной и песчано-глинистой формовки дано в работе [64].

3.2.5. Расчет параметров ФЗВО

Проектирование ФЗВО отделения начинается с составления технологических потоков, которые необходимо иметь в цехе. Разбивка на потоки должна осуществляться на основании производственной программы и, в первую очередь, с учетом заливаемого сплава, габаритов и массы отливок и требований, предъявляемых к ним. Потоки чаще всего формируются по массе отливаемых деталей и группе их сложности. Эти потоки затем учитываются при проектировании всех последующих технологических отделений (стержневого, смесеприготовительного и термообрубочного). Если технологический поток достаточно большой, то для него выбираются своя технология и свое оборудование.

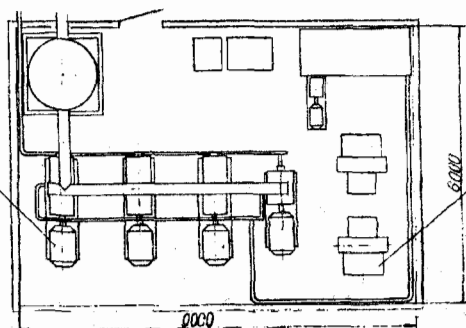
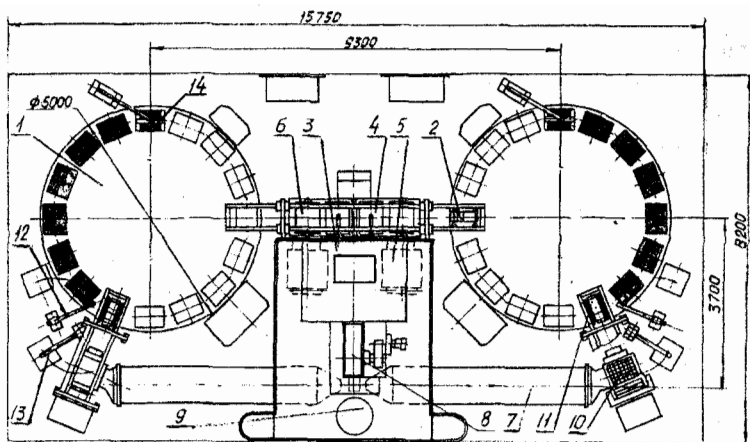


Рис. 3.2.18. Комплексно-механизированный участок вакуумно-пленочной формовки для изготовления мелкого литья УВФМ650-30:

- 1 - транспортно-заливочная карусельная установка ТЗКУ-650;
- 2 - перегружатель опок и полужорм; 3 - бункер накопитель; 4 - установка для загрузки песка в опоку; 5 - нагреватель-укладчик пленки; 6 - вибрационно-формовочная установка; 7 - охладитель песка;
- 8 - элеватор ЛГ-160 м; 9 - бункер свежих добавок; 10 - блок выбивки; 11 - перегружатель форм ПВФ-650; 12 - устройства для снятия верхней пленки; 13 - устройство для снятия нижней пленки; 14 - на-гружатель форм; 15 - установка вакуумная; 16 - вентилятор высо-кого давления;

Если потоки сравнительно небольшие, то потребуется выбирать гибкие технологические процессы, способные удовлетворить требования не только одного потока, но и смежных потоков для обеспечения наиболее полной загрузки выбранного оборудования, которое должно быть наиболее универсальным.

Для каждого технологического потока составляется ведомость разработки формовочно-сборочных работ. Форма ведомости представлена в табл. 3.2.13.

Для того чтобы провести заполнение ведомости формовочно-сборочных работ, необходимо выбрать вид технологического процесса, установить необходимые габариты опок, производственные операции и цикл изготовления отливки, особо выделив время на охлаждение отливки в форме (до выдавливания кома и последующее охлаждение в коме), что скажется на выборе длины всей конвейерной линии или задолженности площади плаца. По принятому технологическому процессу выбирают типы формовочных смесей, тип оборудования для получения качественной отливки при высокой производительности его, формовочные машины, формовочные автоматы, автоматические литейные линии, пескометы, установки наливной формовки и др.

Установив на основании ведомости формовочно-сборных работ годовое количество форм, которое необходимо изготовить в соответствующем технологическом потоке, приступают к выбору необходимого оборудования: автоматической, комплексно-механизированной линии или формовочных машин, способных выполнить годовую производственную программу по технологическому потоку.

Для оценки производительности оборудования необходимо установить цикл изготовления отливки на этом оборудовании, т.е. определить длительность отдельных технологических операций: формовки, отделки, простановки стержней, сборки, заливки, охлаждения отливки в форме до выбивки или выдавливания кома и последующего охлаждения ее в коме. Оценив затраты времени на каждом этапе рабочего цикла, можно получить расчетную длительность цикла, а по нему установить цикловую (теоретическую) производительность линии. При этом предполагают, что оборудование работает непрерывно без учета простоев.

Таблица 3.2.13

Ведомость разработки технологического процесса формовочно-сборочных работ

Мас- со- вая груп- па	Наи- мено- вание детали- пред- стави- теля	Мас- са од- ной де- тали	На год		Коли- чест- во де- талей в фор- ме	Коли- чество форм на год	Размер опок в свету, мм			Объем опок, м ³		Тип машины		Расход формо- вочной смеси на годовую про- грамму			Особенности формовки (сухая, ХТС, др.). Модели
			шт.	т			Дли- на	Шири- на	Вы- сота верх низ	од- ной	на го- довую про- грам- му	низа	верха	еди- ной	об- ли- цо- воч- ной	на- пол- ни- тель- ной	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Первый технологический поток литья массой до 20 кг																	
Второй технологический поток литья																	

Если учесть простои по техническим, технологическим и организационным причинам, то произойдет снижение действительно фонда работы оборудования. Очевидно, что чем больше число простоев и их длительность, тем ниже производительность формовочного оборудования (см. табл.3.2.8). Производительность формовочной линии (B_1) можно определить по формуле

$$B_1 = g \cdot N_4 \cdot \Phi_d \cdot K_3 \cdot K_6,$$

где g – средняя масса отливок в форме, кг;

N_4 – цикловая производительность линии, форм/ч;

Φ_d – действительный фонд работы оборудования, ч;

K_3 – коэффициент загрузки (отношение фактического среднего часового количества форм к цикловой производительности линии);

K_6 – коэффициент потерь из-за брака форм и отливок.

Величина K_3 для разных типов линий может изменяться в значительных пределах от 0,5 до 0,8, а для некоторых типов АЛЛ и ниже [54].

Величина K_6 также может изменяться в значительных пределах в зависимости от количества и качества формовочной смеси, вида уплотнений ее, соблюдения технической дисциплины и др. Она колеблется от 0,90 до 0,97.

В условиях массового и крупносерийного производства, когда время, затрачиваемое на смену модельной оснастки, небольшое из-за постоянства номенклатуры, число линий (n) можно определить по уравнению

$$n = \frac{B_{пр}}{B_1},$$

где $B_{пр}$ – количество литья по производственной программе (табл. 3.2.13), т/г;

B_1 – годовая производительность выбранной линии, т/г.

Если на оборудовании производится широкая номенклатура отливок, то следует учитывать потери времени на смену модельной оснастки, что особенно важно при использовании оборудования при мелкосерийном и серийном характере производства. Эти

потери снижают на соответствующую величину действительный фонд времени (Φ_d). Оценка потерь времени на смену модельных плит (t_{mc}) производится по формуле

$$t_{mc} = n p t_{cp},$$

где n – число наименований отливок на годовую программу, шт.;
 p – число партий отливок по каждому наименованию (партии должны поставляться заказчику равномерно в течение определенного времени), шт.;
 t_{cp} – время, затрачиваемое на смену модельных плит, ч.

Ориентировочно t_{cp} можно принять в соответствии с данными, приведенными в табл. 3.2.14.

Таблица 3.2.14

Время на смену модельных плит

Габариты опок в свету, мм	Потери времени на смену одной плиты, ч
1. 500x400	0,066-0,10
2. 800x600	0,13-0,20
3. 1200x100	0,25-0,33
4. Свыше 1200x1000	0,41-0,50

Для снижения этих потерь широко практикуют использование «быстросменной оснастки» (вкладыш) или «скользящей» оснастки, когда оснастка смонтирована на плите и приходит автоматически под уплотнительное устройство. Есть предложения по смене модельной оснастки с использованием карусельного стола для очень быстрой смены модельной оснастки на формовочном автомате и применением компьютера и адресного склада модельных плит (фирма Кюнкель-Вагнер), работающего по заданной программе.

По аналогии можно вести расчет пескометов и установок наливной формовки, но при этом учитывать не массу отливок, а объем или массу смеси, подаваемой пескометом или смесителем для заполнения объема готовых форм, и делить на соответствующую паспортную производительность машины с учетом потерь времени на снятие и установку форм.

При плацевой формовке в опоках производительность участка определяется по формуле

$$B = \frac{F_n \Phi_g g}{F_{уд}}$$

где F_n – полезная площадь участка, m^2 ;
 g – средняя масса отливки в одной форме, т;
 $F_{уд}$ – удельная занятость площади на одну форму, $m^2/ч$.

Удельная занятость площади участка плацевой формовки на одну форму при машинной формовке «по сухому» находят из выражения

$$F_{уд} = \frac{F}{m} \tau_c + F_{сб} \tau_{сб} + F_{зал} (\tau_{рс} - \tau_{сб}),$$

где $F_{уд}$ – площадь одной формы, ожидающей загрузки в сушило, m^2 ;
 m – количество форм в стопке, установленной в ожидании сушила, шт.;
 τ_c – время пребывания форм на участке сушки, ч;
 $F_{сб}$ – площадь рабочего места сборки форм, m^2 ;
 $\tau_{сб}$ – время пребывания формы на рабочем месте сборки формы, ч;
 $F_{зал}$ – площадь заливочного участка на одну форму, m^2 ;
 $\tau_{рс}$ – продолжительность рабочей смены, ч.

При опочной машинной формовке «по сухому», что имеет место в цехе с мелкосерийным и единичным характером производства, удельная занятость площади на одну форму составляет для опок площадью до 100 dm^2

$$F_{уд} = F_{зал} \tau_{рс}$$

а для опок свыше 100 dm^2

$$F_{уд} = F_{рм} (\tau_{ф} + \tau_{сб}) + F_{зал} [\tau_{рс} - (\tau_{ф} + \tau_{сб})],$$

где $\tau_{ф}, \tau_{сб}$ – время пребывания формы на формовке, сборке, ч;
 $\tau_{рс}$ – длительность рабочей смены, ч;
 $F_{рм}, F_{зал}$ – площадь рабочего места формовочно-сборочной бригады и площадь заливочного плаца соответственно, m^2 .

Грубый расчет площади формовочного участка может быть выполнен и по укрупненным показателям, считая, что с 1 m^2 пло-

щадя чугунолитейного цеха снимается до 3,0-6,0 т литья в год, для сталелитейного цеха - 2,5-5,0 т.

В случае использования кесонной формовки необходимо учитывать, что рабочее место, занимаемое при этом, должно быть, по крайней мере, в четыре раза больше, чем площадь, занятая кессоном, и она будет зависеть от габаритов производимых отливок.

При проектировании формовочного отделения важно обеспечить цех необходимым парком опок. Количество типоразмеров опок в проектируемом цехе должно быть минимальным, а на АЛЛ используется только один тип опок.

Конструкция опок должна обеспечивать надежность и долговечность их в эксплуатации, ремонтпригодность, дешевизну.

Количество опок на полной линии (P_0) определяется исходя из цикла оборота опок и количества форм, изготавливаемых в течение часа:

$$P_0 = 1,25-1,3 N_{\Phi} \tau_{\infty},$$

где N_{Φ} — производительность линии, форм/ч;

τ_{∞} — время оборота опок в цикле, ч.

Коэффициент 1,25-1,3 учитывает резерв и ремонт опок.

Цикл оборота опок определяется, в первую очередь, массой отливки. Основное время при этом составляет время выдержки (охлаждения) отливки в форме до выбивки.

Поточное производство отливок осуществляется на литейных конвейерах различных видов и имеет неоспоримые преимущества по производительности, улучшению качества и созданию более благоприятных условий труда.

При проектировании и особенно реконструкции формовочно-заливочно-выбивного отделения часто используются литейные конвейерные линии, на разных участках которых параллельно осуществляются различные стадии технологического процесса: формовка, сборка, заливка, охлаждение и выбивка отливок. Для установления возможности размещения такой линии или определения требуемых ее габаритов необходимо производить расчет общей длины конвейерной линии.

Длина конвейерной линии будет зависеть от расположения оборудования, длительности отдельных операций, где определяющими являются длительность охлаждения отливки до выбивки, а также скорость движения конвейера.

Общая длина конвейерной линии (L_k) определяется как сумма длин отдельных технологических участков конвейера.

$$L_k = L_{\text{ф}} + L_{\text{сб}} + L_{\text{зал}} + L_{\text{охл}} + L_{\text{выб}} + L_{\text{во}}$$

где - $L_{\text{ф}}$, $L_{\text{сб}}$, $L_{\text{зал}}$, $L_{\text{охл}}$, $L_{\text{выб}}$, $L_{\text{во}}$ соответственно длины участков формовки, сборки, заливки, охлаждения, выбивки и возврата опок.

Определяющими участками в расчете общей длины конвейера является длина участка охлаждения, формовки и заливки. Длина других участков сравнительно мала и определяется конструктивными параметрами используемого оборудования.

Длина участка зависит от длительности изготовления отливки, которая также складывается из длительностей каждой технологической операции и скорости движения конвейера.

Скорость движения конвейера (V_k , м/мин) может быть определена по формуле

$$V_k = \frac{B_0 L_{\text{пл}}}{60 n \eta_3}$$

где B_0 – часовое количество форм, поступающих с формовочных машин, шт.;

$L_{\text{пл}}$ – шаг платформы конвейера, м;

n – число форм на одной платформе, шт.;

η_3 – коэффициент загрузки конвейера (0,8-0,85).

Часовое количество форм можно принять по расчету в соответствии с ведомостью формовочно-заливочных работ (см. табл. 3.2.13), а шаг платформы - в соответствии с габаритами опок, точнее длины опоки. Опоки вдоль конвейера располагаются по длинной стороне, при этом добавляют по 100-150 мм (в зависимости от радиуса закругления) на сторону до оси платформы и округляют до стандартного размера платформы.

Длина формовочного участка конвейера ($L_{\text{ф}}$) определяется в зависимости от типа устанавливаемых машин (их габаритов, условий смены модельных плит и др.), их количества (при использовании автоматизированной линии применяют, как правило, автоматы для формовки низа и верха). Тогда

$$L_{\text{ф}} = n l_0,$$

где n — количество машин или пар машин, расположенных вдоль продольной оси конвейера;

l_0 — расстояние между осями машин или пар машин, м.

Расстояние между осями должно быть увеличено, если при сборке в опоку устанавливается несколько стержней и их установка требует повышенного внимания и контроля точности установки.

Длина участка заливки, которая следует за участком сборки, будет определяться методом проведения заливки и типом используемого при этом оборудования. При использовании автоматизированных заливочных тележек в зависимости от массы отливок длина участка может составлять 12-20 м. В случае ручной заливки длина его будет определяться по уравнению

$$L_{\text{зал}} = \tau_{\text{зал}} V_c m,$$

где $\tau_{\text{зал}}$ — время заливки металла из одного ковша, мин;

V_c — скорость конвейера, м/мин;

m — число одновременно разливаемых ковшей, шт.

В уравнении неизвестным является время заливки в форму. Цикл заливки может быть установлен из выражения

$$\tau_{\text{зал}} = \left[\frac{g_{\text{ф}}}{V_3} n + \frac{l_{\text{пл}}}{V_c + V_{\text{пр}}} (n - 1) \right],$$

где $g_{\text{ф}}$ — масса металла, заливаемого в одну форму, кг;

V_3 — весовая скорость заливки форм, кг/мин;

n — количество заливаемых форм из одного ковша, шт.;

$l_{\text{пл}}$ — шаг платформы, м;

$V_{\text{пр}}$ — скорость перемещения рабочего с ковшом вдоль конвейера, м/мин.

Величина $n = \frac{G_{\text{ков}}}{g_{\text{ф}}}$ определяется соотношением массы металла

в ковше к массе металла в одной форме. При этом считается, что после опорожнения одного ковша приступают к заливке из другого.

Как указывалось ранее, длительность охлаждения отливки определяется, в первую очередь, массой отливки и модулем ее ($M = V_{\text{отл}} / S_{\text{отл}}$, см). В работе [65] даны следующие уравнения для расчета времени охлаждения отливки:

с $M=1,5$ см и менее с малым количеством стержней до температуры 600°C на АЛЛ

$$t_{600} = 53,1M^2 - 3,2, \text{ мин};$$

и с модулем больше 1,5 см до той же температуры

$$t_{600} = 77M^{0,92}.$$

Для определения времени охлаждения крупных отливок можно воспользоваться рис. 3.2.19, для конвейерной заливки - рис. 3.2.20, а для мелких отливок время охлаждения можно принять по табличным данным (табл. 3.2.15).

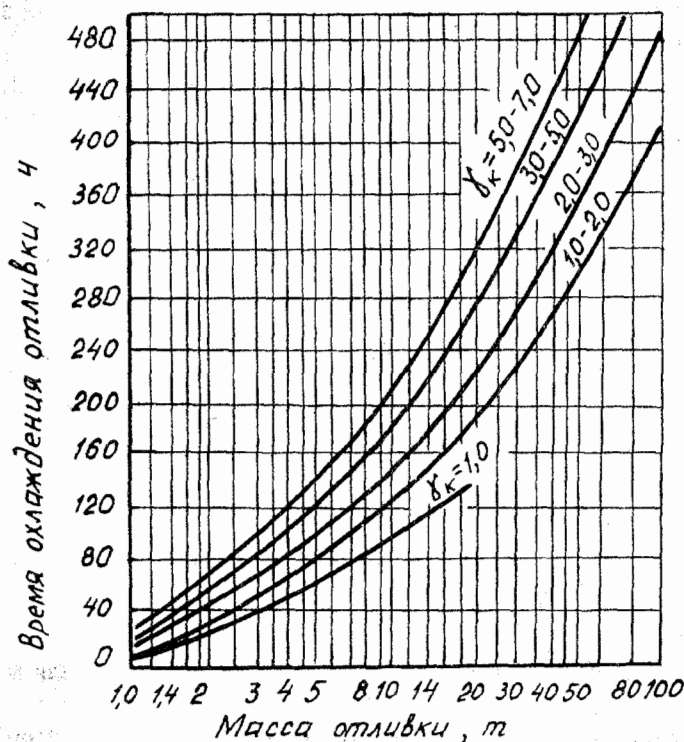


Рис. 3.2.19. Время охлаждения чугуновых отливок

перед выбивкой ($\gamma_k = \frac{G(\tau)}{V(\text{м}^3)}$, V — по максимальным габаритным размерам отливки)

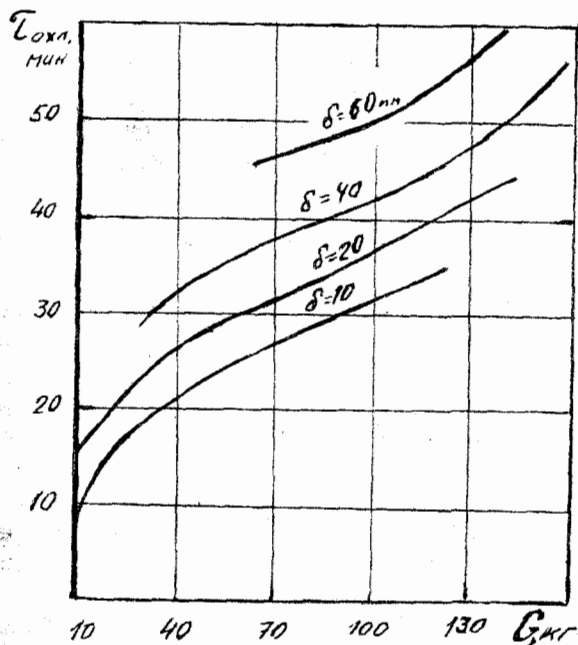


Рис. 3.2.20. Время охлаждения стальных отливок в ПГФ до выбивки в зависимости от средней толщины стенки отливки (δ) и массы ее (конвейерная заливка)

Таблица 3.2.15

Длительность охлаждения отливок в зависимости от массы

Средняя масса отливок, кг	5-10	10-3	13-18	18-25	25-30	500-100	110-150
Время охлаждения, мин	8-10	10-12	12-15	14-18	18-25	25-30	40-45

Установив время охлаждения отливки и зная скорость движения конвейера, определим длину охлаждающей ветви

$$L_{\text{охл}} = V_{\text{с}} \tau_{\text{охл}}$$

Как правило, при массе отливок с выше 50 кг она получается достаточно длинной, и для сокращения размеров проектируемого це-

ха эту ветвь или изгибают вдоль цеха, или поднимают в виде петли на другой уровень с последующим возвращением на первоначальный уровень (линия SPO). На некоторых линиях производят выдавливание кома с отливкой на промежуточный конвейер, проходящий под линией, и охлаждение отливки на нем (линия Кюнкель-Вагнер).

Длина участка выбивки сравнительно невелика и в зависимости от схем выбивки составляет 8-12 м.

Выбивка форм производится после снятия их с основной ветви конвейера. После предварительной распаровки опок (или без нее) из опок выдавливается пакет смеси с заключенными в нем отливками и помещается на специальный конвейер для дополнительного охлаждения. Далее пакеты смеси с отливками попадают на транспортирующие выбивные решетки. Применение специальных охлаждающих конвейеров позволяет сократить длину литейного конвейера, число используемых опок и, следовательно, стоимость линии. На безопочных линиях применяются барабаны для выбивки отливок, а также охлаждения отливок и смеси.

Конвейеры, образующие формовочно-заливочно-выбивную линию, по типу могут быть тележечными, рольганговыми или трансбордерными.

Выбивка опок при плацевой формовке производится на обычных универсальных выбивных решетках табл. 3.2.16.

3.2.6. Объемно-планировочные решения ФЗВО

Площадь ФЗВО определяется по фактическому размещению оборудования в пролете. АЛЛ располагаются вдоль одной из сторон пролета, а с другой стороны располагается проезд. Ширина пролета при этом, как правило, составляет 18 м, а длина 108-120 м. Крановое оборудование не используется, а применяют кранбалки или монорельсы. Транспортировка жидкого металла производится или автопогрузчиками, или монорельсовыми тележками с верхним управлением. Стержни подаются к месту простановки стержней по подвесному толкающему конвейеру, связанному в единую линию со стержневым отделением.

Линии размещаются в двухэтажном здании на втором этаже, который располагается на отметке +7,2 или +7,8 м.

Таблица 3.2.16

Модели выбивных решеток

Наименование	Модель	Грузоподъемность, т	Размер полотна, мм
Решетки двухвальные инерционные	31211	1	1250x1000
	31212	1,6	1600x1250
	31213	2,5	2000x1600
	31214	4	2240x1800
	31215	6,3	2500x2000
	21216	10	3150x2500
	21217	16	35550x2500
	21218	25	4000x3150
	21219	40	4500x3550
Решетки одновальные вибрационные:			
эксцентрикковые	421	1	1250x1000
	422M	1,6	1600x1250
инерционная	423	2,5	2000x1600
	424	4	2240x1800
инерционно-ударные	427У	16	1800x1800
	ИР-120	7,5	1850x1330
Установка выбивная четырехсекционная	431И4	100	7000x5000

Каждая линия имеет собственную смесеприготовительную установку. Система уборки и подготовки отработанной формовочной смеси размещается на первом этаже. Некоторые планировки формовочно-заливочно-выбивных отделений показаны на планировках литейных цехов в разделе 7 (рис.7.1, 7.2), а также в литературе [1,3].

Более разнообразны планировки ФЗВО цехов единичного, мелкосерийного и серийного производства. Расчет потребных площадей в этом случае может быть выполнен по методике, изложенной выше. Нормы размеров пролетов и грузоподъемности кранов можно найти в табл. 57 [3] и [10]. Большое внимание необходимо обратить на то, что для смены модельных плит, вкладывшей и другой оснастки потребуются значительные площади для ее хранения. Нормы для расчета оперативных складов моделей и стержневых ящиков даны в табл.58 [3].

3.3. Проектирование стержневого отделения

Стержневое отделение является обязательным основным отделением литейного цеха и занимает значительное место по площади. Размеры стержневого отделения и насыщенность оборудованием его определяются количеством и группой сложности изготавливаемого литья, сложностью и габаритами стержней, используемых при изготовлении отливки. В ряде случаев в условиях автомобильной промышленности при изготовлении отливок пятой или шестой групп сложности проектируют и строят отдаленные стержневые цеха по изготовлению и сборке в кондукторах блоков стержней с последующей транспортировкой их к месту сборки литейных форм.

Существует большое разнообразие технологических процессов изготовления стержней, применяемых в зависимости от серийности производства, сложности, габаритов. Правильный выбор технологического процесса и оборудования может сказаться как на качестве изготавливаемого литья, его точности, себестоимости, так и состоянии окружающей среды. Технологический процесс должен обеспечивать высокую степень механизации и автоматизации, иметь низкие энергозатраты на изготовление стержней и нормальные условия труда.

3.3.1. Состав стержневого отделения и производственная программа

Состав современного стержневого отделения включает в себя, как правило:

1. Участок изготовления стержней (их может быть несколько в зависимости от числа технологических потоков).
2. Участок сушки стержней, в т.ч. досушки крупных стержней, отверждаемых в оснастке (ХТС, ГТС).
3. Участок ремонта, отделки и сборки стержней.
4. Участок окраски стержней.
5. Склад стержней и системы их транспортировки с участка на участок и на сборку.
6. Участок приготовления стержневых смесей.
7. Склад стержневой оснастки.
8. Участок изготовления каркасов, весок, жеребеек.
9. Лаборатории: химическая и испытания формовочных смесей и материалов.

В состав отделения или в состав всего цеха может входить участок регенерации стержневых смесей.

Структурно-технологическая схема стержневого отделения зависит от многих факторов - серийности, массы, технологического процесса изготовления стержней.

В общем виде такая схема представлена на рис. 3.3.1, где: 1 – подача компонентов стержневой смеси; 2 – бункер сухого песка и регенерата; 3 – смеситель; 4 – камерный питатель ПТУ стержневой смеси; 5 – бункер стержневой смеси; 6 – автомат изготовления стержней; 7 – оборудование для зачистки, склейки и ремонта стержней; 8 – сушило; 9 – толкающий подвесной конвейер; 10 – этажерка; 11 – бухта с проволокой; 12 – правильно-отрезной станок; 13 – гибочный пресс; 14 – сварочный пост; I – собственное изготовление стержней; II – изготовление каркасов, весок, жеребеек; III – зачистка, склейка и ремонт стержней; IV – подсушка, сушка стержней; V – подвесной адресный склад стержней; VI – изготовление стержневой смеси; VI – регенерация стержневой смеси.

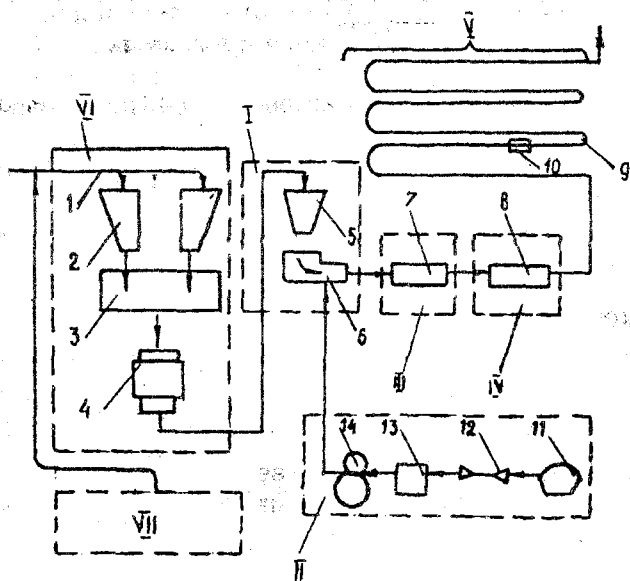


Рис. 3.3.1. Структурно-технологическая схема стержневого отделения

При конкретном технологическом процессе она может претерпеть некоторые изменения, но принципиально мало изменится.

Прежде чем приступить к составлению производственной программы расчета стержневого отделения, необходимо установить серийность изготовления стержней, с тем чтобы произвести выбор технологического процесса изготовления стержней и соответствующего технологического оборудования (табл. 3.3.1).

При наличии технологических карт отливок, где указаны номенклатура, количество, габариты стержней, можно составить точную производственную программу. Ее составление сводится к заполнению граф табл. 3.3.2, где рассчитывается количество стержней и их масса на годовую программу, количество необходимых стержневых ящиков, количество сушильных плит, а также принимается способ уплотнения смеси и тип стержневой машины. Такой подход характерен при проектировании цехов массового и крупносерийного производства.

Серийность изготовления стержней в зависимости от массы стержней (по группам)

Масса стержней, кг	Годовое число стержней одного наименования при соответствующем производстве, шт.				
	единичном	мелкосерийном	серийном	крупносерийном	массовом
до 1	до 2000	2001 – 23900	24000 - 149000	150000 - 449000	> 450000
1 – 2,5	до 1200	1201 – 17900	18000 – 89900	90000 – 199900	> 200000
2,5 – 6	до 800	801 – 11900	12000 – 41900	42000 – 129000	> 130000
7 – 16	до 600	601 – 9090	9100 – 26900	27000 – 91900	> 92000
17 – 40	до 300	301 – 4490	4500 – 13900	14000 – 56900	> 57000
41 – 100	до 200	201 – 1990	2000 – 6190	6200 – 41900	> 42000
101 – 250	до 120	121 – 990	1000 – 4490	4490 – 29900	> 30000
251 – 600	до 80	81 – 590	6000 – 2990	3000 – 15900	> 16000
> 600	до 25	25 – 36	37 – 119	120 - 239	> 240

Таблица 3.3.2

Точная производственная программа стержневого отделения

Но- мер от- ливки	Но- мер стерж- ня	Номер стержне- вой сме- си	Количество стержней, кг				Масса стержней		Коли- чество стерж- ней в ящике, шт.
			на одну отливку	на годо- вой вы- пуск от- ливов	на покрытие брака в стержневом отделении	всего на год	одной штуки	годового изготов- ления (7x8)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Годовое количе- ство стержней в ящике, шт.	Тип стержне- вой ма- шины и технологический процесс	Сушильные плиты					Норма времени, ч	
		Габари- ты, мм, пло- щадь, м ²	Стерж- ней на плите, шт.	Количест- во на го- довой вы- пуск (7:14)	Годовая площадь, м ² (13x15)	Про- длжи- тельность сушки, ч	на один стерж- невой ящик	на го- довой выпуск 11x18
11	12	13	14	15	16	17	18	19

Задача расчета производственной программы стержневого отделения усложняется при серийном, мелкосерийном и единичном производстве. В связи с отсутствием чертежей отливок на всю номенклатуру или ее часть приходится пользоваться усредненными нормами расчетного количества стержней на одну тонну годного чугунного и стального литья (табл. 62 [3] или табл. 20 [1]).

Обобщенные данные из этих таблиц представлены графически на рис. 3.3.2, где 1 – количество стержней; 2 – расход наполнителя; 3 – расход свежей стержневой смеси; 4 – общий расход стержневой смеси. Установление величины количества стержней малого объема и потребности в стержневых смесях по рис. 3.3.2 затруднено, поэтому более подробно изменение этих величин для отливок небольших масс представлены на рис. 3.3.3.

После установления числа и объема стержней по группам и технологическим потокам эти данные сводятся в табл. 3.3.3, где учитывается общее количество стержней, изготавливаемых в отделении.

После заполнения табл. 3.3.3 приступают к расчету оборудования для изготовления стержней.

3.3.2. Выбор технологического процесса изготовления стержней и оборудования

Определяющими факторами выбора технологического процесса изготовления стержней являются требования, предъявляемые стержням для той или иной отливки, группа сложности стержня, его массы (объем, габариты), а также серийность и затраты на их изготовление.

Общие вопросы назначения стержней, требований к ним, рецептура стержневых смесей в зависимости от способа изготовления подробно изложены в литературе по технологии изготовления стержней [66-70]. В других источниках описано основное стержневое оборудование, выпускаемое отечественной промышленностью [71], его наладка и эксплуатация. Типичная классификация технологических процессов изготовления стержней приведена на рис. 3.3.4.

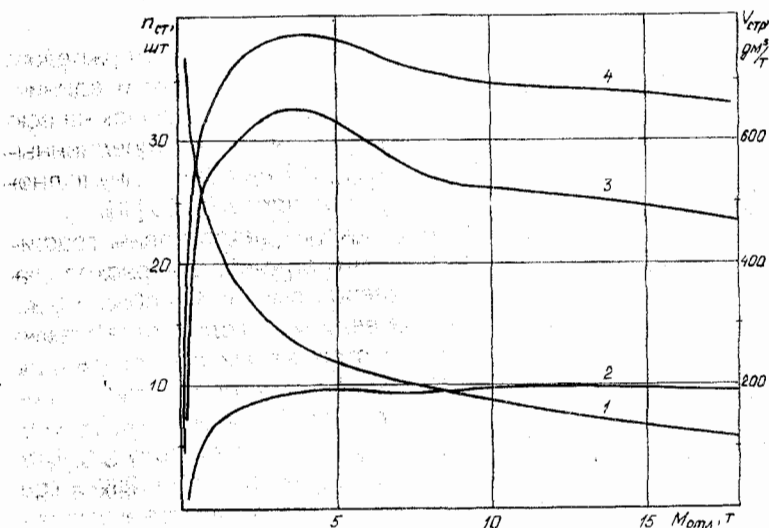


Рис. 3.3.2. Расчетное количество стержней (т) и объем стержней (dm^3/t) в зависимости от массы отливки в серийном, мелкосерийном и единичном производстве

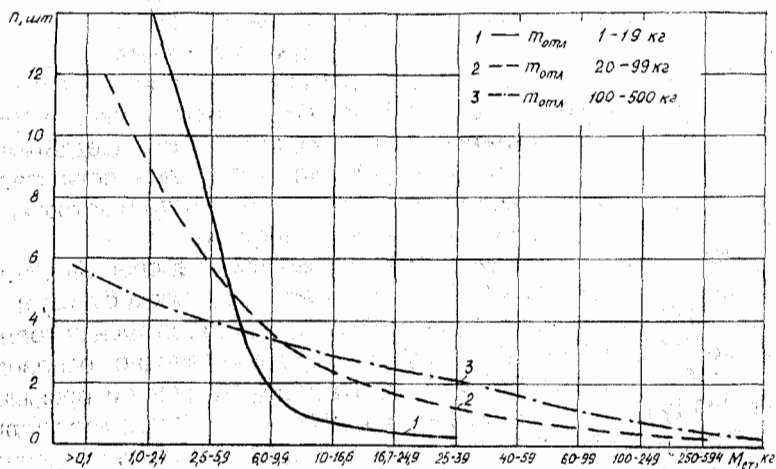


Рис. 3.3.3. Расчетное число стержней различной массы на 1 т годового чугунного и стального литья в зависимости от массы группы отливок для серийного, мелкосерийного и единичного производства

Таблица 3.3.3

Распределение стержней по группам и способам изготовления

Группа стержней по массе, кг	Средняя масса стержня, кг	Способ изготовления	Количество стержней, шт.				
			в год	на поточной линии I, в год	на поточной линии II, в год	на машине модели № , в год	на машине модели № , в год
Итого							

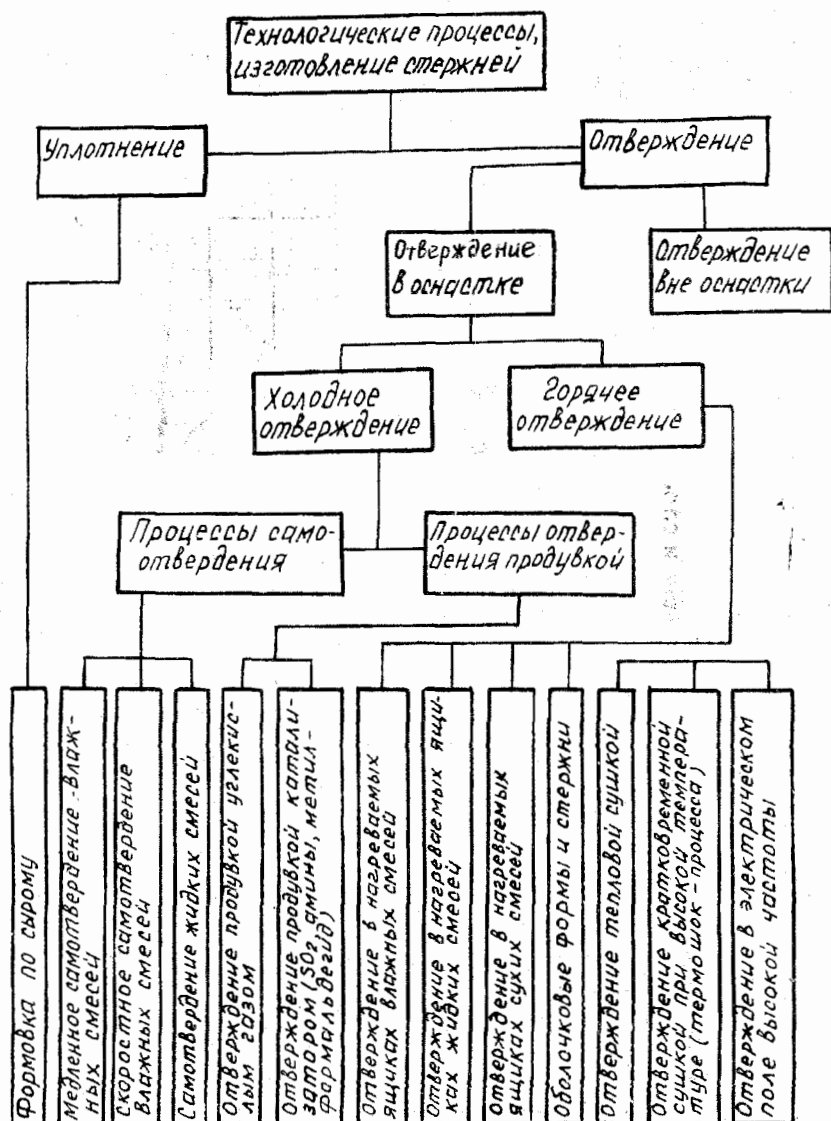


Рис. 3.3.4. Классификация технологических процессов изготовления стержней

За последние годы в технологии изготовления стержней произошли существенные изменения. Традиционный метод изготовления стержней из песчано-глинистых смесей практически утратил свое значение и все больше значение приобретают процессы изготовления стержней, отверждаемых в оснастке и, в первую очередь, из холоднотвердеющих смесей, так как для них характерны низкие энергетические затраты на процесс. Но при этом важное значение имеет экологическая чистота процесса и мероприятия по обеспечению нормальных условий труда.

Отверждение стержневой смеси в оснастке с образованием готового стержня имеет значительные преимущества по сравнению с ручным и машинными способами уплотнения смесей - повышенная геометрическая точность стержня, увеличение числа стержней в ящике. Отсюда рост производительности труда, быстрый набор прочности в процессе отверждения (80 % окончательной прочности стержня).

Широко применяемые процессы изготовления стержней по горячим ящикам в условиях массового и крупносерийного производства с наступлением энергетического кризиса стали заметно сокращаться и их доля резко снижается, хотя в отечественной практике изготовления стержней в автомобильной промышленности эти способы преобладают. В зарубежной практике доля стержней, получаемых в горячих ящиках, сократилась. Так, в Европе она составляет около 30 % [72], а в РФ остается доминирующей (90 %).

В Германии, в автомобильной промышленности число стержней, изготавливаемых по горячим ящикам, снизилось до десяти процентов и меньше. Частичной альтернативой горячим ящикам является появление процессов по теплым ящикам, где температура нагрева снижается примерно до 150-180 °С. Находит применение новый способ изготовления стержней по Эпокси-процессу [73].

Все большее распространение в зарубежной практике при изготовлении стержней находят процессы получения стержней в холодных ящиках с продувкой катализаторами, газонасыщенными аминами (Амин-процесс), сернистым газом (SO_2), метилформальдегидным газом, парами метилового эфира муравьиной кислоты (Betaset), а также углекислым газом (CO_2), в том числе Ecolotec resin process. Такие процессы, наряду с перечисленными для стержней, отверждаемых в оснастке, имеют такие важные преимущества: процесс с продувкой можно применять для массового

производства стержней в автоматическом режиме; снижается расход энергии на производство; повышается производительность труда из-за быстрой смены стержневых ящиков, можно применять любые ящики, даже деревянные, хорошая регенерируемость и выбиваемость стержневых смесей [74].

Для более объективного выбора технологического процесса изготовления стержней с отверждением в оснастке проведем сравнение их по основным параметрам (табл. 3.3.4).

При оценке заполняемости, уплотняемости и условий работы принято: 1 - хорошо; 2 - удовлетворительно; 3 - неудовлетворительно.

Из табл. 3.3.4 следует, что предпочтение следует отдавать метилформальдегидному процессу, процессу с elotec-связующим и отверждением продувкой CO_2 . Весьма обнадеживающим выглядят процессы с продувкой SO_2 . Доля стержней, изготовленных с SO_2 продувкой, в последние годы непрерывно увеличивается.

Необходимо отметить такие положительные моменты этих технологий: стержни с продувкой газом лучше выбиваются, имеют меньшую склонность к образованию газовых дефектов в отливках.

Однако при продувке газом необходимо выдерживать требования по загрязнению окружающего воздуха, нельзя допускать утечки газа в процессе работы. Наиболее жесткие требования в этом отношении предъявляются к аминам, SO_2 и метилформальдегиду. Что касается метилформальдегида, то необходимо учитывать, что он очень опасен. Наиболее экологически чистым является процесс с продувкой CO_2 из-за высоких допустимых концентраций его в воздухе, что не требует дополнительных затрат на нейтрализацию газовых выбросов.

Широко известное увеличение прочности стержней из жидкостеклянных смесей, продутых CO_2 , при увеличении температуры нагрева и связанная с этим плохая выбиваемость таких стержней может быть снижена рядом технологических добавок в смесь. Такие добавки органического происхождения разупрочняют смеси при нагреве, а также повышают начальную прочность стержней, что может снизить расход жидкого стекла и положительно сказаться на выбиваемости стержней [41].

Таблица 3.3.4

Сравнение процессов производства стержней

Технологический процесс	Требования к стержневому ящику	Условия процесса	Расход связующего, %	Заполняемость ящика	Уплотнение	Условие работы участка по экологии
Оболочковые стержни	Металлический, нагреваемый	t ящ 260 °С	2 - 5	1	2	2
Горячие ящики	То же	t ящ 230 °С	1,2 - 2,5	2	1	2
Теплые ящики	« «	t ящ 150..180 °С	1,2 - 2,0	2	1	2
Амин-уретановый	Любые, Вентиляция	Газ амин	0,9 - 2,0	1	1	2
SO ₂ - эпоксидный	Любые ящики, вентиляция	SO ₂ - газ	1,0 - 1,2	1	1	2
SO ₂ - фурановый	Любые, вентиляция	SO ₂ - газ	1,0 - 1,5	1	1	2
Метилформальдегидный	То же	Газ метилформальд	1,4 - 1,6	1	2	1
CO ₂ - жидкостекольный	« «	CO ₃ - газ	2,5 - 3,5	3	3	1
ECOLOTec	« «	CO ₂ - газ	2,0 - 2,5	1	2	1

Важное значение для получения стержней имеет метод уплотнения стержневой смеси. Традиционно используют методы уплотнения прессованием, встряхиванием, пескометом, а также импульсные, включая пескострельный и пескодувный способы.

При изготовлении стержней из ХТС используется вибрационный метод уплотнения [75].

При изготовлении стержней применяется разнообразное технологическое оборудование. Рассмотрим наиболее употребляемые технологические способы изготовления стержней и оборудование, на котором получают стержни, а также планировки механизированных и автоматизированных стержневых участков отечественных цехов.

В практике изготовления стержней широко используется стержневое оборудование ряда зарубежных фирм, выпускающих его в широком диапазоне производительностей и габаритов стержневых ящиков. Такими фирмами являются: Naniwa Produkt CO LTD (Япония), Loramendi (Испания), Hottinger (Германия) и др.

3.3.3. Технологическое оборудование и участки для изготовления стержней

Наиболее распространенным технологическим процессом изготовления стержней из обычных смесей является пескострельный процесс с последующей тепловой сушкой. В массовом и крупносерийном производстве такие стержни изготавливаются на машинах моделей 9128Б5, 9128Б7, 9128Б11, 310. Сушка стержней осуществляется в конвейерных и горизонтальных сушилках.

В серийном производстве пескострельным способом с последующей тепловой сушкой изготавливают стержни массой до 100 кг, а в мелкосерийном и единичном - до 250 кг. В мелкосерийном и единичном производстве применяют пульсирующую машину ППП-10 с последующей сушкой стержней в камерных сушилках.

Крупные стержни массой более 250 кг в серийном, мелкосерийном и единичном производстве из обычных смесей изготавливаются на пескометах, однако в последнее время в условиях мелкосерийного производства стали широко использовать ЖСС, ХТС, уплотнять которые либо не требуется вообще, либо затраты на выполнение этой операции минимальны.

Для производства стержней можно использовать автоматизированные линии моделей Л9128Б5, Л9128Б7 (табл. 3.3.5).

Таблица 3.3.5

Техническая характеристика автоматических линий для производства стержней

Показатели	Автоматические линии моделей		
	Л9 128 Б5	Л9 128 Б7	Л9 128 Б9
Масса стержня, кг	До 16	До 40	До 100
Размеры стержневого ящика, мм	630 x 500 x 300	900 x 630 x 320	1000 x 800 x 380
Высота сушильной плиты, мм	60	60	60
Расчетная продолжительность цикла работы линий, с	25	30	38
Количество ящиков, обеспечивающих расчетную продолжительность цикла	Не менее 5	Не менее 5	Не менее 5
Минимальное количество ящиков	2	2	2
Высота рольгангов над уровнем пола, мм	600	600	600
Давление в сети сжатого воздуха, МПа	0,6 - 0,7	0,6 - 0,7	0,6 - 0,7
Установленная мощность электродвигателей, кВт	16,3	12,2	18,1
Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{цикл}$	0,7	1,0	1,5
Габаритные размеры линии, мм:			
длина	8460	5700	6460
ширина	4960	4400	4960
высота	3100	2900	3270
Масса линии, кг	15400	18200	21750

Каждая из указанных линий должна быть оборудована вертикальным конвейерным сушилом.

На Ярославском моторном заводе для выпуска отливок из серого чугуна в количестве 120 тыс.т для изготовления крупных стержней блока и головки У-образных двигателей разработан и внедрен механизированный участок изготовления стержней (рис. 3.3.5).

Готовая стержневая смесь из смесеприготовительного участка тележками с кубелями загружается в бункеры 1, расположенные над рабочими местами стерженщиков. Стержни формируются на пескодувных и пескострельных машинах 2.

Изготовленные сырые стержни устанавливают на полки вертикально-замкнутого четырехходового конвейерного сушила 3 с нижним расположением топки и циклом сушки в течение 2 ч. Благодаря рациональному размещению стержневых машин относительно сушила стержни с поддонами устанавливаются в сушило стерженщиком, что позволило высвободить двух загрузчиков в смену. Сухие стержни выталкиваются из сушила пневматическими разгрузчиками 4 (без применения ручного труда) на криволинейные рольганги 5 в два потока соответственно числу одновременно устанавливаемых на люльку сушила стержней. Тот же разгрузчик, работающий синхронно с ходом сушила, проталкивает стержни с поддонами по рольгангам к окрасочным камерам 6, 7.

Применение пневматического разгрузчика высвобождает двух рабочих в смену.

Окрасочная камера оснащена рольгангом с подъемно-поворотным столом, перемещающим стержень для окраски и выталкивающим его из камеры в повернутом на 90° положении по роликам рольганга.

Окрашенные стержни поступают на подсушку в горизонтальное газовое сушило 8. Это сушило имеет большую производительность, чем электрическое и позволяет сократить длительность сушки стержней.

Подсушенные стержни охлаждаются, перемещаясь на транспортерах, закрытых кожухами 9 с интенсивным отсосом. Транспортеры имеют общий привод.

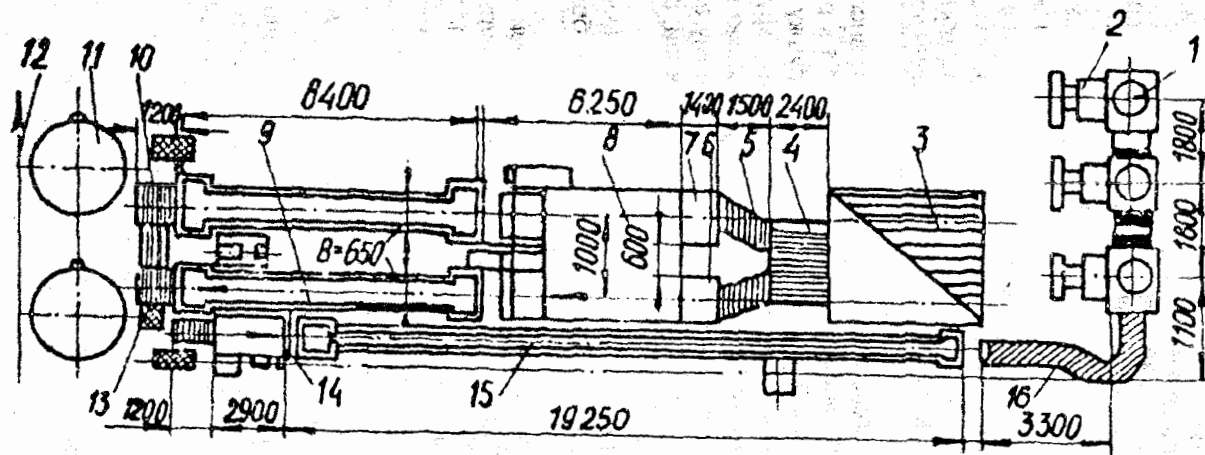


Рис. 3.3.5. Механизированный участок изготовления стержней блока цилиндров на Ярославском моторном заводе

В результате полученной на них высокой скорости охлаждения высвобождены два рабочих в смену, занятых ранее на транспортировании и раскладке стержней для охлаждения.

Охлажденные стержни выталкиваются транспортером на приемные рольганги 10, после чего их устанавливают на карусельно-шлифовальные станки 11. Обработанные стержни устанавливают на люльки подвешенного конвейера 12 для транспортирования к местам сборки. На случай перегрузки подвешенного конвейера предусмотрены стеллажи для хранения готовых стержней. Поддоны, освобожденные от стержней, по наклонному рольгангу 13 сталкиваются к моечной машине 14 и вручную загружаются в нее.

Вымытые поддоны выталкиваются на транспортер 15 и далее движутся по криволинейному рольгангу 16 к рабочим местам стерженщиков, проходя в пути естественную сушку.

Механизированный участок изготовления крупных стержней имеет следующие преимущества: более высокую производительность труда рабочих на участке, благодаря чему высвобождается в смену 8 человек; повышение качества стержней; размещение его на меньших производственных площадях.

Высокая рациональность процесса обеспечивается за счет исключения непроизводительных перегрузок и большей механизации транспортирования.

Метод изготовления стержней пескометной набивкой находит применение при изготовлении средних и крупных стержней в серийном, мелкосерийном и единичном производстве.

Использование пескометов для изготовления стержней увеличивает производительность труда, однако не полностью механизует процесс формовки. Операции вытяжки стержней, установки каркаса, уплотнения смеси в углублениях ящика, срезание излишков смеси, накалывание вентиляционных каналов, подача пустых ящиков требуют дополнительной механизации.

Для механизации части вспомогательных операций выпускается специальное оборудование: поворотные столы, поворотно-вытяжные машины, вытяжные станки.

Характеристики пескометов были приведены ранее (см. табл. 3.2.5). На базе пескометов созданы линии изготовления стержней массой до 600 кг, производительностью 2,5 тыс. т стержней в год.

Процесс ЖСС рекомендуется для изготовления стержней в мелкосерийном производстве. Процесс отличается от ХТС тем, что стержневые смеси обладают высокой текучестью.

Это позволяет заливать смесь в ящик, где она затвердевает без уплотнения. Характеристики машин для приготовления и раздачи ЖСС были приведены ранее в табл. 3.2.6.

На рис. 3.3.6 показана схема комплексно-механизированной линии, предназначенной для изготовления из ЖСС крупных стержней в единичном, мелкосерийном и серийном производстве.

В табл. 3.3.6 даны основные характеристики линии по изготовлению стержней пескострельным способом с отверждением продувкой CO_2 .

На рис. 3.3.7 показан общий вид комплексно-механизированной линии Л40С для изготовления стержней отливок массой до 40 кг из жидкостекольных смесей с продувкой их углекислым газом. На линии механизированы все технологические процессы. Вручную лишь вставляются в ящики отъемные части и каркасы. Помимо пескодувной 21 и поворотной-вытяжной 20 машин в состав линии входят двухпозиционная установка для продувки стержней углекислым газом 2, шаговый конвейер 10, где окрашиваются 16 и сушатся 15 стержни, а на конвейере возврата ящиков есть камера очистки сушильных плит 9. На рольгангах 13 и 14 производится съём готовых стержней и отправка их на склад. Подготовленные ящики подаются на машину подъемным столом 3 (аналогичные столы 6 и 12) и по рольгангам 18 и 19.

Для изготовления мелких, средних и крупных стержней в единичном, мелкосерийном и серийном производстве прогрессивным является метод изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей (ХТС).

Процесс основан на использовании в качестве связующих материалов синтетических смол, способных отверждаться при комнатной температуре за счет катализатора.

Для изготовления ХТС преимущественное распространение получили лопастные смесители. Схемы и основные характеристики смесителей приведены на рис. 3.3.8 и в табл. 3.3.7.

Для уплотнения ХТС можно применять вибрационные столы, технические характеристики которых приведены в табл. 3.3.8 и на рис. 3.3.9.

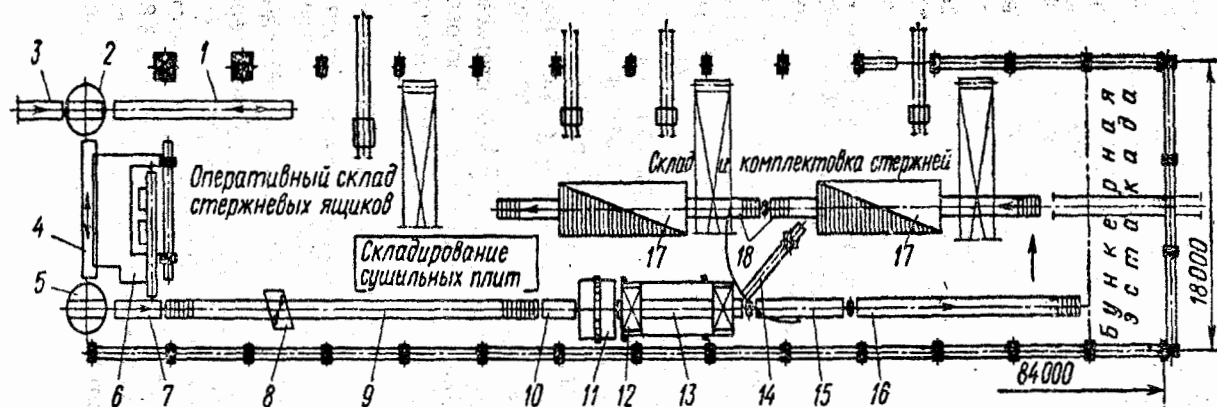


Рис. 3.3.6. Комплексно-механизированная линия для изготовления крупных стержней из ЖСС:

1 – ленточный конвейер возврата стержневых ящиков на склад или под заливку; 2 – поворотный круг с реверсивным ленточным транспортером; 3 – ленточный конвейер для транспорта ящиков на заливку; 4 – рольганг подачи ящиков под заливку; 5 – поворотный круг с ленточным транспортером; 6 – автоматизированная смесеприготовительная установка; 7 – ленточный конвейер двухскоростной; 8 – механизм срезания излишков смеси по ладу ящика; 9 – пластинчатый конвейер твердения стержней; 10 – ленточный двухскоростной конвейер; 11 – кантователь стержневых ящиков; 12 – установка для протяжки стержня; 13 – ленточный конвейер; 14 – механизм для снятия ящиков; 15 – рольганг; 16 – пластинчатый конвейер для отделки и окраски стержней; 17 – конвейерная газовая печь для подсушки краски; 18 – пластинчатый конвейер; 19 – рельсовый путь для подачи на сборку; 20 – мостовой кран

Таблица 3.3.6

Линии изготовления стержней пескострельным способом с отверждением продувкой CO_2

Название линии	Модель	Назначение	Краткая механическая характеристика
Автоматизированная стержневая линия	Л16С	Изготовление стержней пескострельным способом с последующим отверждением продувкой CO_2 в условиях серийного производства	Производительность 110 съемов/ч; наибольшая масса стержня 16 кг; размеры стержневого ящика (длина, ширина, высота): 630х500х(300...445) мм; габаритные размеры: 6800х4260х2560 мм, масса 32000 кг
То же	Л40С	То же	Производительность 100 съемов/ч; наибольшая масса стержней 40 кг; размеры стержневого ящика 800х630х(320...495) мм; габаритные размеры 8500х5500х3670 мм; масса 37000 кг
« «	Л100С	« «	Производительность 60 съемов/ч; наибольшая масса стержней 100 кг; габариты стержневого ящика 1000х800х(380...555) мм; габаритные размеры 9350х6020х3375 мм; масса 40000 кг
« «	Л250С	« «	Производительность 30 съемов/ч; наибольшая масса стержней 250 кг; габариты стержневого ящика 1250х1000х(380...555)мм; габаритные размеры 8500х5500х3670 мм; масса 50000 кг

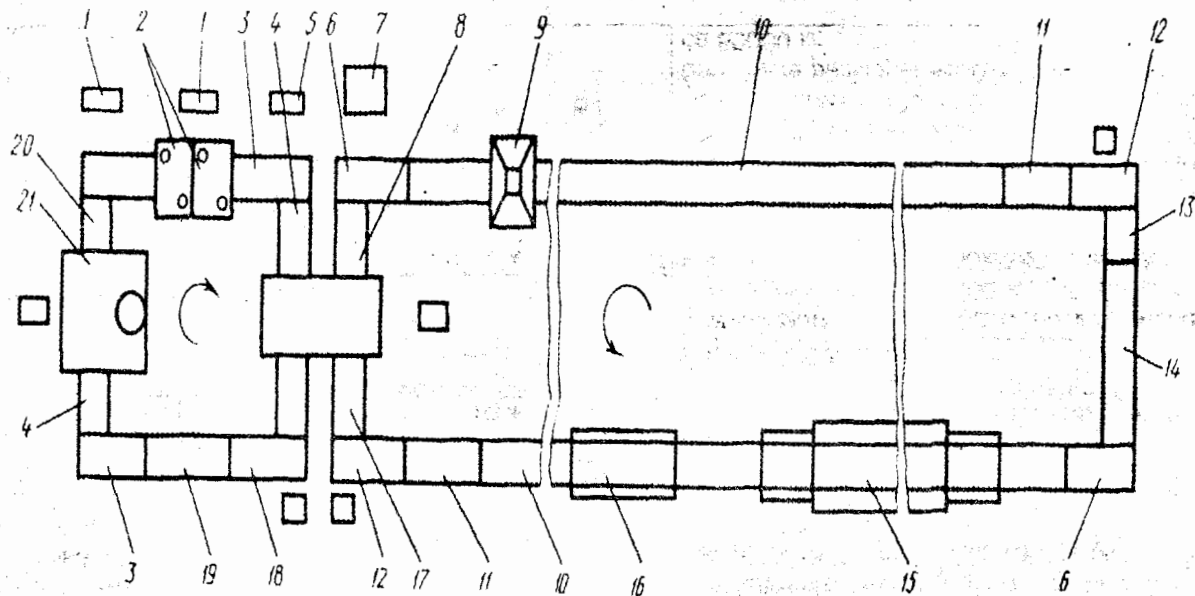


Рис. 3.3.7. Схема линии модели Л40С

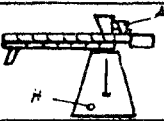
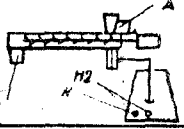
ТИП СМЕСИТЕЛЯ		Производительность, т/ч				
		1	2,5	6,3	16	40
Одножелобные одноплечие		19611				
Одножелобные двухплечие			19623	19625	19627	
Одножелобные двухваловые двухплечие				19635	19637	19639
Двухжелобные одноплечие с вихревой голов- кой		19641				
Двухжелобные двухплечие с вихревой голов- кой			19653	19655	19657	
Дополнительные устройства: Д - дозатор порошкообразных добавок; Н - дополнительный насос-дозатор; П - пескомерная головка для смесителей производительностью 6,3 т/ч и выше; Н2 - насосная система двойная для смесителей производительностью 16 т/ч и выше.						

Рис. 3.3.8. Блок-схема смесителей ХТС

Таблица 3.3.7

Машины для приготовления холоднотвердеющих смесей

Наименование оборудования	Мо-дель	Назначе-ние и об-ласть приме-нения	Основные данные								Мас са, кг	Завод-изготови-тель
			Произ-води-тель-ность, т/ч	Высота раздаточно-го лотка над уровнем пола, мм	Ради-ус дейст-вия, мм	Угол пово-рота, град	Частота вращения вала сме-сителя, об/мин	Мощ-ность электро-двигате-лей, кВт	Габаритные размеры (длина х ширина х высота), мм			
Смеситель стаци-онарный непре-рывного дейст-вия: одножелоб-ный, одноплечий	19611	Приго-товление холод-нотвер-деющих смесей	1	1300	1200	190	112	3,45	2765x700x 2064	1010	Павло-градский завод ли-тейных машин "Литмаш"	
Одножелобный двухвальный двухплечий	19637		16	1450	1150-2880	240	90	12,0	4400x800x 4000	2710		
Одножелобный двухвальный двухплечий	19639		40	1800	1650-2950	240	90	18,0	4400x850x 3500	3850		
Двухжелобный двухплечий с "ви-хревой головкой"	19653		2,5	1381	1150-2250	320	112	4,63	3660x700x 3219	2340		
Одножелобный одноплечий	4731		1	1000	1175	180	100	3,6	2310x900x 1700	500		
Одножелобный двуплечий	4727		3,5	1513	1150 2350	320	103	6,3	3500x1 200x 3090	2580		
То же	4732		15	1450	1150 2630	320	95	12,0	4200x1 500x 3725	2500		
Одножелобный двуплечий двух-вальный	ЛПО-29		6	1740	1200 2450	320	112	3,6	3325x1 200x 2210	2000		

Таблица 3.3.8

Характеристика вибрационных столов

Наименование оборудования	Модель	Назначение и область применения	Размеры стола, мм	Наибольшие габаритные размеры ящика, мм	Грузоподъемность, т	Размеры опои в свету/ высота опои, мм	Продолжительность цикла, мин	Мощность электродвигателей, кВт	Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм	Масса, кг	Оптовая цена, руб.	Завод-изготовитель
Стол формовочный вибрационный с приводным рольгангом	21424 (ЛПО30)	Уплотнение холоднотвердеющих смесей. Режим работы пооперационный	1600x1250	1250x1000x700	2,0	1200x1000x500	2,0	2,0	1600x1250x675	1850	5500	Павлоградский завод литейных машин "Лит-маш"
Стол вибрационный с приводным рольгангом	21432	То же	100x600	800x630	0,6	-	-	-	1700x1230x730	1000	4610	
	21433	« «	1250x740	1000x800	1,25	-	-	-	2050x1530x750	1400	6050	

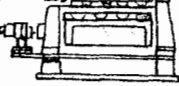
Наименование параметров и унифицированных рядов	Параметры и компоновки вибростолов				
Грузоподъемность, кг	400	600	1250	2000	3000
Наибольшие размеры стержневого ящика, мм	630×500	800×830	1000×800	1250×1000	1500×1250
Размеры ополки в свету, мм		800×700	1000×800	1200×1000	1620×1200
Ряд. Вибростолы с приводным рольгангом 		модель 21422	модель 21423	модель 21424	модель 21425
Ряд. Вибростолы с приводным рольгангом 		модель 21431	модель 21432	модель 21433	модель 21434
		модель 21435			

Рис. 3.3.9. Блок-схема вибростолов

ХТС улучшают условия труда, но требуют решения ряда санитарно-гигиенических вопросов. В связи с чувствительностью кожи человека к таким веществам, как формальдегид и кислота, введено, как обязательное правило, использование хлопчатобумажных перчаток, а сверх них резиновых. Важно при ХТС технологии избегать загрязнения окружающей среды на участках изготовления стержней, заливки и выбивки форм.

На рис. 3.3.10 представлена схема типового комплексно-механизированного участка изготовления стержней из ХТС, где 1 – смеситель; 2 – передвижной короб для сброса излишков стержневой смеси; 3 – поворотный стол; 4 – приточно-вытяжное вентиляционное устройство; 5 – стеллаж для хранения стержневых ящиков; 6 – кран консольно-поворотный; 7 – стол-склиз; 8 – передвижной бак для клея; 9 – бак передвижной емкостью 25 л для самовысыхающей краски; 10 – мешалка для водной краски; 11 – карусель для стекания излишков краски со стержней после

окраски окунанием; 12 – вертикальное конвейерное сушило; 13 – смеситель планетарный для приготовления самовысыхающей краски; 14 – передвижная этажерка-тележка; 15 – ножницы рычажные с мерной рейкой; 16 – верстак; 17 – бункер для песка; 18 – подставка под емкости со смолой; 19 – бак для катализатора.

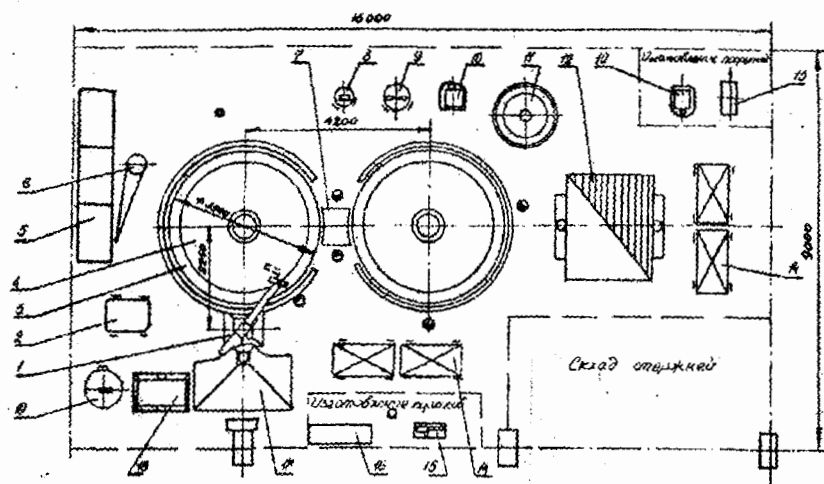


Рис. 3.3.10. Типовой комплексно-механизированный участок изготовления стержней из ХТС

В табл. 3.3.9 представлены основные характеристики комплексов оборудования для изготовления стержней из ХТС, а на рис. 3.3.11 схема такой линии. На линии имеется участок подготовки стержневого ящика I, участок заполнения ящика смесью II, участок твердения III, участок съема стержневых плит IV и участок отделки V.

Как отмечалось ранее, в зарубежной практике широко используются технологические процессы изготовления стержней с продувкой газовыми отвердителями. Отечественная машиностроительная промышленность освоила производство аналогичного оборудования для производства стержней массой от 1 до 50 кг. Технические характеристики этих машин приведены в табл. 3.3.10.

Таблица 3.3.9

Краткая техническая характеристика линий

Параметр	Модель линии				
	Л16Х	Л40Х	Л100Х	Л250Х	Л600Х
Наибольшая масса стержня, кг	16	40	100	250	600
Наибольшие размеры стержневых ящиков, мм	630х500х445	800х630х495	1000х800х550	1250х1000х550	1550х1200х750
Количество стержневых ящиков	48	42	20	9	40
Размеры транспортных плит, мм	630х500х80	800х630х80	1000х800х80	1250х1000х80	1550х1200х80
Числа транспортных плит, шт.	16	14	10	51	25
Время затвердевания стержня, мин	15	15	20	50	50
Грузоподъемность вибрационного стола, кг	400	600	1250	1250	2000
Производительность, съёмов/ч	90	50	30	20	15
Установленная мощность, кВт	43	45	48	45	155

**Машины для изготовления стержней из смесей, отверждаемых в холодной оснастке
продувкой газовым отвердителем**

№ п/п	Наименование изделия	Модель код ОКП	Основные параметры								
			Наибольшая масса стержня, кг	Рабочая емкость резервуара, дм ³	Габарит стержне- вого ящи- ка, мм	Расход газа, м ³ /ч	Мощ- ность, кВт	Про- должи- тель- ность цикла, с	Расход воздуха, м ³ /ч	Габарит, мм	Масса, т
1	Машина для изготовления стержней с продувкой SO ₂ с нейтрализацией продуктов реакции с вертикальным разъемом оснастки	23043	6	4	600x400x x280	15 дм ³ сьем при Р=0,3 МПа	25	20	180	3000x 1800x 3000	3
2	Машина для изготовления стержней с продувкой SO ₂ с нейтрализацией продуктов реакции с горизонтальной плоскостью разъема оснастки	2345	16	10	850x650x x280	15	25	20	180	4000x 3000x 3500	10

№ п/п	Наименование изделия	Модель код ОКП	Основные параметры								
			Наибольшая масса стержня, кг	Рабочая емкость резервуара, дм ³	Габарит стержне- вого ящи- ка, мм	Расход газа, м ³ /ч	Мощ- ность, кВт	Про- должи- тель- ность цикла, с	Расход воздуха, м ³ /ч	Габарит, мм	Масса, т
3	Машина для изготовления стержней с продувкой SO ₂ с нейтрализацией продуктов реакции с горизонтальной плоскостью разъема ос- настки	<u>23147</u> -	40	25	1080x700x x750	25	40	40	350	5000x 3000x 6000	12
4	Машина* стержневая автоматиче- ская песко- дувная одно- позиционная с установками для газовой продувки и нейтрализа- цией выбро- сов	<u>4752Б2п1</u> -	12	13,3	580x480x x180	-	11	28	0,25	3500x 4320x 2160	45
5		<u>4753Б1п3</u> -	25	28,6	900x450x x320	-	-	28	-	-	-
6		<u>4747Б2п1</u> -	50	75,0	820x700x x290	-	-	-	-	-	-

* Производство машин осуществляется по индивидуальным заказам, параметры устанавливаются при проектировании.

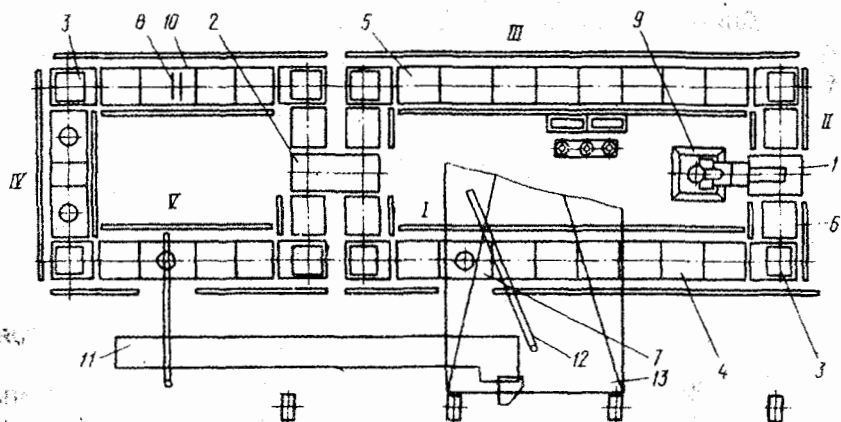


Рис. 3.3.11. Комплексно-автоматизированная поточная линия изготовления стержней 40, 100, 250, 600 кг:

1 - вибростол; 2 - поворотно-вытяжная машина; 3 - угловой стол; 4, 5, 6, 7, 10 - рольганги; 8 - камера очистки плит; 9 - смеситель; 11 - транспортер передачи отъемных частей с участка отделки на участок подготовки ящиков; 12 - консольно-поворотный кран; 13 - мостовой или подвесной однобалочный кран

В массовом и крупносерийном производстве применяется технологический процесс изготовления стержней с отверждением их в горячих ящиках.

Процесс изготовления стержней в горячих ящиках развивается по следующим направлениям: изготовление оболочковых стержней из плакированных смесей на основе термореактивной фенолформальдегидной смолы; изготовление цельных или облегченных стержней из влажных песчано-смоляных смесей на основе жидких термореактивных смол или быстроотвердевающих связующих.

При выборе процесса изготовления стержней в горячих ящиках необходимо учитывать особенности процесса: применение дорогих и сложных по конструкции стальных или чугунных ящиков, которые должны надежно работать при температурах 200-300 °С; применение дорогих синтетических связующих с ограниченным сроком хранения и обогащенных кварцевых песков с низким содержанием глинистой составляющей и других примесей; формовка пескодунным или пескострельным методом на специальных машинах.

Для изготовления сплошных стержней применяется смесь песка, кислого катализатора и смолы. Смесь вдвигается в стержневые ящики, нагретые до 240-260 °С. Высокая температура ящика ускоряет экзотермическую реакцию поликонденсации смолы, и через несколько секунд после засыпки смеси стержень извлекают из ящика.

Подача песчаной смеси в пескострельную стержневую машину производится при помощи пневматической системы или загрузочными бункерами, из которых смесь выгружается в бункер машины.

Характеристика машин для изготовления стержней по горячим ящикам приведена в табл. 3.3.11.

В последнее время большое распространение получило производство оболочковых стержней, имеющих значительные преимущества - улучшение газопроницаемости, низкий расход смеси и высокая точность. Отечественная промышленность освоила машины для их изготовления (табл. 3.3.12). Постоянно занимается совершенствованием, разработкой и изготовлением нового стержневого оборудования НИИЛИТАВТОПРОМ (Белоруссия). Их стержневые машины отвечают современным требованиям по производительности и соблюдению санитарно-гигиенических норм.

3.3.4. Расчет оборудования стержневого отделения

На основании производственной программы отделения (цеха), режима работы, фондов времени и выбранного типа оборудования производится расчет потребного количества машин для обеспечения программы.

Количество стержневых машин для проектирования отделения определяют по формуле

$$M_c = \frac{B_r \cdot K_n}{(\Phi_d - t) q_{расч}}$$

где M_c - расчетное количество стержневых машин, шт.;

B_r - количество съемов стержней на годовую программу по массовым группам, закрепленным за данным типом машин, с учетом брака, числа гнезд в ящике или деления стержня на части, шт./год;

Φ_d - действительный годовой фонд работы машины, ч;

**Машины стержневые пескодувные автоматические однопозиционные
для изготовления стержней в нагреваемой оснастке**

№ п/п	Наимено- вание из- делия	Модель код ОКП	Основные параметры						
			Наи- большая масса стержня, кг	Габарит стержневого ящика, мм	Расход воздуха, газа, м³/ч	Произво- дитель- ность цик- ла, с	Установ- ленная мощность, кВт	Габарит, мм	Масса, т
1	Машина стержне- вая пес- кодувная	<u>4749A172</u> 4124 2127	6,0	400x320x 200	<u>4,2</u> -	22	15	1975x1960x 2240	2,2
2		<u>4749A272</u> -	6,0	400x320x 200	<u>4,9</u> 1	22	15	1535x1400x 2350	2,1
3		<u>4752A2Г1</u> 4124 2223	12,0	580x480x 180	<u>16,0</u> 4,6	25	2,5	3875x3195x 3728	5,2
4		<u>4752A271</u> 41244 2224	12	580x480x 240	<u>8,5</u> -	25	58,0	3875x3195x 3728	5,1
5		<u>4753A1Г1</u> 4124 2218	25	900x350x 260	<u>28,5</u> 8,0	29	2,5	4495x3250x 3705	6,9
6		<u>4753A171</u> 4124 2319	25	900x350x 320	<u>14,5</u> -	29	70,0	4495x3502x 3705	6,8
7		<u>4753A2Г1</u> 4124 2321	25	900x450x 260	<u>24,5</u> 7,5	31	2,5	4865x3040x 4130	10,0

№ п/п	Наимено- вание из- делия	<u>Модель</u> код ОКП	Основные параметры						
			Наи- большая масса стержня, кг	Габарит стержневого ящика, мм	Расход <u>воздуха</u> газа, м ³ /ч	Произво- дитель- ность цик- ла, с	Установ- ленная мощность, кВт	Габарит, мм	Масса, т
8	Машина стержне- вая песко- дувная	<u>4753A271</u> 4124 2322	25	900x450x 290	<u>12,0</u> -	31	100,0	4865x3040x 4130	9,45
9		<u>4754A2Г1</u> 4124 2412	50	1080x780x 290	<u>37,5</u> 14,0	31	2,5	5270x3310x 4060	10,5
10		<u>4757A2Г1</u> -	100	1280x780x 380	<u>50,0</u> 20,0	33	2,5	6240x3400x 4730	14,0
11		<u>4748</u> -	16,0	700x680x 360	<u>24,5</u> -	30	40	4120x3520x 2920	6,9
12		<u>4753A1Г3</u> -	25,0	900x450x 260	<u>28,5</u> 8	29	2,5	4475x5200x 3705	7,2
13		<u>4747A2Г1</u> -	45,0	900x680x 380	<u>67,5</u> 21,6	34	12,5	5520x5270x 3905	13,0

Таблица 3.3.12

**Машины для изготовления оболочковых стержней
с отверждением в нагреваемой оснастке**

№ п/п	Наименование изделия	<u>Модель</u> код ОКП	Основные параметры						
			Наиболь- ший объ- ем стерж- ня, дм ³	Размеры ос- настки, мм	Расход <u>воздуха</u> газа, м ³ /ч	Производи- тельность цикловая, съемов/ч	Мощ- ность, кВт	Габарит, мм	Масса, т
1	Машина для из- готовления оболочковых стержней	<u>29111A</u> 41 242222	4,0	500x360x x400	<u>25</u> 5	48	1,0	2660x 1390x 2300	2,45
2		<u>29113A</u> 41 242414	45	760x500x x500	<u>216</u> 56	60	14,0	4500x 2500x 2710	4,5

t - потери времени на смену стержневых ящиков за год, ч;
q - расчетная производительность машин, съемов/ч;
Кн - коэффициент неравномерности потребления стержней,
Кн = 1-1,3 и зависит от серийности производства.

На пескодувных машинах, оборудованных универсальными надувными плитами, смена вкладышей осуществляется за 5-6 мин. Минимальная партия изготавливаемых стержней должна обеспечить непрерывную работу машин в течение 3-4 ч.

Данные по технологическому процессу берутся из ведомости (см. табл. 3.3.2 или 3.3.3).

Количество стержней на сушильной плите определяют исходя из предварительно подобранных размеров плит в зависимости от принимаемого типоразмеров сушильных печей.

По итоговым данным ведомости рассчитывают количество стержневых машин и рабочих мест.

Количество автоматических или механизированных линий определяют по формуле

$$M_{\text{л}} = \frac{B_{\text{п}} \cdot 1000}{m_{\text{а}} q_{\text{п}} \Phi_{\text{д}} K_{\text{з}}}$$

где $M_{\text{л}}$ - расчетное количество линий, шт.;
 $B_{\text{п}}$ - проектная мощность массового потока изготовления стержней, т/год;
 $m_{\text{я}}$ - масса стержней в одном ящике, кг;
 $q_{\text{л}}$ - производительность линии, съемов/ч;
 $\Phi_{\text{д}}$ - действительный годовой фонд работы линии, ч;
 $K_{\text{з}}$ - коэффициент загрузки линии, $K_{\text{з}}$ меньше или равен 0,8, но меньше коэффициента загрузки формовочно-заливно-выбивного отделения.

Коэффициент загрузки рассчитывают

$$K_{\text{з}} = \frac{M_{\text{л}}}{M_{\text{л.п}}} = \frac{M_{\text{см}}}{M_{\text{см.п}}}$$

где $M_{\text{л}}$, $M_{\text{см}}$ - расчетное количество линий, стержневых машин;
 $M_{\text{л.п}}$, $M_{\text{см.п}}$ - количество линий, стержневых машин, принятых в проекте.

Сушка форм и стержней из песчано-глинистых смесей проводится для повышения их прочности, газопроницаемости и подсушки краски.

Для сушки используют различные сушильные агрегаты, работающие на твердом, жидком, газообразном топливе и электричестве. Сушила бывают периодического и непрерывного действия.

К сушилам периодического действия относятся камерные сушильные печи, сушильные шкафы и переносные сушила.

Камерные сушила с выкатными тележками применяются для сушки форм и стержней чугунного и стального литья в цехах с серийным, мелкосерийным и единичным характером производства.

Основные характеристики камерных сушил приведены в табл. 3.3.13.

В том случае, когда нет данных о времени сушки стержней, можно пользоваться для расчета данными, приведенными в табл. 3.3.14.

Расчет количества камерных сушил, необходимых для сушки, производится по формуле

$$C_k = \frac{StK_n}{F_3 \Phi_d n K_{\text{зап}}},$$

где C_k - число камерных сушил, шт.;

S - площадь сушильных плит на годовую программу, м^2 ;

t - время сушки, ч;

K_n - коэффициент неравномерности работы ($K_n = 1,1 - 1,3$);

F_3 - площадь одной этажерки, м^2 ;

Φ_d - действительный годовой фонд работы сушила, ч;

n - число этажерок в одной камере;

$K_{\text{зап}}$ - коэффициент заполнения этажерок ($K_{\text{зап}} = 0,6-0,8$).

К сушилам непрерывного действия относятся проходные конвейерные сушила: горизонтальные и вертикальные, одно- и многоходовые. В крупносерийном и массовом производстве применяются конвейерные сушила, загрузка и выгрузка которых автоматизированы. Основные характеристики типовых вертикальных конвейерных сушил представлены в табл. 3.3.15.

Необходимое количество конвейерных сушил рассчитывают по формуле

$$C_{\text{кон}} = \frac{StL}{F_a \Phi_d L_k K_{\text{зап}}},$$

Таблица 3.3-13

Характеристика камерных сушил

Показатели	Тип сушил					
	I-КЭ	I-КГ	II-КЭ	II-КГ	III-КЭ	III-КГ
Внутренние размеры камеры, м	2,2х2х2	2,3х2х2,5	3,1х1,9х2,8	3,3х2х2,5	4х2,6х3,15	4х2,87х3,15
Объем рабочей камеры, м ³	9	11,5	16,5	16,5	33	36
Максимальный размер загрузки, м	2х1,5х1,25	1,7х1,5х1,9	2,9х1,3х1,9	2,7х1,5х1,9	3,8х2х2,1	3,8х2,0х2,2
Грузоподъемность тележки, т	4	3	6	3	20	24
Масса смеси, загруженной в сушило, т	2	2,6	3,5	3,8	7-9	7,5-10
Средняя продолжительность сушки, ч	3	3	5	5	6-8	6-8
Температура сушки, °С	250	250	300	300	350	350
Габаритные размеры сушила, м	2,5х3,6х32	4х4,9х4	3,3х3,8х4,3	4х5,3х4	4,3х4,8х4,6	6,5х4,8х4,85

Примечание. К - камерное, Э - электрическое, Г - газовое сушило.

Нормы продолжительности сушки и подсушки стержней в зависимости от их размеров, типа стержневых смесей и температуры сушки

Смесь и объем стержня, дм ³	Сушка стержней		
	Максимальная температура, °С	Время сушки, ч	Коэффициент загрузки сушила
Песчано-глинистые смеси:			
до 6	320 - 350	2 - 3	0,06
6 - 24	320 - 350	3 - 4	0,08
24 - 150	350 - 380	5 - 7	0,12
150 - 600	350 - 380	7 - 9	0,14
свыше 600	350 - 380	10 - 12	0,14
Смеси на органических связующих:			
до 6	220 - 250	1,5 - 2	0,06
6 - 24	220 - 280	2 - 2,5	0,08
24 - 150	220 - 300	3 - 3,5	0,12
150 - 600	220 - 330	3,3 - 4	0,14
свыше 600	220 - 350	4 - 6	0,14
Жидкостекольные смеси:			
до 6	220 - 250	3 - 4	0,06
6 - 24	220 - 250	4 - 5	0,08
24 - 150	250 - 300	5 - 6	0,12
150 - 600	250 - 300	6 - 8	0,14
свыше 600	250 - 300	8 - 10	0,14
Смеси с хромомагнетитом или хромистым железняком:			
до 6	300 - 350	1 - 2	0,06
6 - 24	300 - 350	1,5 - 2	0,08
24 - 150	400 - 420	12 - 14	0,12
150 - 600	400 - 420	14 - 16	0,14
свыше 600	420 - 450	16 - 18	0,14

Таблица 3.3.15

Характеристика вертикальных конвейерных сушил ВНИПИ "Теплопроект"

Показатели	Типоразмеры				
	СКВ-1	СКВ-2	СКВ-3	СКВ-4	Гипроавто- пром
Основные размеры, м:					
длина	2,75	2,75	3,5	3,5	5,72
ширина	2,55	2,55	2,68	2,68	2,89
высота	7,30	10,48	10,75	15,25	13,47
Количество этажерок, шт.	18	26	28	35	9
Сушильная площадь при одной этажерке, м ²	7,5	12,5	17,5	27,5	49,0
Нагрузка на одну этажерку, кг	400	350	350	300	-
Производительность, т/ч	0,8	1,3	1,75	2,5	5,6
Максимальная температура, °С	300	300	300	300	300
Продолжительность сушки, ч	0,3 - 2	0,5 - 3	0,5 - 3	0,7 - 4,5	-

Примечание. Конвейерные сушила могут работать на угле (СКВУ), мазуте (СКВМ), газе (СКВГ) или электричестве (СКВЭ).

где $C_{\text{кон}}$ - число конвейерных сушил, шт.;
 S - площадь плит на годовую программу, м^2 ;
 t - время одного цикла сушки, ч;
 L - расстояние между этажерками, м;
 F - площадь одной полки этажерки, м^2 ;
 a - число полок этажерки, шт.;
 F_d - действительный годовой фонд работы сушил, ч;
 L_k - общая длина конвейера, м;
 $K_{\text{зап}}$ - коэффициент заполнения полок ($K_{\text{зап}}=0,6-0,8$).

В литейных цехах, где осуществляется химическая сушка, рассчитывают потребность в газе для продувки стержней. Если расход газа большой, то необходимо в цехе установить собственную установку по производству газов.

Стержневое отделение непосредственно связано с формовочным. Доставка стержней к месту сборки форм требует четкой работы стержневого отделения и транспорта по доставке стержней.

В зависимости от типа производства стержневого отделения принимаются различные решения по организации транспорта.

В мелкосерийном и единичном производстве транспортирование стержневых плит, стержневых ящиков и сухих стержней производится электрокарами и кран-балками.

Стержневые ящики на машинах доставляют на промежуточный склад, оттуда электрокарами на склад участка, где предусмотрено хранение суточного запаса стержневых ящиков. Передача ящиков к рольгангам подготовки и замены у поточной линии производится с помощью кран-балки.

Стержни, изготавливаемые на участке, после отделки и осмотра маркируют по их принадлежности к тому или иному формовочному участку и устанавливают на этажерки. Этажерки по мере их заполнения кран-балкой подают в отделение складирования сухих стержней. В массовом и крупносерийном производстве целесообразно применение механизированного межоперационного транспорта. При изготовлении стержней на поточной линии сама линия представляет собой замкнутую систему транспортных средств.

Для доставки стержней к формовочным автоматам создается адресный подвесной конвейер, позволяющий транспортировать стержни в сушило, на склад стержней и непосредственно к местам их укладки в форму без участия человека.

3.3.5. Планировочные решения стержневого отделения

Когда произведен расчет потребного количества оборудования для обеспечения программы цеха, можно определить необходимую площадь для его размещения с учетом проходов, проездов, смежных участков и складов, выбрать необходимое крановое хозяйство и рассчитать склады стержней и оснастки.

Стержневые отделения литейного цеха, как правило, размещаются в двухэтажном здании, на втором этаже недалеко от формовочно-заливочно-выбивного отделения. Это обеспечивает небольшое расстояние транспортирования стержней к месту установки, широкое использование непрерывного транспортирования готовых стержней на конвейерах, полное использование объема цеха для организации транспорта стержней, размещение основных транспортных потоков в зоне первого этажа и организацию там складирования готовых стержней, что снижает длину литейного цеха.

Для размещения стержневых отделений необходимо воспользоваться рекомендованными нормами пролетов зданий чугуно- и сталелитейных цехов в зависимости от вида литья и характера производства (табл. 3.3.16). Обычно при этом в качестве грузоподъемных средств используются кран-балки и электротали.

Примерная потребность в производственных площадях для таких участков может быть рассчитана по укрупненным показателям площади участка на одно рабочее место в зависимости от вида производимых стержней: 6 м^2 для мелких; 8 м^2 - для средних и 12 м^2 - для крупных.

Ниже приведена компоновка стержневого отделения для производства мелких и средних чугунных отливок из песчано-глинистых смесей (рис. 3.3.12) Стержневое отделение включает в свой состав отделение приготовления стержневой смеси 1, подвесной путь раздачи стержневой смеси 2, по бункерам стержневых пескострельных машин 3, стержневых пескодувных машин 4, стержневых автоматов 5 и стержневых машин для приготовления средних стержней 8.

**Нормы размеров пролетов и грузоподъемности подъемно-транспортных средств стержневых отделений
фасонного стального и чугунного литья для одноэтажных и двухэтажных зданий**

Литье	Транспортные средства и их максимальная грузоподъемность, т		Размеры пролета, м								
	Мостовые краны	Однобалочные краны и т.п.	Ширина пролета одноэтажного здания В	Ширина пролета двухэтажного здания		Шаг колонн	Высота до уровня пола второго этажа, м	Высота до головки подкранового рельса		Высота до низа конструкции покрытия	
				основного В	первого этажа В			в одноэтажном здании h от отметки +0,0	в двухэтажном здании h от отметки пола второго этажа	в одноэтажном здании h от отметки +0,0	в двухэтажном здании h от отметки пола второго этажа
Массовое и крупносерийное производство											
Мелкое (<10 кг)	-	3	18,24	18,24	9,12	6,12	7,8	-	-	10,8	10,8
Среднее (<50 кг)	-	3	18,24	18,24	9,12	6,12	7,8	-	-	10,8	10,8
Крупное (<500 кг)	-	3	18,24	18,24	9,12	6,12	7,8	-	-	10,8	10,8
Серийное, мелкосерийное и единичное производство											
Мелкое (<100 кг)	-	3	18,24	18,24	9,12	6,12	7,8	-	-	9,6	9,6
Среднее (<1000 кг)	5	-	18,24	18,24	9,12	6,12	7,8	8,15	8,15	10,8	10,8
Крупное (<5000 кг)	5	-	24	24	12	6,12	8,4	8,15	8,15	10,8	10,8
Особо тяжелое (<20000 кг)	20/5	-	24,30	-	-	6,12	-	9,65	-	12,0	-

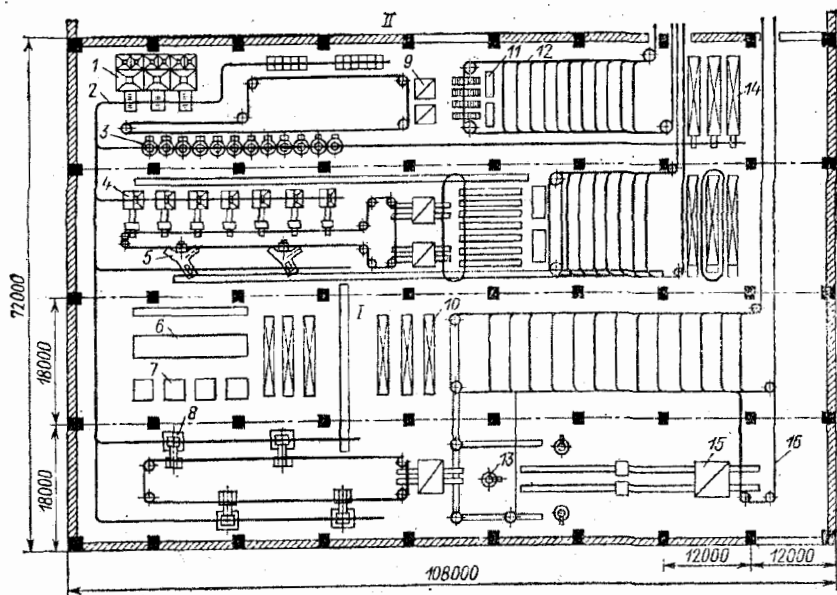


Рис. 3.3.12. Компонка стержневого отделения в крупносерийном производстве мелких и средних чугуных отливок

Каждая стержневая машина для производства соответствующих стержней находится в блоке, и весь блок машин имеет транспортный конвейер, передающий сырые стержни к соответствующему вертикальному конвейерному сушилу 9, которых насчитывается в цехе пять штук. После сушки стержни подвергаются контролю на специальных столах 11. Готовые стержни накапливаются и хранятся на подвесных конвейерах 12, связанных системой цепных конвейеров с соответствующими формовочно-заливочными линиями, расположенными в параллельном формовочно-заливочно-выбивном отделении. Средние стержни после сушки подвергаются зачистке на шлифовальных станках 13 (три шт.). После покраски проходят печи подсушки 15 и затем на конвейере 16 поступают в формовочно-заливочно-выбивное отделение.

В отделении есть каркасный участок. Для подготовки арматуры имеются стеллажи 6, а также станки для резки проволоки и изготовления каркасов 7. Имеется склад для хранения стержневых ящиков 10. Площадь каркасного участка небольшая и колеблется от 20 до 120 м² в зависимости от производительности цеха.

Более подробные планировки стержневого отделения на трех отметках а - + 0,00, б - + 7.2 м, в - 17,2 м с двумя разрезами вдоль цеха (А-А) и поперек (Б-Б) с полным перечнем спецификации технологического и транспортного оборудования представлены в прил. 1.

3.4. Проектирование смесеприготовительного отделения

3.4.1. Структура смесеприготовительного отделения

Формовочные и стержневые смеси состоят в большинстве случаев из свежих формовочных материалов - песка и глины, оборотной смеси, регенерата и всевозможных связующих и добавок [41-45]. В самом общем случае процесс смесеприготовления можно представить в виде укрупненных операций (участков): разгрузки, складирования и подготовки свежих формовочных материалов и добавок, подготовки оборотной формовочной смеси, регенерации отработанной смеси и смесеприготовления.

Смесеприготовительное отделение (цех) - сложный транспортно-технологический комплекс, требующий знания свойств исходных материалов, оборудования по его переработке, регенерации и собственно изготовлению смеси. Схема технологического потока подготовки формовочных материалов и приготовления смеси показана на рис. 3.4.1.

В современных литейных цехах массового и крупносерийного производства с автоматическими линиями, как правило, для каждой линии имеется своя индивидуальная замкнутая смесеприготовительная система, включая смесеприготовительную установку.

В цехах с серийным и мелкосерийным характером производства применяют централизованные смесеприготовительные отделения, в которых получают несколько типов смесей в зависимости от применяемой технологии.

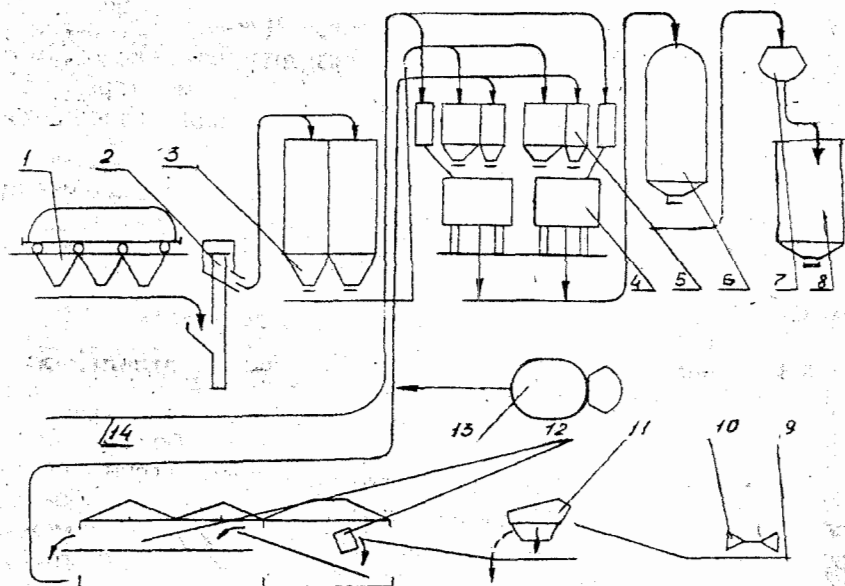


Рис. 3.4.1. Схема транспортно-технологического потока приготовления смеси:

1 – разгрузка свежего песка; 2 – сушка песка; 3 – хранение песка; 4 – смешивающие бегуны; 5 – бункеры-дозаторы с песком, регенератором или оборотной смесью; 6 – выдержка смеси; 7 – разрыхление смеси; 8 – выдача готовой смеси в формовочное отделение; 9 – поступление оборотной смеси с участка выбивки форм; 10 – магнитная сепарация; 11 – просев смеси; 12 – увлажнение и охлаждение смеси; 13 – регенерация песка из смеси; 14 – подача связующих материалов к дозаторам

Складирование, подготовка свежих материалов (сушка песка, размол глины), регенерация отработанных смесей должны осуществляться в изолированных помещениях или выделяться в самостоятельные здания (ВАЗ, КАМАЗ).

Приготовление формовочных смесей, подготовка отработанной смеси, доставка смесей к рабочим местам должны быть объединены в единую транспортную систему, имеющую высокую степень автоматизации и исключаящую применение ручного труда, а также создающую нормальную экологическую обстановку в

цехе. Расчет и планировка отделений регенерации формовочных и стержневых смесей в данном пособии не рассматриваются. Изучить эти вопросы можно по литературе [52,76].

3.4.2. Расчет расхода формовочных смесей и стабилизация их свойств

Общая потребность в формовочных и стержневых смесях для проектируемого цеха устанавливается при расчете программы работы соответствующих отделений и может быть заимствована из табл. 3.2.5 и 3.3.2. При расчете смесеприготовительного отделения необходимо также учесть просыпи смесей на участке формовки. Потребность в формовочных и стержневых смесях определяется в табл. 3.4.1, 3.4.2.

Определение потребности в формовочных и стержневых смесях при массовом и крупносерийном производстве может быть выполнено достаточно точно, исходя из количества и объема применяемых опок, объема металла и количества стержней в опоке. При мелкосерийном, единичном, а часто и серийном производстве прибегают к использованию укрупненных показателей для определения расхода формовочных смесей (облицовочных и наполнительных) на 1 тонну годных отливок.

Эти показатели приведены в литературе [1,3,10]. Имеются различия в расходах, и величины эти отличаются примерно в два раза. Это связано с тем, что в [10] приведены данные для мало-механизированного производства, а в [1,3] для механизированного поточного производства. Анализ фактических расходов формовочных смесей в действующих цехах с механизированной конвейерной и автоматизированной формовкой указывает на большой разбег в расходах формовочных смесей на одну тонну годных отливок (от 4,5 т/т на Аксайском литейном заводе до 15,4 т/т на Куянском литейном заводе). Обобщенные данные по укрупненным расходам формовочных смесей представлены в виде рис. 3.4.2. На нем также приведены некоторые фактические расходы формовочных смесей.

Таблица 3.4.1

Потребность формовочных смесей и свежих материалов на годовую программу

Технологи- ческие пото- ки (конвей- еры АЛЛ, участки)	Наиме- нование смесей	Потребность, т/год			Рецепты смесей и расходных компонентов										
		По рас- чету	На про сыпи	Всего	Оборотная смесь		Обновление								
							Песок		Связую- щие		Добавки				
					%	т/год	%	т/год	%	т/год	1		2		
											%	т/год	%	т/год	
1															
2															
3															

Расчет расхода стержневых смесей по средним нормам

Группа отливок по мас-се, кг	Вы-пуск ста-ли, т/год	Расход смесей, т, по группам стержней по массе, кг								Общий расход, т/год
		16		16-40		40-100		100-1000		
		на 1т отли-вок	в год	на 1т отли-вок	в год	на 1т отли-вок	в год	на 1т отли-вок	в год	

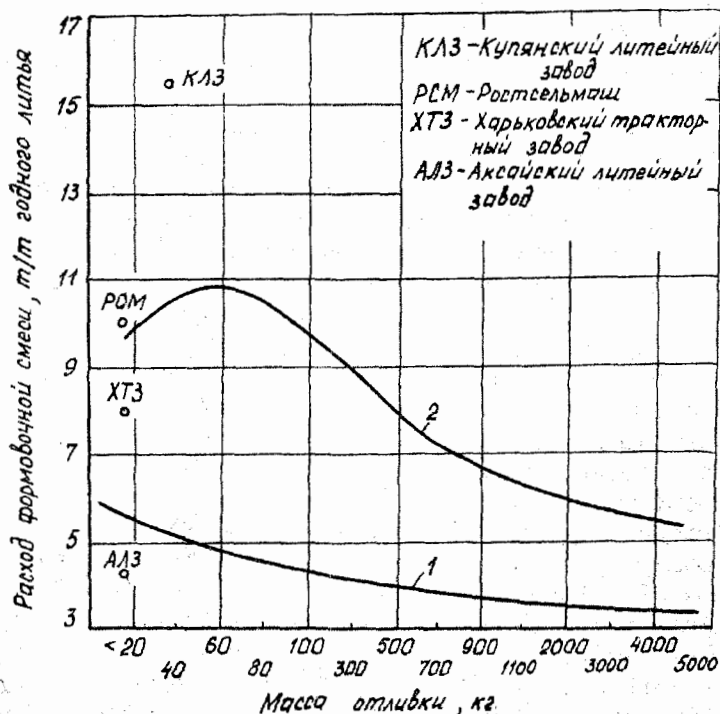


Рис. 3.4.2. Укрупненные данные по расходу формовочных смесей на 1 т годовых отливок в зависимости от массы литья:
1 - мелкосерийное и единичное производство;
2 - крупносерийное и серийное производство

Принятие той или иной величины расхода будет определяться видом литья, развитостью контактной поверхности отливки с формой, величиной теплового критерия отливки (K_t), определяемого по соотношению массы формовочной смеси ($Q_{фс}$) к массе металла (Q_m), отнесенному к приведенной усредненной толщине стенки отливки ($R_{пр}$).

$$K_t = Q_{фс}/Q_m * R_{пр}.$$

Чем ниже величина теплового критерия отливки K_t , тем больше во время оборота формовочной смеси в ней угорают компоненты связующих, а свойства формовочных смесей становятся менее стабильными. Поэтому для получения стабильных свойств формовочных смесей, а также снижения брака литья из-за ухудшения свойств формовочных смесей следует иметь достаточно высокие расходы их.

Исследования, проведенные Поздевым А.Д., показали, что стабильность свойств формовочной смеси определяется на 2/3 стабильностью свойств компонентов смеси. Наибольшее значение при этом имеет температура смеси - она на 50 % определяет стабильность свойств формовочной смеси, среди других факторов значительное влияние оказывает стабильность процесса формовки смеси (10,7 %), а также стабильность дозировки компонентов освежения (8,3 %). На 1/3 стабильность свойств формовочной смеси зависит от технологического процесса (вида применяемого оборудования для смешения, культуры производства). Достаточно устойчивая стабилизация свойств смеси наступает после 6-7 оборотов ее в цикле, а полная стабилизация свойств формовочной смеси достигается лишь после 40 оборотов смеси в цикле.

Отсюда следуют важные практические рекомендации для проектировщика - обеспечить стабильно низкую температуру формовочной смеси перед ее смешением в смесителе. Для этого необходимо иметь большую протяженность транспортных конвейеров для отработанной смеси и большие объемы бункеров для выдержки смеси перед смешением. Объем бункеров отстоя должен обеспечивать 2,5-3 часовую потребность цеха в формовочной смеси. В этом случае перегрева формовочной смеси не наблюдается.

Также придается большое значение стабилизации свойств формовочных смесей [77]. Показано, что колебание активных связующих в смеси в течение дня сильно изменяется, что и сказыва-

ется на нестабильности свойств смеси. Для стабилизации свойств формовочной смеси предложена оригинальная схема гомогенизации формовочной смеси и стабилизация их свойств (рис. 3.4.3) с отбором формовочной смеси на определение формуемости.

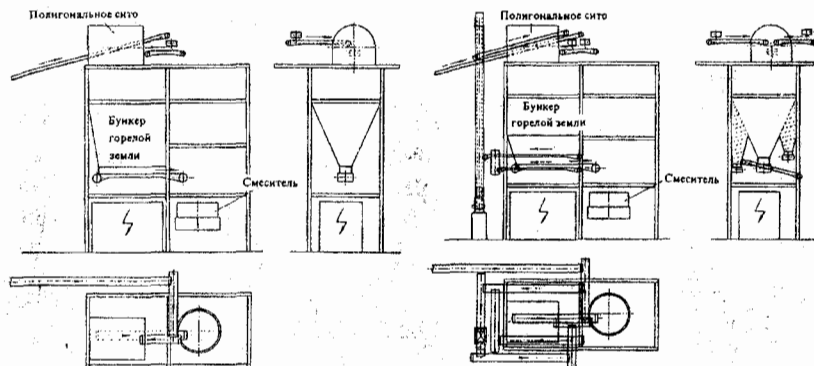


Рис. 3.4.3. Схема циркуляции оборотной смеси в бункере после модернизации

Другой схемой стабилизации свойств формовочных смесей в условиях массового и крупносерийного производства, разработанная Поздевым Ю. А. с сотрудниками [78] и установленная на ряде заводов, является схема, показанная на рис. 3.4.4.

Следовательно, для получения стабильных свойств формовочных смесей проектировщик должен обеспечить условия для хорошего их охлаждения за счет создания протяженных транспортных средств, больших по вместимости бункеров - отстойников или дополнительной циркуляции для формовочной смеси в бункере-отстойнике.

Рецептуры и расход формовочных и стержневых смесей были выбраны при расчете формовочного и стержневого отделений.

В этом случае определяется количество уплотненной формовочной смеси, а в процессе смесеприготовления используются неуплотненные, разрыхленные массы, которые имеют значительно меньшую насыпную плотность.

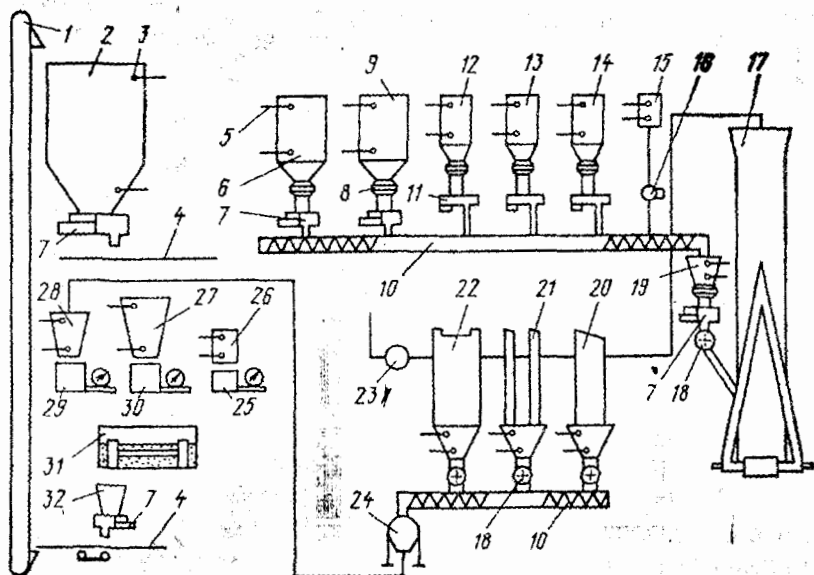


Рис. 3.4.4. Схема участка:

1 – ковшовый элеватор; 2 – бункер освежительной смеси; 3, 5 – уровнемеры; 4 – ленточный желобчатый конвейер; 6 – бункер бентонита; 7 – тарельчатый питатель; 8 – питатель-активатор; 9 – бункер угля; 10 – винтовой конвейер; 11 – винтовой вибрационный питатель; 12 – бункер соды; 13 – бункер крахмалита; 14 – бункер ПАВ «НФ»; 15 – емкость ПАВ «ПФЛХ»; 16 – насос-дозатор ПФЛХ; 17 – противоточная струйная мельница; 18 – шлюзовой питатель; 19 – расходный бункер мельницы; 20 – циклон-осадитель; 21 – батарейный циклон; 22 – рукавный фильтр; 23 – вентилятор; 24 – однокамерный пневматический насос; 25 – дозатор воды; 26 – емкость для воды; 27 – бункер песка; 28 – бункер-разгрузитель компаунда; 29 – дозатор компаунда; 30 – дозатор песка; 31 – бегуны периодического действия; 32 – компенсирующий бункер

Так, для разных легких песчано-глинистых смесей насыпную плотность можно принять $1,2 - 1,25 \text{ т/м}^3$, для уплотненных смесей – $1,55 - 1,6 \text{ т/м}^3$, в редких случаях при импульсном прессовании – $1,65 \text{ т/м}^3$, для наливных самотвердеющих смесей – $1,3 - 1,35 \text{ т/м}^3$.

Количество формовочной смеси на программу в уплотненном виде ($Q_{\text{ну}}, \text{м}^3$) определяют по формуле

$$Q_{\text{ну}} = 0,831 \cdot Q_{\text{у}},$$

где 0,831- коэффициент перехода от весовых к объемным величинам с учетом уплотнения смеси, $\text{м}^3/\text{т}$;

$Q_{\text{у}}$ - количество уплотненной смеси на годовую программу, т.
Для кругносерийного и массового производства расчет количества смеси производят исходя из размеров и числа изготавливаемых форм для всей номенклатуры отливок по каждому виду смеси (см. табл. 3.4.1).

Другой способ расчета сводится к определению расхода формовочной смеси на одну тонну годных отливок в зависимости от их массы по рис. 3.4.1. Тогда уравнение для определения количества уплотненной смеси будет иметь вид

$$Q_{\text{ну}} = 0,831 \cdot q_{\text{уд}} \cdot V_{\text{л}} \cdot K_{\text{н}},$$

где $q_{\text{уд}}$ - расход формовочной смеси в зависимости от массы отливки (по рис. 3.4.1), $\text{т}/\text{т}$ годного литья;

$V_{\text{л}}$ - производительность цеха по данному технологическому потоку, $\text{т}/\text{год}$;

$K_{\text{н}}$ - коэффициент, учитывающий наличие просыпей, брака форм и брака литья.

Коэффициент $K_{\text{н}}$ можно принимать в пределах 1,1-1,25 в зависимости от неравномерности потребления формовочной смеси, что определяется характером производства, группой сложности отливки и величиной просыпи смесей в технологическом процессе.

Имея годовой расход формовочных и стержневых смесей по размерам форм и группам стержней и их рецептуре, рассчитывают расход компонентов по табл. 3.4.1 и 3.4.3 с учетом потерь при транспортировании в процессе формообразования. Эти данные используют в расчетах складов и смесеприготовительного оборудования.

Таблица 3.4.3

Расчет расхода формовочных смесей их компонентов

Формовочная смесь			Расход компонентов									
Вид	Годовой расход, т/год		Оборотной смеси		Кварцевого песка		Регенерата		Бентонита		Добавки	
	всего	с учетом потерь	%	т/год	%	т/год	%	т/год	%	т/год	%	т/год

3.4.3. Выбор типа смесителей и расчет потребного количества оборудования

Свойства формовочных смесей в значительной мере определяются процессом смешения, включающим в себя технологию смешения: порядок ввода компонентов, продолжительность смешения как сухих, так и влажных компонентов, точность дозирования, а также видом смесителя, обеспечивающего равномерное нанесение связующего и воды на поверхность отдельной песчинки и по всему объему смеси, определенную скорость движения смеси и работу по нанесению связующего.

В работе [79] показано, что для смесей, содержащих глину, целесообразно использовать катковые смесители, для приготовления смесей без глины или смесей, содержащих активированную глину (в обработанной смеси), - смесители лопаточного типа.

В этой работе показано также, что смесители с высокоскоростной мешалкой значительно лучше перемешивают компоненты смеси, время перемешивания может быть сокращено при увеличении прочности смеси и улучшении ее газопроницаемости.

Это связано с тем, что здесь реализуется принцип механоактивации смеси, что положительно отражается на ее свойствах.

Для каждого типа смесителя имеется свое рациональное время перемешивания компонентов. Для катковых смесителей оно большое, для сдвоенных с горизонтальными катками меньше, а для лопатных смесителей еще меньше.

Известны несколько типов смесителей периодического и непрерывного действия. Наиболее распространенными в РФ являются смесители с катками и плужками.

За рубежом широко распространены смесители с высокоскоростными роторами.

С появлением песчано-смоляных смесей были разработаны шнековые смесители непрерывного действия, оборудованные насосами - дозаторами для дозирования подачи смолы и катализаторов. Для катковых смесителей характерны большие длительности смешения, а для шнековых смесителей необходим короткий цикл перемешивания, чтобы не произошло отверждения смеси в процессе перемешивания.

Рекомендации по выбору того или иного вида смесителей в условиях различного производства и разного типа смесей приведены в табл. 3.4.4.

Рекомендации по использованию смесителей

Тип смесителя	ПГС		ХТС		
	мелко-серийное и единичное	крупносерийное и массовое	Отверждение в оснастке		быстротвердеющее
1. Смеситель с двумя катками на горизонтальной оси с неподвижной чашей	⊕	○	○	○	--
2. Смеситель с одним катком на горизонтальной оси и скребком	⊕	○	⊕	⊕	--
3. Смеситель с парой двойных катков на горизонтальных осях с двойными неподвижными чашами	--	⊕	--	--	--
4. Смеситель с катками на вертикальной оси в неподвижной чаше	--	⊕	--	○	--
5. Смеситель с вращающейся чашей и катками на горизонтальных осях	○	⊕	--	--	--
6. Смеситель с неподвижной чашей, вращающимися лопастями и высокоскоростной мешалкой	⊕	⊕	○	--	○
7. Одножелобный высокоскоростной шнековый смеситель	--	--	⊕	⊕	⊕
8. Двухступенчатый с низкоскоростным лопастным смесителем	--	--	○	⊕	○
9. Лопастной смеситель с горизонтальным валом	○	○	⊕	○	○
10. Двухступенчатый смеситель с вторичным высокоскоростным коническим вертикальным смесителем	--	--	○	○	⊕

⊕ - рекомендуется; ○ - возможно использовать; -- - не рекомендуется.

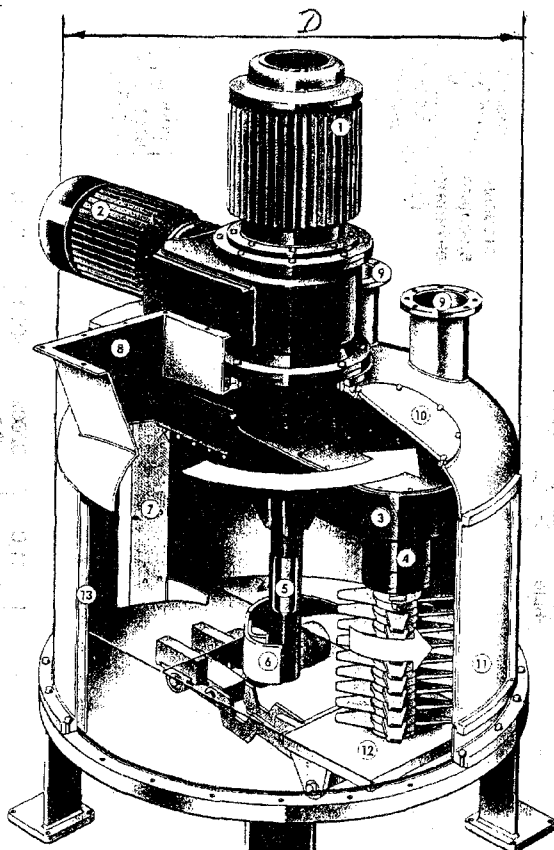
В зарубежной практике широко используются смесители типа 6, 8 и 10 из табл. 3.4.4. Смесители с вихревой головкой производит германская фирма Wohlg и другие фирмы (см. рис.3.2.15, 3.2.16).

Смесители для песчано-глинистых смесей с высокоскоростной мешалкой (тип 6, см.табл. 3.4.4) выпускаются фирмой Georg Fischer (Швейцария). Внешний вид установки и некоторые технические данные показаны на рис. 3.4.5. Фирма Eirich (Германия) производит высокоскоростные смесители объемом от 3 до 7 тыс.л с постоянным компьютерным контролем за качеством смеси. Эти смесители оборудованы системой отсоса пыли, полностью герметизированы и имеют высокоточные системы дозирования отработанной смеси, добавок и воды.

При приготовлении жидких самотвердеющих смесей для наливной формовки применяются установки периодического действия с широким диапазоном производительности от 8 до 30 м³/ч, в том числе передвижные для изготовления крупных форм (см. табл. 3.2.9).

Отечественная промышленность и заводы литейного оборудования СНГ выпускают большую гамму разнообразного оборудования для приготовления и подготовки смесей к формовке (табл. 3.4.5-3.4.8).

Основные виды оборудования для охлаждения формовочных смесей (6 наименований), для просеивания их (8 наименований), для смешивания компонентов формовочной смеси как периодического, так и непрерывного действия (13 наименований), аэраторы для рыхления формовочных смесей (8 наименований), а также установки для приготовления плакированных смесей (2 наименования), машины для дробления отработанных формовочных смесей представлены в каталоге "Технологическое оборудование для литейного производства 1991-1995 " [80].



Тип	Произ- водство, т/ч	Диаметр D, мм	Загрузка, т	Цикл, с	Турбина, кВт	Плужки, кВт
SAM25	28	1600	0,75	90	45	22
SAM70	70	2000	1,75	90	90	45
SAM120	110	2500	3,0	100	160	75
SAM160	160	2800	4,5	100	250	110

Рис. 3.4.5. Схема и технические данные смесителя GF:

1 – привод турбины; 2 – привод вращения плужки; 3 – плужок; 4 – турбина; 5 – центральная труба с подводом воды; 6 – плуг; 7 – сбрасыватель; 8 – загрузочное окно; 9 – загрузка добавок; 10 – верхнее обслуживающее окно; 11 – обслуживающее окно; 12 – нижняя заслонка; 13 – кожух

Таблица 3.4.5

Установки для охлаждения отработанных формовочных смесей

№ п/п	Наименование оборудования	Модель	Назначение и область применения	Основные данные			Габаритные размеры (длина, ширина, высота), мм	Масса, кг	Производительность отсасывающего вентилятора, м³/ч	Завод-изготовитель
				Производительность, м³/ч	Температура смеси на выходе, °С	Мощность электродвигателей, кВт				
1	Охладитель смешивающий	11322	Для охлаждения отработанных смесей	70	50	55,5	5800х4300х3345	8000	15000	Волков-Высский завод литейного оборудования
2	Установка для охлаждения отработанной формовочной смеси	16413	Для охлаждения отработанных смесей методом испарения	80	30-40	65,1	38600х10800х6500	40000	70000	Пинский завод литейного оборудования, ПО «Кузлитмаш»
3	Сито инерционное для грубой и тонкой очистки	13514	Для просеивания отработанных формовочных смесей	100	20	11,0	4000х3200х4500	8000	10000	Пинский завод литейного оборудования

Таблица 3.4.6

Смесители литейные чашечные с вертикально-вращающимися катками

№ п/п	Наименование оборудования	Модель	Назначение и область применения	Основные данные						Объем отсасываемого воздуха, м ³ /ч	Завод-изготовитель
				Производительность, м ³ /ч	Объем замеса, м ³	Продолжительность цикла, мин	Мощность электродвигателей, кВт	Габаритные размеры (длина, ширина, высота), мм	Масса, кг		
1	Смеситель литейный чашечный периодического действия	15111	Для измельчения и просеивания сухих материалов	9-1,5*	0,25	2-10	5,0	2000x1865x2895	5050	2000	Волковысский завод литейного оборудования
2		15112		15-2,4	0,4	2-10				3000	
3	Бегуны литейные смешивающие периодического действия с вертикально-вращающимися катками	15107M		60-9,5	1,6		110,0	5315x5000x6140	1700	6000	

* При изготовлении стержневых смесей.

№ п/п	Наименование оборудования	Модель	Назначение и область применения	Основные данные						Объем отсасываемого воздуха, м ³ /ч	Завод-изготовитель
				Производительность, м ³ /ч	Объем замеса, м ³	Продолжительность цикла, мин	Мощность электродвигателей, кВт	Габаритные размеры (длина, ширина, высота), мм	Масса, кг		
4.	Бегуны литейные смешивающие периодического действия с вертикально-вращающимися катками	15104M	Для измельчения и просеивания сухих материалов	30-4,8	0,8	2-10	45,0	3720x3650x5250	10100650	6000	Волковисский завод литейного оборудования
5.		15114		30-4,8	0,8	2-10				6000	
6		15108M		110-18,0	3,0	2-10	160,0	5500x4800x6310	23000	9000	

Примечание. Смесители поставляются в комплекте с дозирующими устройствами для отработанной смеси, двух пылевидных компонентов и воды.

Таблица 3.4.7

**Смесители с горизонтально-вращающимися катками
для приготовления формовочной и стержневой смеси**

№ п/п	Наименование оборудования	Модель	Производительность, м³/ч	Объем замеса, м³	Мощность электродвигателей, кВт	Габаритные размеры (длина, ширина, высота), мм	Масса, кг	Оптовая цена, руб. (1990 г.)	Завод-изготовитель
1	Смеситель литейный центробежный периодического действия	15326М	60-12	1,0...0,8	110	4500х* 3500х 2900	12500 1200	20000	Волковысский завод литейного оборудования
2		15328	96-18	1,6...0,2	160	6580х* 4045х 3600	14200*	25200	
3	Смеситель литейный чашечный непрерывного действия (сдвоенный)	15814	160		276	4100х 4200х 3500	30000	18000	

* Без дозирующих устройств.

Таблица 3.4.8

Аэраторы надленточные для разрыхления формовочных смесей

№ п/п	Наименование оборудования	Модель	Назначение и область применения	Основные данные						Завод-изготовитель
				Производительность, м ³ /ч	Ширина ленточного конвейера, мм	Количество отсасываемого воздуха, м ³ /ч	Мощность электродвигателей, кВт	Габаритные размеры (длина, ширина, высота), мм	Масса, кг	
1	Аэратор литейный готовой формовочной смеси	16142	Для разрыхления формовочной смеси после приготовления ее в смесителе	650	70	600	7,5	2345х1065х2165	920	Пинский завод литейного оборудования
2		16146		1400	320	1200	30,0	2480х1935х2385	1600	

Здесь можно найти и некоторые технические характеристики оборудования: производительность, габариты, установленная мощность электродвигателей и заводы-изготовители его.

Необходимо отметить, что в каталоге имеются комплексы технологического оборудования для автоматизированных систем смесеприготовления и регенерации песков из обработанных смесей производительностью от 16 до 400 м³/ч.

Всего представлено 8 комплексов с производительностью соответствующей нормальному ряду чисел 16, 25, 40, 63, 100, 160, 240 и 400 м³/ч.

Проанализировав условия работы смесеприготовительного оборудования и рецептуру формовочных и стержневых смесей, можно рассчитать количество смесителей для удовлетворения потребности цеха в соответствующих смесях.

Другое оборудование необходимо выбирать по принятой технологической схеме приготовления формовочных смесей.

В основу расчета положена потребность в формовочных и стержневых смесях для обеспечения годовой программы цеха (табл. 3.4.1 или 3.4.3).

Потребное количество смесителей (N) рассчитывается по формуле

$$N = Q_y \cdot K_n / \Phi_d \cdot q,$$

где Q_y - количество уплотненной формовочной или стержневой смеси, м³;

Φ_d - действительный годовой фонд времени работы смесителей, ч;

q - производительность смесителя, м³/ч;

K_n - коэффициент неравномерного потребления смеси, для единичного мелкосерийного и серийного 1,2 - 1,4; массового 1,1 - 1,3.

Расчет потребного числа смесителей, если они не одного типа и предназначены для разных технологических потоков, сводятся к заполнению табл. 3.4.9.

Определив необходимое оборудование, можно приступить к принятию объемно-планировочных решений по размещению и определению производственных площадей смесеприготовительного отделения.

Расчет количества и загрузки смесителей

Технологический поток	Расход смеси, м^3		Смесители				
	На годовую программу	Часовая потребность в смеси	Тип	Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	Расчетное число	Принятое число	Коэффициент загрузки, %
Формовочные смеси АПП I АПП II							
Итого формовочных смесей							
Стержневые смеси Группа I Группа II							
Итого стержневых смесей							
Всего смесей							

3.4.4. Проектные решения по смесеприготовительным отделениям

При проектировании смесеприготовительных отделений различают два подхода.

Первый подход - создание централизованного смесеприготовительного отделения - характерен для цехов единичного, мелкосерийного и серийного производства, которое позволяет использовать имеющиеся мощности оборудования для производства различных смесей и тем самым увеличивать загрузку оборудования.

При этом желательно не смешивать обратные смеси, поступающие с отдельных формовочных участков, а предусматри-

вать для них отдельные потоки и емкости для накопления. Проектирование такого отделения осуществляется на основании компоновки принятого по расчету технологического оборудования.

Второй подход - создание отдельной смесеприготовительной установки для каждой высокопроизводительной АЛЛ - применяется при крупносерийном и массовом производстве отливок, что позволяет получать стабильные свойства формовочных смесей и сокращать брак литья. В этом случае лучше использовать автоматизированные системы смесеприготовления и регенерации в соответствии с их производительностью (рис.3.4.6).

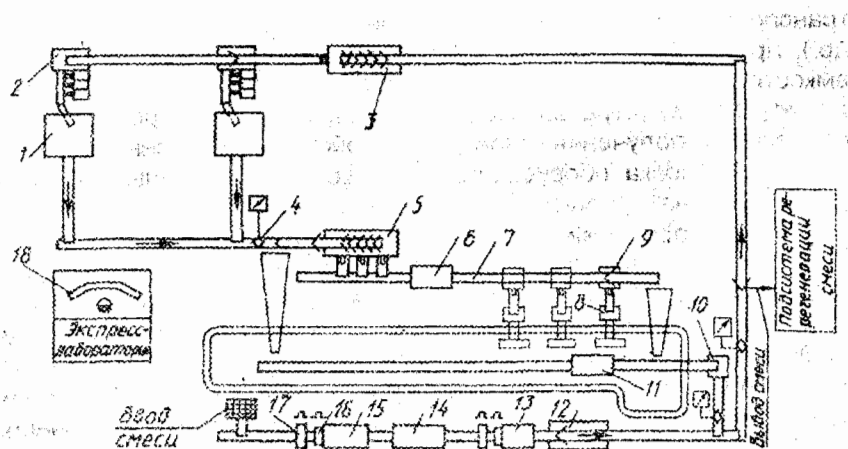


Рис. 3.4.6. Комплекс технологического оборудования автоматизированных смесеприготовительных систем для приготовления единых формовочных смесей:

1 – смеситель с дозаторами; 2 – расходный бункер; 3 – бункер отработанной смеси; 4 – весоизмеритель ленточный; 5 – бункер-отстойник готовой смеси; 6 – азратор готовой смеси; 7 – система ленточных конвейеров; 8 – приемный бункер формовочного автомата; 9 – расходный бункер готовой смеси; 10 – бункер непринятой смеси; 11 – азратор просыпи; 12 – охладитель; 13 – сито тонкой очистки; 14 – азратор отработанной смеси; 15 – сито грубой очистки; 16 – электромагнитный шкив; 17 – магнитный сепаратор; 18 – комплект технических средств для централизованного управления смесеприготовительным отделением с единым пультом управления

Смесеприготовительное отделение в составе литейного цеха может размещаться как в середине цеха, что сокращает путь смеси к формовочным агрегатам и возврат ее после выбивки в технологический поток, так и в торце цеха, что позволяет устраивать в отделении хорошие складские помещения для свежих формовочных материалов и организовать спокойную работу по их разгрузке. В высокопроизводительных цехах большой производительности смесеприготовительное отделение и регенерация смеси выносятся в отдельно стоящее здание, из которого ведется централизованное снабжение цехов и АЛЛ формовочной смесью по транспортерным системам большой протяженности (ЧЗПТ, ВАЗ и др.), при этом возле таких отделений устанавливают силосные емкости для хранения свежего песка. На особо крупных предприятиях (КАМАЗ) устраивают обогатительные фабрики формовочно-го песка для получения стабильных свойств формовочных смесей.

Компоновка оборудования в смесеприготовительном отделении связана с принятой технологической схемой смесеприготовления и подготовки отработанной смеси.

Отделение смесеприготовления отличается большой высотой и поэтому в ряде случаев, при расположении отделения в середине цеха, приходится делать многоэтажные вставки, превышающие среднюю высоту цеха. Большую проблему представляет подъем смесей на соответствующую высоту, что достигается или использованием элеваторов, или наклонных ветвей ленточных конвейеров большой протяженности из ограниченного угла наклона конвейера.

Рассмотрим в качестве примера схему компоновки и работу смесеприготовительной установки (рис. 3.4.7) чугунолитейного цеха ВАЗа.

Установка состоит из смесителей 12, блока бункеров для оборотной смеси 5 и сухого песка 6, дисковых питателей 7 и 8, дозирующих емкостей 9, дозаторов воды и суспензии 10.

Загрузка бункеров оборотной смесью осуществляется ковшовым элеватором 1, ленточным конвейером 2 и плужковым сбрасывателем 4, а загрузка песком - ленточным конвейером 3.

Оборотная смесь и свежий песок при помощи дисковых питателей поступают в дозирующие емкости, представляющие бункеры, установленные на тензодатчики и снабженные челюстными затворами 11.

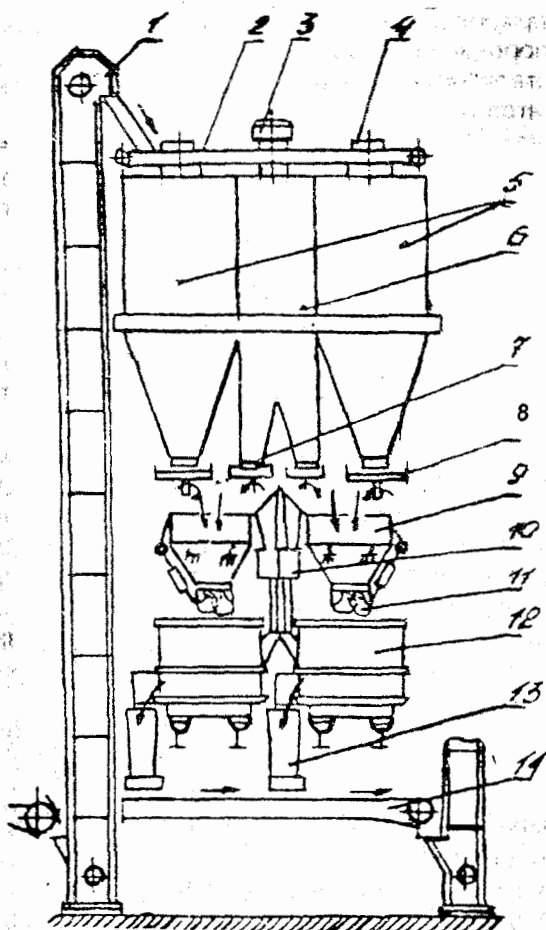


Рис. 3.4.7. Схема смесеприготовительной установки чугунолитейного цеха ВАЗа

Доза песка определяется временем работы дискового питателя, а доза оборотной смеси фиксируется весовой системой, которая подает команду на прекращение загрузки и открытие челюстных затворов в емкости 9 по достижении заданного веса. Готовая смесь выгружается из смесителей в промежуточные емкости

13 и далее при помощи питателей выдается на ленточный конвейер 14 транспортной системой.

Смесители обычно снабжаются автоматическими устройствами для контроля и регулирования влажности смеси, а также системой автоматического управления, осуществляющей заданный технологический цикл. Система автоматического управления рабочими циклами перемешивания смеси в катковых или маятниковых смесителях осуществляется обычно с помощью набора реле времени или же командоаппарата кулачкового типа.

Влажность отработанной формовочной смеси и ее температура непостоянны и в течение смены могут колебаться в пределах до одного процента абсолютной величины, поэтому доза воды на замес также не может быть одинаковой и всякий раз требуется ее корректировка.

Цель автоматизации работы смесеприготовительных установок, включающих смесители и систему дозаторов для компонентов смеси, - исключить участие человека в управлении этими устройствами. За человеком остается задача предварительной выработки программы действия. Для осуществления этой программы (в случае использования смесителей циклического действия) необходимо, чтобы рабочие органы элементов установки включались и выключались в определенное время в требуемой последовательности.

Особое внимание должно уделяться точности дозировки компонентов, ибо это в значительной мере определяет качество смеси. Поэтому в последнее время при приготовлении формовочной смеси используются математические модели расчета компонентов смеси с использованием ЭВМ. Необходимо вести постоянный контроль за свойствами формовочных смесей путем периодического контроля в лаборатории формовочных материалов, а также устанавливая на смесеприготовительные установки систему автоматического контроля смеси на формируемость, которая производит автоматическую коррекцию влажности формовочной смеси в зависимости от технологических требований. Такая коррекция влажности замеса нашла широкое распространение за рубежом, а также в нашей стране [81].

При компоновке смесеприготовительных отделений важно учитывать характер производства и степень равномерности потребления смесей в течение рабочего дня.

В мелкосерийном и единичном производстве, где имеет место большая неравномерность в потреблении смесей, рекомендуется в составе линий предусматривать бункеры-отстойники для хранения, выравнивания по влажности и охлаждения смеси. Емкость бункеров должна обеспечивать запас смеси на 2-4 ч работы отделения.

Для подачи сыпучих материалов (сухой песок, сухая молотая глина и т.д.) в бункера над бегунами рекомендуется применять пневмотранспорт. Подготовленная оборотная смесь транспортируется с помощью ленточных конвейеров.

Жидкие компоненты смесей (связующие, эмульсии и вода) поступают в бегуны по трубопроводам. Подача типовых формовочных смесей к местам потребления осуществляется ленточными конвейерами, а стержневая смесь - пневмотранспортом или кубеями.

Раздача смесей по рабочим бункерам должна быть полностью автоматизирована. Число рабочих операторов при автоматической смесеприготовительной установке: 1 пультащик + 1 рабочий на каждые двое бегунов для стержневой смеси. При механизированной установке - 1 пультащик + 1 рабочий на каждые двое бегунов для стержневой смеси + 1 рабочий на батарею бегунов для формовочной смеси. Число вспомогательных рабочих должно быть следующим: обслуживающих механизированный поток оборотной смеси - 1 рабочий на 20-30 тыс.т/год смеси, но не менее 1 человека на транспортную систему длиной 100-120 м; обслуживающих транспортер готовых смесей - 1 рабочий на 15-20 тыс. т/год смеси.

Примеры компоновок смесеприготовительных отделений в различных литейных цехах приведены в прил. 2.

3.5. Проектирование термообрубного отделения

При переходе к рыночной экономике резко возросли требования к качеству отливки и, в первую очередь, к ее товарному виду. Именно товарный вид отливки в значительной мере определяет ее конкурентоспособность. Это, в свою очередь, зависит от применяемого технологического процесса и организации процессов очистки, термообработки и грунтовки отливок в термообрубном отделении.

Процессам получения точных и качественных отливок с низкой шероховатостью поверхности, которые осуществляются в термообрубном отделении, в отечественной и зарубежной практике уделяется все большее внимание [82,83].

В зависимости от сплава, из которого изготовлена отливка, термообрубное отделение литейного цеха может занимать в струк-

туре цеха разное положение. При литье отливок из серого чугуна неотвественного назначения термическое отделение вообще может отсутствовать в составе литейного цеха (например, цех изложниц и поддонов). С другой стороны, если отливки изготавливаются из ковкого чугуна, то термообрунное отделение может быть выделено в самостоятельный цех.

Как правило, в составе литейного цеха имеется термическое отделение, которое совмещает в своем составе и очистное отделение.

3.5.1. Состав термообрунного отделения

В состав термообрунного отделения входят следующие участки:

1. Участок первичной очистки литья, включая выбивку стержней, и первичной очистки отливок.
2. Участок термической обработки отливок.
3. Участок вторичных очистных операций.
4. Участок огневой очистки литья.
5. Участок правки отливок (если они подвержены короблению).
6. Отделение грунтовки отливок.
7. Промежуточные (межоперационные) склады отливок.
8. Подъемно-транспортное оборудование отделения.
9. Участок исправления дефектов.

Схемы технологических процессов очистки чугунного и стального литья показана на рис.3.5.1. Такая многостадийная схема обработки отливок с рядом промежуточных контролей отливки определяет ряд особенностей в проектировании термообрунных отделений, связанных со следующими обстоятельствами:

- номенклатуру литья цеха в связи с большой разницей в габаритах, массе и сложности геометрических форм трудно объединить в одинаковые технологические потоки;
- оборудование для очистки обладает малой производительностью и имеет маломощный отсос пыли;
- сложность комплексной механизации и автоматизации производства очистки и обработки литья;
- необходимость организации непрерывного цикла термообработки отливок (работа в три смены);
- плохие условия труда при очистке отливок (пыль, тепловыделение, искры и др.);
- необходимость в промежуточных складах при проведении последовательных технологических операций.

Чугунные отливки



Мелкие стальные отливки



Рис. 3.5.1. Схема процесса очистки чугуновых и стальных отливок

Организация технологического процесса и оборудование для очистки литья подробно описана в литературе [82,84], здесь же указаны основные пути совершенствования технологии и оборудования при финишных операциях получения литья, знакомство с которыми облегчит выбор технологии очистки и оборудования для ее осуществления.

3.5.2. Технологические процессы и оборудование для очистки литья

Существует большое разнообразие методов очистки литья, широко используемых как в отечественной, так и в зарубежной практике, причем происходит эволюция в методах очистки. От ряда методов (струйная очистка) из-за их санитарной опасности отказались, а ряд способов (дробеметный и электрогидровывивка [84,85], электрохимический [86,87]) получают все большее распространение, вытесняя более экологически грязные способы очистки.

В практике литейного производства широко распространены следующие методы выбивки стержней: пневмомолотками (вручную), пневмовибраторами, гидравлические, электрогидравлические, дробеметные. Иногда выбивка стержней совмещается с очисткой поверхности литья.

Каждый из перечисленных методов имеет свою область применения в зависимости от группы сложности литья, массы отливки и серийности производства.

Пневмомолотки используются для выбивки разнообразных стержней при мелкосерийном и единичном характере производства, когда имеется разнообразная номенклатура отливок.

Применение пневмовибраторов снижает трудоемкость выбивки стержней примерно в два раза, и в местах их применения можно организовать отсос запыленного воздуха и уборку выбитой стержневой смеси.

Гидровывивка стержней и очистка отливок применяется для средних и крупных отливок со значительными и сложными внутренними полостями. Реже этот метод используется для небольших отливок массой до 50-100 кг. Этот способ имеет высокую производительность, возможность регенерации песка отработанных смесей при низкой стоимости ее. Однако для организации гидровывивки требуются значительные площади под отстойники, специальные камеры для очистки и насосные станции воды высокого

давления. Гидроочистка приводит к повышению производительности в 3-8 раз и тем выше, чем сложнее литье, при этом стоимость литья снижается на 10-30 % в зависимости от масштабов производства и особенностей отливки. Дополнительные затраты на установку гидровывивки окупаются в течение 1-2 лет.

Очистка литья осуществляется следующими способами: в галтовочных барабанах периодического или непрерывного действия, в барабанах и камерах дробеметной и дробеструйной очистки.

В барабанах очищают обычно толстостенные отливки массой до 40 кг, тонкостенные отливки очищают редко, так как такие отливки могут быть повреждены в процессе очистки (облом ребер).

При этом способе очистки отливки частично освобождаются от стержней. Способ прост по технологии, дешев и производителен, но связан с большим пылевыведением и шумом.

Технические характеристики барабанов галтовочных очистных периодического действия, выпускаемых отечественной промышленностью, представлены в табл.3.5.1 [52].

Таблица 3.5.1

Барабаны очистные галтовочные периодического действия

№ п/п	Наименование изделия	Модель ----- Код ОКП	Основные параметры								
			Объем загрузки, м ³	Наибольшая масса загрузки (без звездочек), кг	Наибольшая масса очищаемой отливки, кг	Внутренние размеры барабана, мм	Размеры грузочного окна, мм	Производительность по чулуну, т/ч	Продолжительность цикла, мин	Объем отсасываемого воздуха, м ³	Мощность, кВт
1	Барабан очистной галтовочный периодичес- кого действия	41114 ----- 41331413	0,8	1800	40	Ø900x1400	1250 x600	2,4	45	1800	9,9
2	Барабан очистной галтовочный	41114-1 ----- 41331414	0,8	1800	40				20		

Барабаны непрерывного действия отличаются тем, что они не требуют остановки для загрузки и выгрузки отливок и поэтому производительны. Эти барабаны имеют два кожуха - внутренний и внешний. Отливки непрерывно загружаются во внутренний кожух и перемещаются по направлению к противоположному концу, а по внешнему кожуху во внутреннюю часть сквозь особые прорезы поступают закаленные звездочки. Барабаны непрерывного действия более экологичны, чем барабаны периодического действия, они имеют более высокую производительность (но имеют сложную конструкцию). Технические характеристики галтовочных барабанов непрерывного действия представлены в табл.3.5.2.

Более универсальным и качественным способом очистки является очистка дробью - наиболее широко распространенный способ очистки литья, а также других поверхностей [82].

Для очистки литья применяют различные конструкции барабанов - закрытые и полубарабанные (с пластинчатой или резиновой лентой). Барабаны могут быть периодического или непрерывного действия.

Барабаны должны иметь плотную загрузку рабочего пространства, что повышает их производительность. При очистке больших по габаритам отливок необходимо их смешивать с мелкими отливками для повышения плотности загрузки и повышения производительности барабана. При очистке в барабане разнообразных отливок кроме очистки дробью имеет место очистка трением отливок друг о друга, что повышает производительность барабана. В барабанах целесообразно очищать отливки, не склонные к трещинообразованию и поломкам.

Техническая характеристика отечественных дробеметных барабанов периодического действия приведена в табл.3.5.3 [80].

Широко используют дробеметную очистку за рубежом. Лидером в этом отношении является известная швейцарская фирма-производитель разнообразного литейного оборудования "Georg Fisher" (+GF+) [88-90]. Фирма давно занимается производством очистного оборудования и поставляет его во многие страны.

Технические характеристики некоторых типов очистных барабанов этой фирмы приведены в табл.3.5.4.

Таблица 3.5.2

Барабаны очистные галтовочные непрерывного действия

№ п/п	Наименование изделия	Модель код ОКП	Основные параметры								Масса, т
			Производительность по грузу, т/ч	Наибольшая объемная диагональ очищаемой отливки, мм	Наибольшая масса очищаемой отливки, кг	Количество дробеметных аппаратов, шт.	Производительность, кг/мин	Объем отсасываемого воздуха, м ³ /ч	Мощность, кВт	Габарит, мм	
1	Барабан очистной дробеметный непрерывного действия	<u>41212</u> 4133 2213	5	700	40	2	-	7800	22*	7640x 2570x 2440	15,46
2		<u>42322M</u> 4134 2313	7,3	700	25	2	250	17000	64	7600x 4500x 7100	29,0
3		<u>42434</u> 4134 2412	16,0	850	80	2	250	-	166	9000x 7000x 7000	70
4		<u>42323</u> -	8,0	700	25	-	-	-	65	7500x 4800x 7000	29

* Расход электроэнергии кВт·ч/т.

Таблица 3.5.3

Барабаны дробетные конвейерные периодического действия

№ п/п	Модель код ОКП	Основные параметры									
		Тип подвижного пода	Назначение	Объем загрузки, м ³	Масса загрузки, кг	Наибольшая масса очищаемой отливки, кг	Наибольшая объемная диагональ отливки, мм	Производительность по чугуну, т/ч	Габарит, мм	Мощность, кВт	Масса, т
1	<u>42203</u> 4134 1317	Транспортная лента	Очистка	0,3	600	40	450	4,6	4700x4370x5700	21,5	10,7
2	<u>42223</u> 4134 1316	Металлический	Выбивка, очистка	0,3	800	100	700	2,0-5,6	5000x4500x5000	36,4	17,0
3	<u>42246</u> 4134 1615	Металлический	Очистка	1,2	3000	500	700	13	5300x5800x7500	61,7	29
4	<u>42236</u> 4134 1614	Металлический	Выбивка, очистка	1,2	3000	500	700	5,4-10,5	6000x7000x6000	85	32,5
5	<u>42237</u> 4134 1712	Металлический	Выбивка, очистка	2,0	5000	1000	1000	8-18,5	9000x8000x6700	126	74

- Примечания: 1. Все барабаны поставляются в комплекте со скиповым погрузчиком; высота указана над уровнем пола.
2. Пределы производительности указаны для содержания стержней в отливках от максимально допустимого количества до полного их отсутствия.

Таблица 3.5.4

**Технические характеристики очистных барабанов
с пластичной лентой GF**

Параметры	WST-7E	WST-11AS	WST-MEN	WST-28E	WST-70E
Максимальный объем загрузки, м ³	0,2	0,35	0,40	0,50	2,0
Максимальная масса загрузки, кг	450	900	900	1300	5000
Максимальная масса одной отливки, кг	85	150	150	250	1000
Диаметр барабана, мм	820	930	1000	1300	1600
Длина барабана, мм	1000	1130	1200	1600	2430
Габаритные размеры, мм	3000х 2700х 4900	5200х 3300х 5600	4300х 3300х 5100	4400х 3800х 6000	7900х 4400х 8000
Количество отсасываемого воздуха, м ³ /ч	5000	5000	5000	10000	10000
Энергетическая мощность, кВт	17	28	25	51	128

Машины типа Е служат для выбивки стержней из отливок, удаления песка и очистки поверхности. Машины типа AS кроме этого выполняют так называемую выбивку-очистку с регенерацией смеси. Эти машины часто работают с линиями безопочной формовки или при очистке отливок, полученных в формах из ХТС.

Для повышения производительности очистных машин и создания автоматического режима их работы очистные установки комплектуются различными дополнительными устройствами - загрузочными, кантовочными и транспортными.

Больших успехов добилась фирма "Георг Фишер" в дробеструйной обработке отливок двигателей внутреннего сгорания и других автомобильных и машиностроительных отливок. Она последовательно осваивает установки с подвесными конвейерами, проходящими через дробебетные камеры, дробебетные камеры с катящими клетками, в которые помещается отливка блока цилиндров и перемещается через две дробебетные камеры при вращении клетки, полностью очищает от стержней поверхность пригара, при этом удаляется дробь из отливок (рис. 3.5.2);

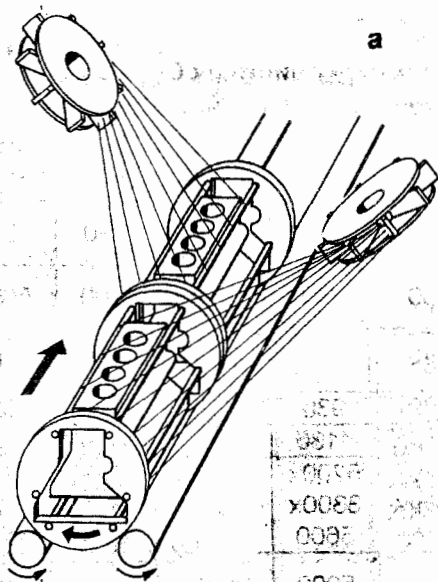
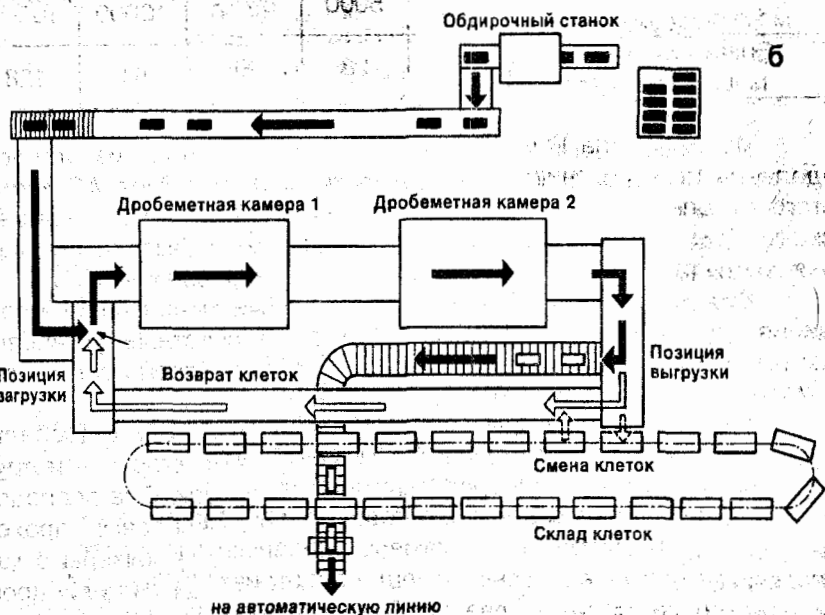


Рис. 3.5.2. Дробетметная установка с катящимися клетками:
а – схема процесса;
б – планировка установки



дробеметные установки с вращающимися камерами, установки с ярмовыми тележками, специально приспособленными для очистки деталей двигателей грузовых автомобилей и тракторов со сложными внутренними каналами охлаждения и других крупных деталей; универсальные установки с вращающимися камерами (четырёхкамерная), дробеметные камеры с вращающейся клеткой, дробеметный барабан непрерывного действия системы ДТ.

Так на литейном заводе Германии имеется установка с катящими клетками, оборудованная 12 дробеметными турбинами мощностью по 30 кВт каждая, имеется склад клеток примерно для 20 моделей. Установка достигла производительности очистки до 250 отливок в час (малой и средней массы до 160 кг).

Установки с ярмовыми тележками предназначены для очистки крупных отливок блока цилиндров массой до 500 кг или клетки с разнообразными отливками в пределах диаметра клетки и ее грузоподъемности. Наиболее крупные такие установки производят очистку отливки до 500 кг в течение 50 с, при этом используется 24 турбины мощностью по 30 кВт каждая.

Наиболее универсальным очистным оборудованием фирмы "Георг Фишер" является непрерывный дробеметный барабан с наклонной осью вращения (рис.3.5.3). Барабан типа ДТ является двухлопастковым. Перфорированный износостойчивый внутренний барабан подразделяется на очистной барабан, имеющий коническую форму, и отделительный барабан с жестко закрепленным внутренним шнеком. Очистной и отделительный барабаны представляют собой одно целое. Барабан оборудован одной или двумя дробеметными турбинами, дающими поток дробы на всю длину очистного барабана.

В отечественной практике дробеметной очистки широко распространены дробеметные камеры, которые позволяют производить очистку отливок различной массы, формы и сложности. Различают камеры периодического действия с вращающимся столом, поворотным столом и с тележками. Все камеры имеют существенный недостаток, связанный с необходимостью поворачивать отливку после очистки с целью очистки той поверхности, на которой она располагалась первоначально. Отливку нужно извлекать из камеры, переворачивать и снова помещать в камеру. Это снижает производительность очистных камер.

Технические характеристики камер дробеметно-дробеструйной очистки периодического действия для очистки крупногабаритного литья показаны в табл.3.5.5.

Таблица 3.5.5

Камеры очистные дробеметно-дробеструйные периодического действия с тележками

№ п/п	Модель Код ОКП	Основные параметры							
		Грузо- подъем- ность сто- ла/тележ- ки, кН	Коли- чество теле- жек	Коли- чество аппа- ратов *	Наибольшие раз- меры очищаемых отливок, мм	Производи- тельность по чугуно, т/ч	Габарит, мм	Мощ- ность, кВт	Масса, т
1	<u>42634М</u> 4134 5411	300	1	$\frac{3}{1}$	Ø4000х х1600	10-18	12500х 12000х 6000	101	78
2	<u>42638М</u> 4134 5513	500	2	$\frac{10}{2}$	Ø6000х х2700	9,8-16,5	20000х 15000х 7000	185	202
3	<u>42639М</u> 4134 5514	1500	2	$\frac{10}{2}$	Ø10000х х4000	19,5-36,5	29000х 16000х 9000	214	378

* В числителе указано количество дробеметных аппаратов, в знаменателе – дробеструйных аппаратов.

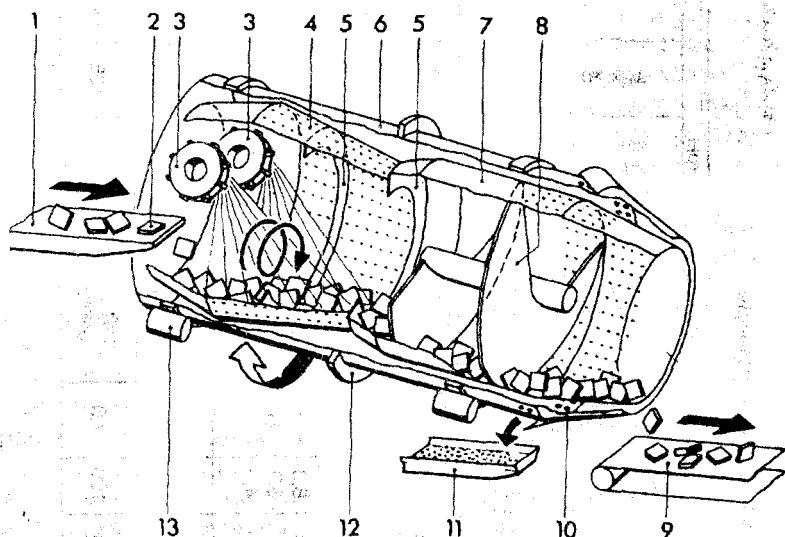


Рис. 3.5.3. Схема очистного барабана ДТ фирмы GF:

1 – загрузочный лоток; 2 – очищаемые отливки; 3 – дробеметные турбины; 4 – очистной барабан (конический внутренний барабан); 5 – перегородки; 6 – звукозащитный наружный барабан; 7 – отделительный барабан; 8 – внутренний шнек; 9 – разгрузочный транспортер; 10 – отделение дробы и формовочной смеси; 11 – вибродорожка; 12 – привод барабана (зубчатый венец); 13 – опоры барабана (4 ролика)

Широкое распространение получили в последнее время дробеметные камеры периодического действия с подвесками. Их основное преимущество заключается в том, что отливки подвешиваются на вращающиеся подвески, что позволяет очищать их со всех сторон. Различают несколько типоразмеров таких камер в зависимости от грузоподъемности подвески и наибольших габаритных размеров отливки. Технические характеристики таких камер даны в табл.3.5.6. Лучшее использование таких камер достигается в том случае, когда подвески сконструированы с учетом конфигурации очищаемых отливок.

Таблица 3.5.6

Камеры дробеметные периодического действия с подвесками

№ п/п	Наименование изделия	Модель Код ОКП	Назначение	Тип грузонесущего устройства	Основные параметры					
					Грузоподъемность, кН	Производительность, т/ч	Наибольшие размеры опливок, мм	Габаритные размеры выше нулевой отметки, мм	Мощность, кВт	Масса, т
1	Камера дробеметная периодического действия универсальная	42834 4134 5319	Очистка	Подвеска Стол Колокол	6,3 6,3 4,0	3,8	800x1100 1200x650 Объемная диагональ 400	3900x 4850x 5530	44,8	12,6
2		42844 4134 5323	Выбивка Очистка	Подвеска Стол Колокол	6,3 6,3 4,0	4,0	900x1250 1200x700 Объемная диагональ 400	3900x 5300x 5600	47	14
3	Камера дробеметная периодического действия	42857 4134 5217	Выбивка Очистка	Подвеска	32	5,0	Ø1600x x2000	11000x 8800x 6000	100	40
4		42859 4134 5314	Выбивка Очистка	Подвеска	100	7,0	Ø2500x x3000	14000x 9500x 7500	165	80

Наряду с камерами горизонтального действия применяют камеры непрерывного действия с подвесками для очистки разнообразных отливок. В них выполняются такие операции, как очистка, выбивка-очистка, при этом осуществляется транспортировка отливки от места выбивки к месту шлифовки или контроля. Эти камеры можно в ряде случаев использовать и для работы в периодическом режиме с остановками.

Технические характеристики отечественных дробеметных камер непрерывного действия с подвесками приведены в табл. 3.5.7.

Наряду с универсальным дробеметным очистным оборудованием используют машины очистные вибрационные сравнительно небольшого объема рабочей камеры от 25 до 200 л. Техническая характеристика этих машин дана в табл. 3.5.8.

Кроме использования типового очистного оборудования в литейных цехах, особенно с массовым или крупносерийным характером производства, необходимо применять автоматические и комплексно-механизированные поточные линии обработки отливок, включающие в себя как основное и вспомогательное оборудование, так и транспортное с соответствующими подъемными механизмами. Типичные примеры компоновок таких линий даны в литературе [1].

Для зачистки отливок, особенно при мелкосерийном и единичном производстве, широко используются стационарные обдирочно-шлифовальные, подвесные обдирочно-шлифовальные станки и ручные шлифовальные машинки. Подробно виды шлифования и используемое при этом оборудование и организация работ рассмотрены в работе [82], а характеристика обдирочно-шлифовального оборудования для зачистки литья - в работах [3,82].

Для обрезки литников и прибылей широко практикуются способы механической резки (на прессах, ленточных пилах, дисковых станках и др.) и огневой резки (газовая, электрическая, плазменная и др.). Техническая характеристика этих видов оборудования приведена в специальной литературе [91].

Исправление дефектов отливок в основном сводится к декоративной заделке поверхности мелких поверхностных дефектов путем шпатлевания замазками и заделками, а также пропитки специальными составами для устранения пористости отливок, подвергающихся гидравлическим испытаниям. Для исправления дефектов отливок из черных металлов широко применяется заварка с помощью электрической дуги [92].

Таблица 3.5.7

**Камеры дробеметные непрерывного действия с подвесками
(работа в режимах очистка и выбивка-очистка)**

№ п/п	Модель Код ОКП	Основные параметры					
		Грузоподъем- ность, кН	Наибольшие размеры очи- щаемой отливки, мм	Производитель- ность при очист- ке отливок из чугуна*, т/ч	Габарит, мм	Мощность, кВт	Масса, т
1	<u>42732</u> -	1,60	Ø600х х1100	8,0	13000х 10000х 7000	150	40
2	<u>42733</u> 4134 6217	3,15	Ø800х х1400	11	15250х 12000х 6000	300	98
3	<u>42734</u> 4134 6314	6,3	Ø1000х х1700	12,4	15250х 12000х 6000	300	99
4	<u>42735</u> 4134 6417	12,5	Ø1200х х2000	13,9	15250х 12000х 6000	300	100

Примечания. 1. Высота камер указана над уровнем пола.

2. Конструкция камеры мод. 42735 обеспечивает возможность обработки деталей размером до 2600 мм при негарантируемом качестве очистки торцов по этому размеру

* Производительность камеры при обработке отливок средней сложности из серого чугуна с содержанием стержней в 1 т отливок до 600 кг.

Таблица 3.5.8

Машины очистные вибрационные

№ п/п	Наименование изделия	Модель Код ОКП	Основные параметры					
			Объем рабочей камеры, л	Частота колеба- ний в минуту	Наи- большая ампли- туда ко- лебания, мм	Мощ- ность, кВт	Габарит, мм	Масса, т
1	Машина очистная вибрационная с прямолинейной рабочей каме- рой	<u>ВМ-100М</u> 4136 1111	100	2100	4,0	4,45	1720x 1480x 2290	3,0
2	Машина очистная вибрационная с тороидно-винтовой рабочей камерой	<u>ВМ1В-200М</u> 4136 2111	200	1800 1200 900	4,0	4,0 4,5 7,5	2500x 2500x 2500	3,0
3	Машина очистная вибрационная	<u>43102</u> 4136 1127	25	750 1000 1500	1-4	0,56 1,12 2,80	1400x 780x 1200	0,350
4		43104	120	1500 1000 750	-	1,9 2,2 3,2	1800x 1800x 1500	0,80

Для проведения термической обработки отливок используются различные термические печи, как газовые, так и электрические, стационарные и непрерывного действия, с окислительной и защитной атмосферой и другие печи, способные выполнить требования для проведения необходимого режима термообработки.

Технические характеристики ряда печей приведены в табл.82 [3]. При необходимости использования специализированных печей их технические характеристики можно найти в учебниках по проектированию термических цехов [93] и другой справочной литературе [94].

Назначение соответствующего режима термической обработки отливки и параметры ее можно найти в соответствующих ГОСТах на отливки или в справочниках [16, 94, 95].

Контроль отливок осуществляется на начальной стадии поступления отливки в термообрубное отделение и прохождении отливкой ряда технологических операций, и окончательный (сдаточный) контроль. Для проведения контроля в отделении должно быть запроектировано место для его проведения, а также аппаратное обеспечение для приемки отливки по соответствующим свойствам.

Для осуществления грунтовки отливки, обязательной операции технологического процесса, используются окрасочные камеры с непрерывным движением отливок на конвейере для отливок малой и средней массы и тупиковые - для крупных отливок. После грунтовки отливки подвергаются сушке.

3.5.3. Расчет потребного числа технологического оборудования термообрубного отделения

После анализа производственной программы термообрубного отделения составляются соответствующие технологические потоки по выполнению определенных технологических операций. Затем по каждому технологическому потоку производится выбор основного технологического оборудования для его осуществления.

Для расчета числа выбранного для каждого технологического потока оборудования годовой выпуск отливок распределяется по операциям очистки и термообработки в соответствии с графами табл.3.5.9. В табл.3.5.9 могут быть включены другие виды обработки, не указанные в ней, и исключены те, которые не предусмотрены в технологическом процессе.

Таблица 3.5.9

Распределение отливок по операциям очистки и термообработки

Номер отливки	Наименование	Масса одной отливки, кг	Распределение годового выпуска по операциям очистки и термообработки													
			Годовой выпуск		Выбивка стержней и отбивка литников			Дробебетная камера		Дробебетный барабан	Заточка				Термообработка	
					Специ- альная ус- тановка		Барабан				Станок		Станок			
					шт.	т					шт.	т	шт.	т		

При расчете термообручного отделения цехов крупносерийного производства, когда известна вся номенклатура отливок, возможно проведение подетальных расчетов как производимых работ, так и числа оборудования и коэффициента загрузки его (табл. 3.5.10).

При расчете потребного оборудования, обеспечивающего выполнение каждой операции технологического процесса, следует учитывать, что расчетная производительность по целому ряду оборудования, особенно дробеметному очистному, должна быть снижена в 1,5-2 раза из-за задержек, связанных с загрузкой и выгрузкой его. Рекомендуемые нормативы по расчетной производительности приведены в табл.37 [1].

Расчет числа потребного оборудования (N) проводится по известному уравнению

$$N = \frac{BK_n}{\Phi_d P_n},$$

где В - годовой объем очистных или других работ, т/год;

K_n - коэффициент неравномерности загрузки оборудования;

Φ_d - действительный фонд времени работы оборудования;

P_n - нормативная или паспортная производительность оборудования, т/ч (шт./ч).

Расчетное число оборудования округляется до ближайшего целого в сторону увеличения, и оно принимается к размещению на планировке термообручного отделения.

Для термообручного отделения в соответствии с технологическим процессом выбирают непрерывные термические печи при массовом или крупносерийном производстве, или периодического действия при разнообразной номенклатуре и массе литья, а также вида термической обработки.

Расчет количества необходимых термических печей периодического действия производится исходя из продолжительности цикла термической обработки (при разнообразных режимах термообработки принимается для расчета средневзвешенная продолжительность цикла) и удельной нагрузки на под печи, которая определяется исходя из массы, габаритов отливок и возможного их плотного размещения на поду, также высоты загрузки отливок для термообработки. Из-за большой длительности цикла термообработки печи обычно работают в три смены.

Таблица 3.5.10

Распределение отливок по операциям термообрубных работ

Номер детали	Деталь	Масса одной отливки, кг	Годовой выпуск отливок с учетом брака и дефектных отливок	Объем обрабатываемых отливок по операциям																			
				Выбивка стержней		Отделение литников		Отделение прибылей		Очистка		Обрубка		Зачистка		Термообработка		Контроль		Исправление дефектов		Грунтовка	
				шт.	т	шт.	т	шт.	т	шт.	т	шт.	т	шт.	т	шт.	т	шт.	т	шт.	т	шт.	т

Количество однотипных печей периодического действия при этом определится по уравнению

$$N_{ng} = \frac{B_{To} K_H}{\Phi_D P_H K_3},$$

где B_{To} - масса термически обработанных отливок на печах данного типа, т;

K_H - коэффициент неравномерности производства;

Φ_D - действительный годовой фонд работы термической печи, ч;

P_H - производительность печи, т/ч;

K_3 - коэффициент загрузки оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования сравнительно низок из-за больших потерь времени по загрузке и разгрузке печи, а также подбора отливок для проведения однотипного режима термообработки.

Производительность печи определяется как по средневзвешенному циклу термообработки, так и средневзвешенной удельной нагрузке на под печи. Тогда

$$P_H = \frac{S_n \cdot q_n}{T_{ц}},$$

где S_n - площадь пода рассчитываемой термической печи, м²;

q_n - удельная нагрузка на под печи, т/м²;

$T_{ц}$ - длительность цикла термообработки, ч.

При необходимости вести термообработку большого числа отливок и принятых для этого нескольких типов термических печей расчет числа печей для каждого вида сводится к заполнению табл. 3.5.11, где можно обобщить расчет другого оборудования в зависимости от принятых технологических процессов.

По аналогичной схеме определяется потребность в оборудовании участков мойки и грунтовки отливок, некоторые данные о которых имеются в табл. 38 и 39 [1].

Расчет термических печей

Группа отливок технологического потока по массе, кг	Технологическая операция	Средняя производительность в технологическом потоке, т/ч	Средняя производительность с учетом K_n , т/ч	Технологическое оборудование				Коэффициент загрузки K_z	
				Модель оборудования, принятая в потоке	Расчетная производительность		Число единиц		
					шт./ч	т/ч	потребное (расчетное)		принятое

3.5.4. Размещение и планировка термообрубных отделений литейных цехов

В связи с большим количеством пыли, тепла и шума термообрубные отделения обычно выделяются в самостоятельные помещения при большом объеме работ в этом отделении (сталелитейные цехи, цехи ковкого чугуна) или они располагаются в самостоятельном пролете, отгороженном от основных отделений цеха.

Участки самого отделения располагаются последовательно друг за другом в соответствии с технологическим потоком. Схема участка очистки с использованием конвейерного транспорта показана на рис. 3.5.4. Здесь отливки после выбивной решетки 1 подвешиваются на подвесной конвейер и проходят охлаждающую камеру 2, затем вибротранспортером попадают на стол отбивки литниковой системы 3. Часть отливок передается на очистной барабан 5, а часть на подвесном конвейере в дробеметную камеру 4. После этого они подвергаются зачистке на обдирочных станках 6.

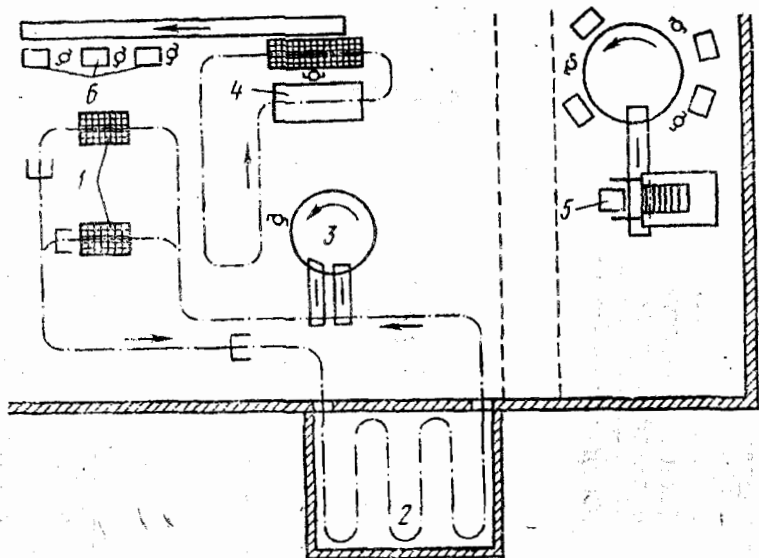


Рис.3.5.4. Схема участка очистки, в котором используется конвейерный транспорт

Площади, занимаемые термообручными отделениями, зависят от типа цеха, вида и массы литья и колеблются в широких пределах, составляя от 40 до 70 % от площади формовочно-заливочно-выбивного отделения для чугунолитейных цехов и 80-90% того же отделения для сталелитейных цехов.

Конкретная площадь термообручного отделения будет определяться компоновкой технологического оборудования в потоке, числом рабочих мест и установкой соответствующего подъемно-транспортного оборудования, наличием мест контроля отливок по ходу процесса, наличием основного и промежуточных (межоперационных) складов, вспомогательных участков и служебных помещений при создании необходимых проходов и проездов.

Компоновки цехов с массовым и крупносерийным характером производства существенно отличаются от других наличием специализированных автоматизированных поточных линий, предназначенных для зачистки определенных отливок. Для обеспечения бесперебойной работы таких линий и нерегулярного поступле-

Таблица 3.5.12

**Размеры пролета и грузоподъемность подъемно-транспортных средств
(стальное и чугунное фасонное литье)**

Наибольшая масса отливки, т	Транспортные средства и их максимальная грузоподъемность, т				Размеры пролета, м								
	Мостовые краны		Кран-балки и электротали		Ширина пролета одноэтажного здания	Ширина пролета двухэтажного здания		Шаг колонн	Высота до уровня пола второго этажа	Высота до головки подкранового рельса от ±0,0		Высота до низа конструкций покрытия	
						основного пролета	пролета первого этажа			в одноэтажном здании	в двухэтажном здании от отметки пола второго этажа	в одноэтажном здании от ±0,0	в двухэтажном здании от отметки пола второго этажа
	для транспортирования отливок со стержнями	для транспортирования отливок без стержней	для транспортирования отливок со стержнями	для транспортирования отливок без стержней									
0,5	-	-	3-5	1-3	18; 24	18; 24	9; 12	8,4	-	-	9,6; 10,8	9,6; 10,8	
1	5	5							-	-			
2	10 15/3	10 10			24		12		6; 12	8,15	8,15	10,8	10,8
3													
5													
10	30/5	10-20/5			24			9,65		12,6	18,0	18,0	
20	50/10	20/5-30/5											
30	75/20	30/5-50/5											
50	100/20	50/10-75/20											
>50	По индивидуальным проектным решениям				24; 30								

ния отливок необходимо перед линией иметь промежуточный склад, сглаживающий неравномерность поступления отливок.

При планировке отделений в цехах с мелкосерийным и серийным характером производства создаются поточные участки для соответствующих формовочно-заливочных участков (мелкого, среднего, крупного и другого литья). В случае невозможности такой организации увеличиваются затраты ручного труда и ухудшаются условия труда.

В соответствии с нормами проектирования размеры пролетов здания и грузоподъемность подъемно-транспортных средств рекомендуется принимать по данным, приведенным в табл. 3.5.12.

Потребность в крановом оборудовании можно рассчитать по нормам, представленным в табл. 3.5.13.

Таблица 3.5.13

Расчет количества мостовых и консольных кранов

Группа отливок по массе, кг	Норма крано-часов на 1 т годного литья	
	Очистка, обрубка, обслуживание оборудования	Производственные работы на термическом участке
50-250	0,80-0,95	0,20-0,30
100-500 100-1000	0,70-0,85	0,15-0,20
500-1000 1000-2000	0,65-0,80	0,10-0,15
1000-5000 5000 и более	0,55-0,80	-

Расчетное количество кранов можно проверить, рассчитав их по укрупненным данным, где рекомендуется иметь один кран для обслуживания обрубного участка длиной 20-30 м, грунтовочного - 25-40 м, термического - 25-30 м. Кроме того, для механизации работ нужно использовать кран-балки (в т.ч. консольные), электротали грузоподъемностью от 1 до 5 т, подвесные цепные конвейеры, рольганги, кантователи и др.

Примеры компоновок ТОО для чугунолитейного цеха показаны на рис. 3.5.5.а, для сталелитейного цеха мощностью 95 тыс. т литья в год - на рис. 3.5.6.

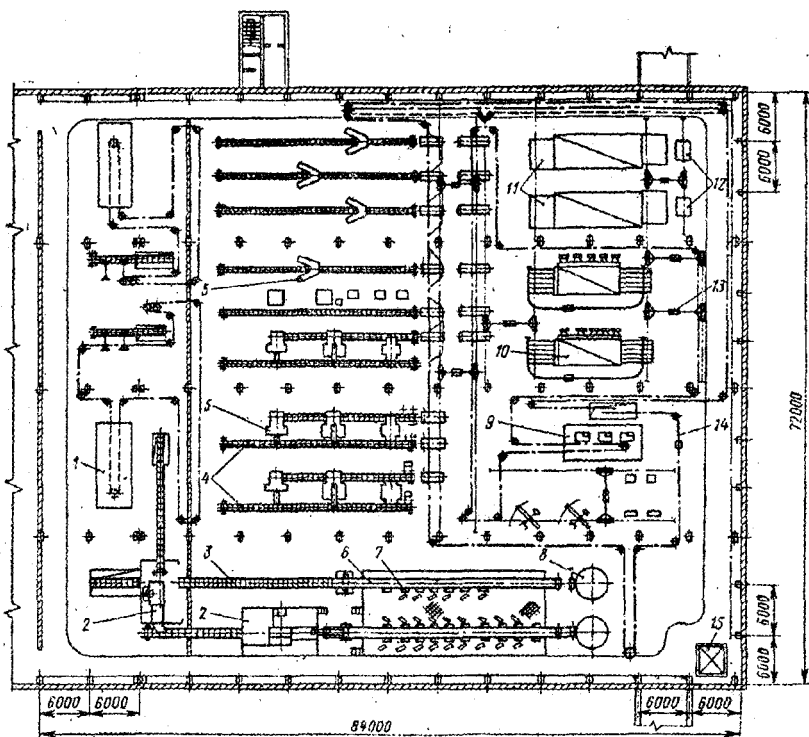


Рис. 3.5.5. План отделения термообработки и очистки
литейного цеха серого чугуна мощностью 75 тыс. год:

1 – дробебетная камера конвейерная для первой очистки; 2 – дробебетный барабан непрерывного действия; 3 – пластинчатый конвейер; 4 – поточные линии зачистки среднего и крупного литья; 5 – зачистные полуавтоматы; 6 – поточные линии мелкого литья; 7 – зачистные станки; 8 – сортировочный стол; 9 – дробебетная камера конвейерная для вторичной очистки; 10 – термические печи проходные для искусственного старения отливок; 11 – термические печи; 12 – столы для заварки отливок; 13 – кран-балка; 14 – конвейер подвесной толкающего типа; 15 – грузовой лифт

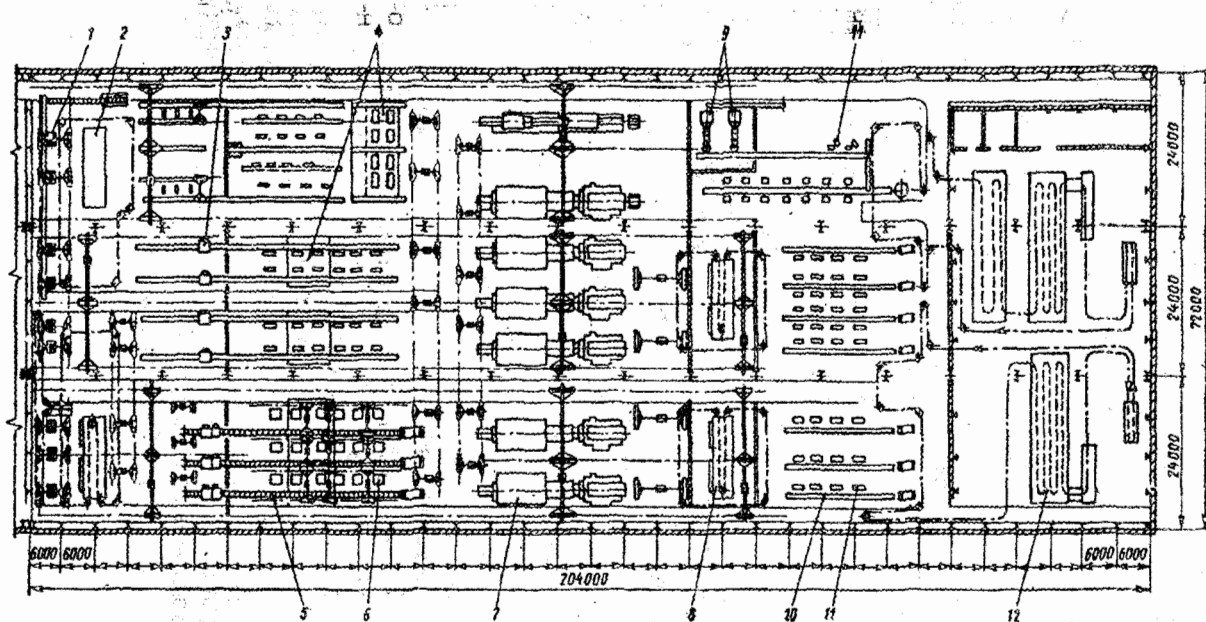


Рис.3.5.6. План отделения термообработки и очистки сталелитейного цеха мощностью 95 тыс. т в год:

- 1 – решетки для выбивки стержней; 2 – дробеметные камеры конвейерные; 3 – станок для отрезки прибылей; 4 – камеры для заварки; 5 – линии первичной очистки отливок; 6 – зачистные станки; 7 – агрегаты для термообработки; 8 – дробеметные камеры конвейерные для вторичной очистки; 9 – дробеметные барабаны непрерывного действия; 10 – линии зачистки отливок; 11 – зачистные станки; 12 – оборудование участка грунтовки отливок

3.6. Вспомогательные отделения и участки цеха

Нормальное функционирование литейного цеха невозможно без участков, обеспечивающих бесперебойное снабжение цеха формовочными и литейными материалами, красками, текущий ремонт оборудования, непрерывный контроль параметров технологического процесса (лаборатории контроля химического состава металла и свойств формовочных материалов, лабораторий контрольно-измерительных приборов и датчиков). Особое место при этом занимают склады.

3.6.1. Участок подготовки свежих формовочных материалов и регенерации смесей

Основное назначение этого участка сводится к подготовке свежих формовочных материалов (песка, глины, добавок) для приготовления формовочных смесей.

Получение качественных смесей связано с предварительной подготовкой исходных материалов. Для обеспечения качественного дозирования материалов необходимо их сначала подготовить – просушить, просеять песок; помолоть и просеять глину и уголь; осуществить регенерацию отработанной смеси. Потребность в свежих материалах зависит от степени обновления формовочной смеси и условий работы цеха, применяемой формовочной смеси и степени ее регенерации.

При использовании обычных песочно-глинистых формовочных смесей в зависимости от вида литья расход свежих материалов можно принимать в соответствии с данными табл. 3.6.1 или данными табл. 3.4.1 и 3.4.3.

При применении конкретной формовочной смеси и с учетом вывоза отработанных смесей в отвалы при сложности или не возможности регенерации смеси, что имеет место при использовании ЖСС, удельный расход свежих материалов может существенно увеличиться и поэтому требуется специальный анализ вопроса о расходе свежих материалов.

Удельный расход свежих материалов

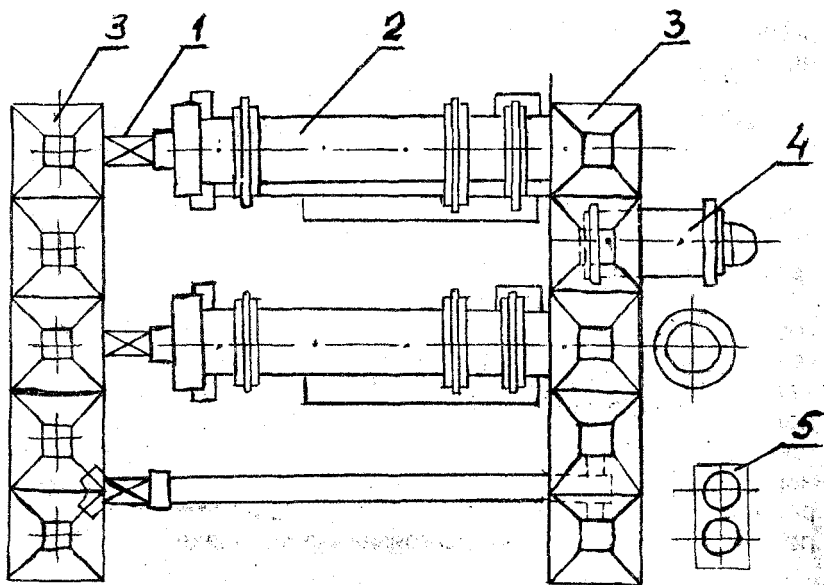
Материал	Удельный расход материалов, т/т отливок при литье сплавов				
	Чугун серый	Углеро- дистая сталь	Ковкий чугун	Медные сплавы	Алюми- ниевые сплавы
Кварцевые пески	0,60	0,70	0,40	0,35	0,70
Глинистые пески	0,13	-	0,13	0,60	1,20
Огнеупорная глина	0,05	0,15	0,05	-	-
Молотый уголь	0,01	-	0,008	-	-
Органические добавки	0,01	0,08	0,012	0,05	0,10
Итого	0,80	0,90	0,60	1,00	2,00

Сушка песка производится в сушилах, чаще всего барабанных горизонтальных противоточных (рис. 3.6.1), а также в печах с кипящим слоем. Возможна сушка песка в потоке при использовании пневмотранспорта и применении для перемещения песка горячих газов.

При переработке комовой глины в порошковую производят резку кома, сушку и помол. Помол глины и угля производят в мельницах шаровых, молотковых и других.

Иногда глину приготавливают в виде суспензии и тогда используют специальные машины. При этом не требуется сушка и размол глин, но необходимо постоянное барботирование суспензии с целью предотвращения выпадения осадка.

Самое серьезное внимание в литейном цехе необходимо уделять вопросам подготовки отработанных формовочных смесей, что, в основном, относится к подготовке песчано-глинистых формовочных смесей и регенерации песков с целью выделения из смеси песков, пригодных к повторному использованию, т.е. очищенных от пленок связующих материалов и имеющих определенный зерновой состав.



Риса. 3.6.1. Расположение оборудования в отделении подготовки свежих материалов:

- 1 – элеватор, 2 – сушильные печи, 3 – бункера,
4 – шаровая мельница, 5 – глинорезка

Участок подготовки свежих материалов обычно располагается на складе формовочных материалов. Размеры участка определяются технологической схемой участка, количеством необходимого оборудования, его габаритами, используемыми транспортными средствами для перемещения материалов. Площадь участка тесно связана с его производительностью.

Регенерация песков подразделяется на регенерацию смесей в воздушной среде (пневматическая, механическая и термическая) и регенерацию влажных смесей, выполняемую в водной среде (мокрая регенерация). Как отмечалось ранее, такая регенерация применяется при использовании гидравлической выбивки формовочных и стержневых смесей. Применяют иногда и комбинированные методы регенерации смесей. Планировка участка подготовки

регенерации и складирования формовочных материалов приведена на рис. 3.6.2.

Подробно с сущностью технологических схем регенерации и видом применяемого оборудования и областями применения можно познакомиться в литературе [52,76]. Экономические предпосылки использования того или иного метода регенерации песка будут определяться требованиями к качеству очистки песка от пленок связующих и стоимостью затрат (особенно расходов электроэнергии) для проведения процесса регенерации.

При выборе количества оборудования для регенерации песков учитываются объемы формовочной смеси, подвергаемой регенерации, а также фонды времени работы оборудования и часовая производительность каждого вида оборудования. При этом полезно воспользоваться методиками и схемами, применяемыми при обогащении полезных ископаемых. Обычно отделение регенерации песка выделяется в обособленные помещения, которые располагаются, или в отдельном здании или изолированно от других участков, чтобы снизить загрязненность в цехе.

3.6.2. Склады литейного цеха

Склады литейного цеха служат для приемки, разгрузки, складирования всех материалов, необходимых для нормального функционирования цеха. Сюда входят шихтовые и формовочные материалы, топливо (кокс), флюсы (известь, известняк, разжижители шлака и др.), огнеупорные материалы для футеровки плавильных, сушильных печей, а также огнеупорные материалы заливочного припаса. Количество материалов, проходящих через склад, в 2,5-3 раза превышает производительность цеха по годовым отливкам.

Потребность в шихтовых и огнеупорных материалах определялась при расчете плавильного отделения цеха (см. табл. 3.1.31 и 3.1.32). Аналогично потребность в формовочных материалах, добавках устанавливалась при расчете формовочного и стержневого отделений. Расход других вспомогательных материалов устанавливается по нормативным данным для каждого вида литья [10].

Для удобства расчета и систематизации итоговых значений по материалам всех видов можно заполнить табл. 3.6.2.

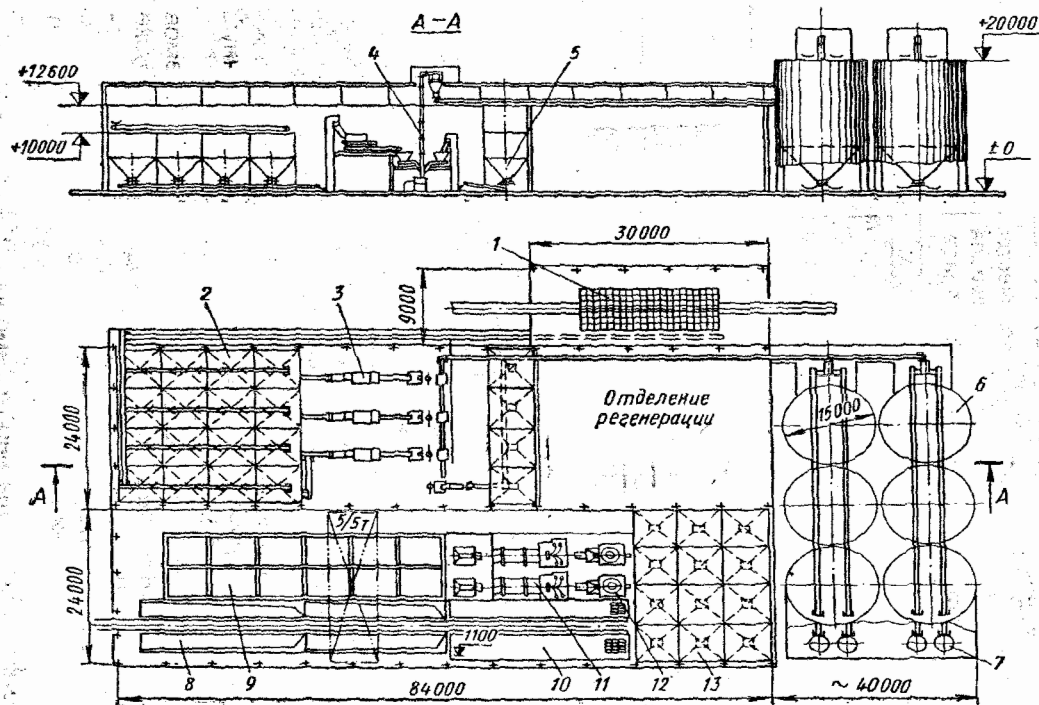


Рис. 3.6.2. Склад формовочных материалов:

- 1 – «точечное» разгрузочное устройство для песка; 2 – склад сырого песка; 3 – полигональное сито; 4 – трубные сушила; 5 – склад сырого регенерата; 6 – склад сухого песка; 7 – пневмотранспорт сухого песка; 8 – приемная яма для глины; 9 – склад сырой глины; 10 – площадка для разгрузки готовых материалов; 11 – барабанные сушила; 12 – мельницы; 13 – склад сухой глины и пневмотранспорт

Таблица 3.6.2

**Ведомость годовой потребности материалов и
хранение их на складе**

Наименование материала	Годовое количество, т	Насыпная масса, т/м ³	Срок хранения, дн.	Количество материала на складе		Высота хранения, м	Расчетная площадь хранения, м ²
				т	м ³		
Металл: чугун чушковый лом стальной (в соответствии с расчетом шихты)							
Топливо: кокс мазут флюсы							
Огнеупоры							
Итого							
Формовочные материалы: песок глина							
Итого							

Хранение материалов в зависимости от вида может осуществляться на открытых площадках (огнеупоры, неразделанный металлический лом), закромах (разделанный металлолом, ферросплавы типа ферромарганца и ферросилиция низких марок, чушковые чугуны, формовочные пески (сырые), глина (сырая), кокс). Для хранения сухих песков и глины, ферросплавов, постоянно используемых при выплавке, порошковых добавок в формовочную смесь и других, широко распространены бункера (рис. 3.6.3).

При расчете потребных площадей складов, а также объемов закромов и бункеров необходимо учитывать, что при перегрузке происходит разрыхление материалов и необходимо применить коэффициент разрыхления, равный примерно 1,2, и снизить углы естественного откоса материала (угол внутреннего трения) примерно на 5°. При конструировании течек и переносных устройств угол естественного откоса материала необходимо увеличивать на 10-15°. Во избежании потерь материала степень загрузки объема бункера не должна превышать 80 %.

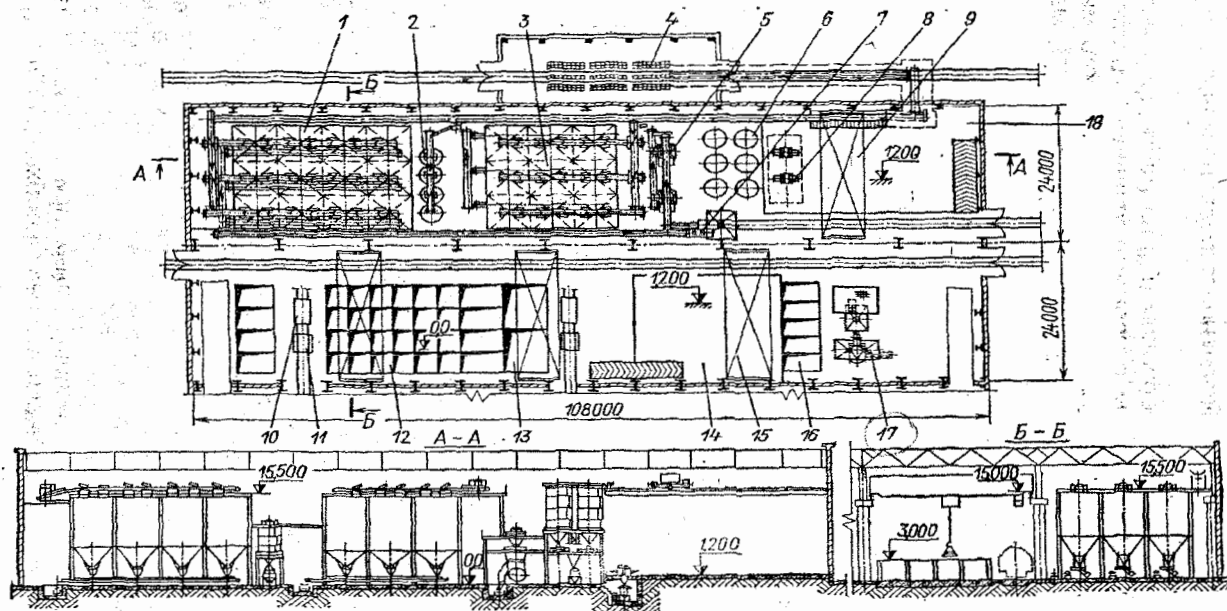


Рис. 3.6.3. Склад формовочных и шихтовых материалов:

1 – бункерный склад сырого песка; 2 – бункеры с установками пневмотранспорта сухого песка; 3 – бункерный склад сухого песка; 4 – точечное разгрузочное устройство; 5 – сушильные печи для песка; 6 – бункеры с установками пневмотранспорта порошкообразных материалов; 7 – сито; 8 – установки для разгрузки материалов из мешков; 9 – мостовой кран; 10 – передаточная тележка; 11 – платформенные весы; 12 – закрома для металлической шихты; 13 – закрома для обожженной извести; 14 – площадка для хранения огнеупорных материалов; 15 – мостовой магнитный кран; 16 – закрома для футеровочных материалов; 17 – участок подготовки футеровочных материалов; 18 – площадка для разгрузки и хранения порошкообразных формовочных материалов

В условиях Российской Федерации предпочтение следует отдать закрытым складам для исключения попадания на материалы дождя и снега.

Площадь, занимаемую материалом (F_m) на месте хранения, можно определить в соответствии с нормами хранения: высотой хранения материала (H), определяемой по прочности самого материала, а также стенки бункера или закрома, насыпной массы материала (γ) по уравнению

$$F_m = \frac{Q}{H \cdot \gamma \cdot K},$$

где Q – масса соответствующего материала, хранимого на складе, т;

K – коэффициент использования емкости склада (как указывалось ранее, не более 0,8).

Расчетные площади хранения округляются в соответствии с удобством механизированной загрузки и разгрузки материала. Минимальные размеры закромов должны быть не ниже 4×4 м, а бункеров 3×3 м.

Общая площадь хранения всех материалов определяется путем суммирования округленных площадей хранения каждого материала. Сюда же необходимо ввести площади эстакад и разгрузочных площадок (F_p), принимая ширину фронта разгрузки (W) 6...8 м по всей протяженности железнодорожного пути (L), находящегося в цехе, при числе разгрузочных площадок n :

$$F_p = nWL.$$

Для удобства функционирования складов и обеспечения достаточного фронта работ на них необходимо предусмотреть 10-15 % от полезной площади склада для создания приемных устройств (фронт движения загрузочной тележки, место заполнения загрузочных бадей, место перегрузки других материалов для отправки на соответствующий участок).

Все эти площади составят полезную площадь склада. Она должна быть увеличена еще на 10-15 % для обеспечения необходимых проездов и проходов.

Для мелких цехов с мелкосерийным и единичным характером производства, где точное определение площади складов весьма затруднено, можно воспользоваться таким укрупненным показателем – на 100 т годных отливок необходимо 200 м² складов. Для дорогих материалов, используемых при производстве медных, алюминиевых и никелевых отливок необходимо преду-

смаатривать зааираемые помещения. При расаате площади складов необходимо проверить удельную наагрузку, которую может произвести материал на единицу площади. Она не должна превышать заапроектированную для используемого типа здания, особенно это аасается помещений для хранения, расположенных на втором этаже аеха.

Склады должны иметь достаточный уровень механизации и быть комплексными или специализированными. Комплексные склады, наиболее распространенные в практике работы литейных аехов, могут располагаться в помещениях, примыкающих к зданию аеха или в отдельно стоящем помещении. Ширина пролета складов 18 или 24 м с высотой подкрановых путей от 8,15 до 14,4 м в зависимости от типа склада, назначения пролета и типа используемых грузоаодъемных механизмов [3].

Специализированные склады характерны для литейных зааводов или литейных аехов, находящихся в составе крупных предприятий, где используются анааогичные шихтовые материалы. Заавоз материалов на специализированные склады осуществляется железнодорожным транспортом, а со специализированного склада в аех по заявке - автомобильным. При проектировании небольших литейных аехов в регионах, где имеются крупные литейные аехи, можно использовать склады крупных аехов как базовые для небольших. За эксплуатацию этих складов аех может выплачивать аренду, что дешевле, чем вкладывать большие капитальные заатраты на строительство складов при аехе.

3.6.3. Участок ремонта оборудования

Служба ремонта литейного аеха (служба механика и служба энергетика) должна обеспечивать бесперебойную работу технологического и аодъемно-транспортного оборудования. Для выполнения текущих и плановых ремонтов необходимо проводить подготовку к ним и также выполнять аварийные ремонты, что требует наличие определенного металлообрааывающего оборудования и оборудования по ремонту электрических машин и систем управления.

Аодбор оборудования ремонтных участков зависит от вида выполняемых ремонтов, мощности аеха и степени механизации его. В необходимый набор станков участка включаются токарные, фрезерные, сверильные и строгальные станки, гильотинные ноаницы, сварочное оборудование и др.

Ориентировочные нормы станочного парка цехового участка ремонта оборудования для условий Автопрома принимаются следующими (табл. 3.6.3).

Таблица 3.6.3

Количество металлообрабатывающих станков в зависимости от числа оборудования, установленного в цехе

Общее число единиц оборудования, установленного в цехе, шт.	100	150	300	500	600
Количество станков на ремонтном участке, шт.	3	4	9	12	13

Если принять, что площадь, занимаемая одним мелким станком, составит от 5 до 9 м², средним – 10-16 м², крупным – 18-60 м², молотом – 30-40 м², то по принятому количеству станков определится суммарная площадь участка ремонта оборудования. Расстановка оборудования на участке должна производиться в соответствии с нормами разрывов между станками и конструктивными элементами зданий и в среднем составлять: расстояние между станками – 2 м, проход – 1,2 м.

В площадь ремонтного участка должны включаться площадь склада запасных частей, площадь инструментальной кладовой, которая зависит от мощности цеха и колеблется от 15 м² для цеха производительностью 10 тыс. т отливок до 60 м² для цеха с выпуском 50 тыс. т в год.

Для выполнения демонтажных и монтажных работ ремонтный участок должен иметь рабочие места слесарей и площади для монтажа и демонтажа. На одного слесаря планируется 8-10 м² площади, а участок монтажа и демонтажа должен составлять до 20 % слесарного участка. На участке необходимо запроектировать кран или кран-балку для обеспечения перемещения ремонтируемого оборудования.

Органически к ремонтному участку цеха тяготеет участок ремонта технологической оснастки и модельных компонентов, на размещение которого отводится до 20-25 м² производительной площади.

3.6.4. Кладовые и лаборатории цеха

Хранение наиболее дорогих материалов, инструмента осуществляется в цеховых кладовых. Они размещаются на первом этаже бытовых помещений или на площади вспомогательных отделений.

Размеры кладовых зависят от выпуска литейных цехов и составляют для цеха с выпуском до 10 тыс. т – 18 м², 10-25 тыс. т – 30-48 м², более 25 тыс. т – 72-90 м².

В производственных отделениях цеха необходимо предусмотреть помещения по 15-20 м² для размещения мастеров соответствующих отделений.

Для экспресс-контроля состава выплавляемого металла, а также контроля свойств формовочных смесей в цехе необходимо предусмотреть соответствующие лаборатории – химического или спектрального анализа металла и текущего контроля качества формовочных смесей. В современных лабораториях используется сложное масс- и рентгеноспектральное оборудование, позволяющее анализировать практически все элементы сплава с высокой точностью. Такие лаборатории требуют размещения в изолированных помещениях, где поддерживается высокое качество атмосферы. Связь с лабораторией лучше всего вести с помощью пневмопочты или вакуум-почты. Стоимость такой лаборатории весьма высока, и при возможности необходимо использовать такую лабораторию для нескольких цехов или других плавильных печей. В лаборатории необходимо иметь оборудование для подготовки пробы к анализу. Общая площадь лаборатории составляет от 40 до 90 м².

Лаборатория формовочных материалов служит для текущего контроля качества формовочных и стержневых смесей путем периодического отбора и анализа проб. В последнее время широко используется метод автоматизированного контроля свойств формовочной смеси - формуемость, что позволяет оперативно вносить коррекцию в процессе приготовления смеси [78,81]. Площадь, потребная для лаборатории контроля свойств формовочных смесей, колеблется от 15 до 60 м². Эта лаборатория должна располагаться близко к смесеприготовительному отделению.

4. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Производство литья связано с большим количеством выделений тепла, пыли, вредных газовых выбросов и запахов. Количество и преимущественное выделение тех или иных выбросов определяется принятыми технологическими процессами в проектируемом цехе и видом используемого сплава. Так, применение вагранки в качестве основного плавильного агрегата приводит к по-

вышенным выбросам монооксида углерода в атмосферу и загрязнению им прилегающей территории. Использование в качестве связующих материалов синтетических смол ведет к выделению в атмосферу формальдегида, фенола, карбомида и других вредных веществ в зависимости от типа применяемой смолы и связано с распространением неприятных запахов и раздражением слизистой оболочки.

Технологический процесс с применением песчано-глинистых смесей связан с выделением пыли на всех стадиях производства и требует организации хорошей вентиляции рабочих мест и локализации выбросов пыли [96]. Общая схема источников пылеобразования дана на рис. 4.1.

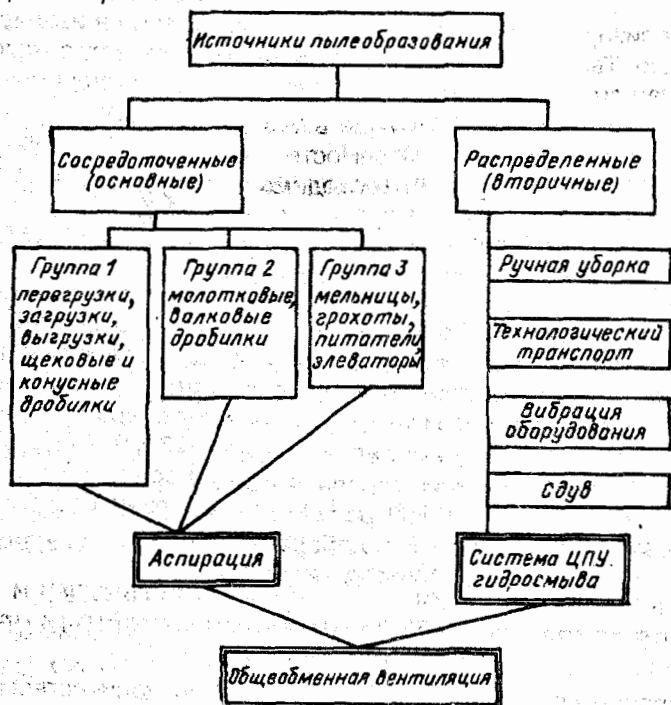


Рис. 4.1. Схема источников пылеобразования и средств обеспыливания:

- источники пылеобразования;
- системы обеспыливания

При проектировании литейного цеха необходимо выполнить ряд технических решений как по снижению и локализации выбросов, так и применению средств удаления и очистки выбросов, вентилированию, кондиционированию и отоплению рабочих помещений.

В значительной мере это может быть осуществлено за счет рациональных объемно-планировочных решений (наиболее загрязненный воздух не должен поступать в зоны, где занято большое количество людей, а уходить за пределы цеха), выбора рациональной конструкции здания цеха, обеспечивающей хорошую вентиляцию всего здания и требуемый объем для каждого работающего, создания развитой системы искусственной вентиляции рабочих мест и рабочих зон.

4.1. Мероприятия по отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха

В связи с тем, что литейные цеха РФ находятся в зонах с достаточно низкими наружными температурами, в зимний период для обеспечения нормальных условий труда необходимо обеспечивать отопление помещений длительное время – в зависимости от климатических условий от 120 до 220 дней в году для южных и северных районов соответственно.

Требования к отоплению, вентиляции и кондиционированию помещений устанавливают СНиП 2.04.05-91 [97].

Система отопления должна обеспечивать поддержание температуры в цехе в определенных пределах и должна компенсировать тепловые потери через стены, потолки и различные проемы (двери, ворота, окна и др.). Поэтому для снижения теплопотерь проемы оборудуются воздушными завесами, тамбурами и уплотнениями.

Расчет системы отопления и вентиляции производится из расчетных температур для каждого цеха, которые определяются в соответствии с санитарными нормами. При расчете мощности отопительной системы учитываются среднечасовые тепловыделения от технологического оборудования, нагретых материалов и отливок, искусственного освещения и других источников тепла. Методики расчетов отопительных систем можно найти в справочниках [98, 99], а также книге [100]. Для обогрева используются системы воздушного отопления и системы отопления с нагревательными приборами (радиаторы, ребристые трубы и др.).

В литейных цехах чаще всего используют систему воздушного отопления, совмещенную с приточной вентиляцией, с подогревом приточного воздуха в калориферах, при этом используют трубопроводы и воздуховоды систем приточной вентиляции.

В отделениях цеха, связанных с повышенным выделением тепла и пыли и тяжелой физической работой, предусматривается воздушное душирование. При этом температуру воздуха в летнее время принимают 20-22 °С при скорости движения воздуха 2-3 м/с, а в холодное 16-18 °С при скорости воздуха 1-2 м/с.

Системы отопления с нагревательными приборами применяют во всех административно-бытовых помещениях, лабораториях, столовых и небольших производственных помещениях. В качестве теплоносителя при этом используют воду или в складах и производственных помещениях перегретый пар высокого давления.

Вентиляция является одной из наиболее радикальных мер по созданию нормальных санитарно-гигиенических условий в цехе, наряду с созданием технологических, конструктивных и строительных мероприятий по снижению вредных выделений, нейтрализации их и наименьшему проникновению в рабочее помещение. Этому способствует совершенствование технологического процесса за счет снижения вредных выделений, герметизации и изоляции производственного оборудования, выделяющего в процессе технологического цикла производственные вредности (стержневые машины, смесители и др.), использования влажных материалов и гидропрессов (формовка «по сырому» применение глинистых суспензий, гидровывивка и гидрорегенерация), использование местных вентиляционных отсосов и приточных систем проведения регулярной пылеуборки с целью снижения вторичного пыления [96].

Кроме таких мероприятий в литейных цехах приходится устраивать вентиляцию. Она может быть естественной и механической. Естественная вентиляция (аэрация) осуществляется открытием створок в световых фонарях, окнах, через которые удаляется и поступает воздух, за счет разности температур, направления и скорости ветра. Она определяется рациональной планировкой цеховых отделений внутри здания цеха, формой и протяженностью здания цеха: рациональной конструкцией светоаэрационных фонарей, положением здания цеха относительно местной розы ветров и др. Вопросы обеспыливания в цехах рассмотрены в монографиях [96, 98].

В литейных цехах естественной вентиляции, как правило, бывает недостаточно и устраивается механическая вентиляция,

которая подразделяется на вытяжную, приточную и приточно-вытяжную.

Создание такой вентиляции связано с установлением вентиляторов приточных и вытяжных камер и систем воздуховодов. Все это требует значительных площадей для размещения этих устройств и удорожает конструкцию здания цеха. Оценки показывают, что в чугунолитейных цехах для размещения вентиляционного оборудования требуется до 17 % от всей площади цеха, а в сталелитейных и того больше – до 20 %. В связи с ужесточениями требований к качеству воздуха эти площади при проектировании новых цехов могут быть увеличены, что отразится на стоимости здания литейного цеха.

Вытяжные вентиляционные системы включают в свой состав вытяжные (местные отсосы, укрытия, воздуховоды, вытяжные камеры), а также очистные устройства (пылеуловители, циклоны), через которые пропускается грязный воздух перед выбросом в атмосферу (гравитационные, инерционные и фильтрационные пылеулавливатели - сухие и мокрые).

Приточные вентиляционные системы включают в себя воздухозаборные устройства, приточные камеры, служащие для очистки воздуха от пыли, подогрева воздуха в калориферах с доведением до нормы его влажности, воздуховоды для подачи воздуха к рабочим местам или зонам, воздушораспределители (насадки для подачи воздуха на рабочее место), система регулирующих устройств.

Наиболее рациональной в условиях литейного цеха является приточно-вытяжная вентиляционная система, предусматривающая механическую подачу воздуха и отсос его.

Важным является размещение вентиляционных устройств в объеме здания и создание оптимального пути следования и минимального сопротивления системы воздуховодов.

Размещение приточных венткамер желательно производить вне производственных помещений (около наружных стен здания в виде отдельного пристроя или на кровле, что сокращает путь движения воздуха до рабочего места).

Расчет систем вентиляции производится по известным методикам, изложенным в литературе [96,98,100], и сводится к определению расхода воздуха на приточную вентиляцию и установлению сечений проемов приточных и вентиляционных систем.

Для предварительной оценки расхода воздуха на приточную вентиляцию можно воспользоваться укрупненными данными [1].

Так, расход воздуха на приточную вентиляцию (без аэрации) в тыс. м³ на 1 т отливок составит для литья:

$$\text{из чугуна} \quad Q_{\text{п.в}} = 240 + \frac{50}{\sqrt{\sigma}};$$

$$\text{из стали} \quad Q = 280 + \frac{45}{\sqrt{\sigma}},$$

где σ - средняя масса отливки, кг.

В больших литейных цехах и цехах мелкосерийного и единого производства желательно и экономически выгоднее устраивать местную вентиляцию, чаще всего вытяжную. Местная вентиляция применяется в виде местных отсосов, укрытий типа шкафов, устанавливаемых на отдельном оборудовании, пылеулавливателей и местных очистителей и др. [93, 94].

Выбросы и воздух, удаляемые местными отсосами, перед выбросом в атмосферу очищаются с помощью масляных, матерчатых или водных фильтров или циклонов. Методики расчета аспирации дробильно-измельчительного оборудования даны в работе [96]. Кондиционирование воздуха необходимо как для создания благоприятных условий работы в административных помещениях, так и в ряде производств, связанных с поддержанием условий технологического процесса в жестких пределах.

Так, при изготовлении моделей, а также керамических оболочек, в цехах литья по выплавленным моделям температура должна поддерживаться в пределах 22 ± 2 °С, а относительная влажность в пределах 55 ± 5 %. С этой целью в цехах предусматривают отделение по производству холода и воздух подвергается охлаждению.

В свою очередь, эти отделения не должны подвергаться солнечной инсоляции, но должны иметь повышенную толщину стен для снижения теплопотерь. Окна необходимо ориентировать на север. Помещения должны быть герметизированы, а также необходимо в отделениях устраивать тамбуры с двойными воротами или дверями.

4.2. Мероприятия по охране труда в литейном цехе

Литейное производство связано с плохими условиями труда, по сравнению с другими профессиями машиностроительных заво-

дов. Это вызвано высокой концентрацией в рабочей зоне пыли, содержащей оксиды кремния и металлов, вибраций, шума.

Такие условия труда отражаются на профзаболеваемости рабочих литейных цехов. Распределение наиболее распространенных заболеваний по участкам литейного цеха для условий ГАЗа показано в табл. 4.1. [101].

Таблица 4.1

**Коэффициент частоты некоторых профзаболеваний
по участкам литейного цеха**

Вид болезни	Участки (отделения) профзаболеваний				
	Служба механика	Обрубоч- ный	Формо- вочный	Стержне- вой	Плавиль- ный
Пылевые	56,8	90,8	65,0	56,8	125,1
Виброблезнь	7,5	33,8	5,0	4,7	2,1
Хронический бронхит	9,4	16,1	17,0	16,7	15,4

Наибольшая частота профзаболеваний отмечается у следующих профессий: обрубщики и заточники (190), сварщики (188), дробеструйщики (180), пескометчики (175), земледелы (160), т.е. у тех рабочих, которые работают непосредственно у мест пылеобразования или мест воздействия вибрации. Поэтому при проектировании соответствующих участков необходимо обращать особое внимание на создание благоприятных условий труда в первую очередь людям этих профессий.

Для того чтобы выбрать необходимые пылеулавливающие и газоочистные аппараты для каждого участка выделения вредных, можно воспользоваться табл. 4.2 [102].

Выбор применяемых очистных аппаратов и схемы их комплектования связан с учетом конкретных технологических процессов и требованиями по соблюдению нормативов предельно допустимых выбросов.

Конструкции их, принцип действия и технологические характеристики газоочистных аппаратов можно найти в соответствующих справочниках [96, 98-100, 102, 103], а усовершенствованные пылеулавливающие устройства, разработанные на заводах, описываются в периодической литературе [104-106].

Участки и виды вредных источников выделений литейного цеха, способы их очистки и тип применяемого аппарата

Участки и источники выделения вредных веществ	Вид компонентов, подлежащих улавливанию	Способ очистки и тип применяемого аппарата
1. Склады шихтовых и формовочных материалов. Укрытия мест выгрузки конвейеров, элеваторов Аспирируемые точки бункеров и силосов, питатели, дозаторы пневмотранспорт	Пыль песка, кокса, цемента, угля, глины и др.	Одиночные и групповые циклоны средней и высокой эффективности
2. Плавильные отделения, открытые вагранки производительностью до 25 т/ч Закрытые вагранки производительностью до 10 т/ч	Пыль шихтовых материалов, оксиды железа, монооксид углерода, углеводороды Пыль шихтовых материалов, оксиды железа, углеводороды	Мокрые искрогасители с системой дожигания СО в шахте вагранки, скрубберы Вентури. Двухступенчатая очистка в осадительной камере и эжекторном скруббере. В обоих случаях дожигание СО и углеводородов
3. Смесеприготовительное отделение Дробилки щековые, валковые, молотковые Сита вибрационные, механические, барабанные. Грохоты. Мельницы молотковые и шаровые производительностью до 75 кг/ч Смесители периодического действия (бегуны)	Пыль глины, известняка, отработанной смеси Пыль формовочной смеси, песка, глины	Одиночные групповые циклоны, одиночная очистка в циклонах и газопромывателях с рециркуляцией жидкости, циклоны, рукавные фильтры. Циклоны средней и высокой эффективности, низконапорные газопромыватели

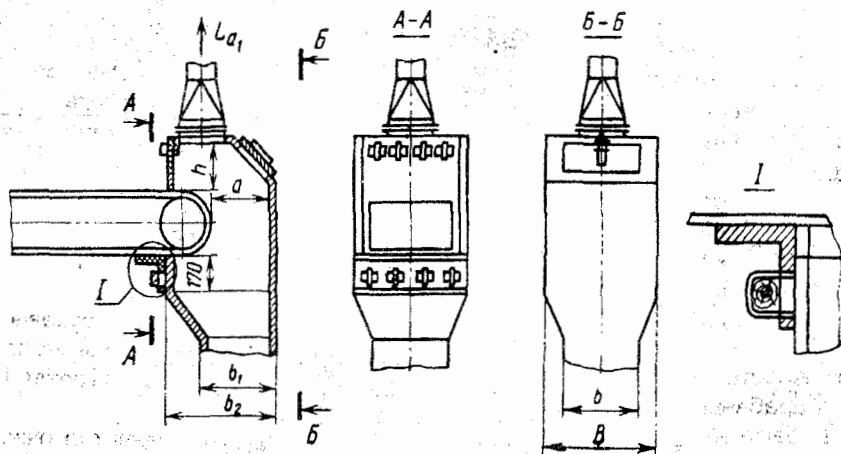


Рис. 4.2. Схема аспирации загрузочного конвейера

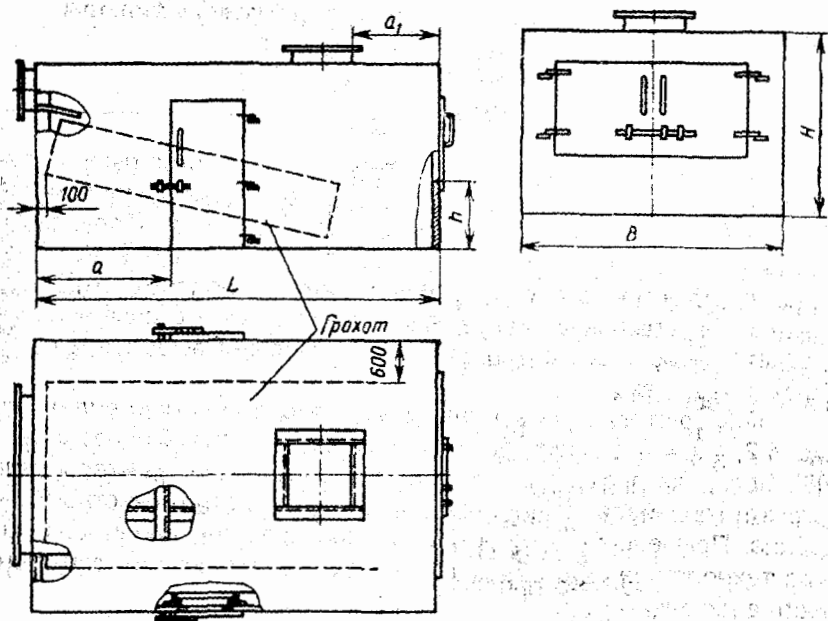


Рис. 4.3. Схема аспирации грохота

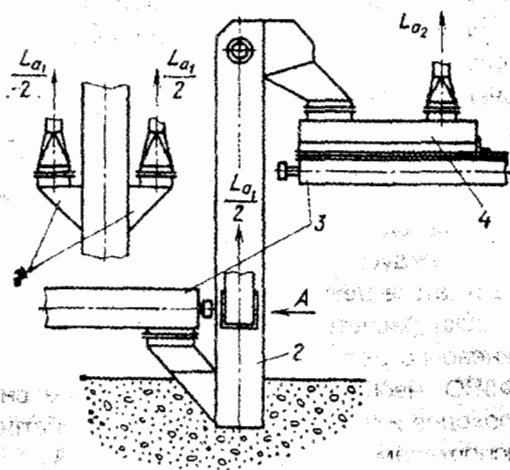


Рис. 4.4. Схема аспирации элеватора:

- 1 – вентиляционный патрубок; 2 – элеватор;
3 – шнек; 4 – крышка загрузки шнека

Для улучшения условий и охраны труда в различных отделениях при проектировании необходимо предусматривать специальные устройства.

Так, в плавильном отделении необходимо производить воздушное душирование рабочих мест с целью снижения тепловыделений, обеспечение рабочих мест питьевыми фонтанами, а также создавать установки с газированной подсолненной водой из расчета 4-5 л воды на одного работающего в смену. В местах наибольшего выделения тепла необходимо устраивать местные отсосы.

В формовочно-заливочно-выбивном отделении для улучшения условий труда необходимо разрабатывать систему мероприятий по локализации выделений тепла – приточную вентиляцию в месте заливки металла, устройство охлаждающих кожухов для форм на конвейере или для крупных форм, местные отсосы на участке формовки или изготовления стержней из ХТС, а также укрытия стержневых машин герметичным кожухом.

При наличии в цехе сушил они должны быть оборудованы местными отсосами и иметь хорошо организованный отвод продуктов горения; а также герметичные двери или крышки.

Выбивные решетки необходимо оборудовать звукопоглощающими камерами, а места операторов устраивать в шумонепроницаемых кабинах с приточной вентиляцией.

Все просыпи должны иметь механизированную уборку. В местах очистки тележек, модельных плит и очистки форм после сборки следует предусматривать пылеотсасывающие устройства, а еще лучше иметь в цехе централизованную систему вакуумной сухой пылеуборки, расчеты и устройство которой даны в источнике [90]. В стержневом отделении при выполнении тех же требований, что и для ФЗВО, необходимо обратить особое внимание на соблюдение проходов и подъездов, а также устройство защитных сеток под транспортерами перемещения стержней.

В смесеприготовительном отделении особое внимание необходимо уделять аспирации узлов пересыпки и дозировки, о чем говорилось ранее, а также охлаждению смесей до температуры не выше 25 °С.

При использовании в качестве добавок легковоспламеняющихся компонентов - предусматривать специальные меры по предотвращению взрывов и пожаров, в том числе автоматическое пожаротушение.

Как указывалось ранее, наибольшее количество профзаболеваний имеют рабочие ТОО, поэтому охране труда в этом отделении следует уделить особое внимание. Это достигается за счет механизации и автоматизации работы, изоляции наиболее пылящего и шумного оборудования, создания специальных кабин для проведения обрубочных и сварочных работ, обеспечиванием необходимых проходов и проездов и исключением складирования отливок в неотведенных местах.

При грунтовке отливок необходимо строго соблюдать правила противопожарной безопасности.

В других местах также необходимо предусматривать мероприятия по созданию нормальных санитарно-гигиенических условий труда и соблюдению правил техники безопасности.

5. ТРАНСПОРТНАЯ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТИ ПРОЕКТА

5.1. Транспортная часть проекта

Большие грузопотоки современного литейного цеха, в несколько раз превышающие годовое производство литья, требуют применения разнообразных видов транспорта и подъемно-транспортного оборудования. Грамотная и продуманная организация транспортных операций по каждому виду сырых материалов, оснастки, литейных форм, отливок приводит к значительному снижению протяженности транспортных линий и облегчению транспортных и грузоподъемных операций.

Различают межцеховой и внутрицеховой транспорт. Межцеховой транспорт служит для обеспечения снабжения литейного цеха сырьем и материалами, а также для уборки готовой продукции и отходов. Для этого транспорта характерны мобильные виды транспорта: автомобили различной грузоподъемности, самоходные авто- и электрокары, погрузчики, грузовые платформы и железнодорожный транспорт. Для каждого вида транспорта применяют специализированную тару, которая уменьшает число перегрузочных операций.

Внутрицеховой транспорт служит для обеспечения перевозок грузов внутри цеха и включает в себя как системы транспорта периодического действия, так и непрерывного действия. Как правило, в цехе сочетаются эти два вида транспорта.

Транспорт периодического действия включает в себя мостовые и другие краны (козловые, консольные, грейферные с магнитной шайбой и др.), кранбалки, электротельферы, пневматические и скиповые подъемники, склизы, скаты и др.

Транспорт непрерывного действия включает в себя различного рода конвейеры (ленточные, пластинчатые, винтовые, подвесные, цепные, ковшевые, элеваторные, тележечные различных типов, роликовые, вибрационные и др.), трубопроводы (пневмотранспорт, гидротранспорт).

Кроме основного транспортного оборудования во внутрицеховом транспорте используются вспомогательные транспортные устройства в виде питателей разных видов (ленточных - рис. 5.1, порционных), передаточных тележек, как приводных, так и толкательных. Транспортные системы оборудуются также бункерами

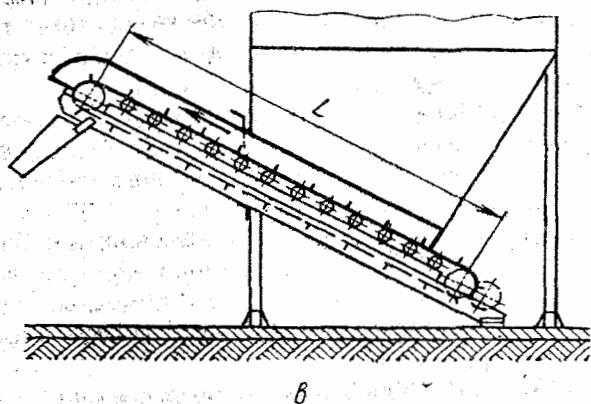
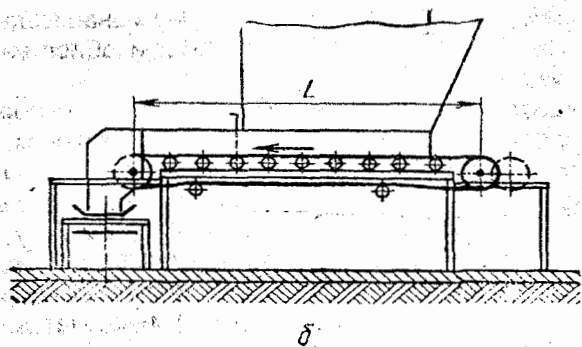
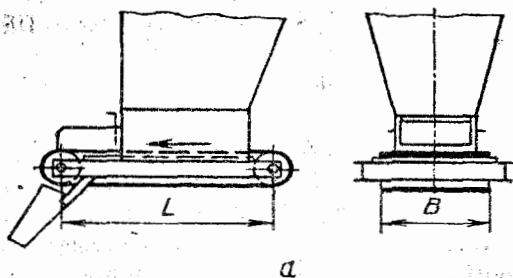


Рис. 5.1. Ленточные питатели стационарные:
а – подвесной; б – опорные горизонтальные;
в – опорные наклонные

(основными и промежуточными), перегружателями, плужками-сбрасывателями, затворами и другими механизмами, обеспечивающими надежную совместную работу их с транспортными системами и технологическим оборудованием.

Выбор вида транспорта и грузоподъемного оборудования в литейном цехе в значительной мере зависит от характера производства литейного цеха, выбранного технологического оборудования, массы литья и других факторов, связанных с обеспечением заданной производительности основных и вспомогательных технологических линий.

Виды конвейерных устройств, их механические характеристики наиболее полно представлены в справочной литературе по этому вопросу, а также в литературе по проектированию литейных цехов [1,3].

Наиболее широко при транспортировке грузов в смесеприготовительных, формовочно-заливно-выбивных, стержневых и обрубных отделениях применяются ленточные конвейеры с шириной ленты от 500 до 1600 мм.

Технические характеристики некоторых конвейеров приведены в табл.5.1.

Угол наклона к горизонту таких конвейеров определяется видом транспортирующего материала и составляют от 16 до 23 град. для песков, формовочных смесей и отходов (большие углы наклона - для сырых материалов и влажных формовочных смесей, меньшие - для сухих материалов).

Пластинчатые конвейеры выполняются стационарными и служат для транспортирования кокса, известняка, литников и горячих отливок. Они изготавливаются на Казанском заводе «Серп и Молот» по ТУ 24.09.495-85, их техническая характеристика приведена в табл.5.2.

На том же Казанском заводе «Серп и Молот» изготавливаются литейные тележечные конвейеры по ГОСТ 5938-73 и ТУ 24.09.532-83, предназначенные для транспортировки литейных форм при поточном производстве отливок в горизонтальной плоскости, или пространственные для ярусного расположения охлаждающих ветвей (наибольший угол подъема трассы - 6 град.). Эти конвейеры должны иметь длину не более 160 м при одном приводе, а привод имеет плавное регулирование скорости в определенном диапазоне. Техническая характеристика этих конвейеров приведена в табл.5.3.

Таблица 5.1

Конвейеры ленточные для литейного производства

Тип конвейера	Ширина ленты, мм	Скорость ленты, м/с	Производительность, м³/ч		Предприятия-изготовители
			Лента		
			плоская	желобчатая	
Конвейеры ленточные стационарные общего назначения по ГОСТ 22644-77 и ТУ 24.09.634-85 для транспортировки готовых и отработанных смесей, сырья для них, шихтовых материалов, отливок, стержней и других сыпучих и штучных грузов					
УКЛС-500	500	0,63...2,0	25...88	63...200	Гороховецкий маш. завод ПТО
УКЛС-800 УКЛСТ-800	800	0,8...4,0	90...455	195...980	Белохолуницкий маш. завод
УКЛС-1000 УКЛСТ-1000	1000	1,0...4,0	180...720	400...1600	
УКЛС-1200 УКЛСТ-1200	1200	1,0...4,0	260...1030	580...2320	
УКЛС-1400 УКЛСТ-1400	1400	1,0...4,0	390...1410	810...3240	ПО "Кран"
УКЛС-1600	1600	1,25...4,0	575...1840	1325...4250	

Примечание. Конвейеры типа УКЛС – при нормальных условиях работы,
конвейеры типа УКЛСТ – при тяжелых условиях работы.

Конвейеры пластинчатые

Тип конвейера	Ширина настила, мм	Ряд скоростей движения ходовой части, м/с			Номинальная производительность, м ³ /ч
		0,01	0,016	0,025	
БВ-1-50-М	500*	0,01	0,016	0,025	2,5-125
БВ-1-65-М	650*	0,04	0,05	0,063	3,2-160
БВ-1-80-М	800	0,08	0,1	0,125	4,0-320
БВ-1-100-М	1000	0,16	0,2	0,25	5,0-400
БВ-1-120-М	1200	0,315	0,4	0,5	6,0-460

* По согласованию с изготовителями.

Примечания:

1. Температура транспортируемого груза до 400 °С.
2. Угол подъема трассы до 30 град.

Несколько типоразмеров питателей пластинчатых легкого типа по ТУ 24.09.538-81 для равномерной выдачи насыпных грузов из-под бункеров, воронок и других емкостей с температурой до 150 °С приведены в [80].

Технические характеристики ленточных питателей для равномерной подачи сыпучих материалов, изготавливаемых на заводе «Амурский металлист», даны в табл.5.4.

Для подъема насыпных грузов широко применяются различного рода элеваторы - ковшевые, ленточные, внешний вид которых и их характеристики приведены в литературе [1,3]. Имеются также элеваторы цепные по ГОСТ-2036-77 с круглозвенными нитроцементированными, износостойкими цепями для транспортирования материалов с объемной массой до 2 т/м³, изготавливаемые Белохолуницким машзаводом. Их технические характеристики приведены в табл.5.5.

Винтовые конвейеры применяются главным образом для транспортирования молотых глины и угля, а также раздачи этих материалов по бункерам. Типы и размеры таких конвейеров приведены в [1,3,98], где также дана формула для расчета мощности привода.

Таблица 5.3

Конвейеры ленточные тележечные

Тип	Платформа		Грузоподъемность, кН	Скорость, м/мин	Производительность, платформ: в час
	Ширина x длина, мм	Шаг, мм			
Горизонтальные для объединения технологического процесса					
Г50-100-0,5М	500x800	1000	5,0	1,0-9,4	60-564
Г65-100-0,5М	650x800	1000			
Г65-126-1М	650x1000	1260	10,0		48-586
Г80-126-1М	800x1000	1260		1,0-12,0	
Г80-160-2М	800x1250	1600			
Г100-160-2М	1000x1250	1600	20,0		37,5-450
Пространственные для ярусного расположения охлаждаемых ветвей					
П50-100-0,5М	500x800	1000	5,0	1,0-9,4	60-564
П65-100-0,5М	650x800	1000			
П65-126-1М	650x1000	1260	10,0		48-586
П80-126-1М	800x1000	1260		1,0-12,0	
П80-160-2М	800x1250	1600			
П100-160-2М	1000x1250	1600	20,0		37,5-450

Таблица 5.4

Питатели ленточные

Тип	Ширина полотна, мм	Длина транспортирования, м	Насыпная плотность, кг/м ³	Максимальный размер куска, мм	Максимальная производительность, т/ч
ПЛ-10	400	1000	До 2500	50	0,43-40
ПЛ-20	400	2000			
ПЛ-30	400	3000			

Таблица 5.5

Элеваторы цепные

Тип	Ширина ковша, мм	Скорость ходовой части, м/с	Высота транспортирования, м	Производительность не более, м ³ /ч
ЦГТ-500С-М	500	0.63	3.0...47.1	70
ЦГТ-650С-М	650		2.72...47.1	120
ЦГТ-800С-М	800		4.2...46.1	180
ЦГТ-1000С-М	1000		6.2...45.7	280

Примечания:

1. Высота транспортирования по фланцам загрузочного и разгрузочного носков.
2. Максимальные значения высоты транспортирования для объемной массы груза 0,8 т/м³.

В литейных цехах широко используются подвесные конвейеры - грузонесущие и толкающие. Грузонесущие конвейеры служат для транспортирования отливок мелких форм, литников и других грузов. Технические характеристики подвижных грузонесущих конвейеров, изготавливаемых на ПО «Конвейер» (г. Львов), приведены в табл.5.6.

Таблица 5.6

Подвижные грузонесущие конвейеры

Модель	Грузо-подъемность, кг	Шаг цепи, мм	Скорость движения цепи, м/с	Мощность привода, кВт	Максимальный угол подъема, град.	Максимальная производительность конвейера, подвесок/ч
ГН-12	25	200	0,01...0,66	0,55...1,5	90	6000
ПНЦ-80	250	80	0,005...0,4	0,6...4,0	60	3000
ПНЦ-100	500	100	0,005...0,393	0,75...75	45	3540
ПНЦ-160	800	150	0,008...0,393	1,1...17	45	2210

Подвесные толкающие конвейеры имеют тележки, перемещение которых осуществляется по отдельным путям с помощью кулаков на тяговой цепи. Такие системы позволяют отключать тележки от цепи, переводить их на новую ветвь, осуществлять накопление грузов в соответствующих местах трассы автоматическое адресование грузов по замкнутой пространственной трассе. Такие конвейеры для литейных цехов изготавливаются на Львовском заводе «Конвейер» и применяются в стержневых и других отделениях. Техническая характеристика таких конвейеров дана в табл.5.7.

Таблица 5.7

Подвижные толкающие конвейеры

Модель	Грузо-подъемность, кг	Шаг цепи, мм	Наибольший угол наклона, град.	Наименьший радиус изгиба тягового и грузового пути, мм		Наибольшая производительность, сцепов/ч
				Горизонтально	Вертикально	
ПТЦ-80	350	80	45	410	2000	525
ПТЦ-100	1000	100	30	610	3048	370
ПТЦ-160	3000	160	30	922	3048	310

В литейных цехах нашли широкое применение электрифицированные подвесные дороги, в состав которых входят прямые участки пути, радиусные участки пути, стрелки-крестовины, стрелки рамные, стрелки круговые, подъемные секции, подвижные составы с приставками автоматического адресования, система

управления и адресования. Такие дороги изготавливаются на заводе «Конвейер» г. Львов. Их техническая характеристика приведена в [80].

Для транспортировки сыпучих сухих грузов (сухой глины, угля, песка) в литейных цехах широко используется пневматический транспорт, имеющий значительные преимущества перед другими видами транспортировки пылящих материалов. Он не пылит, его трасса может подниматься на любой угол вплоть до вертикального, может проходить в местах, где нет оборудования (по фермам перекрытия или вне зоны действия крана), трасса может быть проложена по кратчайшему пути, но необходимо избегать крутых поворотов из-за быстрого износа трубопровода в местах поворота. Более подробно по устройству трасс, расчетам параметров пневмотранспорта и условиям эксплуатации линий можно прочитать в специальной литературе [107].

Выбор кранового оборудования для обслуживания отделений цеха рассматривался для каждого отделения по соответствующим нормам. При расчете количества потребных транспортных средств, предназначенных для выполнения соответствующих операций, необходимо провести оценку количества выполняемых работ по массе и длине пути перемещения грузов. При этом учитывается количество форм, стержней и других, подлежащих транспортировке грузоподъемным или другим устройством в течение года по принятой годовой программе. Необходимо посчитать среднюю величину передач форм, стержней по принятой отливке-представителю и установить общее количество операций в год для перемещения детали (отливки). Затем устанавливается среднечасовое количество транспортных операций и средняя занятость системы по времени для осуществления перемещения детали (отливки) с учетом простоев транспортного устройства на профилактику, ремонт и производительность транспортной системы (скорость выполнения операций).

Разделив среднечасовое количество транспортных операций на среднюю занятость и производительность транспортной системы, устанавливают потребное количество транспортных систем, которое округляется до большего целого, что и является принятым количеством транспортных систем. Такие расчеты выполнять довольно сложно из-за отсутствия достоверных данных по скоростям выполнения тех или иных транспортных операций, поэтому в практике расчеты транспортных систем, в частности кра-

нов, ведут упрощенно, исходя из длины обслуживающего пролета, считая, что в литейном цехе кран должен обслуживать 30 - 50 м пролета. Такая методика применялась при определении кранов, обслуживающих отделения литейного цеха.

5.2. Энергетическая часть проекта

Основными видами энергии в литейном цехе являются: электрическая, топливная (газ, кокс), паровая, сжатого воздуха и воды. Используются обычно все перечисленные, но расход каждого вида энергии будет в значительной мере определяться технологическим процессом и, в первую очередь, плавкой (электропечи, газовые печи, вагранки), насыщенностью цеха оборудованием и интенсивностью его работы.

В проект энергетической части цеха необходимо включить источники снабжения каждым видом энергии, систему распределения энергии в цехе и систему контроля за эксплуатацией этих источников энергии.

Для установления потребности в каждом виде энергии составляются сводные ведомости расхода.

Расход электроэнергии может быть установлен по расходам на технологический процесс (плавка, нагрев, сушка), а также по установленной мощности токоприемников технологического и транспортного оборудования, при этом нужно учитывать, что не все токоприемники работают одновременно и зачастую не на полную мощность. Это учитывается коэффициентом спроса, который для электропечей и крупных потребителей составляет 0.45...0.50, а для другого оборудования литейного цеха 0.35...0.45. Более подробные сведения о нем можно найти в литературе [108].

Расход электроэнергии за год определяется по уравнению

$$W = K_c * \Sigma P_{уст} * \Phi_d * K_3,$$

где K_c - коэффициент спроса;

$\Sigma P_{уст}$ - суммарная установленная мощность;

Φ_d - годовой фонд рабочего времени работы оборудования, ч;

K_3 - коэффициент загрузки оборудования по времени (0,75...0,8).

Годовой расход электроэнергии на освещение определяется по нормам расхода на 1 м² рабочей площади. Для литейных цехов

укрупненный расход электроэнергии на освещение можно принять 16...18 Вт на 1 м² площади в час, а длительность освещения в год для условий широт 40...60 градусов принимается 2100 ч.

Кроме установления потребности цеха в электроэнергии важным является электроснабжение цеха, особенно при использовании мощных электрических печей, к которым осуществляется глубокий ввод электроэнергии линиями высокого напряжения.

Распределение электроэнергии осуществляется через главные подстанции к комплектным цеховым трансформаторным и преобразовательным подстанциям (КТП и КПП). Питание цеховых КТП ведется комплектным распределительным устройством от заводской магистральной сети напряжением 6, 10, реже 35 кВ. Электрические внутрицеховые сети ведутся скрытым (кабельные) или открытыми способами. При разработке схемы электроснабжения необходимо учитывать реактивные нагрузки (особенно при применении индукционных печей) и предусматривать установку статических конденсаторов и других компенсирующих устройств (реакторов). Эти вопросы решаются специализированными проектными организациями.

Для расчета по укрупненным показателям на начальной стадии проектирования общую потребность в активной электроэнергии устанавливают по удельному расходу ее на 1 т годных отливок с учетом метода плавки металла и степени механизации производства.

Для чугунолитейных цехов, применяющих в качестве плавильного агрегата вагранку, удельный расход электроэнергии колеблется от 300 до 500 кВт·ч /т, для сталелитейных цехов с дуговыми печами от 1600 до 2100 кВт·ч /т.

В случае отсутствия естественного освещения (цех имеет закрытую конструкцию здания) длительность освещения должна быть увеличена в зависимости от числа рабочих смен.

Сумма всех расходов электроэнергии: на технологию, работу токоприемников и освещение, составит годовое потребление электроэнергии цехом.

Расход сжатого воздуха цехом будет определяться количеством воздухоприемников, связанных с технологическим процессом и потребляемой мощностью каждого воздухоприемника, и протяженностью сетей сжатого воздуха.

Воздух в литейном цехе расходуется на обеспечение работы встряхивающих формовочных машин, пневмотрамбовок и зу-

бил, пневмоподъемников, пневмошлифмашин, распылителей красок, перемешивание суспензий и других потребителей (обдувка оборудования, выдувка форм).

Сети сжатого воздуха имеют высокие утечки и неплотности, что приводит к увеличению потребности в сжатом воздухе примерно в 1.5 раза.

По количеству потребного воздуха выбирают соответствующий тип компрессорной установки. Их желательно иметь две и более. Давление на компрессорной станции - 0.7...0.8 МПа, у потребителя - 0.3...0.6 МПа.

Для выравнивания давления в сети, сепарации воздуха от масла и воды в воздушных сетях применяют ресиверы (воздухосборники), которые обычно устанавливаются вне цеха.

Средние укрупненные показатели расхода сжатого воздуха принимаются следующими: для чугунолитейных цехов серого чугуна - 1000...1800 м³/т, для сталелитейных цехов - 1400...1800 м³/т литья.

Расход пара в литейном цехе зависит от потребности его на отопление, вентиляцию и производственные нужды. Давление пара в сети колеблется в зависимости от назначения от 0.15 до 0.4 МПа.

Годовая потребность пара на отопление и вентиляцию ($Q_{п, т}$) определяется из выражения

$$Q_{п} = (Q_{т} * \Phi_{от} * V_3) / (i * 100),$$

где $Q_{т}$ - усредненный расход тепла на 1 м³ здания, кДж;

$\Phi_{от}$ - длительность отопительного сезона, ч;

V_3 - объем отапливаемого здания, м³;

i - теплота испарения, кДж/кг.

Для условий РФ средняя длительность отопительного сезона равна около 180 дней, что составляет 4320 ч.

Расход топлива для производства (кокса и природного газа) определяется на основании тепловых балансов печей или нагревательных установок, и эти цифры указываются в технологической характеристике соответствующего оборудования. Умножая расход топлива на количество потребителей, получаем общую потребность в топливе с учетом загрузки печей и нагревательных устройств. Значительными потребителями топлива в литейном цехе

являются горелочные устройства для сушки и подогрева ковшей, а также поверхностной подсушки форм. В зимнее время часть топлива может расходоваться для местного подогрева на рабочих местах.

Усредненные нормы расхода топлива по некоторым технологическим операциям приведены в табл.5.8.

Таблица 5.8

Нормы расхода топлива на технологию

Вид технологической операции	Расход топлива
Ваграночная плавка на холодном дутье	Кокса 110-160 кг на т переплавляемого металла
То же на горячем дутье	То же 90-130 кг
Сушка песка	Природный газ 25-40 МДж на т сухого продукта
Сушка глины	То же 50-80 МДж
Подсушка стержней	10-15 МДж
Сушка и подогрев ковшей	То же 5-20 МДж на 1 т жидкого металла

Кроме вышеперечисленных энергоносителей, в литейном цехе для технологических нужд используется кислород (как правило, баллонный) и ацетилен для обрезки прибылей, литников и исправления дефектов. Усредненные показатели по расходам показаны в табл.5.9.

Таблица 5.9

Расход кислорода и ацетилена

Цехи	Назначение энергоносителя	Расход на 1 т годных отливок, м ³	
		Кислород	Ацетилен
Серого чугуна	Заварка дефектов	0,6...0,8	0,5...0,6
Ковкого чугуна	То же	0,4...0,5	0,3...0,4
Сталелитейные	Резка прибылей и заварка дефектов	3...4	1,5...2

5.3. Водоснабжение и канализация

Вода в литейных цехах используется на производственные и бытовые нужды. При этом в цехе имеется несколько систем во-

доснабжения: хозяйственно-противопожарная, производственная (речная вода), оборотная и повторного водоиспользования. Вода в литейном цехе расходуется, как на технологические нужды, связанные с охлаждением электропечей и формовочных смесей, на поддержание нормальных условий труда, на бытовые нужды и др. Схема оборотного водоснабжения с системой регенерации отработанной формовочной смеси приведена на рис 5.2 [109]. Здесь можно выделить насосную станцию высокого давления 1 с напором воды 2 МПа и резервуар осветленной воды 2, служащий для приема воды от гидроциклонов 12-14, водосборника 21 и добавки свежей воды. Основным агрегатом в этой схеме является гидрокамера, включающая в себя гидропескоструйные аппараты 3, инерционный грохот 11, приемный бункер 4, решетчатый поддон 5. Для поддержания твердых частиц во взвешенном состоянии в бункер подается вода барботажным насосом 6 и сжатый воздух. Из бункера пульпа удаляется насосом 7 на инерционный грохот 8 для отсеивания крупных частиц более 5 мм. Для более равномерного распределения твердого в жидкой фазе служит бункер 9, куда подается воздух и вода из осветлителя. Пульпа из бункера 9 подается на регенерацию, а часть ее идет на инерционный грохот гидрокамеры. Регенерация ведется в трех последовательно установленных гидроциклонах. В первом гидроциклоне 12 идет регенерация и классификация песка крупностью от 2 до 0,1 мм, который через шламовый отвод поступает на элеватор 15, где частично обезвоживается и транспортером 16 подается в ларь 17. В ларе осуществляется дренаж песка до 5-7 % влаги. Отделившаяся от воды взвесь из гидроциклонов 13 и 14 направляется в шламосборник 18. Во втором гидроциклоне 13 происходит отделение частичек размером 0,1-0,15 мм, а в 14 выделяются фракции ниже 0,1 мм. Из шламосборника насосом 19 шлам перекачивается на шламовые площадки 20 для обезвоживания и последующего удаления его в сухой отвал. Профильтрованная вода насосом 22 из сборника 21 подается в бак осветленной воды 2. Свежую воду добавляют на элеватор 15, на промывку песка и в осветлитель. Потери воды составляют около 3 % от общего расхода оборотной воды.

Расчет расхода воды ведется по конкретным потребителям с учетом максимального и среднего расхода, качества воды для конкретного потребителя (в ряде случаев требуется химически очищенная вода), системы оборотного водоснабжения и потерь воды на испарение.

Обычно применяется вода давлением 0.2...0.3 МПа, если необходимо повысить давление воды, то используются местные повысительные насосные станции. Расход воды на производство литья будет зависеть от принятой технологической схемы и может колебаться в весьма широких пределах от 6 до 14 м³/т литья в год свежей воды и 100...140 м³/т литья при использовании оборотного водоснабжения. Расход питьевой воды значительно ниже и связан, в основном, с расходом на бытовые цели (от 2 до 2.5 м³/т). Средний расход промышленной воды колеблется в широких пределах в зависимости от технологической схемы процесса. Усредненный расход ее приведен в табл. 5.10.

Таблица 5.10

Расход воды на технологические нужды

Цехи	Расход производственной воды на 1т годовых отливок, м ³	Характеристика плавильных агрегатов
Серого чугуна	8...10	Вагранка с охлаждением плавильного пояса
Ковкого чугуна	14...15	Дуплекс процесс вагранка + дуговая электрическая печь
Сталелитейные	13...14	Дуговая электрическая печь
Алюминиевого литья	35...40	Индукционные печи промышленной частоты

На производственные нужды литейного цеха преимущественно используется производственная вода, которую могут применять также для противопожарных целей. После использования воды для промышленных нужд она становится сточной и может быть сброшена в сливную канализацию, что невыгодно, или подвержена осветлению за счет образования оборотного или повторного водоиспользования.

Для исключения перерывов в водоснабжении, особенно охлаждения нагревательных печей, в цехах или на заводе устанавливаются водонапорные баки или башни. Для обеспечения понижения температуры производственной воды в районе цеха устанавливаются градирни. Схемы насосных станций, насосов и другого оборудования водного хозяйства завода приведены в литературе [109].

Для очистки загрязненной оборотной воды применяют гидроциклоны или отстойники (горизонтальные, радиальные и вертикальные). Методика их расчета изложена в специальной литературе [109].

Количество оборотных систем водоснабжения в цехе определяется экономической целесообразностью их строительства. Полезным является использование оборотных систем и отстойников других цехов завода, которые имеют избыток мощности по очистке и соответствующее качество воды.

В связи с высокой пожароопасностью ряда отделений литейного цеха, особенно использующих органические материалы (грунтовочного, окрасочного и краскозаготовительного), а также складов горючих связующих и растворителей, хранения и переработку пенополистирола, модельных составов в цехе литья по выплавляемым моделям, необходимо предусматривать средства автоматического пожаротушения.

Для удаления загрязненных вод, образующихся в литейном цехе, предусматривают несколько систем канализации: хозяйственно-бытовую, дождевую, а также промышленную для отдельных стоков в зависимости от степени и вида загрязнения.

6. СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

6.1. Типы и основные размеры зданий литейных цехов

При проектировании литейных цехов выбирают определенный тип здания, конструкцию и размеры (этажность, ширину, высоту пролетов) с учетом назначения здания, характера и объема производства, применяемого технологического оборудования, типа и грузоподъемности кранового оборудования и транспортных устройств, требований по санитарно-гигиеническим условиям труда (освещение, отопление, вентиляция), условий удаления атмосферных осадков, возможности дальнейшего расширения здания и др. [110].

В практике промышленного строительства широко применяются универсальные типовые решения, обеспечивающие взаимозаменяемость строительных элементов преимущественно из унифицированных железобетонных конструкций.

Отвод территории под строительство осуществляется на основе геологического строения площадки с учетом требований производства, в соответствии с порядком, изложенным в работе [2].

Имеющийся богатый опыт строительства литейных цехов выработал определенные требования к типу здания (обычно каркасные), этажности (одно- или двухэтажные).

Размеры строительных элементов зданий, строительных изделий и оборудования устанавливают на основе единой модульной системы. Строительный модуль равен 100 мм.

Модульная сетка, на которой строят план, разрез, фасад здания, должна быть универсальной. Модуль определяет не только шаг колонн, пролеты, высоту помещений, но и расстояние в осях между несущими конструкциями, размеры плит покрытий и перекрытий, проемы окон, ворот, дверей.

Ширину пролетов и шаг сетки колонн принимают кратными укрупненным модулям 60 М (6 м) и 30 М (3 м). Для высот здания также используют укрупненные модули 12 М (1.2 м) и 6 М (0.6 м), а при высотах более 10.8 м – 18 М (1.8 м).

Производственные здания в большинстве своем состоят из нескольких параллельных однотипных пролетов, образуемых рядами колонн - металлических или железобетонных. Форма здания должна быть наиболее простой - в виде прямоугольника или квадрата, так как затраты на строительство здания сложной конфигурации увеличиваются. Возможно использование зданий усложненной формы в виде букв П и Ш, что способствует лучшей освещенности и вентиляции.

Каждый пролет цеха характеризуется шириной пролета и шагом колонн (рис. 6.1). Ширина пролета различных отделений цеха указывалась при проектировании соответствующих отделений цеха. Шаг колонн - расстояние между осями двух колонн в направлении продольной оси пролета. Обычно он составляет 6 м, а двоянный - 12 м, при этом упрощается размещение оборудования и снижаются затраты на 10 %.

Ширина пролета здания является важной характеристикой проектируемого цеха и определяется на основании планировки оборудования в зависимости от габаритных размеров отливок и средств транспорта с учетом проходов и проездов.

Шириной пролета здания L называют расстояние между осями подкрановых стоек или колонн, и она обычно кратна 6 м.

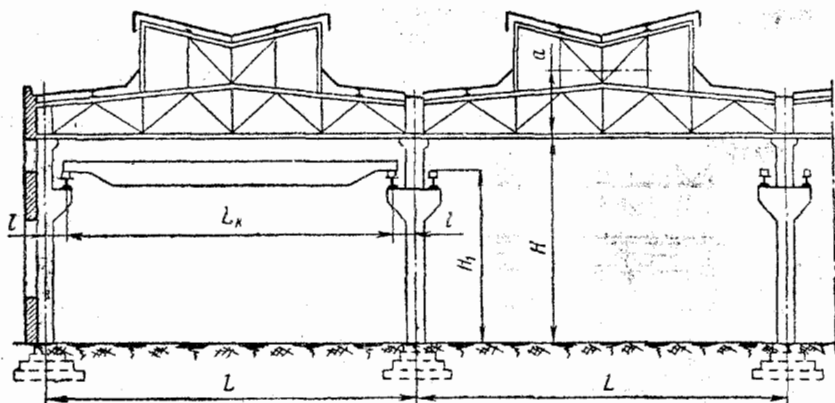


Рис. 6.1. Схема пролетов

Пролетом мостового крана (L_k), осуществляющего обслуживание соответствующего пролета цеха, называют расстояние между вертикальными осями крановых рельсов, и он находится в таком соотношении с шириной пролета:

$$L = L_k + 2l,$$

где l - расстояние от оси колонн до оси кранового рельса, м.

Схема определения основных размеров пролета цеха показана на рис. 6.2.

Размер l зависит от грузоподъемности крана и складывается из следующих величин, представленных на рис. 6.2:

t - размер от оси колонн до края её в том месте, где располагается подкрановый рельс;

S - размер, представляющий промежуток между колонной или стеной и крайней выступающей частью крана;

b - размер между крайней габаритной линией крана и осью подкранового пути.

Значения величин некоторых размеров в зависимости от грузоподъемности кранов следующие:

S - для кранов грузоподъемностью 5 - 10 т среднего и тяжелого режима работы - 60 мм, для большой грузоподъемности (35-250 т) - не менее 75 мм;

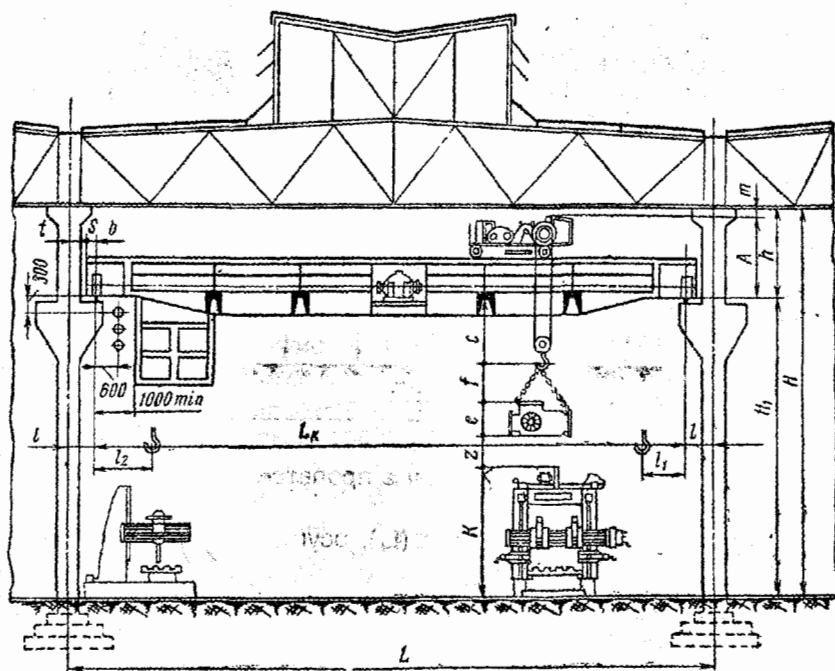


Рис. 6.2. Схема для определения ширины и высоты пролета цеха

b - 230 мм для кранов грузоподъемностью 5 т и максимально до 500 мм при грузоподъемности крана 250 т.

Ширина пролета здания находится в установленной размерной зависимости от пролета мостового крана.

Пролет крана связан шириной пролета здания в зависимости от грузоподъемности крана (табл. 6.1).

Величину значений других расстояний от оси колонны до выступающей части крана, между крайней габаритной линией крана и осью подкранового пути, а также крюка крана от оси подкранового рельса, можно найти в литературе [108].

При выборе ширины пролета здания и установлении размеров между осями подкрановых путей нужно помнить, что при крайнем положении тележки крана крюк крана не доходит до оси подкранового рельса на некоторое расстояние l_1 и l_2 в зависимости от того, с какой стороны тележки находится крюк, а также габаритов

крана. Значит вдоль колонн подкрановых путей с обеих сторон образуется некоторое необслуживаемое краном пространство.

Таблица 6.1

Размеры пролетов кранов и зданий

Ширина пролета здания, м	Ширина пролета крана L_k , м, при грузоподъемности кранов		
	до 15 т	20-75 т	75 т
12	11	10,5	-
18	17	16,5	16,0
24	23	22,5	22,0
30	29	28,5	28,0
36	35	34,5	34,0

Недоходы кранового крюка главного и вспомогательных подъемов не одинаковы.

Наибольшие недоходы главного крюка I_1 и I_2 , а также крюка вспомогательного подъема для кранов различной грузоподъемности показаны в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Недоходы крюков главного и вспомогательного подъемов до оси подкранового рельса

Вид недохода крюка	Недоход в мм при грузоподъемности крана				
	5 т	15 т	30 т	75-125 т	150-250 т
Главного	1100	1300	1600	1900	2500
Вспомогательного	2700	3200	2250	3800	1000

Это необходимо учитывать при выборе ширины пролета здания, при этом ось крюка должна доходить до центра оборудования, которое он обслуживает, чтобы исключить оттяжку крюка в сторону, что запрещено техникой безопасности.

Длина пролета цеха определяется суммой размеров основных и вспомогательных отделений, последовательно расположенных вдоль пролета, проходов и других участков цеха. Основным размером, определяющим длину пролета, будет длина технологической линии (формовочного конвейера, АЛЛ, стержневой линии и

т.д.), расположенных вдоль пролета. Она устанавливается графически при размещении оборудования на планировке цеха.

Высота пролета цеха зависит от массы и габаритов отливаемых заготовок и выбирается с учетом ширины пролета и грузоподъемности крана.

Общая высота пролета (H) определяется как расстояние от пола цеха до нижней выступающей части верхнего перекрытия, или до нижней точки стропильной затяжки. Она складывается из расстояния от пола до головки подкранового рельса (H_1) и расстояния от головки подкранового рельса до нижнего перекрытия (h), определяющегося конструкцией крана и его габаритным размером по высоте. Величина H_1 , в свою очередь, складывается из нескольких высот (см. рис. 6.2), которые означают:

k - высота наиболее высокого оборудования в пролете, в любом случае не ниже 2,3 м;

z - промежуток между транспортируемой отливкой в крайнем верхнем положении и верхней точкой наиболее высокого оборудования, он равен 0,5 - 1,0 м;

l - высота наибольшей отливки в положении транспортирования, м;

f - расстояние от центра крюка крана в верхнем положении до верхней кромки наибольшей транспортируемой отливки, принимается не менее 1 м;

c - расстояние от предельного верхнего положения крюка до фермы крана.

В литейных цехах увеличение высоты пролета будет способствовать улучшению санитарно-гигиенических условий труда, так как увеличивается объем здания и воздуха рабочей зоны, но связано с увеличением капитальных затрат на строительство цеха.

Общий объем здания подсчитывается по строительной кубатуре, т.е. по наружной их площади и высоте. Для приближенных расчетов внутреннюю площадь здания увеличивают на 10 % (увеличение на толщину стен здания), а высоту считают как сумму высот от пола цеха до нижнего пояса фермы и от нижнего пояса фермы до горизонтальной линии, проходящей через середину фронона здания (см. рис. 6.2). Она обычно составляет 0,25-0,2 % от ширины пролета здания. Объем здания позволяет оценить затраты на его строительство по укрупненным показателям.

С целью значительного сокращения количества типоразмеров конструкций промышленных зданий, уменьшения проектных

работ и снижения стоимости строительства разработаны унифицированные типовые секции для одно- и многоэтажных зданий. Так, для одноэтажных литейных цехов такие секции имеют размеры 144х72 м и 72х72 м при сетке колонн 24х12 м, для двухэтажных зданий литейных цехов приняты размеры 96х72 м и 72х72 м при сетке основных колонн 12х24 м и сетке колонн первого этажа 12х6 м. Общая высота помещений принята 16,2 и 18 м, при этом высота первого этажа 7,8 м (включая межэтажное перекрытие).

6.2. Материалы для строительства зданий и конструкций

По роду применяемого строительного материала конструкции зданий могут быть металлические, сборные - железобетонные и смешанные (монолитные и сборно-монолитные). Металлические конструкции изготавливаются полностью из металла и состоят из металлических колонн и подкрановых путей, металлических стропильных ферм и фонарей и др. Они характерны для цехов с большими пролетами и большой грузоподъемностью кранов (длина пролета более 30 м, грузоподъемность крана более 30 т).

Железобетонные конструкции здания цеха состоят из железобетонных колонн, связующих рам, балок, подкрановых элементов здания, несущих сборных конструкций для покрытий. Чаще всего используют сборные железобетонные конструкции, реже встречаются монолитные.

Железобетонные стропильные фермы для пролета 24 и 30 м изготавливаются сборными (составными), а для пролетов 12 и 18 м - цельными. Колонны цехов с кранами грузоподъемностью до 125 т включительно проектируются сборными железобетонными.

Подкрановые балки для 12 м пролетов можно делать из сборного железобетона, а при грузоподъемности крана более 30 т - металлическими.

Покрытия делают из сборного железобетона - плиты покрытия имеют размеры 3х12 и 3х6 м.

Стены здания выполняют из сборных железобетонных панелей высотой 1,2 и 1,8 м. При панельных стенах используется ленточное остекление высотой, кратной 0,6 м.

Смешанные конструкции состоят как из железобетона (колонны, подкрановые балки), так и металлических конструкций (ферм, прогонов и фонарей). Ширина пролета у таких зданий может достигать 30 м и более при шаге колонн 6 м.

Одноэтажные многопролетные здания с пролетами одного направления следует проектировать одной ширины и высоты. Перепады высот здания могут быть допущены, если они составляют 1,8 и 2,4 м. Перепады высот необходимо совмещать с продольными температурными швами. Важным является водоотвод дождевой воды, особенно там, где он бывает чрезвычайно большим. Например, максимальное суточное выпадение осадков в районе металлургического завода Бокаро превышает 2000 мм. Водостоки выполняют как с внутренним (стояки располагаются по колоннам зданий или внутри колонн и соединяются с системой водосточной канализации), так и наружным отводом. Наружный отвод по изготовлению проще и надежнее, но ограничивает возможности дальнейшего расширения цеха, и при большой ширине здания приходится значительно увеличивать гребень кровли, что повышает затраты на строительство здания.

6.3. Основания, фундаменты, стены, колонны, полы, двери, ворота, тамбуры

Строительство цеха должно осуществляться на достаточно прочном основании (слое грунта, воспринимающем давление конструкций здания). Нормальным для строительства считается грунт, выдерживающий давление до 0,2 и 0,25 МПа. Если эти величины ниже, то производят укрепление грунта за счет вибрации, нагнетания химических и цементных растворов, забивки в грунт свайного основания.

Для передачи нагрузки от наземной части здания к основанию служат фундаменты. Непосредственно на основание опирается подошва фундамента. Глубина заложения фундамента зависит от уровня грунтовых вод, влажности грунта, расчетной глубины промерзания грунта. Фундаменты под железобетонные колонны, несущие основную нагрузку здания, устанавливают в виде отдельно стоящих столбов ступенчатой формы и изготавливают из сборного железобетона. Для распределения давления на большую площадь устраивают подколонник. Фундаменты под крановые колонны имеют форму прямоугольника с соотношением сторон от 1:1,5 до 1:1,8.

Технологическое оборудование необходимо устанавливать на отдельных или общих для нескольких агрегатов фундаментах.

Габариты фундаментов, глубина залегания и количество фундаментных болтов обычно даются с паспортом оборудования. Фундаменты под оборудование не должны связываться с фундаментом здания.

Стены здания разделяются на несущие, самонесущие, фахверковые. Несущие стены выполняются из кирпича и в зависимости от климатического пояса могут иметь толщину от 64 до 38 см. Самонесущие стены не воспринимают нагрузок от здания и служат лишь для ограждения. Фахверкные стены (каркасные) применяют для ограждения торцов пролетов и не воспринимают никакой нагрузки, несущие функции выполняет каркас, состоящий из железобетонных или стальных колонн и балок.

Колонны имеют квадратное или прямоугольное сечение, их размеры определяются расчетом, в зависимости от нагрузки. Для обеспечения необходимой жесткости поперечные размеры колонн квадратного типа, не несущих крановых нагрузок, должны быть не менее $0,04 H_k$. Для прямоугольных колонн больший размер при кранах грузоподъемностью до 10 т - не менее $0,07 H_{пр}$, при большей грузоподъемности кранов - $0,10 H_{пр}$, где H_k - высота колонны от основания до верха консоли, на которую опирается конструкция перекрытия, а $H_{пр}$ - высота нижней части колонны от верха фундамента до верха консоли, на которую опираются подкрановые балки.

Для отделения зон участка и цеха применяют перегородки из различных материалов в зависимости от назначения помещения (деревянные оштукатуренные, стеклянные, металлические застекленные, кирпичные и железобетонные).

Полы в цехе должны иметь ровную, удобную для очистки поверхность. Они могут выполняться из разнообразных материалов (деревянные в виде торцевых шашек, бетонные, асфальтовые, кирпичные). В литейных цехах полы чаще всего металлические или из металлических плит, в зависимости от типа цеха и технологического процесса.

Двери должны устанавливаться с таким расчетом, чтобы расстояние от наиболее удаленного рабочего места до выхода наружу или лестничную клетку для зданий категорий В, Г и Д по пожарной опасности находилось в пределах 50 - 100 м для одноэтажных зданий и 30 - 70 м - для многоэтажных. Размеры дверей зависят от числа работающих, ширина двери должна приниматься не

менее 0,6 м при численности работающих 100 человек, и колебаться от 0,8 м до максимальной - 2,4 м. Высота двери должна быть не менее 2 м. Устанавливается минимальная ширина различных элементов: проходов - не менее 1 м; коридоров - 1,4 м; маршей и площадок лестниц - 1,15-2,4 м. Количество эвакуационных выходов должно быть не менее двух. Двери должны открываться по направлению выхода из здания.

Размеры ворот здания зависят от габаритных размеров используемых транспортных средств. При использовании железнодорожного транспорта должны соблюдаться габариты приближения частей сооружения и оборудования к железнодорожному пути [98]. Железнодорожные ворота (при колее 1524 мм) должны иметь ширину 4,7 м, а высоту - 5,6 м и быть снабжены механизмами открывания и закрывания их, кроме того они должны иметь воздушные завесы для снижения поступления холодного воздуха в цех.

Ширина других ворот должна быть не менее 1,8 м и на 600 мм превышать ширину транспортного средства, высота - не менее 2,4 м и на 200 мм должна быть больше высоты транспортируемого груза.

Для сохранения тепла необходимо устраивать тамбуры. Для прохода людей тамбуры имеют две двери, и они должны открываться наружу.

Лестницы располагаются в лестничных клетках. Они делаются из железобетона или металлическими. Ширина лестничных маршей определяется количеством людей, находящихся на наиболее населенном этаже, кроме первого, и составляет 0,6 м на 100 человек.

Ширина марша лестниц - не более 2,4 м, а ширина лестничных клеток - 2,4; 2,8 и 3,2 м; длина - 5,6; 6,0 и 6,8 м.

Число ступеней в марше не менее 5 и не более 18, а размеры ступеней 15х30 или 16,6х39 см (высота ступени, умноженная на её ширину).

6.4. Кровли, фонари, галереи, эстакады, тоннели, каналы, антресоли

Покрытие кровли зависит от типа покрытия здания (плоские, скатные, структурные) и климатических условий местности, принятых решений по вентиляции и освещению кровли (фонарные или

бесфоновые). В каркасных зданиях по сборным железобетонным или металлическим фермам укладываются сборные железобетонные плиты длиной 6 или 12 м и стальной профилированный настил. Сверху - многослойные рулонные покрытия из водостойких материалов, которые укладываются на битумной мастике на слой утеплителя.

Фонари зданий бывают световыми, аэрационными и свето-защитными. Фонари можно располагать вдоль пролетов здания - продольные фонари или перпендикулярно пролетам - поперечные фонари. Из-за простоты конструкции чаще используют продольные фонари, они обеспечивают более равномерное освещение пролета.

Форма светоаэрационных фонарей бывает разнообразной (треугольной, зубчатой, трапециевидной и др.). Каждый тип имеет свои достоинства и недостатки, чаще используют прямоугольные фонари с вертикальным остеклением.

Ширину фонарей прямоугольной формы с вертикальным остеклением принимают для пролетов длиной 12 и 18 м равной 6 м, а для пролетов длиной 24 и 30 м - 12 м.

При устройстве фонарей предусматриваются разрывы не реже чем через 84 м по длине пролета, ширина разрыва - не менее 6 м.

Производственные здания без фонарей и без окон применяют в тех случаях, когда требуются особые условия по чистоте воздуха и поддержанию температуры и влажности воздуха за счет кондиционирования и вентиляции. В этом случае используют плоскую кровлю.

В зданиях литейных цехов широко применяются галереи, эстакады, тоннели, антресоли и другие элементы, служащие для улучшения движения пешеходов, транспортировки грузов, материалов, для прокладки инженерных сооружений и конвейерных систем и выполнения других нужд цеха.

В литейных цехах широко используются закрытые и открытые каналы для размещения в них инженерных сетей различного назначения. Для более полного использования объема цехов в них устраиваются антресоли, на которых размещаются конторские помещения для оперативного управления производством.

6.5. Противопожарные мероприятия по производственным зданиям литейных цехов

Здания литейных цехов относятся по пожарной опасности к категориям производств В, Г.

К категории В относятся модельные и ремонтные отделения и цехи, склады горюче-смазочных материалов.

К категории Г относятся непосредственно литейные цехи, в том числе и плавильные отделения.

Другие категории для литейных цехов не характерны.

Конструкции зданий или сооружений по степени огнеопасности делятся на пять степеней - I, II, III, IV и V [111].

Для зданий I и II категорий все части здания несгораемые, для III категории основные части здания несгораемые, ряд частей здания трудно сгораемые - межэтажные и чердачные перекрытия, перегородки и сгораемые (совмещенные покрытия). Здания IV степени имеют части трудносгораемые (основные перекрытия, перегородки), сгораемые (совмещенные покрытия) и несгораемые (брандмауэры). У зданий V степени все части сгораемые, кроме брандмауэров.

6.6. Освещение цехов и других помещений

Естественное и искусственное освещение проектируется в производственных и административно-бытовых и прочих помещениях в соответствии с действующими строительными нормами и правилами [112].

Все производственные и вспомогательные здания и помещения должны иметь непосредственное естественное освещение. Допускается освещать вторым светом бытовые помещения, кроме медицинских пунктов, пунктов питания, а также контор, конструкторских и технологических бюро.

Для получения естественного освещения используются окна в наружных стенах здания и верхние световые фонари в перекрытиях. У фонарей, используемых для аэрации, должны быть открывающиеся фрамуги.

Размеры светопроемов и их расположение определяется в зависимости от требуемой освещенности. Освещенность помещений должна быть равномерной и не допускать в помещении прямых солнечных лучей.

Естественное освещение помещений характеризуется коэффициентом естественной освещенности (к.е.о.) на расчетной рабочей поверхности. К.е.о. считается как отношение освещенности в данной точке помещения к одновременной освещенности наружной точки, находящейся на горизонтальной плоскости, освещенной рассеянным светом всего небосвода, выраженное в процентах. Различают среднее значение к.е.о. для всего помещения и минимальное - при освещении точек, наиболее удаленных от окон.

Для улучшения освещения в помещениях подбирают соответствующую цветовую отделку преимущественно светлыми тонами, увеличивающими освещенность рабочих мест за счет отраженного света от поверхности интерьера.

Среднее значение к.е.о. устанавливается нормами [112], с учетом обязательной регулярной очистки стекол световых проемов не реже четырех раз в год для помещений со значительными выделениями пыли, дыма и копоти.

При проектировании зданий необходимо предусмотреть устройства для очистки стекол, световых проемов и для окраски поверхностей помещения.

Наряду с естественным освещением необходимо использовать общее искусственное, а также комбинированное (применение общего и местного освещения). Применение только местного освещения не допускается.

В цехе необходимо устраивать аварийное освещение для обеспечения эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения.

По укрупненным показателям можно считать расход электроэнергии на освещение 1 м^2 площади пола цехов, включая бытовые и складские помещения, 15 Вт·ч.

7. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ И КОМПОНОВКА ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Литейные цехи в силу специфики их технологии обычно строят по индивидуальным проектам в соответствии с принятой технологической схемой цеха.

При проектировании литейных цехов обязательным является соблюдение санитарных норм проектирования промышленных предприятий и выполнение указаний по строительному проектированию предприятий, зданий и сооружений соответствующей отрасли.

ли промышленности, для условий которой проектируется или реконструируется литейный цех. Отклонение от норм проектирования приведет к непринятию объекта в эксплуатацию с большими капитальными затратами на переделку объекта, а следовательно, к затягиванию строительства.

Площадки для строительства литейных цехов должны быть отделены от жилой застройки санитарно-защитными зонами. Цехи не следует размещать с наветренной стороны для ветра преобладающего направления по отношению к жилой застройке.

В зависимости от класса производства устанавливается соответствующая санитарно-защитная зона [113].

Так, для чугунолитейных цехов производительностью более 100 тыс. т литья в год, установлен I класс производства и санитарно-защитная зона размером 1000 м. Для II класса, к которому относят чугунолитейные цехи производительностью от 20 до 100 тыс. т отливок в год, санитарно-защитная зона устанавливается в 500 м.

К II классу относятся чугунолитейные цехи производительностью от 10 до 20 тыс. т/год, а также цехи литья под давлением мощностью 10 тыс. т литья в год (преимущественно алюминиевого), и для них санитарно-защитная зона соответствует 300 м.

Остальные литейные цехи с производительностью литья из черных металлов до 10 тыс. т/год и цветного литья до 100 т/год относятся к IV классу и для них устанавливается санитарно-защитная зона размером 100 м.

Санитарно-защитная зона не может рассматриваться как резерв для расширения промышленной площадки предприятия.

Как правило, литейные цехи должны размещаться в районе промышленных узлов города и жилого массива.

В соответствии с санитарными нормами объем производства помещений на одного работающего не должен быть менее 15 м³, а площадь помещений не менее 4,5 м². В этих нормах также устанавливаются требования к отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха, к водоснабжению и канализации, освещению и ультрафиолетовому облучению.

После выбора производственной площадки для вновь строящегося объекта приступают к архитектурно-строительному решению здания, с тем чтобы здание отвечало не только технологическим требованиям, но и эстетическим.

Здесь приходится учитывать климатические и гидрологические условия местности, где и как будет располагаться цех на генеральном и ситуационном плане предприятия и как он взаимосвязан с близлежащим жилым массивом, общезаводскими и городскими коммуникациями и транспортными связями, как осуществляется доставка моделей и грузов на заводскую территорию.

7.1. Планировка литейных цехов

После определения места расположения литейного цеха приступают к компоновочно-строительному решению. Целью его является удобное расположение отделений и участков в соответствии с основной технологической схемой производства литья, обеспечивающее минимальные транспортные коммуникации без взаимного пересечения грузопотоков, локализацию участков с максимальными пыле- и тепловыделениями.

Здание цеха должно отличаться компактностью и отвечать санитарно-гигиеническим требованиям [4].

В связи с большим разнообразием используемых технологических процессов производства отливок следует ожидать и разнообразные планировочные решения цеха, а значит и разнообразие в конструкциях зданий литейных цехов.

Основным принципиальным вопросом компоновки является решение о том, какое здание сооружать: многопролетное со сплошной застройкой или неглубокое с развитым периметром внешних стен. От этого в значительной мере зависят затраты на сооружение самого здания (при сплошной застройке они несколько снижаются, хотя и незначительно), но зато значительно возрастают затраты на вентилирование и освещение помещения.

Типичным примером компактной застройки квадратного или приближающегося к нему типа является планировка чугунолитейного цеха завода «Станколит» в Москве (рис. 7.1). Здание включает в себя три отделения, состоящие из трех пролетов каждое, и разделенных двумя транспортными пролетами. По торцам цеха расположены сквозное двухпролетное отделение обрубки и очистки, включая участок грунтовки отливок и склады, а также с противоположного конца пролетов расположены сквозная эстакада и однопролетное помещение, включающее в себя стержневое отделение и склад шихтовых материалов. Плавильные отделения (два), состоящие из вагранок, занимают небольшие участки в формовочных пролетах цеха.

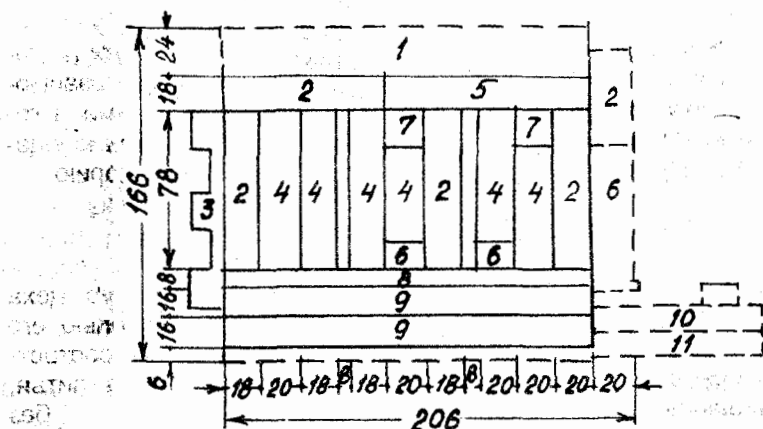


Рис. 7.1. Компонировочная схема литейного цеха завода «Станколит» (г. Москва):

1 – эстакада; 2 – стержневое отделение; 3 – выбивное; 4 – формовочное; 5 – склад шихтовых материалов; 6 – смесеприготовительное; 7 – плавильное; 8 – транспортный проезд; 9 – обрубное; 10 – склад отливок; 11 – грунтовочное

К цеху примыкают административно-бытовые помещения, а с противоположной стороны - смесеприготовительное и стержневое отделения.

В послевоенные годы наиболее характерным типом были так называемые П-образные здания. Примером такого здания является планировка чугунолитейного цеха Ульяновского завода тяжелых и уникальных станков (рис 7.2). Здесь в трех продольных пролетах длиной 192 м расположены: в первом - смесеприготовительные отделения, склады шихтовых и формовочных материалов; во втором - плавильные отделения и отделение подготовки производства; в третьем - формовочное отделение крупных отливок. В двух поперечных пристроях располагаются: в одном - двухпролетное обрубное отделение, в другом - двухпролетное стержневое отделение.

Одним из достоинств такого рода зданий является возможность размещать в каждом из блоков цеха различной мощности.

Такая практика однако не дает значительных преимуществ по сравнению с размещением каждого блока (цеха) в отдельном здании.

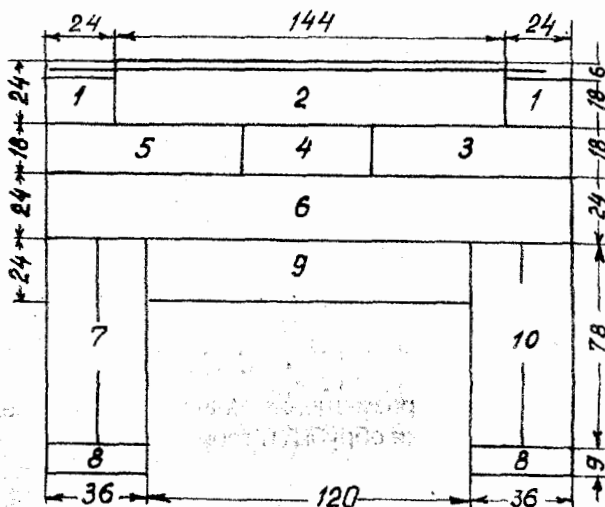


Рис. 7.2. Компоновочная схема чугунолитейного цеха завода тяжелых станков (г. Ульяновск):

1 – смесеприготовительное; 2 – склады шихты и формовочных материалов; 3 – подготовка производства; 4 – чугуноплавильное; 5 – сталеплавильное; 6 – формовочное (крупные отливки); 7 – обрубное; 8 – бытовые; 9 – формовочное (средние и крупные отливки); 10 – стержневое отделение

При этом срок окупаемости получается примерно одинаковым, но значительно возрастают затраты на вентиляцию и освещение, а условия труда ухудшаются. Следовательно, размещение цехов в отдельном здании более целесообразно.

Но возможна блокировка зданий по производственному признаку без непосредственного смыкания зданий (рис. 7.3).

При этом могут быть использованы схемы блокировки с последовательным (а), параллельным (б) и последовательно-параллельным (в) расположением литейного корпуса (1), корпуса обрубки и термообработки (2) и АБК (3).

В современной практике чаще всего применяют компоновочное решение литейного цеха в виде вытянутого прямоугольника со значительным отношением длины цеха к его ширине (не менее 1,5-2,0 раза).

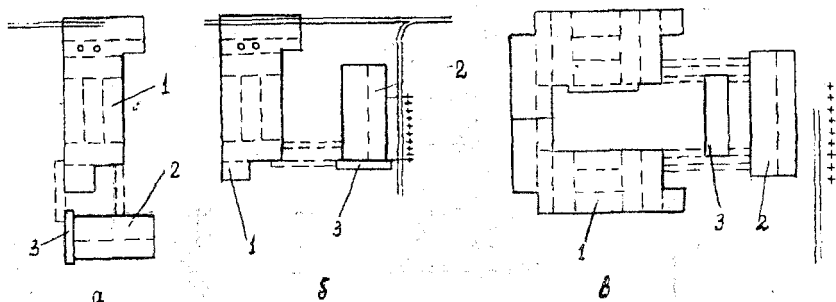


Рис. 7.3. Схемы размещения зданий литейных цехов, отделения обрубки и термообработки.

В качестве примера показаны компоновочные решения трех цехов с различной массой отливок, входящих в состав специализированного блока чугунолитейного производства производительностью 80 тыс. т отливок в год с мелкосерийным характером производства (рис. 7.4). Такая компоновка связана с необходимостью хорошей вентиляции помещений, а также с технологическими особенностями. Грузопотоки материалов при такой высокой производительности проще организовать при наличии нескольких въездов в цех со стороны внешних стен, что исключает необходимость иметь широкие внутренние проезды, занимающие много площади и пересекающие рабочие потоки цеха.

При любой планировке цеха необходимо обеспечивать достаточные габариты для размещения технологического и иного оборудования, а также иметь проходы и проезды по цеху.

Расположения цеховых проездов и проходов приведены на рис. 7.5, а нормы их - в табл. 7.1. При этом высоту ворот для проездов устанавливают с учетом максимальных габаритных размеров транспортируемых грузов и стандартного ряда высот 3000 (минимальная), 4200, 5600 и выше.

Габариты для размещения оборудования даны на рис. 7.6, а нормы расстояний от стационарного оборудования до стен и колонн - в табл. 7.2.

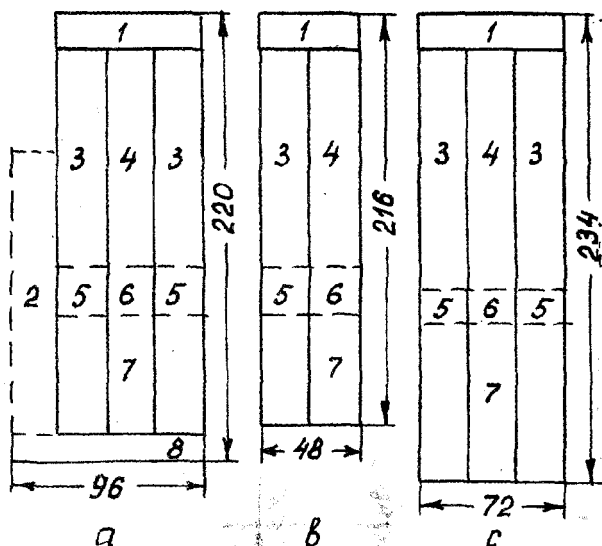


Рис. 7.4. Компановочная схема типового блока чугунолитейных цехов мелкосерийного производства крупных (а), средних (с) и мелких (в) отливок мощностью 80 тыс. т/год:

- 1 – плавильное отделение; 2 – эстакада; 3 – формовочное;
4 – стержневое; 5 – выбивное; 6 – смесеприготовительное;
7 – обрубное; 8 – административно-бытовые помещения

Важным вопросом является вопрос этажности здания. В цехе имеются различные грузопотоки, которые необходимо разводить между собой за счет размещения их на различных уровнях или за счет использования второго этажа, что чаще применяется в современной практике, либо за счет строительства подземных сооружений (для приема потока отработанной смеси и просыпей).

Подземные сооружения довольно дороги и их размещение может быть затруднено, если уровень грунтовых вод располагается близко к поверхности.

Следует заметить, что стоимость двухэтажных зданий не дороже одноэтажных, но они удобны в эксплуатации при использовании автоматических линий и конвейеров, ведут к сокращению площади цеха, коммуникацией, кровли и применению индустриальных методов строительства.

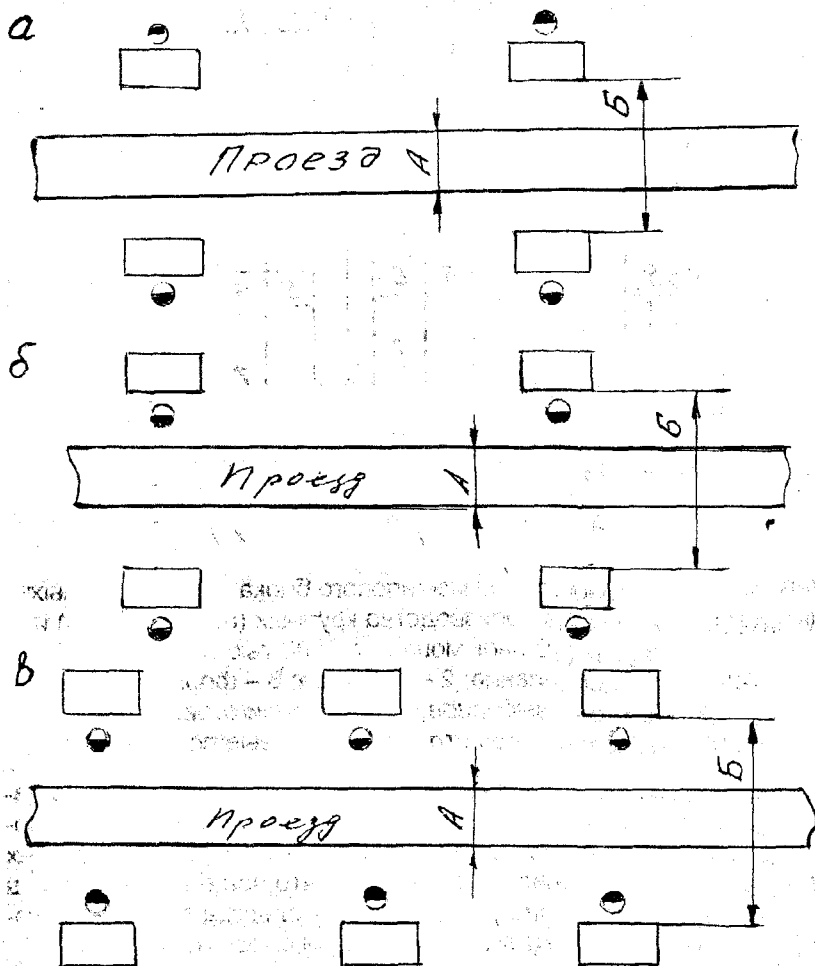


Рис. 7.5. Расположение проездов:

а – проезд при отсутствии зон обслуживания оборудования и магистральный (двустороннее движение); б – проезд при обслуживании оборудования с одной стороны; в – проезд между двумя зонами обслуживания оборудования

Нормы размеров цеховых проездов и проходов

Таблица 7.1

Характер проездов (рис. 7.5)	Направление движения	min высота проезда	Обозначение размеров	Размеры проездов и расстояний между оборудованием при различных средствах транспорта, мм													
				Электрокары грузо-подъемностью до, т			Электропогрузчики грузоподъемностью до, т			Краны и кран-балки	Электротележки по рельсовому пути шириной, мм			Грузовые автомашины, т			
				1	2	5	1	2	3		1000	1524	1524	до 1	до 5		
				Размеры транспортируемых грузов или тары с грузом до, мм													
				800	1500	2000	800	1500	2000	1500	3000	1500	2200	2600	-	-	
Схема а	одно-стороннее	3000	А	2000	2500	3000	2500	3000	4000	2500	4000	2500	3500	4000	-	-	
			В	2500	3000	3500	3000	3500	4500	3000	4500	3000	4000	4700	-	-	
			А	3000	3500	4000	3500	4000	5000	-	-	-	-	-	4500	5500	
Схема б	одно-стороннее	3000	В	3000	4000	4500	4000	4500	5500	-	-	-	-	-	5000	6000	
			А	2000	2500	3000	2500	3000	4000	2500	4000	-	-	-	-	-	-
Схема в	одно-стороннее	3000	В	3300	3800	4300	3800	4300	5300	3800	5300	-	-	-	-	-	
			А	2000	2500	3000	2500	3000	4000	2500	4000	-	-	-	-	-	-
			В	4000	4500	5000	4500	5000	6000	4500	6000	-	-	-	-	-	-

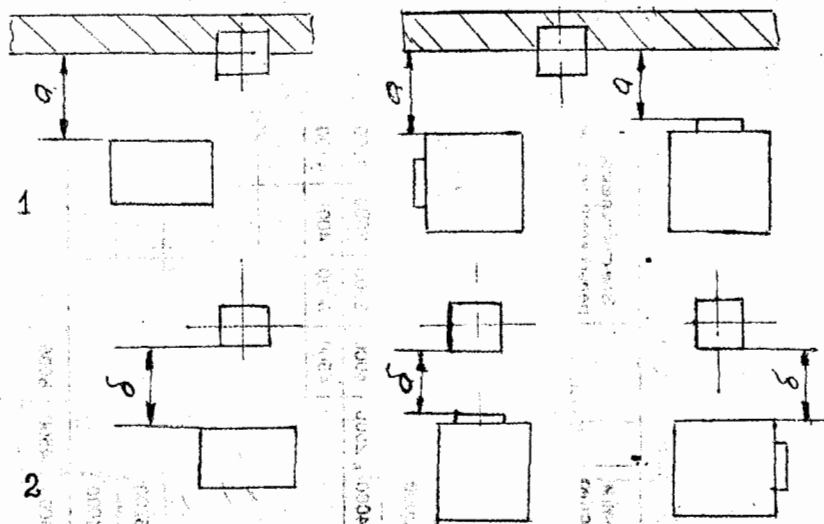


Рис. 7.6. Расстояние от стен здания (1) и колонн (2) до оборудования

Таблица 7.2
Нормы расстояний от стационарного оборудования до стен и колонн здания

Расстояние в соответствии с рис. 7.6	Расстояние, мм				Печи сушильные и термические, мм
	Мелкое оборудование, габарит до 1500×1500 мм	Среднее оборудование, габарит 4000×3500 мм	Крупное оборудование, габарит		
			8000×6000 мм	8000×6000 мм	
От стены до тыльной или боковой стороны оборудования - а	800	1000	1100	1200	1200
От колонны до тыльной или боковой стороны оборудования - б	800	1000	1100	1200	1000

В то же время практика использования двухэтажного цеха для литья под давлением себя не оправдала из-за быстрого выхода из строя металлоконструкций второго этажа (опыт Ульяновского моторного завода).

На рис. 7.7 приведены поперечные разрезы цехов, показанных на рис. 7.4.

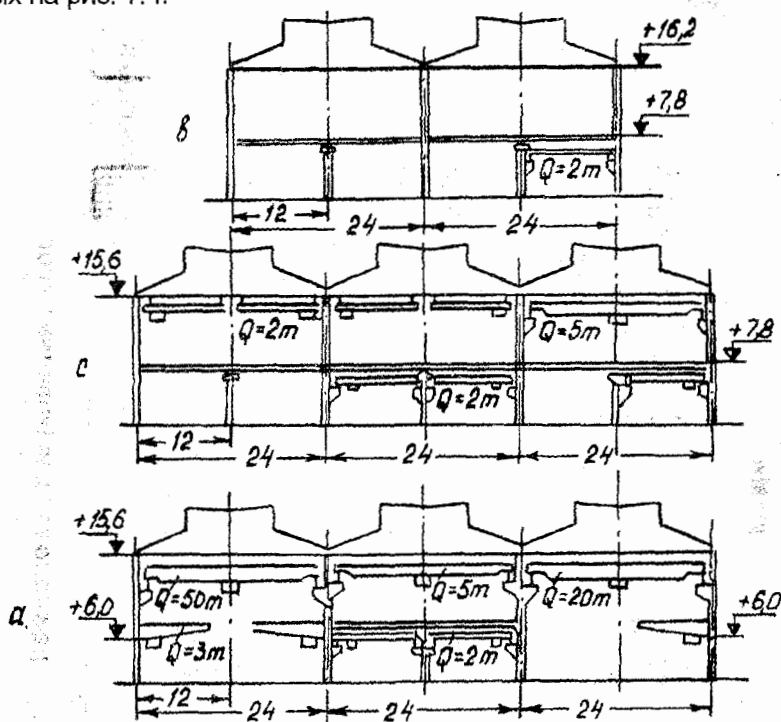
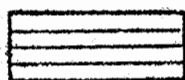
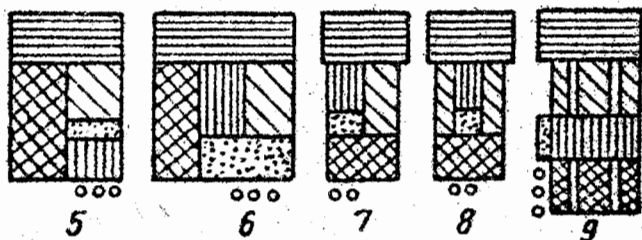
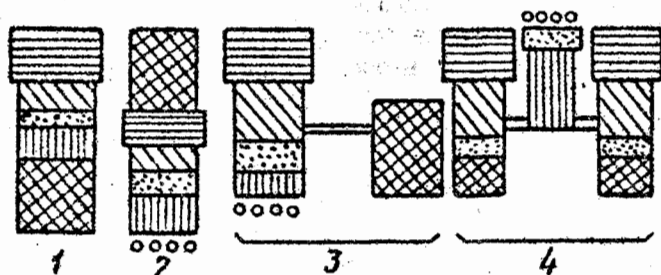


Рис. 7.7. Разрез зданий, показанных на рис. 7.4

На втором этаже цеха мелкого литья располагается все технологическое оборудование, а на первом этаже - склады оснастки, готовых отливок. В цехе крупного литья в двухэтажный пролет вынесено стержневое и смесеприготовительное отделения. Формовочно-выбивное отделение цеха крупного литья выполнено в одноэтажном здании. В источнике [3] приведены наиболее типичные схемы чугуно- и сталелитейных цехов. Они представлены на рис. 7.8. Обобщенная их характеристика сведена в табл. 7.3.



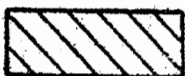
Плавильное отделение и склад шихты



Смесеприготовительное отделение



Отделение термообработки и обрубки



Формовочно-заливочно-выбивное отделение



Стержневое отделение



Силосные емкости свежего песка

Рис. 7.8. Компоновочные схемы литейных цехов

Таблица 7.3

Компоновочные решения цехов

Номер компоновки	Характеристика	Область применения	Преимущества и недостатки
1	Цех располагается в одном здании шириной до 96 м	Стеле- и чугунолитейные цехи любого назначения	Недостаток: большая длина здания
2	Отделение термообработки и обрубки располагается за складом шихты	Стеле- и чугунолитейные цехи любого назначения	Преимущества: короткий грузопоток возврата литников в шихтовый пролет, открытое стержневое отделение (удобное расположение силосных емкостей)
3	Расположение отделения термообработки и обрубки в отдельном здании	Цехи с большим объемом производства или с большим объемом термических и обрубных работ (сталелитейные, ковкого чугуна)	Преимущество: меньшая длина корпуса
4	Расположение стержневого отделения в отдельном здании	Обслуживание стержневым отделением двух цехов с однотипной программой (например, цехов мелкого серого и ковкого чугунолития)	Преимущества: рациональное использование стержневого отделения, упрощение грузопотока песка, сокращение длины корпусов. Недостаток: длинные грузопотоки стержней

Номер компоновок	Характеристика	Область применения	Преимущества и недостатки
5	Расположение всех отделений под одной крышей	Цехи массового производства большой мощности	Недостатки: большая ширина здания, повышенные требования к искусственному отоплению и вентиляции
6	Расположение всех отделений под одной крышей при минимальной длине и большой ширине цеха	Цехи малой и средней мощности. Компоновка наиболее удобна для цехов мелкосерийного и единичного производства	Преимущество: удобное транспортирование стержней к месту сборки. Недостаток: повышенные требования к искусственному отоплению и вентиляции
7	Малая ширина здания	Цехи малой мощности, чаще с мелкосерийным производством	Преимущества: хорошее естественное освещение и вентиляция, удобное транспортирование стержней на сборку
8	Расположение стержневого отделения между двумя формовочными	Цехи мелкосерийного производства и крупных отливок	Преимущество: возможность выпуска отливок широкой номенклатуры
9	Аналогична предыдущей. Расположение смесеприготовительного отделения в специальной пристройке	Цехи с широкой номенклатурой средних и крупных отливок, в основном мелкосерийного производства	Преимущества: лучшие условия работы в цехе, просторное размещение смесеприготовительного оборудования; удобство для одноэтажных цехов двух вставок для размещения транспортного и вспомогательного оборудования

В большинстве рассматриваемых схем компоновок используются двухэтажные цехи, но такие отделения, как стержневое и очистное, располагают или в одноэтажных частях здания, или в отдельных зданиях (компоновки 3 и 4 рис. 7.8).

Определение площади основных и вспомогательных отделений цеха рассматривается при расчетах соответствующих отделений цеха.

Кроме этого, для определения общей площади цеха необходимо учитывать площади для размещения энергетического и санитарно-технического оборудования, венткамер, очистных сооружений, а также резервные площади, необходимые для последующей смены оборудования при реконструкции или реновации производства.

Объемно-планировочное решение литейного цеха, разработанное на основании выполненных технологических решений и расчетов, оформляется предварительной планировкой цеха с размещением основного технологического оборудования.

Затем совместно с технологами и специалистами по подъемно-транспортному оборудованию разрабатывают планировку цеха и соответствующую спецификацию к нему. На планировке указываются основные размеры здания и размещение оборудования с привязкой к осям здания цеха, указываются проходы и проезды и места расположения вентиляционного, электрического оборудования, а также помещения АБК. На основании планировки приступают к выполнению остальных частей проекта: строительной, отопления и вентиляции, электротехнической и других, необходимых для функционирования цеха.

7.2. Примеры планировки литейных цехов

Рассмотрим ряд планировок литейных цехов для различного литья и характера производства, которые имеют высокую степень механизации и автоматизации производства и обеспечивают стабильное выполнение заданной производственной программы в течение длительного времени.

Планировка чугунолитейного цеха ВА3а проектной мощностью 90 тыс. т/год отливок показана на рис. 7.9, где I - склад шихты; II - плавильное отделение; III - формовочное отделение; IV - стержневое отделение; V - смесеприготовительное отделение; VI - обрубно-очистное отделение; VII - склад отливок; VIII - административно-бытовые помещения; IX - пандус для въезда на второй

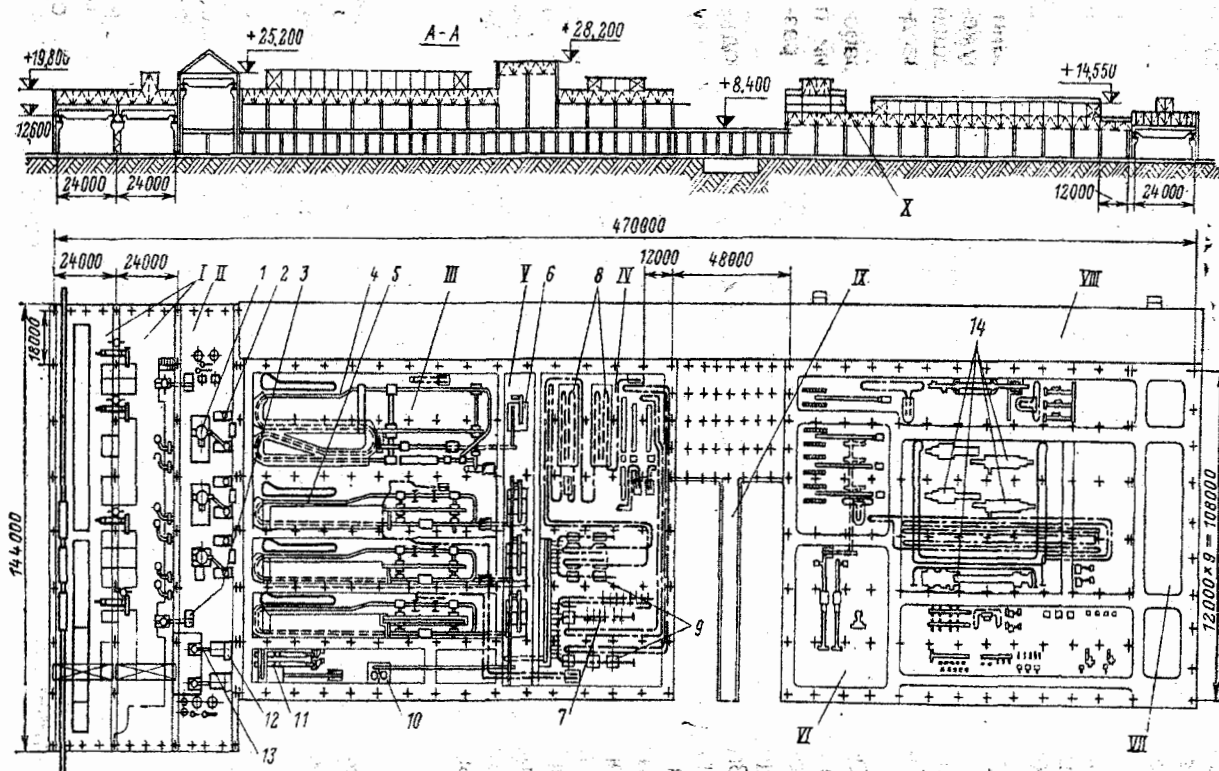


Рис. 7.9. Двухэтажный чугунолитейный цех для автомобилестроения

этаж; X – трехъярусная галерея для охлаждения отливок; 1 – электрическая дуговая печь вместимостью 40 т; 2 – индукционный тигельный миксер вместимостью 20 т; 3 – люк для подачи шихты; 4 – автоматическая формовочная линия для блоков цилиндров с размером опок 900х700 мм; 5 – автоматическая формовочная линия для разных деталей с размером опок 800х500 мм; 6 – комплекс смесеприготовительного оборудования с установками для охлаждения отработанной смеси; 7 – машины для изготовления стержней в горячих ящиках; 8 – сушило для подсушки стержней; 9 – челночные машины для изготовления стержней в горячих ящиках; 10 – смесеприготовительная установка для линий безопочной формовки; 11 – автоматическая формовочная линия безопочной формовки; 12 – индукционный каналный миксер вместимостью 40 т; 13 – индукционная тигельная плавильная печь вместимостью 25 т; 14 – печи для термообработки отливок.

Цех выполнен в виде двух отдельных зданий. В первом располагается собственно литейный цех (плавильное, ФЗВО, стержневое и частично смесеприготовительное отделения), а во втором здании, соединенном с первым примыкающим к ним административно-бытовым зданием, располагается термообрунное отделение.

Между этими корпусами располагается пандус, обеспечивающий въезд на отметку + 7,2 м.

Первый корпус выполнен в виде двухэтажного здания (отметка второго этажа +7,2 м), кроме шихтового пролета, который выполнен как одноэтажный, и располагается в двух пролетах шириной 24 м.

Плавильное отделение, как и шихтовый двор, располагается перпендикулярно основной технологической линии цеха. В состав плавильного отделения входят электродуговые печи вместимостью по 40 т каждая. Они служат для плавки серого и высокопрочного чугуна. Из дуговых печей металл поступает в индукционные миксера вместимостью 20 т (по два на каждую дуговую печь). Из миксеров металл переливают в ковши, которые автопогрузчиком передаются на заливку.

Кроме того, для плавки используют две индукционные тигельные печи вместимостью по 25 т, из которых металл переливают в два каналных индукционных миксера вместимостью по 57 т каждый, а также индукционные тигельные печи вместимостью 50 и 57 т.

Показатели работы плавильного отделения чугунолитейного цеха ВАЗа приведены в табл. 7.4.

Таблица 7.4

**Некоторые показатели плавильного отделения
(плавильные печи)**

Тип печи и их количество	Вместимость, т	Часовая производительность, т/ч	Общие простои плавильных печей, %	Стоимость сводов и тиглей, плавов	Удельный расход электроэнергии, кВт/ч	
					пределы колебаний	средний
Дуговая LBS48-2	40-48	8,1-10,0	} 11	42-82	} 577-650	} 613,5
Дуговая 6ДСП-40 (1)	40	1,5-9,5		44-74		
Индукционные печи			} 3,8		} 615-714	} 660
LED-25 (2)	25	6,7-9,1		110-450		
LED-50 (1)	50	3,9-5,0		3,0-490		
С-55 МНЕ (1)	55	3,2-4,3		140-279		

Изготовление форм ведется на четырех опочных конвейерных автоматических литейных линиях фирмы SPO и двух безопочных линиях фирмы DISA.

Первая опочная линия имеет размер опок в свету 900x700 мм и предназначена для изготовления блока цилиндров, максимальная производительность - 180 форм/ч; три других опочных линии имеют размер опок в свету 800x700 мм и предназначены для изготовления средних отливок, максимальная производительность - 270 форм/ч каждая.

Безопочные линии DISA имеют размер кома 500x400 мм и производительность 300 форм/ч, они служат для изготовления мелких отливок и имеют одну смесеприготовительную установку на две линии.

Каждая опочная линия имеет отдельную смесеприготовительную установку.

Следует заметить, что длительный опыт эксплуатации АЛП показал, что проектное решение, связанное с искажением профиля литейной линии для производства заливки, является неверным, так как часто приводит к необходимости сливать излишки металла из ковша из-за невозможности проехать вдоль линии и заполнить еще одну или две опоки.

Выбитые отливки транспортируются подвесным конвейером сначала в охлаждающую галерею, а затем в термообрубное отделение.

Стержни готовятся на одно- и двухпозиционных машинах по горячим ящикам. Они при необходимости собираются в блоки и на подвесных конвейерах подаются к месту сборки формы.

В термообрубном отделении отливки на поточных линиях проходят обрубку, зачистку и термообработку.

Отработанная смесь подвергается охлаждению и подготовке на первом этаже двухэтажного здания цеха. Здесь же находятся склады стержней, оснастки и транспортное оборудование.

Свежие формовочные материалы хранятся в отдельном здании, в котором располагаются силоса сухого песка. Подача материалов из этого здания осуществляется ленточными транспортерами и пневмотранспортом.

Общие проектные показатели цеха сведены в табл. 7.5.

Таблица 7.5

Общие показатели чугунолитейного цеха ВАЗа

Показатели	Значение параметра
Общая площадь цеха, м ²	51300
Общее число работающих	1465
Выпуск литья на 1 м ² общей площади, т/год	1,75
Выпуск литья на одного работающего, т/год	61,4

Следует заметить, что в процессе эксплуатации проектные показатели были существенно превзойдены (примерно на 30 %). При этом заметно возросло производство высокопрочного чугуна в общем выпуске литья (с 19,5 до 35 %), что позволило отказаться от производства ковкого чугуна (с 1988 г.) и получить значительную экономию на снижении расхода энергоресурсов.

Планировка сталелитейного цеха КАМАЗа для производства автомобильного литья массой до 100 кг показана на рис. 7.10, где I – склад шихты; II – вспомогательный пролет плавильного отделения; III – помещение на отметке +19,2 м для вентиляционных систем и газоочистки; IV – плавильное отделение; V – формовочно-заливочно-выбивное отделение; VI – отделение смесеприготовления; VII – стержневое отделение; VIII – термообрубное отделение; IX – отделение грунтовок; X – ремонтные службы; XI – склад осна-

стки; XII – экспериментальный участок; XIII – приточные вентиляционные системы; XIV – пандус для въезда автотранспорта на второй этаж; 1 – установка для подогрева шихты; 2 – электрическая дуговая печь марки ДСП – 12; 3, 4 – автоматическая формовочная линия для опок размером 1100x750 мм; 5 – комплексное смесеприготовительное отделение со смесителями непрерывного действия, системой гомогенизации и охлаждения отработанной смеси; 6 – смесители для приготовления стержневых составов мод. 1А12; 7 – машина двухпозиционная челночного типа мод. Т-40 для изготовления стержней по горячим ящикам; 8 – то же, мод. 4509А; 9 – то же, мод. 4532Б; 10 – термическая печь для нормализации отливок; 11 – камера для грунтовки отливок; 12 – сушило для сушки после грунтовки. Проектная мощность цеха составляет 95 тыс. т годного литья из низкоуглеродистых и низколегированных марок стали.

Подача шихтовых материалов в цех осуществляется с помощью железнодорожного транспорта. Формовочные материалы хранятся на базисном складе литейного завода и подаются в цех ленточными транспортерами (песок) и пневмотранспортом (бентонит).

Плавильное отделение включает в себя 8 дуговых сталеплавильных печей вместимостью 12 т. Они снабжены мощными трансформаторами по 9000 кВт каждый. Имеются установки для предварительного подогрева шихты до 600 - 650 °С.

Формовочно-заливочно-выбивное отделение состоит из трех АЛЛ с габаритными размерами опок 1100 x 750 x 300 x 300 мм.

Линии имеют производительность по 240 форм/ч, и каждая снабжена самостоятельной смесеприготовительной установкой.

Стержни изготавливаются по горячим ящикам на двухпозиционных машинах.

После окраски и подсушивания в конвейерных печах, установленных на первом этаже, стержни поступают на подвесной склад. Со склада они с помощью подвесного толкающего конвейера доставляются к местам сборки форм.

После выбивки отливки поступают на пластинчатые охлаждающие транспортеры, расположенные на первом этаже. Для ускорения охлаждения транспортеры проходят через две дождевальные камеры на каждой линии.

Охлажденные отливки поступают в галтовочные барабаны, где происходит выбивка стержней и удаляются литники и прибылы (до 70 - 75 % всего количества).

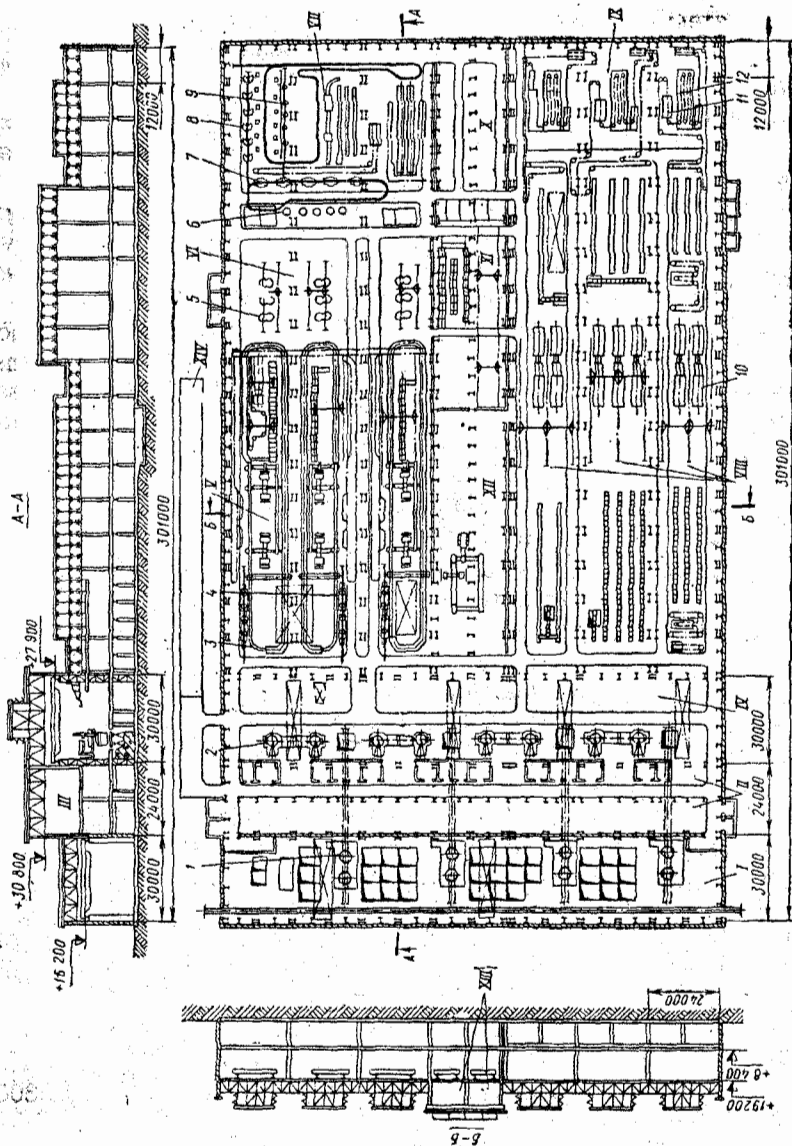


Рис. 7.10. Двухэтажный цех стальных отливок для автомобилестроения

Затем отливки подвергаются дробеметной очистке и поступают на линию обработки в отделение термообработки и обрубки, после чего проходят нормализацию в толкательных печах.

Термообработанные отливки подвергаются вторичной очистке, проходят правку и грунтовку и поступают на склад литья, расположенный на первом этаже цеха.

В цехе имеется ряд трехэтажных вставок (во вспомогательном пролете плавильного отделения и над экспериментальным участком). В трехэтажных вставках размещается вентиляционное оборудование и системы газоочистки.

В цехе имеется экспериментальный участок, на котором осуществляется отработка технологического процесса и отладка оснастки.

Показатели цеха следующие:

- общая площадь до - 5600 м^2 ;
- общее число работающих - 1165 чел.;
- выпуск литья с 1 м^2 площади цеха - $1,68 \text{ т/м}^2$;
- выпуск литья на одного работающего - 80 т/год .

Представляет интерес рассмотрение планировки литейного цеха завода "Водоприбор" (Москва) (прил. 3), где выпускается специфическая продукция - водозапорная арматура, корпуса и крышки люков коммунальных сетей и др. Цех за свое развитие неоднократно подвергался расширению и реновации. Он располагается в районе жилой застройки и должен выдерживать строгие нормы по выбросам.

Старое здание цеха имеет основной рабочий пролет шириной 14650 мм с высотой подкрановых путей на отметке $+7,4 \text{ м}$. В этом пролете размещается ФЗВО. В его состав входят двухшнековый смеситель ЖСС производительностью 20 т/ч , изготовленный на заводе "Станколит", две встряхивающие машины 233М, формовочная машина 267М (опоки $1000 \times 800 \text{ мм}$), три машины 2М 265 (опоки $800 \times 700 \text{ мм}$), встряхивающие машины 91871С - 4 шт., две выбивные решетки.

К ФЗВО примыкает камерное сушило объемом 53 м^3 . В торце отделения с выходом в очистное отделение размещена АЛ 2002 безопасной формовки с размером кома $600 \times 450 \times 180 \dots 300 \text{ мм}$.

Очень компактно плавильное отделение со складом шихты, состоящее из четырех индукционных печей ИЧТ-6МО2 вместимостью 6 т , печных трансформаторов мощностью $1300 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ с воротами, выходящими за пределы цеха. Склад шихты имеет очень ог-

раниченные размеры и оборудован двумя кран-балками грузоподъемностью 2 т. Ими осуществляется разгрузка шихты с автомашин и погрузка ее в специальные контейнеры, с помощью которых производится завалка шихты в печи загрузочной тележкой с открывающимся днищем.

Рабочая площадка печей расположена на отметке +3,3 м. Выпуск металла осуществляется в ковш с последующей транспортировкой его передаточными тележками к месту заливки.

Стержневой участок имеет в своем составе универсальную установку для приготовления жидких самотвердеющих смесей производительностью 10 т/ч. Кроме того, есть две карусельные стержневые установки для изготовления стержней из ХТС по типу завода "Станколит". Окраску стержней производят на специальном стенде.

Весьма компактным является и смесеприготовительное отделение, в котором расположены четыре штуки смешивающих бегуна с максимальной производительностью 20 м³/ч. Одни бегуны установлены в ФЗВО для перемешивания отработанной смеси. В отделении или близко к нему расположены мешалки для бентонита, краскомешалки, битумоварка и баки для хранения добавок и связующих. Есть в отделении и полигональное сито 176М.

Подача смеси механизирована и осуществляется системой транспортеров и элеваторов. Уборка смеси из под машин и выбивных решеток производится в подземных тоннелях.

Очистное отделение, вновь пристроенное, имеет габариты: ширина - 24 м, длина 42 м, высота подкрановых путей на отметке +8,14 м. Оно включает в себя выбивную решетку, два очистных барабана Ø 1200 мм, установку электрогидровывивки (максимальная масса отливки 1,5 т), дробеметную камеру, обдирочно-шлифовальный станок с диаметром круга 500 мм. Кроме этого в кокильном отделении имеются три термические печи сопротивления и пресс для испытания крышек люков.

В цехе есть кокильное отделение, которое территориально расположено в двух местах. В старом корпусе расположен горизонтально-замкнутый тележечный конвейер из 17 тележек для отливки крышек люков с габаритными размерами кокилей 800x1250 и 1000x1500 мм. Конвейер поднят над уровнем пола на 1200 мм. В новом пристрое расположена карусельная установка диаметром 4 м для отливки корпусов люков и восемь стационарных кокильных машин с вертикальным разъемом.

Рядом с тележечным конвейером располагается участок металлообработки кокилей, где наряду с доводкой кокильной оснастки на механообрабатывающих станках и в дробеметной камере осуществляется металлизация и плазменное напыление рабочих поверхностей кокилей.

Несмотря на сложную планировку цеха и его разбросанность в цехе хорошо продумана система транспортных потоков. При этом широко используются как мостовые краны - 6 шт. (г.п. 10 и 5 т), кран-балки - 7 шт. (г.п. 5 и 3 т), электротельферы - 11 шт., консольно-поворотные краны - 3 шт., так и напольные транспортные средства для передачи жидкого металла, стержней и литья из пролета в пролет: 5 шт. моторных передаточных тележек, 5 шт. безмоторных.

В цехе имеются также мастерские механиков и электриков, литейная лаборатория и вентиляционные помещения.

В целом, рассматриваемый цех, несмотря на стесненные условия и малый объем его, оснащен современным технологическим оборудованием и имеет высокую производительность при хороших показателях качества литья.

8. РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

8.1. Общие положения по реконструкции

Предусматриваются следующие методы обновления основных производственных фондов: строительство нового завода (цеха), расширение, реконструкция и техническое перевооружение действующего [115].

Строительство нового предприятия (нового цеха) осуществляется по проекту на новых площадях и представляет собой экстенсивный путь развития, наиболее дорогой и длительный из возможных путей увеличения объема производства.

Расширение действующего предприятия заключается в строительстве по новому проекту цехов второй и последующих очередей развития этого предприятия, в достройке существующих основных цехов, в увеличении объема действующих вспомогательных производств на территории предприятия. В результате расширения должна быть увеличена мощность действующего предприятия, повышен технический уровень производства, улучшены его технико-экономические показатели.

Реконструкция устаревшего предприятия предусматривает полное или частичное переоборудование и переустройство производства с заменой морально устаревшего и физически изношенного оборудования, механизацией и автоматизацией производства, устранением диспропорций в технологических звеньях, расширением номенклатуры или повышением качества продукции. При реконструкции обеспечивается прирост объемов производства с меньшими затратами и в более короткие сроки, чем при строительстве новых или расширении действующих предприятий. К реконструкции относится изменение профиля предприятия, а также строительство новых цехов той же мощности и назначения взамен ликвидируемых. Если рассматривать отдельный цех, то строительство такого цеха вместо старого может быть названо новостройкой.

При реконструкции может осуществляться расширение отдельных зданий и сооружений основного, подсобного и обслуживающего назначения в случаях, когда новое высокопроизводительное и более совершенное по техническим показателям оборудование не может быть размещено в существующих зданиях.

Техническое перевооружение действующего предприятия осуществляется в соответствии с планом его технического развития по проектам на отдельные объекты цехов и предусматривает повышение технических характеристик до уровня лучших мировых образцов.

Техническое перевооружение заключается во внедрении новой техники и технологии, механизации и автоматизации производства, обеспечивающих изменение выпуска продукции, повышение производительности, качества и улучшение условий труда. При техническом перевооружении, в отличие от реконструкции, объем строительно-монтажных работ не должен превышать 10 % общего объема работ.

Внимание к экологической проблеме вызвало резкое увеличение затрат на охрану окружающей среды. Мероприятия по обеспечению нормированных выбросов вредных веществ в воздушный и водный бассейны теоретически не относятся к обновлению производственных фондов, но они должны быть отнесены к реконструкции действующего производства.

Многие старые литейные цехи располагаются в непосредственной близости от жилых районов городов. Общественность зачастую выступает за закрытие или вынос данных цехов за город. В этих условиях единственной возможностью сохранения производ-

ства и сложившихся коллективов литейщиков является проведение природоохранных мероприятий.

Любая реконструкция требует проведения анализа технико-экономического уровня цеха. При этом рассматриваются следующие вопросы:

1) технико-экономический уровень и качество выпускаемой продукции; 2) технический уровень оборудования; 3) прогрессивность технологической схемы производства; 4) технико-экономический уровень работы предприятия; 5) обеспеченность трудовыми, энергетическими, материальными и другими ресурсами; 6) анализ реконструируемого объекта в системе предприятия, объединения, региона и отрасли.

На основе анализа состояния цеха доказывается необходимость, возможность и определяется направленность предстоящего технического обновления. Направление реконструкции определяется с учетом последних достижений и перспектив развития науки и техники, а также с учетом социальных и экологических аспектов обновления.

В ТЭО формируются конкретные цели реконструкции, например: повышение качества отливок; повышение производительности труда; внедрение прогрессивных технологических процессов; устранение "узких" мест; увеличение технологической гибкости производства; увеличение выпуска отливок; снижение издержек производства и повышение технико-экономических показателей; улучшение условий труда и снижение вредных выбросов и др.

ТЭО включает в себя технико-экономические расчеты, обосновывающие эффективность реконструкции по сравнению с мероприятиями, направленными на лучшее использование имеющихся мощностей, или с новым строительством.

Вид реконструкции определяется исходным техническим уровнем цеха.

Если рассматривать цехи в целом, то можно сделать несколько общих замечаний. Большинство из них составляют мелкие литейные цехи с выпуском отливок до 3-5 тыс. т. в год и широкой номенклатурой. Как правило, такие цехи по своим объемно-планировочным решениям и техническому состоянию непригодны для экономически оправданного и эффективного проведения работ по реконструкции. Удельные капитальные затраты на приведение их в современное или близкое к нему техническое состояние в несколько раз выше, чем при строительстве новых литейных цехов оптимальной мощности, а технико-экономические показатели про-

изводства все равно остаются на низком уровне. Поэтому, например, РТМ (руководящий технологический материал) по реконструкции литейных цехов станкоинструментальной промышленности рекомендует цехи мощностью до 3 тыс. т. в год постепенно закрывать. Более крупные цехи подлежат тому или иному виду реконструкции [116].

Направления реконструкции отличаются для предприятий и цехов, построенных в последние 15-20 лет, оснащенных АЛЛ и другими автоматизированными системами и для механизированных цехов, построенных в 50-е годы и ранее.

На современных заводах (КАМАЗ, ВАЗ) проводится техническое перевооружение действующего производства, связанное с внедрением новейших технологий и отдельных видов автоматического оборудования. Для них характерен переход на прогрессивные виды сплавов - ВЧШГ и ЧВГ, внедрение модифицирования чугуна в форме и в автоматических заливочных установках под давление инертного газа. Унифицируются марки базового чугуна в жидком состоянии до двух против пяти в настоящее время. Это высокопрочный чугун для получения всех марок ВЧ и серый чугун для получения чугуна с вермикулярным графитом и с пластинчатым графитом. На компьютерной основе автоматизируются процессы плавки; внедряются АСУ диагностики состояния АЛЛ, АСУ "ремонт". Время простоев по вине ремонтной службы линии СПО-1 снизилось после внедрения АСУ с 22 до 7,1 %.

Совершенствуется технология изготовления отдельных отливок. На базе внедрения новых стержневых машин могут изготавливаться укрупненные стержни взамен сборных. Намечено внедрить процесс изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей. Разработана программа совершенствования финишных мероприятий обработки отливок - механическая обработка в полуавтоматическом режиме, внедрение робототехнических комплексов.

По цветным сплавам на КАМАЗе планируется: замена литья в кокиль на литье под низким давлением и противодавлением, внедрение автоматических линий для финишных операций, а также широкое использование робототехнических комплексов.

В отличие от новых, в старых механизированных цехах производится коренная реконструкция с полной или частичной остановкой производства, с возможным строительством новых пролетов, заменой большей части основного и вспомогательного оборудования, изменением или совершенствованием технологии.

8.2. Плавильное отделение

Развитие любого литейного цеха в направлении увеличения масштабов производства или улучшения качества литья и расширения сортамента выплавляемых сплавов тесно связано с производительностью существующего плавильного отделения и металлургическими возможностями используемых плавильных агрегатов. Поэтому наиболее важными вопросами, которые необходимо решать при реконструкции, являются вопросы обеспечения потребности цеха в жидком металле по всей номенклатуре сплавов, улучшения качества выплавляемых сплавов и снижения или исключения вредных выбросов и воздействий на окружающую среду. При этом принимаемые решения по реконструкции должны обеспечивать улучшение технико-экономических показателей процесса и цеха в целом.

Реконструкция любого отделения литейного цеха должна начинаться с анализа существующего в цехе положения и выявления "узких" мест, сдерживающих развитие цеха.

Анализ работы плавильного отделения сводится к сравнению потребности цеха в жидком металле с возможностями формовочного отделения и фактического производства металла на существующем оборудовании плавильного отделения. При этом, если производительность плавильного отделения превышает потребности в жидком металле формовочного отделения (существующего или реконструируемого), то при условии обеспечения качества сплавов и работы отделения по организационным параметрам оно может не подвергаться реконструкции или подвергаться с целью улучшения качества сплава, улучшения экологических условий в цехе, снижения затрат на производство металла.

Если производительность плавильного отделения меньше потребности цеха в жидком металле, то необходима реконструкция с целью увеличения производительности отделения, а также улучшения качества сплава и технико-экономических показателей плавки.

Анализу должны подвергаться результаты работы цеха - наличие и доля брака отливок, определяющиеся качеством металла (температурой заливки, соответствием химического состава сплава требованиям ГОСТов, содержанием вредных примесей, влияющих на брак отливок, и др.).

Важным является анализ грузопотоков материалов и жидкого металла в цехе и проведение анализа их с целью организации

непрерывного потока или исключения встречных и пересекающихся грузопотоков в отделении и в цехе в целом при последующей реконструкции плавильного отделения.

Наиболее распространенным агрегатом получения жидкого чугуна в литейных цехах (76 %) остается вагранка, работающая монопроцессом.

Наиболее существенные недостатки вагранки - низкая температура металла, высокое содержание серы, выделение в атмосферу большого количества вредных газов и пыли.

В первую очередь реконструкции должны подвергаться низкопроизводительные вагранки (до 5 т/ч) на холодном дутье, поскольку установка на них оборудования по подогреву дутья и очистки газов - дополнительные мероприятия, требующие больших капитальных затрат, но слабо улучшающие гибкость плавильного агрегата.

Основные методы интенсификации ваграночной плавки изложены в разд. 3.1. Эти методы могут использоваться для незначительного увеличения производительности вагранки и улучшения качества выплавляемого металла, однако при этом практически не улучшается санитарно-гигиеническая обстановка в цехе.

Реконструкция вагранок может идти за счет замены вагранок холодного дутья на ваграночные комплексы, оборудованные системами подогрева дутья и очистки отходящих газов [13], применение газовых вагранок [12]. При этом необходимо иметь достаточную площадь плавильного отделения, где можно разместить все эти сооружения. Такая замена резко улучшает экологическую обстановку в цехе и воздушного бассейна, так как при этом практически исключаются выбросы в атмосферу, возрастает производительность и улучшается качество сплава.

Перспективным направлением реконструкции чугунолитейных цехов является использование дуплекс-процесса вагранка - индукционный миксер. Такая реконструкция позволяет резко улучшить качество металла - повысить температуру, усреднить и стабилизировать химический состав, а также обеспечить непрерывное снабжение формовочно-заливочно-выбивного отделения жидким металлом. При этом можно организовать модифицирование чугуна и повысить его свойства.

В практике чугунолитейного производства имеется опыт перевода цеха с индукционных печей на вагранки (14 ИТП заменены двумя ваграночными комплексами производительностью 25 т/ч [117] из-за высоких энергетических затрат на плавку. На заводе

"Ford" также применяются вагранки в паре с дугowymi и индукционными печами [118]. При этом стоимость ваграночного чугуна на 30 % ниже, чем электропечного. В вагранках используется горячее дутье с обогащением кислородом, а также вдуванием коксовой мелочи, что позволяет получать чугун с температурой 1450-1510 °C.

Заметной тенденцией в производстве отливок из чугуна является более широкое использование электроплавки как в индукционных печах, так и электродугowych.

Наибольшее распространение в современных чугунолитейных цехах получили индукционные печи, выплавляющие металл как моно-, так и дуплекс-процессом (9,5 % общего производства чугунных отливок). Основные технологические параметры индукционных печей и миксеров, мощности трансформаторов, производительность печей представлены ранее (табл. 3.1.2, 3.1.3), где также приведены достоинства и недостатки этих печей, возможные пути интенсификации плавки.

Широкий диапазон вместимостей индукционных печей от 1 до 60 т позволяет рекомендовать эти печи для чугунолитейных цехов индивидуального, мелкосерийного, серийного, крупносерийного и массового производства отливок.

Применение той или иной схемы процесса будет определяться возможностями и особенностями работы литейного цеха.

Максимально используя имеющиеся мощности, при реконструкции следует вносить в технологическую схему новые элементы, связанные с расширением металлургических возможностей и увеличением производительности плавильного отделения, а также улучшением экологической обстановки в цехе.

Большое внимание надо уделить размещению дополнительных единиц оборудования. Они должны органически вписываться в основные грузопотоки цеха, особенно по заливке форм жидким металлом, не препятствовать основным грузопотокам шихтовых материалов, потокам подготовки заливочных ковшей и футеровки элементов печей. При размещении вновь установленного оборудования необходимо выдержать габариты проездов, а также нормы отступления от стен, колонн и другого оборудования. Необходимо также предусматривать дополнительные площади для проведения таких операций, как подготовка модификатора и модифицирование сплава и других предусмотренных изменений технологии процесса. При этом необходимо демонтировать ранее

применяемое оборудование, а высвобождаемые площади можно использовать для дальнейшей реконструкции.

Реконструкция плавильных отделений сталелитейных цехов имеет ряд специфических особенностей, связанных с организацией заливки литейных форм, ограниченным количеством заливаемых форм, методом их изготовления, невозможностью длительно хранить выплавленную стали.

Пути реконструкции плавильных отделений сталелитейных цехов с целью улучшения качества выплавляемой стали сводятся к замене кислой футеровки электродуговых сталеплавильных печей на основную, что позволяет выплавлять низкосернистые и низкофосфористые марки сталей, в том числе легированные и высоколегированные, однако это ведет к заметному снижению производительности печи, замене мартеновских печей и малых бессемеровских конвертеров на электродуговые и индукционные печи. Другим направлением улучшения качества стали, снижения расхода электродов и огнеупорных материалов, легирующих добавок является использование ковшей-миксеров для внепечной обработки стали [119].

В случае реконструкции плавильного отделения с целью выплавки специальных марок стали и сплавов могут использоваться оригинальные методы плавки: индукционно-плазменные, вакуумные индукционные, переплавные, вакуумно-дуговые и электрошлаковые.

Старые сталелитейные цеха, выплавляющие жидкий металл в мартеновских печах, должны быть реконструированы с заменой устаревших, экологически неблагополучных агрегатов на более гибкие с меньшим выделением вредных веществ. Такими агрегатами могут быть дуговые электрические печи соответствующей вместимости. При малом объеме производства и небольшой металлоемкости форм можно использовать в качестве плавильного агрегата индукционные тигельные печи.

В разд. 3.1 приведены основные технические характеристики электродуговых печей различной вместимости, применяемых в литейных цехах страны (табл. 3.1.12, 3.1.13).

При необходимости незначительно увеличить производительность отделения, оборудованного электродуговыми печами, можно использовать известные методы интенсификации плавки - предварительный подогрев шихты, применение газокислородных горелок, продувку ванны кислородом, установку трансформаторов повышенной мощности.

Все эти мероприятия потребуют изыскания соответствующих площадей для размещения вновь вводимого оборудования и технологических приспособлений на существующих площадях участка и цеха, в ряде случаев сооружения дополнительных пристроев.

Наиболее часто реконструкция будет сводиться к использованию новых дуговых печей соответствующей вместимости и изменением их числа на площади существующего отделения. Подходы к выбору вместимости печи основываются на производственной программе цеха (металлоемкости отливок, марке выпускаемого сплава и потребности в жидком металле по каждому виду сплава), а также грузоподъемности кранов. Желательно в цехе иметь печи одинаковой вместимости, что упрощает обслуживание и эксплуатацию печей, а также проведение ремонтов.

В случае большого разнообразия выплавляемых сплавов можно иметь печи разной вместимости, специализируя их на выплавку определенных марок стали, при этом в печах меньшей вместимости с основной футеровкой лучше выплавлять легированные марки стали.

Если в цехе отливаются крупные отливки, но число их сравнительно невелико (несколько штук или десятки штук в год), то иметь крупную печь такой вместимости вряд ли целесообразно, так как загрузка крупной печи будет неравномерной, а это снизит технико-экономические показатели работы цеха. В данном случае можно рекомендовать заливку крупной формы металлом, выплавляемым в двух или более печах с последующей непрерывной заливкой его из соответствующего числа ковшей в одну форму [120].

В случае массового или крупносерийного производства необходимо применять печи одинаковой вместимости в достаточном количестве, с тем чтобы обеспечить непрерывную загрузку конвейера или автоматической линии жидким металлом. При этом в качестве буферной емкости можно использовать ковш-миксер, устанавливаемый на участке заливки автоматической линии, служащей для приема жидкого металла из печей и последующей выдачей его для заливки форм.

Примером современной реконструкции могут служить предложения по реконструкции плавильного отделения КАМАЗа. Предусматривается перевод печей переменного тока на печи постоянного и использование дуговых ковшей-миксеров, обеспечивающих подогрев жидкой стали дугой постоянного тока в разливочном ковше, который находится на поворотном стенде. Для выравнивания химического состава стали предусматривается продувочная

фурма, через которую подается газ аргон и происходит перемешивание металла в ковше [118]. Техническая характеристика ковша-миксера DCLM-15 приведена в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Техническая характеристика ковша-миксера DCLM-15

Параметры установки	Единицы измерения	Величина
Количество жидкой стали	т	4...15
Диаметр ковша	мм	1600
Мощность трансформатора	МВа	1,4...2,5
Число ступеней трансформатора		9
Напряжение высокой стороны низкой стороны	В	1000 93...166
Максимальный ток	А	8700
Диаметр электродов	мм	3x204
Максимальная скорость нагрева жидкой стали (12т)	°С/мин	4,5

Сталелитейные цехи в зависимости от потребности в жидком металле при мелкосерийном характере производства разнообразных марок стали и сплавов используют индукционные печи. Характеристики таких печей и возможные преобразователи электроэнергии приведены в табл. 3.1.13. Здесь же оговорена область применения индукционных печей в качестве плавильного агрегата.

При проведении реконструкции с применением индукционных печей будет стоять задача - установление оптимальной вместимости печи из типажа печей, выпускаемых промышленностью, и числа печей, обеспечивающих потребность цеха в жидком металле по каждому виду сплава.

Вместимость печи должна быть принята максимально возможной из существующего ряда. При этом необходимо учитывать и организационные возможности быстрой передачи и заливки жидкого металла в формы.

Разнообразие цветных сплавов, применяемых для получения отливок, определяет и разнообразие в средствах плавки каждого конкретного сплава. В зависимости от технического уровня технологии плавки в цехах могут быть различные пути реконструкции.

Реконструкция может носить кардинальный характер с заменой существующих плавильных средств на более экономичные, производительные и экологически чистые, а может быть и локальный, затрагивая лишь отдельные стадии процесса: подготовка шихтовых материалов, включая подогрев; интенсификация процесса плавки или рафинирования и модифицирования расплава; улучшение организации производства, или приведения в соответствие возможностей плавильного и формовочно-заливочно-выбивного отделений или кокильного участка.

Реконструкция плавильных отделений цехов алюминиевого литья с заменой существующих плавильных средств должна сводиться к использованию печей, имеющих низкий угар элементов, высокую производительность, надежность эксплуатации и высокие технико-экономические показатели. Как отмечалось в разд. 3.1, наиболее приемлемыми агрегатами для плавки алюминия и его сплавов могут быть индукционные печи, каналные и тигельные различной производительности.

Вместимость печей и их количество при этом выбирают по обычной методике в зависимости от потребности в металле и необходимости обеспечения бесперебойного снабжения кокильных машин или машин литья под давлением жидким металлом. При этом около каждой машины необходимо предусмотреть печь поддержки, обеспечивающую бесперебойную работу машины в течение 2-3 ч.

В цехах, потребляющих большое количество сплава, в качестве первичного плавильного агрегата используют пламенные или шахтно-ванные печи. Перспективным направлением интенсификации плавки и улучшения технико-экономических показателей процесса является использование тепла отходящих продуктов сгорания для предварительного подогрева шихты и возврата в шахтной печи, соединенной с пламенной отражательной печью [35]. Такая схема выплавки позволяет резко снизить расход тепла на процесс и улучшить экологическую обстановку в цехе, а также повысить производительность печи при той же тепловой нагрузке. При этом возникает проблема загрузки шихты, что требует создания специального подъемного устройства и организации системы загрузки

материалов. Видимо, в такой печи нерационально подогревать алюминиевую стружку, обладающую очень низкой насыпной плотностью и высокой степенью загрязнения маслами и другими органическими материалами. Для переплава стружки в ряде крупных цехов применяют тигельные индукционные печи, работающие с болотом и использующие жидкий полупродукт при последующей плавке в качестве жидкой добавки.

При большой потребности в металле в качестве плавильного агрегата можно использовать индукционные каналные печи типа ИАК различной емкости от 6 до 25 т, имеющие часовую производительность от 1,4 до 3,0 т/ч.

Для плавки небольших объемов сплава можно использовать тигельную печь сопротивления, которая имеет низкую производительность и высокий расход электроэнергии по сравнению с другими типами печей. Такие печи можно применять в цехах с мелкосерийным характером производства типа ремонтно-литейного.

Особенности выплавки магниевых сплавов рассматриваются в работе [32], где и рекомендуется чаще всего в качестве плавильного агрегата использовать индукционные тигельные печи со вставным стальным тиглем. Другие плавильные агрегаты использовать для плавки магния нецелесообразно из-за низких металлургических и технико-экономических показателей.

В цехах по производству отливок из медных сплавов наиболее широко распространенными печами являются индукционные тигельные печи различной вместимости. Такие печи обеспечивают хорошее качество металла и высокую производительность.

После выбора типа плавильного агрегата нужно выбрать вместимость его и установить в зависимости от условий технологии возможную производительность печи. Далее расчеты ведут по ранее изложенной методике.

Планировочные решения реконструируемых плавильных отделений будут зависеть от конкретного расположения отделения степени изменения технологии плавки и других факторов, связанных с выбранным способом плавки.

8.3. Формовочно-заливочно-выбивное отделение

Важнейшим в литейной технологии является технологический процесс изготовления форм. Он, в конечном счете, определяет все важнейшие технико-экономические характеристики: номенклатуру и качество отливок, выпуск и производительность, размеры,

сложность отливок и др. Поэтому формовочно-заливочно-выбивные отделения литейных цехов считают основой производства.

Основное направление технического перевооружения формовочных отделений - переход на автоматические литейные линии (АЛЛ).

Можно выделить три варианта реконструкции формовочных отделений действующих литейных цехов [115, 121, 122].

Первый вариант - это строительство новых пролетов, необходимых для установки АЛЛ. Этот вариант следует считать наиболее удачным, если есть место для строительства. Обычно новый пролет строится двухэтажным, чтобы можно было установить смесеприготовительное оборудование, предназначенное специально для этой линии. Формовочное оборудование с конвейером располагается на втором этаже, а на первом - система подготовки оборотной смеси. В этом пролете можно разместить и некоторое плавильное оборудование для выдержки металла с организацией подачи металла на линию. Это позволяет автоматизировать и механизировать заливку и таким образом организовать совершенно новый комплекс изготовления форм, их заливки и выбивки отливок.

Как правило, строительство новых пролетов резко повышает технологические и технические возможности литейного цеха и позволяет изготавливать новые виды отливок, например более крупные и сложные или отливки из чугуна с шаровидным графитом. Этот вариант реализован при реконструкции чугунолитейного цеха ЯМЗ, имеющего Ш-образную компоновку. Новый двухэтажный пролет с линией "Кюнкель Вагнер" построен между двумя старыми одноэтажными пролетами.

Второй вариант - высвобождение части пролета в старом здании для установки специальной формовочной линии. АЛЛ должна быть достаточно компактной для того, чтобы разместить ее на ограниченной площади по соседству с другими участками цеха без их реконструкции и прекращения работы: пример - реконструкция старых литейных цехов ГАЗа, создавшего малогабаритные АЛЛ применительно к условиям своего завода. Это позволило в сравнительно короткие сроки коренным образом преобразить формовочные отделения цехов, повысить производительность труда, увеличить выпуск отливок и повысить качество.

Третий вариант - работа на небольших площадях, высвобожденных у действующего конвейера для монтажа автоматизированного малогабаритного формовочного модуля, который работает

сначала со старым оборудованием, а затем, по мере освоения, позволяет освободить место для установки второго такого же модуля и превратить механизированную формовочную линию в автоматическую. В этом случае возникает много организационных и технологических задач: совместимость на линии опок по размерам и конструкции, их взаимозаменяемость, возможность использования опок автоматического модуля на старом оборудовании. Надо решить вопросы заливки таким образом, чтобы те формы, которые изготавливаются на автоматическом модуле, можно было бы заливать методом, предусмотренным для механизированной линии. Необходимо тщательно проанализировать процесс выбивки, так как часто именно он не позволяет изменить размеры и конфигурацию опок, методы извлечения отливок из опок. Подлежит анализу также система возврата пустых опок. Ее работу следует сохранить или изменить, чтобы новые опоки, применяемые на автоматизированном модуле, не затруднили работу действующей линии. Для простых форм может быть целесообразно снятие специальных опок с полужорм после формовки (как при безопочной парной формовке). На конвейер ставятся формы без опок, что облегчает выбивку форм, возврат опок и резко сокращает парк опок.

Оборудование для технического перевооружения действующих формовочных отделений должно отвечать определенным технологическим требованиям. Нужно стремиться к сохранению элементов технологии формовки отливки, сохранять отработанные технологические приемы, позволяющие ускорить освоение нового оборудования.

При создании автоматизированных модулей следует избегать сборки форм на конвейере. Для повышения точности, а также "гибкости" АЛЛ целесообразно как формовку, так и простановку стержней и сборку осуществить внутри модуля, а потом собранную форму ставить на конвейер.

Предотвратить уход металла по разьему формы целесообразнее всего осуществить за счет ее нагружения.

Автоматизировать заливку легче на конвейерах периодического движения: можно установить заливочные устройства, работающие по принципу вытеснения жидкого металла сжатым газом, дозирующие металл по времени его истечения через калиброванное отверстие, или магнитодинамические насосы.

Для конвейера непрерывного действия автоматизация заливки затруднена, поскольку связана с установкой тележек, движущихся синхронно с конвейером. Для них нужна дополнительная

площадь в зоне заливки, а в действующих цехах, как правило, площадей не хватает. Поэтому при перевооружении малых цехов нецелесообразно заниматься автоматизацией заливки.

Безусловно, следует отказаться от конвейеров с опоками размером меньше 630x500 мм и при крупносерийном и массовом производстве заменить их линиями безопочной формовки с горизонтальным или вертикальным разъемом форм.

Если установка АПЛ увеличивает выпуск литья, то рост производства отливок и форм должен обеспечиваться повышением производительности обслуживающих участков: плавильного, смешеприготовительного, стержневого, системы охлаждения и очистки отливок. Все эти участки должны быть рассчитаны на максимальную цикловую производительность линии, иначе достигнуть максимального проектного выпуска отливок будет невозможно - линия будет периодически простаивать из-за нехватки металла, формовочной смеси, стержней, перебоев системы отбора отливок с линии.

Внедрение формовочных автоматов неизбежно приводит к пересмотру технологии формовки и повышению прочности формовочной смеси. Для повышения прочности формовочной смеси требуется модернизировать смешеприготовительную систему, так как производительность смесителей в общем случае при росте прочности смеси снижается.

В последние годы для модернизации действующих литейных цехов по второму варианту стали применяться АПЛ, построенные по блочно-модульному принципу. Концепция "гибких" блочно-модульных линий предлагает построение линий из отдельных самостоятельных элементов: формовочных блоков, конвейеров различных типов, выбивных устройств, спутниковых транспортеров для подачи опок. Линии могут иметь различное число и компоновку блоков (внутри или вне конвейера, справа или слева, на разном расстоянии друг от друга), различные типы литейного конвейера - тележечных как непрерывного, так и периодического действия, рольганговых (рис.8.1).

Работа каждого модуля идет независимо от движения конвейера, и на конвейер ставится готовая собранная форма. Независимая работа формовочных модулей и конвейера способствует повышению надежности и производительности всей технологической линии [121].

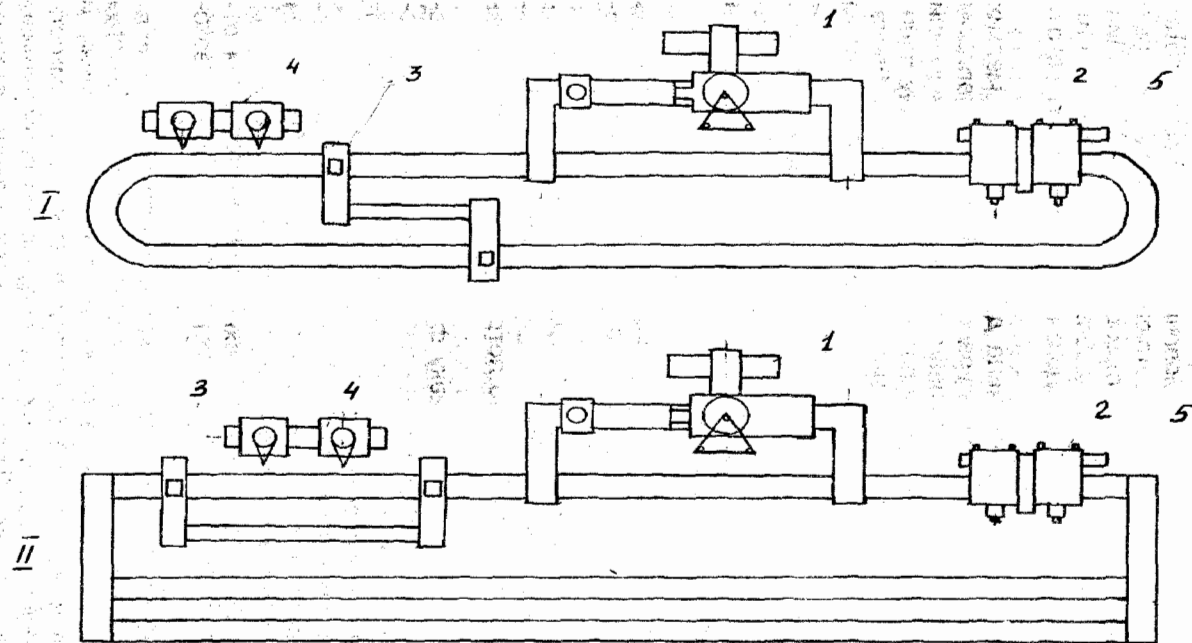


Рис. 8.1. «Гибкая» АЛЛ с тележным (I) и рольганговым (II) транспортерами:

- 1 – формовочный автомат с устройством смены модельных плит; 2 – выбивная установка; 3 – грузоукладчик; 4 – заливочная установка; 5 – литейные конвейеры

Аналогично линии, сами формовочные модули собираются из отдельных, самостоятельно работающих агрегатов, которые можно связывать между собой в участки различной конфигурации. Отдельные агрегаты связаны между собой только сигналами о готовности принять опоку от предыдущего по транспортному потоку агрегату.

АЛЛ типа Л22821 предназначена для изготовления мелких стержневых отливок сложной конфигурации с большим перепадом высот [52]. Формы получают встряхиванием с одновременным или последующим прессованием. Линия построена по блочному принципу и может включать один, два или три формовочных блока, объединенных непрерывно движущимися литейным тележечным конвейером. Число блоков определяется годовой программой производства отливок, а компоновочное решение - наличием производственных площадей в цехе. Блоки могут быть правого и левого исполнения. Оптимальное число блоков - два. Потоки форм внутри блока совмещенные, т.е. автомат поочередно формирует верх и низ.

Линии Л22821 рекомендуются для серийного и мелкосерийного производства. Экономически целесообразно изготавливать 25-50 наименований отливок. Модельные плиты меняются автоматически.

Наличие двух или трех формовочных блоков позволяет одновременно формировать от четырех до шести наименований отливок, что обеспечивает равномерную потребность в смеси, стержнях, металле.

Простановку стержней и заливку форм из-за отсутствия надежных автоматических устройств производят вручную. Линия используется комплексно с автоматизированной смесеприготовительной системой производительностью $40 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В сырых песчано-глинистых формах в условиях крупносерийного производства изготавливают отливки массой до 500 кг, при серийном мелкосерийном и единичном производстве - до 100 кг. При небольшой серийности отладка технологии изготовления отливок в сырых формах занимает много времени и обычно неэкономична.

В старых цехах отливки изготавливаются, как правило, на плацу в подсушенных или сухих песчано-глинистых формах. Поверхностная или объемная сушка требует длительного времени и больших площадей под сушила. Сократить время и трудоемкость изготовления отливок, повысить их точность можно применением самотвердеющих смесей. Поэтому для изготовления отливок средней (100-1000 кг) и большой (1000-5000 кг) массы в условиях

серийного, мелкосерийного производства при реконструкции рекомендуется внедрение различного вида упрочняемых форм из самотвердеющих смесей.

Средние чугунные отливки массой от 100 до 1000 кг изготавливаются в формах с облицовкой из пластичной самотвердеющей смеси (ПСС) и наполнительной смеси ПГС. Для мелкосерийного и единичного производства при повышенных требованиях к точности отливок применяется холоднотвердеющая смесь (ХТС). Для тонкостенных отливок массой до 250 кг возможно применение сырых форм с подсушенной облицовкой из ПСС.

В условиях мелкосерийного и единичного производства формы изготавливают с применением пескометов (с кантователем), а при использовании ХТС применяют шнековые смесители, вибростолы и кантователи [124].

При изготовлении форм для крупных и тяжелых отливок из ЖСС применяют передвижные или стационарные смесители. При использовании ПСС или ПГС применяют передвижные пескометы.

Средние и крупные отливки массой 100-5000 кг при достаточном объеме производства (3-5 тыс.т) в год следует изготавливать на поточных линиях. Механизированные линии для отливок 1-5 т созданы на базе установок ХТС, ЖСС или пескометов. Механизированы следующие операции: установка модельных плит и спаривание их с опоками, заливка (засыпка) смеси, твердение смеси, срезание ее излишков, поворот полуформы и вытяжка моделей. Сушка, сборка, заливка, охлаждение и выбивка производятся на плацу. Пляц рекомендуется располагать в другом пролете, отдельно от формовочного участка.

Для выбивки средних и крупных отливок из упрочняемых форм используют многосекционные инерционные решетки с накатными шумопоглощающими укрытиями.

Комплексно-механизированные линии имеют большие габаритные размеры, поэтому для их установки необходимы большие площади или новые пролеты.

8.4. Стержневое отделение

Стержневые отделения, как правило, являются самостоятельной частью литейного цеха, производящей законченную продукцию - литейные стержни, идущие на сборку литейных форм. Здесь готовят стержневые смеси и краски, формуют, сушат, зачищают, клеят, красят, контролируют, комплектуют и складывают

стержни. Подробно технологические процессы изготовления стержней описаны в разд. 3.4.

В настоящее время в массовом, серийном и даже мелкосерийном производстве при реконструкции широкое применение находят стержневые линии, так как они дают возможность полнее и лучше реализовать прогрессивные технологические процессы холодного и горячего отверждения [71, 72, 74, 125].

На большинстве линий стержни изготавливают в ящиках, которые либо унифицированы по наружным размерам, либо закреплены на транспортных плитах унифицированных размеров. Применение унифицированных транспортных плит позволяет использовать стержневые ящики различной формы и размеров, изменяющихся в пределах, установленных технической характеристикой линии.

Механизация и автоматизация стержневых линий при реконструкции основывается на различных вариантах технологических процессов изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей на поточно-механизированных и автоматизированных линиях.

Хорошо вписываются в существующие производственные площади рольганговые поточные линии, а при изменении условий производства они допускают встраивание необходимых агрегатов и механизмов (вибростолов, окрасочных камер, поворотных столов, подъемников и т.д.).

На рис. 8.2 представлена схема поточно-механизированной линии завода "Станколит", на которой изготавливаются стержни массой до 300 кг, а на рис. 8.3 - линия, установленная в цехе серого чугуна Минского автозавода.

В цехе мелкосерийного производства для транспортирования ящиков и других операций целесообразно применять поворотные столы (рис. 8.4).

Смеситель работает в паре с поворотным столом, на котором свободно устанавливаются 15-20 стержневых ящиков различных габаритных размеров и конфигурации. Поворот стола вокруг оси для перемещения очередного ящика под засыпку смесью производят вручную. Кантовку и протяжку тяжелых стержней производят с помощью кран-балки, мелких - вручную. Изготовление стержней в зависимости от их габаритных размеров и сложности осуществляют один или два оператора. Стержень отверждается в ящике 5-10 мин, после чего его извлекают и передают на дальнейшую обработку. Кантовку и протяжку тяжелых стержней производят с помощью кран-балки, мелких - вручную.

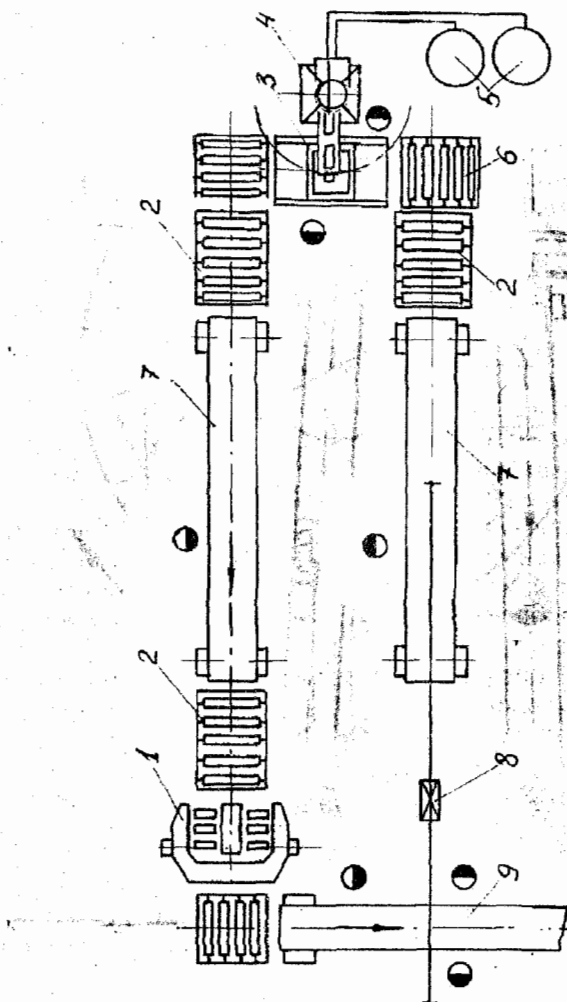


Рис. 8.2. Схема поточно-механизированной линии:

- 1 - кантователь; 2 - наклонные неприводные рольганги;
 3 - встряхивающий стол; 4 - смеситель; 5 - расходные емкости;
 6 - стол поворотный; 7 - наклонный ленточный конвейер;
 8 - электротельфер; 9 - ленточный конвейер

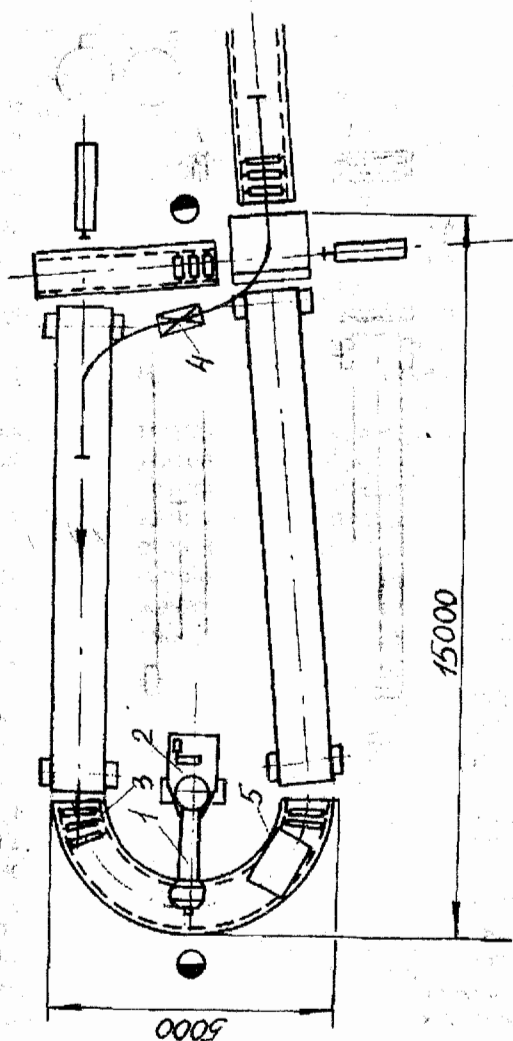


Рис. 8.3. Механизированная линия изготовления стержней на МАЗе:

1 - смеситель модели 4727; 2 - цеховой бункер; 3 - рольганг;
4 - приемник для передачи стержневых ящиков на возвратные
рольганги; 5 - стержневой ящик

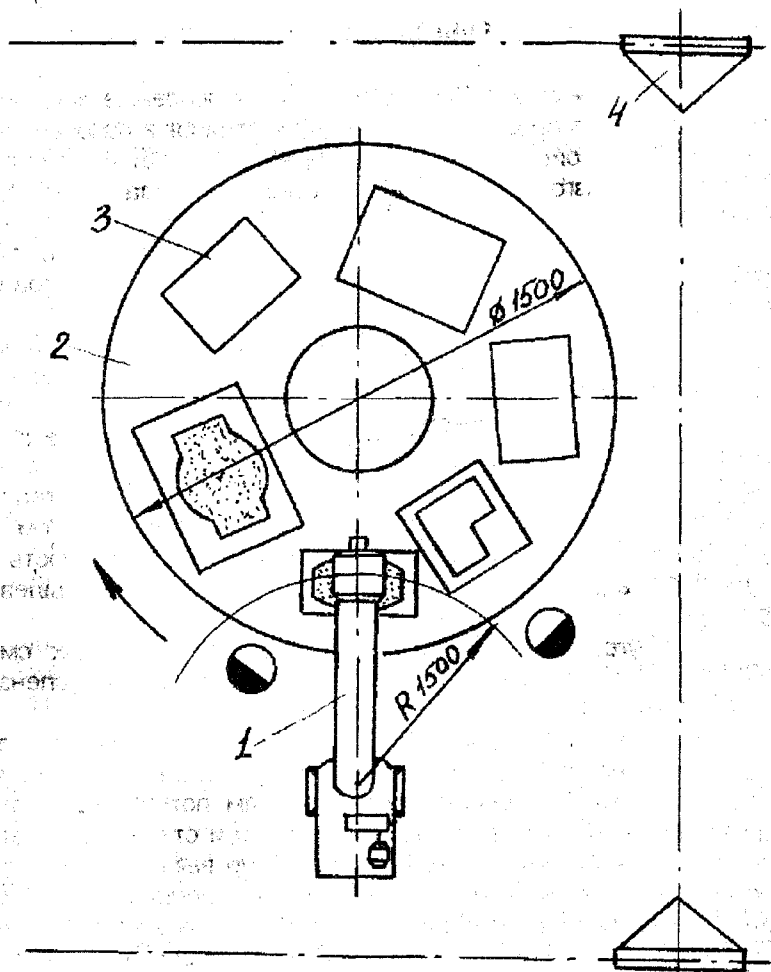


Рис. 8.4. Изготовление стержней
в цехах мелкосерийного производства:

- 1 - смеситель модели 4722; 2 - поворотный стол;
3 - стержневой ящик; 4 - кран-балка

8.5. Смесеприготовительное отделение

Формовочные и стержневые смеси - основные компоненты технологического процесса изготовления отливок в разовых песчаных формах. Свойства и составы смесей выбирают в зависимости от технологии изготовления форм и стержней, рода металла, конфигурации и массы отливки и рассмотрены в разд. 3.4.

В реконструируемых литейных цехах необходимо предусматривать полную автоматизацию регенерации и приготовления формовочных и стержневых смесей [76].

При реконструкции для улучшения свойств смесей желательно вводить глину в смесь в виде водной суспензии. Для изготовления глинистой суспензии используют комовую глину, которую сначала закачивают в баках с горячей (60-70 °С) водой в соотношении 1:4 для бентонитовых и 1:2 для остальных глин, а затем после ее разбухания размешивают в лопастных смесителях до получения однородной суспензии плотностью 1,15-1,30 г/см³. При использовании глинистой суспензии отпадает необходимость сушки глины и ее размола, сопровождающегося обильным пылевыделением.

Глиноугольную суспензию для песчано-глинистых смесей чугунных отливок получают смешиванием глинистой суспензии с каменноугольной пылью.

В цехах мелкосерийного и единичного производства отливок из разных сплавов местные смесеприготовительные участки (установки) максимально приближают к местам потребления готовой смеси, что сокращает транспортные потоки и степень высыхания. Кроме того, в указанных цехах необходимо выполнять центральное смесеприготовительное отделение, позволяющее маневрировать мощностями оборудования и получать различные смеси в небольших необходимых количествах. Важно только не смешивать обратные смеси с различных формовочных участков, предусматривая для них отдельные потоки и бункера.

Стержневые смеси с повышенной живучестью (теплового отвердевания или по СО₂-процессу) приготавливают с последующей транспортировкой их в кубелях (закрытых коробах) или ленточными транспортерами на стержневые участки. Стержневые смеси с малой живучестью (самотвердеющие) приготавливают непосредственно на стержневых участках и используют немедленно по завершении их перемешивания.

При компоновке смесеприготовительных отделений предусматривают помещения для пультов управления, КИПа и автоматики электрооборудования, вентиляционных установок и экспресс-лабораторий.

Для реконструкции малых литейных цехов чугунного и стального литья с выпуском 5-10 тыс.т литья в год при мелкосерийном многономенклатурном характере производства необходимо использовать технологические процессы апробированные, устойчивые, малоотходные с максимально замкнутым производственным циклом, без применения каких бы то ни было заведомо токсичных и малоисследованных веществ.

8.6. Термообрубное отделение

Термообрубка завершает технологический цикл изготовления отливок. В термообрубном отделении улучшаются физико-механические свойства отливок и им придается товарный вид.

Следует иметь в виду, что входящие в финишную обработку операции выбивки стержней, очистки поверхности, обрубки и зачистки отливок существенно различаются как по уже достигнутому уровню механизации, так и по возможностям его дальнейшего совершенствования [126].

В разд. 3.5 рассмотрены вопросы технологии и оборудования, применяемое в термообрубном отделении. Рассмотрим несколько примеров использования этого оборудования в отечественных цехах.

На заводах автомобилестроения успешно применяются машины, выпускаемые заводом "Амурлитмаш", дробебетного оборудования как универсального назначения (барабаны, камеры), так и специальные машины для очистки массовых отливок - тормозных барабанов, блоков цилиндров и др.

На заводах массового производства осваивают ЭГУ для выбивки стержней из наиболее сложных отливок. Так, на Мценском заводе алюминиевого литья ПО "ЗИЛ" в 1986 г. пущена в эксплуатацию автоматическая конвейерная установка мод.36412 для выбивки стержней из отливок головки блока цилиндров. Прежде стержни из этих отливок выбивались на вибронокаутах с дополнительной обработкой ручными пневмомолотками. Применение установки, наряду со значительным повышением производительности, обеспечило коренное улучшение условий труда на выбивке:

уровень шума на рабочем месте снизился со 125 до 85 дБ, запыленность воздуха уменьшилась в несколько раз и достигла санитарной нормы, полностью исключены тяжелый физический труд и воздействие вибрации на рабочих.

На "Уралмаше" освоена самая крупная ЭГУ модели 36216 с тележкой грузоподъемностью 40 т и эффективными системами шламоудаления и осветления оборотной воды. Успешная эксплуатация установки на выбивке из тяжелых стальных отливок жидкостекольных стержней с повышенной остаточной прочностью позволила коренным образом улучшить условия труда, в частности отказаться от использования на этих работах пневмомолотков.

В последние годы для очистки крупных, тяжелых и особо тяжелых отливок применяется газовая очистка - очистка газокислородным пламенем.

Приведенные примеры показывают возможность механизации процессов выбивки и очистки во всем диапазоне условий - от массового производства относительно мелких отливок из легких цветных сплавов до единичного производства особо тяжелых стальных отливок.

По сравнению с указанными операциями менее благополучно обстоит дело с механизацией обрубки-зачистки, что связано со спецификой самих операций и, прежде всего, с необходимостью прицельного силового воздействия инструмента на обрабатываемые элементы - остатки питателей, прибылей, заливов, дефекты и т.п. Кроме того, случайный непредсказуемый характер расположения и размеров дефектов и заливок еще больше затрудняет механизацию процессов обработки [82, 83].

В условиях массового производства отливок созданы и успешно используются автоматизированные абразивные станки и линии зачистки отливок. Для многономенклатурных литейных цехов возможно применение отрезных и зачистных станков и механизированных комплексов, управляемых оператором дистанционно либо непосредственно.

Использование современного технологического оборудования для очистки отливок при реконструкции старых литейных цехов затруднено ограниченной высотой производственных помещений, недостатком площадей. Одним из путей экономии площадей является установка машин, совмещающих несколько технологических операций, выполнявшихся ранее на отдельных видах оборудования. Это, например, выбивные барабаны, совмещающие опе-

рации выбивки, охлаждения отливок, их частичной очистки, а также первичную подготовку отработанной формовочной смеси.

Для охлаждения после выбивки крупных и средних отливок рекомендуется применять подвесные толкающие конвейеры со складами-накопителями. Во время транспортирования отливки подвергаются ускоренному охлаждению водовоздушной смесью [127].

Расширяется выпуск машин, совмещающих очистку отливок и выбивку стержней. В этих машинах происходит частичная регенерация формовочной и стержневой смеси.

Совмещение выбивки стержней и очистки отливок дает возможность заменить, как минимум, два вида технологического оборудования: галтовочный барабан (или другой агрегат для выбивки стержней) и дробеметное устройство. Совмещение выбивки и очистки позволяет сократить цикл обработки отливок в 2-3 раза, сэкономить производственные площади на 30-40 %, уменьшить количество обслуживающего персонала, улучшить условия труда.

“Амурлитмашем” специально для реконструируемых цехов освоено производство малогабаритной универсальной камеры модели 42834, которая имеет широкие технологические возможности и в ряде случаев может заменить несколько типов оборудования [128]. Камера имеет две двери, на которых могут монтироваться в любой комбинации три вида грузонесущих устройств: стол, подвеска, колокол. При установке на дверях стола и колокола могут обрабатываться отливки массой от 50 до 630 кг. В этом варианте камера заменяет ряд видов оборудования: стол 345М, барабан 42223, галтовочный барабан. Установка камеры бесфундаментная, она занимает 6 м² площади при высоте 5,5 м. Все механизмы камеры смонтированы на ее металлоконструкции, при необходимости камера устанавливается на другое место без демонтажа. Она обеспечивает очистку 6-8 тыс.т в год отливок соответствующей массы и габаритов.

Таким образом, при реконструкции обрубных отделений многономенклатурных литейных цехов можно рекомендовать следующие технологии и виды оборудования:

- охлаждение и разделка отливок - охладительно-выбивные барабаны, отрезные станки с гидросилителем, роторные установки и гидроклин;

- выбивка стержней и очистка поверхности - дробеметная очистка в барабанах и камерах, электрогидравлическая выбивка и

очистка для мелких и средних отливок, электрохимическая очистка и гидравлическая выбивка для крупных отливок;

- зачистка отливок - маятниковые станки с гидроусилителем и кантователем для зачистки крупных и средних отливок.

Особое внимание следует уделить совершенствованию литейной технологии с целью повышения качества и точности отливок, уменьшения заливов и остатков питателей, снижения пригара и улучшения выбиваемости стержней.

8.7. Объемно-планировочные и строительные решения

Реконструкция действующих цехов может проводиться двумя способами: на имеющихся площадях и с созданием новых производственных площадей. Дополнительные площади создаются за счет пристройки новых пролетов, перекрытия открытых эстакад, если таковые имеются, и строительства новых производственных зданий. Этот вариант позволяет кардинально обновить производство и является наиболее удачным, если есть свободные площади для строительства [129]. В связи с тем, что реконструкция проводится на ограниченной заводской площади, единственно возможным решением становится строительство двух- и многоэтажных зданий. Во вновь строящихся зданиях и пролетах размещают обычно отдельные технологические потоки и линии. Так, при замене конвейера с формовочными машинами автоматической линией, необходимо реконструировать смесеприготовительное отделение, с тем чтобы обеспечить линию смесью не только в нужном количестве, но и требуемых свойств. Причем, свойства нужно изменять со сменой моделей. Обычно расположить новую смесеприготовительную систему в цехе невозможно, и решение заключается в строительстве отдельного высокого здания, занимающего минимальную площадь. В нем располагают смесеприготовительную систему с вертикальной компоновкой.

При реконструкции на имеющихся площадях дополнительные места для установки оборудования создаются в подвалах и приямках. Дополнительное вентиляционное оборудование может устанавливаться на крыше здания. При техническом перевооружении старых зданий следует применять специальное малогабаритное оборудование. В случае применения крупногабаритного оборудования может оказаться недостаточной высота пролета. Возможен вариант увеличения ее за счет поднятия перекрытий и под-

крановых балок: возможно также увеличение грузоподъемности кран-балок и кранов за счет усиления колонн и балок. Увеличение объемов здания при повышении пролетов благоприятно влияет на условия труда в цехе: уменьшается запыленность, улучшается освещенность.

Реконструкция цеха на существующих площадях в зависимости от сложности работ может производиться с остановкой или без остановки производства. Во втором случае работы проводятся поэтапно в максимально сжатые сроки, в соответствии с разработанным графиком.

Разрабатывая проект реконструкции, следует проанализировать существующую в цехе схему грузопотоков, транспортные средства и при необходимости улучшить их. Обычно стараются соединить имеющиеся в цехе отдельные машины в технологические комплексы или поточные машины.

На рис. 8.5 показан пример преобразования участка кокильного литья алюминиевых деталей на карусельной машине в автоматически действующий. Здесь используется транспортно-технологический модуль 1 (однорамного исполнения) и заливочное устройство-робот 2. Теперь все операции, включая контроль и регулирование технологических параметров, выполняются автоматически и по программе: окрашивание и заливка кокилей 3 разной металлоемкости в любой последовательности, простановка блоков стержней 4, извлечение, передача и сортировка отливок по коробам 5.

Фирма "Buderus" (ФРГ) предлагает ряд решений для технического перевооружения литейных цехов. Например, автономные, пульсирующие горизонтально-замкнутые, построенные по модульному принципу литейные конвейеры с программным управлением. Такие конвейеры не только вписываются в действующее производство, но и обеспечивают заданный режим заливки, охлаждения и выбивки при различном серийном производстве отливок разной массы и размеров. Рекомендуются также заливочно-охлаждающие многоярусные конвейеры карусельного типа. Такая конструкция легче, чем прямолинейная, вписывается в некоторые цехи.

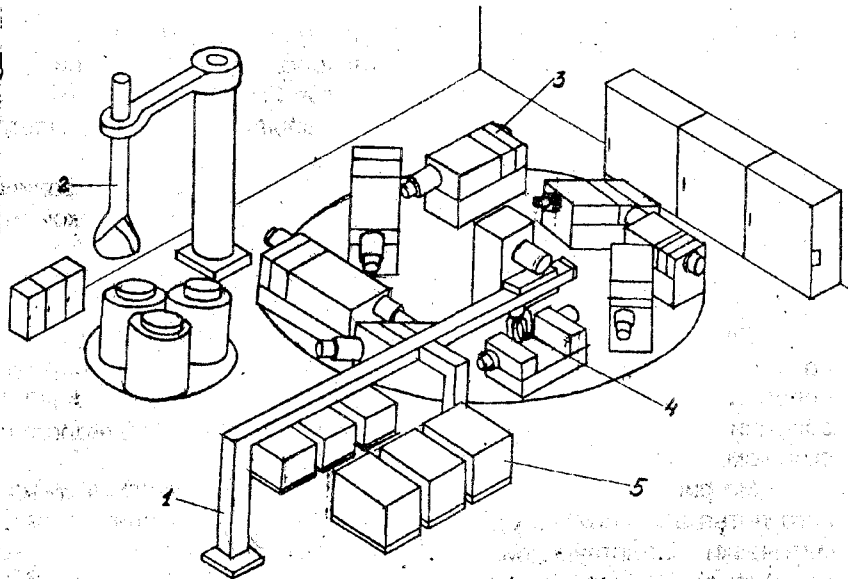


Рис. 8.5. Пример автоматизации участка кокильного литья с помощью робота и транспортно-технологической системы

При установке конвейеров на ограниченной площади охлаждающую ветвь возможно разместить вне цеха вдоль его стены, закрыв ветвь легким укрытием [130].

Пример реконструкции цеха Криворожского Центрального рудоремонтного завода описан в статье [131].

9. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕХОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ЛИТЬЯ

9.1. Цехи кокильного литья

Литье в кокиле является достаточно распространенным технологическим способом производства литья. В лучшие годы им производилось более 10 % всего литья, а среди цветного литья до 40 %.

Кокиль – это металлическая форма, служащая для многократного использования при получении определенного вида литья. Этот вид литья имеет ряд достоинств, определяющих его стабильное место среди других способов литья и его перспективность.

Наиболее значительными достоинствами способа является повышенная геометрическая, размерная точность и низкая шероховатость поверхности, высокая производительность процесса при экономичном использовании производительных площадей, повышенные механические и эксплуатационные свойства отливок.

При этом необходимо принимать во внимание, что процесс становится экономичным лишь при достаточно большой серии отливок, способной амортизировать высокие затраты на изготовление оснастки. Отливки, отливаемые в кокиль, имеют повышенные внутренние напряжения, а ряд их склонен к отбеливанию. Определяющим в использовании кокиля является его стойкость (число съемов с оснастки), которое тесно связано с заливаемым сплавом и сложностью конфигурации отливки. Целесообразность использования этого способа подробно проанализирована в работе [4]. Там показано, что применение кокилей для алюминиевых отливок становится целесообразным при серийности не менее 1,5 тыс. т для несложных отливок, 5-6 тыс. т для отливок средней сложности и 12-15 тыс. т для сложных отливок.

Технологические аспекты литья в кокиль подробно изложены в работах [132-135].

Прежде чем приступить к проектированию цеха, нужно подробно разработать технологическую схему процесса литья в кокиль.

9.1.1. Исходные данные для проектирования

Независимо от того, что предполагается проектировать кокильный цех, отдельный кокильный участок в составе цеха или кокильный цех в сочетании с другими способами литья (под давлением, центробежного литья и др.), необходимо четко установить номенклатуру деталей или их представителей по каждому виду сплава и количеству их, что позволит определить производственную программу цеха. Ведомость объема производства литья в кокиль и потребности в кокилях представлена в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Ведомость объема производства при литье в кокиль

№ п/п	Отливка номера детали	Число отливок, шт.				Число стержней, шт.	Габаритные размеры кокиля, мм	Масса, кг								
		На изделие	На программу	На программу с учетом брака	Число отливок в кокиле			Кокилей	Кокиля на программу с учетом стойкости	Стержни		Отливки	Металла			
						В кокиле				На один кокиль	На годовую программу	Одной отливки	На годовую программу с учетом брака	На один кокиль	Жидкого металла на программу	Металлозавалки на программу
						На годовую программу										

В структуру цеха кокильного литья в зависимости от конкретной технологии должны входить основные технологические производственные отделения: плавильное, формовочно-заливочное, где размещаются кокильные машины и осуществляется заливка собранных кокилей, а также финишной обработки литья, где производится обрезка литниковой системы, выбивка стержней, зачистка и т.д. В цехе предусматривается производство стержней, и в зависимости от потребности в них это может быть или отделением, или участком. Технология изготовления стержней и проектирование такого отделения были рассмотрены при проектировании стержневых отделений цехов песчано-глинистого литья.

Обязательными вспомогательными участками цеха являются участок складирования, доводки и ремонта кокилей, участок ремонта печей и ковшей, участок подъемно-транспортного оборудования. Кроме того, необходимо иметь склады шихтовых материалов и исходных материалов для стержней, покрытий и красок, лаборатории, обслуживающие цех.

Ведомость позволяет рассчитать потребность в жидком металле для производства необходимой партии отливок, а также потребность в стержнях как по общему количеству, так и по массе, т.е. определить потребность в стержневых смесях, если учесть брак стержней при их изготовлении. Здесь устанавливается потребность в кокилях на годовую программу, если принять их стоимость по экспериментальным данным [134], и число кокилей на машине (одно или многопозиционные).

В табл. 9.1 можно проводить расчет по каждому виду сплава, используемого для изготовления отливок. В табл. 9.1 не учитывается потребность в теплоизоляционных покрытиях и красках, которые используются в технологическом процессе, но в проекте необходимо оценить потребность в них и запроектировать места для складирования и оборудование для подготовки соответствующего количества их по методике, применяемой для расчета потребности в материале и количества необходимого оборудования.

Проведя анализ номенклатуры отливок и установив время затвердевания и выдержки отливки в кокиле, а также учтя вспомогательное время на подготовку кокиля, сборку, заливку, можно установить длительность цикла изготовления отливки.

Затем на основании цикла изготовления и технических характеристик одно- или многопозиционных кокильных машин выби-

рают тип кокильной машины для изготовления соответствующей группы литья ($N_{км}$). При этом используем следующую зависимость

$$N_{км} = K_k \times 1,1 / \Phi_v \times q,$$

где K_k - число кокилей, которое необходимо залить в течение года, шт./год (колонка 7, табл. 9.1);

1,1 - коэффициент, учитывающий организационные потери при работе машины;

Φ_v - действительный фонд времени работы оборудования, ч;

q - производительность кокильной машины с учетом фактического цикла изготовления отливки, съём/ч.

В случае, если цикл изготовления отливки меньше, чем продолжительность цикла машины, то принимается паспортный цикл и число съёмов, но если цикл изготовления отливки больше, чем паспортный, то он принимается в расчет и производительность машины снижают в соответствии с расчетным циклом.

Затем принимают необходимое число кокильных машин и определяют коэффициент использования кокильной машины. Он должен находиться в пределах 60-90 % для однопозиционных машин и в пределах 60-80 % для многопозиционных (или карусельных).

Для увеличения производительности оборудования кокильные машины полезно объединять в поточно-технологические линии или размещать на конвейере, по примеру цеха завода «Водо-прибор».

9.1.2. Планировка цеха

Как было сказано выше, цех кокильного литья должен иметь как основные, так и вспомогательные участки, а также может комбинироваться с участками других способов литья.

Плавильное отделение со складом шихтовых материалов должно располагаться в отдельном пролете, желательно в торце цеха, чтобы не загрязнять основные рабочие места цеха. Также в отдельном помещении или отдельном от основного должно располагаться стержневое отделение, с тем чтобы выделения токсичных и пылевых выбросов не сказывалось на загрязненности атмосферы цеха. Отделение финишных операций желательно размещать дальше от плавильного отделения, как правило, в противоположном торце цеха (рис. 9.1).

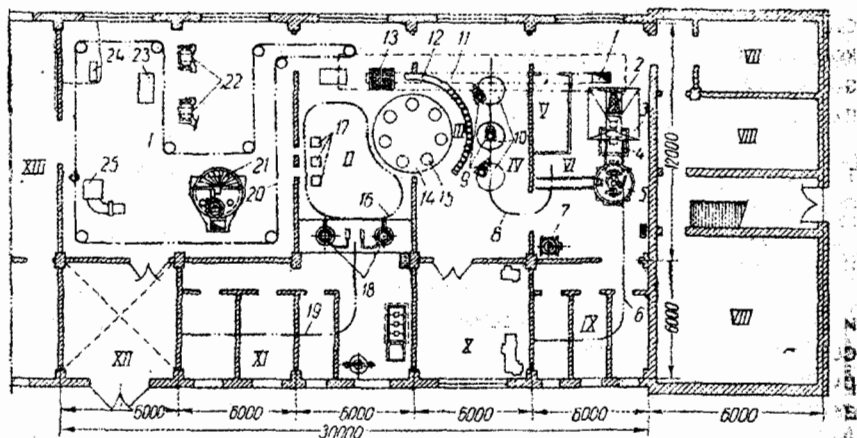


Рис. 9.1. Цех литья в кокиль:

I – очистные отделения; II – участок заливки; III – сборка кокилей; IV – формовка стержней; V – экспресс-лаборатория формовочных материалов; VI – землеприготовительное отделение; VII – кладовая вспомогательных материалов; VIII – бытовые помещения; IX – склад песка; X – ремонтно-механическая мастерская и склад кокилей; XI – склад шихты; XII – кладовая черной посуды; XIII – эмалировочное отделение;

1 – элеватор; 2 – полигональное сито; 3 – бункер; 4 – подъемник; 5 – бегуны; 6 – монорельс подачи свежего песка; 7 – краскомешалка; 8 – монорельс подачи стержневых смесей; 9 – бункера стержневых машин; 10 – стержневые машины; 11 – транспортер; 12 – стенд для стержней; 13 – выбивная решетка; 14 – карусель; 15 – кокиль; 16 – монорельс подачи заливаемого металла; 17 – кокильные стенды; 18 – вагранки; 19 – тельфер для подачи шихты; 20 – конвейер передачи отливок; 21 – очистной стол; 22 – наждачные станки; 23 – участок гидроиспытаний; 24 – стенд заварки дефектов; 25 – окрасочная камера

9.2. Проектирование цехов литья под давлением

Литье под давлением (ЛПД) как способ литья обладает несомненными достоинствами по точности изготовления отливки, шероховатости поверхности, минимальной толщины и максималь-

симальному приближению к готовому изделию. Оно находит широкое применение в разнообразных отраслях промышленности и поэтому необходимо иметь представление о проектировании цехов под давлением.

Технология способа, проектирования технологического литья, выбор машин литья под давлением подробно рассмотрены в специальной литературе [134-139].

Здесь будет приведена методика проектирования цехов ЛПД и их планировки.

Цехи литья под давлением могут быть маломощными, имеющими всего по 2-4 машины, и весьма крупными, где в своем составе работает около полусотни машин (ВАЗ, КАМАЗ, УМПО). За рубежом имеются отдельные заводы литья под давлением производительностью до 38 тыс. т алюминиевого литья в год (фирма «Chryster»), при этом номенклатура отливок может быть достаточно большой. Литейный цех УМПО (г. Уфа) отливает 18 деталей для двигателя «Москвич» и более 40 деталей для изделий и товаров народного потребления. Мощность цехов под давлением зависит от вида применяемого сплава. Рекомендуемые мощности цехов ЛПД приведены в табл. 9.2.

Таблица 9.2

Мощности цехов ЛПД по видам сплава

Вид сплава	Масса отливки, кг	Рекомендуемая мощность цеха, т/год
Цинковый	До 1	2000-3000
Цинковый	До 5	5000-6000
Алюминиевый	До 20	5000-6000
Бронзовый	До 1	10000-12000

Цехи литья под давлением включают в себя три основных производственных отделения: плавильное, изготовления отливок на машинах, их отделки, а также вспомогательные: ремонта и хранения пресс-форм, ремонта оборудования, склады для хранения шихтовых материалов, а также лаборатории и контрольные участки, обслуживающие цех.

Исходными данными для проектирования цеха ЛПД являются точная производственная программа, чертежи и технологические условия на все литые детали программы цеха. Расчет объема производства осуществляется по форме, представленной в табл. 9.3.

Ведомость объемов производства цеха ЛПД

№ п/п	Наименование и номер детали	Количество отливок, шт.			Модель машины	Количество, шт.		Масса, кг				
		на изделие	на программу	на программу с учетом брака		гнезд в пресс-форме	запрессовок на программу	одной отливки порции сплава в форме	отливок на программу	жидкого металла на программу	металлозавалки на программу	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Сплав 1												
				4xK _{бр}			5/7		9x7+Д _{л.с}	9x5	11+8xД _л	12xK _{тм}
Сплав 2												
				Итого								

Обозначения в табл. 9.3 приняты следующие:

K_{бр} – коэффициент, учитывающий брак отливок (1,03-1,05);

Д_{л.с} – масса литниковой системы в форме;

K_{тм} – коэффициент потерь металла на угар, сплески, сливы и др. Для цветных металлов K_{тм}=1,08.

Выход годного необходимо принимать по опытным данным в зависимости от вида сплава и массы отливок [10].

Цехи ЛПД обычно имеют одноэтажную планировку, и машины литья под давлением располагаются на нулевой отметке. Опыт размещения машин литья под давлением на втором этаже следует признать неудачным из-за сравнительно быстрого износа металлопродукции цеха и трудностей поддержания их в работоспособном состоянии (Ульяновский моторный завод).

Рассмотрим некоторые планировки наиболее крупных цехов ЛПД России.

Цех алюминиевого литья ВАЗа состоит из двух отделений – отделения кокильного литья, включая стержневое отделение, и отделения литья под давлением. Цех алюминиевого литья ВАЗа представлен на рис. 9.2, где 1 – бункер для загрузки песка; 2 – бункер для песка; 3 – газовая плавильная печь вместимостью 27 т; 4 – газовая плавильная печь вместимостью 2 т; 5 – печь выдержки расплавленного алюминиевого сплава вместимостью 18 т; 6-9, 16 – машины для литья под давлением; 10 – стеллажи для складирования отливок; 11 – станки для черновой обработки поршней; 12 – установка для неразрушающего контроля мелких отливок; 13 – печь для термообработки отливок; 14 – термическая шахтная печь; 15 – кокильные станки РМ-1; 17 – кокильные станки для отливки поршней; 18 – кокильные станки 4МС; 19 – смесеприготовительная система; 20 – однопозиционные стержневые машины; 21 – двухпозиционные стержневые машины; 22 – печь для подсушки окрашенных стержней; 23 – смесеприготовительная система; 24 – пятипозиционная карусельно-кокильная машина [138].

Штриховыми линиями показаны транспортеры для подачи возврата (отходов литья) в плавильное отделение. Всего в цехе установлено 23 машины с усилием запираания 0,4-0,7 МН и 22 машины с усилием запираания 0,95-1,5 МН. Машины размещаются в трех пролетах шириной по 18 м. Крупные машины расположены под углом к оси пролета, а остальные перпендикулярно. Машины жестко смонтированы на мощной сварной раме и установлены на фундаменте. Под машиной проложен туннель с транспортером и трубопроводом. На транспортер проваливаются литники и облой с обрубного пресса, а по трубопроводам подаются электроэнергия, вода, воздух, газ. Около машин ЛПД установлены раздаточные печи с силитовыми нагревателями мощностью 50 кВт. Они удобны в обслуживании, отделяют транспорт от рабочего места литейщика, имеют централизованное бесперебойное снабжение жидким металлом.

Облой и отходы со всех прессов, установленных около каждой литейной машины, проваливаются после обрубки через окна в нижний плите пресса на склиз, по нему попадают на подземный пластинчатый транспортер и передаются в плавильное отделение.

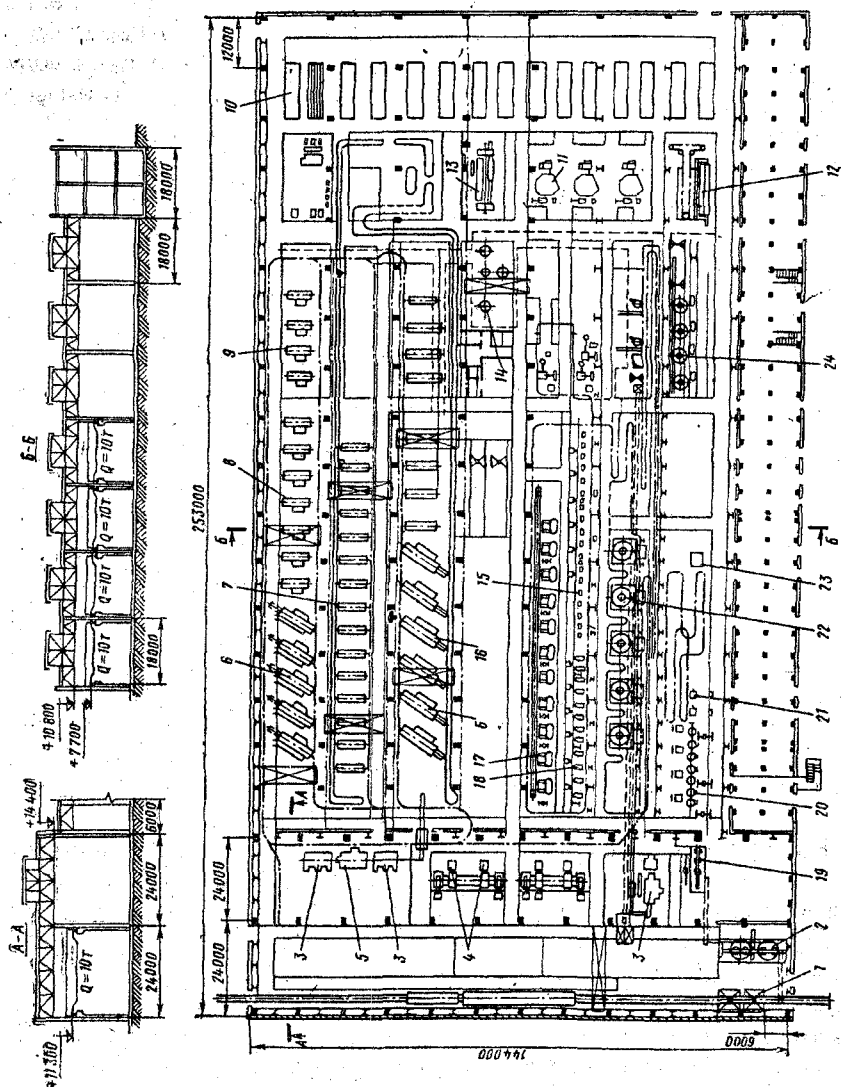


Рис. 9.2. Планировка цеха алюминиевого литья автомобильных деталей в металлических формах мощностью 22-23 тыс.т

Наиболее крупным в России среди цехов литья под давлением является цех Уфимского моторостроительного производственного объединения (УМПО). Он имеет проектную производительность 23 тыс. литья в год. Масса отливаемой детали изменяется от 0,1 до 25 кг. Планировка этого цеха показана на рис. 9.3.

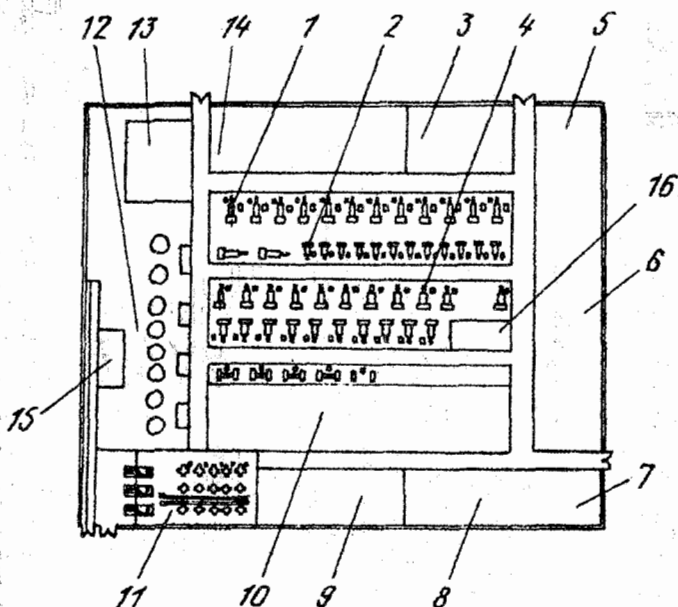


Рис. 9.3. Схема планировки производственных участков цеха литья под давлением ОА УМПО:

1 – машины литья под давлением DMKh-2000; 2 – машины литья под давлением DMKh-900-1000; 3 – участок ремонта пресс-форм; 4 – машины литья под давлением CLOO-400; 5 – обрубочный участок отливок «Блок цилиндров»; 6 – термический и контрольный участок; 7 – механоремонтный участок; 8 – участок пропитки отливок; 9 – участок черновой механической обработки кокильных блоков; 10 – обрубочный участок мелких и средних отливок; 11 – участок по отливке блоков в кокиль; 12 – плавильный участок; 13 – участок по ремонту индукторов, футеровки тиглей индукционных печей и МДН; 14 – механический участок по ремонту пресс-форм; 15 – склад чушек; 16 – склад хранения пресс-форм

Здание одноэтажное, состоит из шести пролетов общей производственной площадью 18,5 тыс. м². Плавильное отделение имеет в своем составе как газовые печи, так и индукционные – 8 печей ИАТ-6М2 и 3 печи – ИАТ-2,5М-1. Каждая пара печей обслуживается электромиксером вместимостью 5,5 т. Металл расплавляется по ступенчатому режиму. Шихта состоит из 60-70 % чушкового сплава (АЛ32, АЛ2, ЖЛС) и 40-70 % возврата собственного производства. Сплав перед сливом в раздаточную печь подвергается обработке дегазирующими таблетками или флюсом МХЗ. В зависимости от массы отливок машины ЛПД оборудованы раздаточными печами сопротивления вместимостью от 900 до 250 кг. Особенностью дозирования расплава в цехе является широкое применение магнитодинамических насосов МДН – 6, что улучшило качество отливок, особенно по включениям типа «темных пятен», уменьшило трудозатраты по обслуживанию дозаторов, а также повысило на 25 % производительность труда.

Процесс удаления литников, промывников мелких отливок полностью механизирован за счет использования роботов и обрубки на прессах. Отливки после обрубки испытываются на герметичность и при необходимости пропитываются составом для герметизации. Все электрокоммуникации и вентиляционные системы расположены в подвальных помещениях.

При проектировании маломощных участков ЛПД необходимо совмещать плавильную и раздаточную печь в одном агрегате и использовать тут же возврат после изготовления изделия. Количество печей при этом должно быть две и более, чтобы обеспечивать заливку отливок металлом с необходимым перегревом.

Наряду с использованием машин литья под давлением с холодной камерой прессования, широко используются процессы литья под низким давлением, где имеется широкая гамма автоматических машин, изготавливаемых фирмами Италии и Англии. Широко используются машины с горячей камерой прессования для производства отливок, в основном, из цинковых сплавов.

При проектировании таких участков применимы те же принципиальные подходы, что при проектировании цехов литья под давлением.

10. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТА ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА

Для оценки эффективности проектирования литейного цеха и установления выгоды его реализации в условиях реального времени необходимо определить основные технико-экономические показатели цеха.

Оценка эффективности проекта сводится, в первую очередь, к необходимости возместить инвестиции в проект через определенный промежуток времени, а также к получению достаточной прибыли.

Реализация проекта в настоящее время невозможна без инвестиций, т.е. помещения капитала, денежных средств. Инвестором может быть как юридическое, так и физическое лицо, которое принимает решение и осуществляет вложение капитала в инвестиционный проект. Инвестор на договорной основе привлекает граждан и организации для реализации инвестиций. Он назначает исполнителей работ и пользователей объектов инвестиций.

Исполнителем работ по реализации проекта обычно выступают организации, специализирующиеся на строительстве таких объектов с привлечением субподрядчиков на выполнение отдельных работ.

Пользователями объектов инвестиций могут быть организации, которым инвестор передает право пользования (эксплуатации) объекта после завершения его строительства.

Рассмотрим методы расчета основных технико-экономических показателей проекта.

Первоочередным является установление капитальных вложений на строительство объекта.

В них включаются такие виды затрат:

- на приобретение оборудования, инструмента, инвентаря;
- на строительно-монтажные работы;
- на монтаж оборудования;
- на проектно-изыскательные работы, связанные со строительством объекта;
- на работы по благоустройству и рекультивации на земле, где строится объект.

Оценка стоимости производимых работ осуществляется на основании сметы, причем стоимость работ по смете должна быть подтверждена заказчиком.

В условиях рынка особое значение приобретает коммерческая оценка инвестиционного проекта, которая чаще всего ведется в соответствии с методикой ЮНИДО [8]. Здесь устанавливаются два общих критерия коммерческой привлекательности инвестиционных проектов:

- финансовая состоятельность проекта, оцениваемая на основе анализа ликвидности (платежеспособности) проекта;

- экономическая эффективность инвестиций, оцениваемая на основе способности проекта сохранять покупательную ценность вложенных средств и обеспечить достаточный темп их прироста.

Причем, если финансовая оценка сосредотачивается на отдельных интервалах планирования, то экономическая - на результатах инвестиционного процесса в целом.

Общим критерием экономической эффективности является уровень прибыльности.

Установление его является весьма сложной задачей для конкретных условий проекта. Здесь применяют специальные методы расчета (статистические и методы дисконтирования). Сущность их и методика расчета приведены в работе [8].

10.1. Расчет показателей цеха

Основным показателем работы цеха является его производственная программа, составленная в натуральном выражении (шт. изделий, т). Подробно о видах производственных программ сказано в разд. 2.

Затем высчитываются капитальные вложения в строительство или реконструкцию и оцениваются основные производственные фонды цеха. Для этого производят заполнение форм 10.1 и 10.2 (соответственно табл. 10.1 и 10.2).

Таблица 10.1

Сводная смета строительства (реконструкции) литейного цеха

№ п/п	Наименование сметы отдельного объекта	Сметная стоимость, тыс. руб.				Общая оценочная стоимость, тыс. руб.
		строитель- но- монтажных работ	монтаж обору- дова- ния	оборудова- ние, инст- румент, ин- вентарь	прочие рабо- ты	

Сводка затрат

Наименование	Объекты производственного назначения	Объекты жилищно-гражданского назначения	Итого
Сметная стоимость, тыс. руб.			
Строительно-монтажные работы, оборудование, инструмент, инвентарь			
Прочие затраты			
Общая стоимость			

Если объекты жилищно-гражданского назначения в проекте цеха не предусмотрены, то достаточным является заполнение формы, показанной в табл. 10.1.

Далее необходимо рассчитать штат обслуживающего персонала цеха и фондов заработной платы.

Общее количество рабочих, занятых в цехе, складывается из обслуживающего персонала технологического оборудования и участков с учетом режима работы цеха (число рабочих смен) и системы управления им. При укрупненных расчетах численность рабочих может быть определена по трудоемкости 1 т литья, что можно найти в источнике [3].

В соответствии со штатным расписанием и разрядом рабочих рассчитывают годовой фонд заработной платы цеха по форме, представленной в табл. 10.3.

Затем необходимо учесть начисления на заработную плату в фонд социального страхования и тогда получится общий фонд заработной платы.

Установленные для цеха производство литья в год и списочный штат цеха позволяют определить важный показатель проектируемого цеха - производительность труда на одного работающего, а также трудоемкость 1 т отливок (затраты человеко-часов на 1 т отливок).

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26

Итого		Наименование профессий	Количество работников	Средневзвешенный разряд	Средневзвешенная часовая тарифная ставка, руб.	Выполнение норм выработки, %	Фонд рабочего времени за год, чел.ч	Основная заработная плата						Дополнительная заработная плата		Всего ФЗП на 1 чел., руб.	Среднемесячная зарплата, руб.	Годовой фонд всех работающих, руб.
								По тарифу, руб.	Сдельный приработок, руб.	% к сдельной	Премии	Сумма, руб.	Доплата за стаж, руб.	Итого, руб.	Всего с учетом районного коэффициента, руб.			

Важным показателем является площадь проектируемого цеха. Предварительно площади цеха можно устанавливать по показателям выпуска годного литья с 1 м² общей площади в год, а в дальнейшем уточняются при компоновке и разработке детальных планировок цеха. Такие усредненные показатели можно найти в литературе [4].

Площадь цеха по конкретной планировке рассчитывается заполнением табл. 10.4.

Таблица 10.4

Площади цеха

Наименования участков цеха	Площадь по этажам		Всего	В том числе новая
	I	II		

Полученные показатели следует сравнить с отечественными и зарубежными аналогами литейных цехов, с тем чтобы определить уровень проектируемого цеха и установить его конкурентоспособность с другими цехами.

Определяющим показателем проектируемого цеха является себестоимость отливок. Расчет ее ведется по общепринятым методикам и сводится к учету основных затрат на производство. К ним относятся затраты:

- на основные материалы за вычетом отходов;
- на вспомогательные материалы;
- топливо;
- электроэнергию;
- заработную плату;
- амортизацию основных фондов;
- прочие расходы.

Формы для расчета себестоимости чугунного и стального литья приведены в литературе [1]. Полученную заводскую себестоимость отливок можно сравнить с рыночной ценой отливки и рассчитать рентабельность проектируемого цеха, период окупаемости вложений.

Библиографический список

1. Основы проектирования литейных цехов и заводов / Под ред. Б. В. Кнорре. – М.: Машиностроение, 1979. – 376 с.
2. Проектирование машиностроительных заводов: Справочник. В 6 т. Т1: Организация и методика проектирования / Под ред. Б.И. Айзенберга. – М.: Машиностроение, 1974. – 296 с.
3. Проектирование машиностроительных заводов: Справочник. В 6 т. / Под общ. ред. Е. С. Ямпольского. – М.: Машиностроение, 1974. – Т2: Проектирование литейных цехов и заводов. – 294 с.
4. Шестопад В.М. Специализация и проектирование литейных цехов и заводов. 2-е изд. -М.: Машиностроение, 1969. -328 с.
5. Липсиц И. В. Бизнес-план основа успеха. - М.: Машиностроение, 1993. - 80 с.
6. Экономика предприятия: Учебник / Под ред. В.Я. Горфинкеля, Е.М. Купрякова, В.А. Швандера. - М.: ЮНИТИ, 1996. – 367 с.
7. Котлер Ф. Основы маркетинга. – М.: Прогресс, 1990. – 737 с.
8. Немцев В. Н., Кобельков Г. В. Экономическая эффективность инвестиций: Учеб.пособие. - Магнитогорск. МГМА, 1997. – 99 с.
9. Беренс В., Хавранек П. М. Руководство по оценке эффективности инвестиций. – М.: АОЗТ Интерэксперт. ИНФРА-М, 1995. - 528 с.
10. Бугров Ф.И. Головки И.Д. Справочные таблицы по проектированию литейных цехов. - М.: Машиностроение, 1964. – 231 с.
11. Миляев А.Ф. Плавильные средства литейных цехов: Учеб. пособие. - Магнитогорск: МГМИ, 1989. - 92 с.
12. Грачев В. А. Плавка чугуна в газовых вагранках // Литейное производство. - 1995. - № 4-5. - 9 с.
13. Печи в литейном производстве: Атлас конструкций / Благоврахов Б.П., Грачев В.А., Сухарчук Ю.С. и др.; Под ред. И. Г. Калашникова. – М.: Машиностроение, 1989. - 156 с.
14. Высококачественные чугуны для отливок / В. С. Шумихин, В. П. Кутузов, А. И. Храмченков и др.; Под ред. Н. Н. Александрова. – М.: Машиностроение, 1982. – 222 с.
15. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н. Г. Гиршовича. 3-е изд. – Л.: Машиностроение, 1978. – 758 с.

16. Онуфриев И.А. О развитии электроплавки чугуна в СССР // Литейное производство. – 1981. - № 7. – С. 2-3.
17. Плавка синтетического чугуна в индукционных печах и его технология на Каунасском литейном заводе “Центролит” / В.М. Жельнис, Н.Г. Гиршович, А.Д. Качан и др.; Под ред. Н.Г. Гиршовича. – Вильнюс: Минтис, 1974. – 297 с.
18. Грачев В.А. Выбор перспективных процессов плавки чугуна // Литейное производство. – 1996. - № 5. – С. 20.
19. Сорокин В.И., Евсеев Г.Я., Курочкина Н.Д. Доставка и переработка жидкого чугуна на машиностроительных заводах // Литейное производство. - 1995. - № 4-5.
20. Прейскурант цен на плавильное оборудование № 15-14. Оптовые цены на промышленные печи и нагревательные устройства. – М.: Прейскурантиздат, 1981.
21. Свистунов М. Я., Ладожский В. Г., Простяков А. А. Современный технический уровень печей для плавки чугуна. – Киев: Ин-т проблем литья АН УССР, 1980. – 13 с.
22. Простяков А. А., Свистунова М. Я. Техничко-экономический анализ индукционных тигельных печей для плавки чугуна // Литейное производство. – 1981. - № 7. – С. 25-27.
23. Воздвиженский В. М., Грачев В. А., Спасский В. В. Литейные сплавы и технология плавки в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1982. – 432 с.
24. Никольский Л.Е., Зинуров И.Ю. Оборудование и проектирование электросталеплавильных цехов: Учеб. пособие для вузов. -М.: Металлургия, 1993. - 272 с.
25. Малиновский В.С., Ярных Л.В. Дуговые печи постоянного тока нового поколения // Литейное производство. - 1995. - № 5. - С. 31-35.
26. Технологические особенности выплавки стали в дуговых печах постоянного тока и перспективы их использования / Окоороков Г.Н., Донец А.И. и др. // Сталь. – 1995. - № 5. -С.24.
27. Шелгаев Ю.Н., Воробьев Н.И., Евченко В.Г. Дуговые печи постоянного тока: конструктивные особенности и марочный сортамент стали // Сталь. - 1995. - №5. - С. 34.
28. Ахмедов М. М., Степанов В. В., Френкель П. Г. Индукционные тигельные печи для плавки стали // Исследование и разработка плавильных печей: Сб. науч. тр. ВНИИЭТО. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – С. 41-45.

29. Деч И. Высокопроизводительные "тихие" индукционные тигельные печи средней частоты // Литейное производство. – 1993. – №6. – С. 30.
30. Курдюмов А. В., Пикунов М. В., Чурсин В. М. Литейное производство цветных и редких металлов. – 2-е изд. – М.: Металлургия, 1982. – 352 с.
31. Емелевский Я. Литье цветных металлов. – М.: Высш. шк., 1977. – 540 с.
32. Цыганов В. А. Плавка цветных металлов в индукционных печах. – М.: Металлургия, 1974. – 248 с.
33. Сорокин Н. А. Плавка алюминиевых сплавов в индукционных канальных печах. – М.: Металлургия, 1984. – 136 с.
34. Дерзам Х. Тигельные плавильные печи в производстве цветных металлов // Casting Plant and Technology. – 1996.
35. Андреев А. Д., Гогин В. Б., Телегин М. З. Плавка алюминиевых сплавов в шахтных печах. – М.: Металлургия, 1988. – 152 с.
36. Малиновский В. С., Дубинская Ф. Е. Оборудование и технология выплавки алюминиевых сплавов в дуговых печах постоянного тока // Литейное производство. – 1995. – № 2. – С. 16.
- ✓ 37. Мапин И. Б., Гольбин Я. А. Расчет потребности в плавильном оборудовании для сталелитейных цехов // Литейное производство. – 1989. – № 3. – С. 27.
38. Сасса В. С., Авдеев А. П. Футеровка тигельных миксеров для выдержки стали // Исследование и разработка плавильных печей: Сб. науч. тр. ВНИИЭТО. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – С. 56-62.
39. Лозенко В. И., Подольский Г. П. Типовые решения плавильных участков на базе индукционных электропечей промышленной части // Плавка литейных сплавов: Сб. науч. тр. ИПЛ АН УССР. – Киев, 1982. – 140 с.
40. Типовые проекты производственных участков цехов чугуно-го литья с комплектом оборудования, типовой технологией и организацией производства. Проектное задание типового плавильного участка 02-06-904-2. ОМТРМ 1250-034-68. Технологическая и транспортная части.
- ✓ 41. Формовочные материалы и технология литейной формы: Справочник / Под общ. ред. С. С. Жуковского. – М.: Машиностроение, 1993. – 432 с.

- ✓ 42. Илларионов И.Е., Васин Ю.П. Формовочные материалы и смеси: Монография. - Чебоксары: Изд-во Чуваш.ун-та, 1992. - Ч. 1. - 223 с.
43. Илларионов И.Е. Васин Ю.П. Формовочные материалы и смеси. -Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1995. -Ч. 2. - С. 288.
44. Дорошенко С.П., Ващенко К.И. Наливная формовка. - Киев: Вища школа, 1980. - 176 с.
45. Металлофосфатные связующие и смеси / Чернышевич Е.Г. Илларионов И.Е., Гамов Е.С., Васин Ю.П. - Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1995. - 524 с.
- ✓ 46. Немировский Р.Г. Автоматические линии литейного производства: Учеб. пособие для вузов. - Киев; Донецк: Вища школа, 1981. - 176 с.
47. Волкомич А.А. Технологические и организационные основы автоматизации процессов изготовления отливок в песчаноглинистых формах // Тез. докл. III Всесоюз. съезда литейщиков в Волгограде. -М.: ВНИИИ и ТЭИ по машиностроению и робототехнике, 1989. - С. 2-11.
48. Филитнов А.И. Направления технического перевооружения литейного производства в автомобильном и сельскохозяйственном машиностроении // Литейное производство. - 1991. - № 6. - С. 3-5.
49. Зелексон Е.М. Современные концепции проектирования и эксплуатации автоматических формовочных линий // Тез. докл. III Всесоюз. съезда литейщиков в Волгограде. -М.: ВНИИИ и ТЭИ по машиностроению и робототехнике, 1989. - С. 93-97.
50. Нечипирович Л.Б. Современные концепции проектирования и эксплуатации автоматических линий на Горьковском автомобильном заводе. Там же. - С. 97-99.
51. АО "Литаформ". Задачи, работы, перспективы / Н.И. Бех, А.А. Волкомич, С.В. Подсобляев, А.И. Яковсон // Литейное производство. - 1994. - № 10-11. - С. 30.
52. Сафронов В.Я. Справочник по литейному оборудованию. -М.: Машиностроение, 1985. - 320 с.
53. Техническое и организационное перевооружение литейного производства (тематическая подборка) // Литейное производство. - 1991. - № 6.
54. Киян Э.Ф., Лакедомский В.А., Чикунов В.М. Экономичность автоматических формовочных линий // Литейное производство. - 1981. - № 11. - С. 24.

- ✓ 55. Синчугов Ю.Д., Штондин М.И., Русанов Г.Г. Автоматические воздушно-импульсные формовочные машины // Литейное производство. - 1993. - № 2-3.
- ✓ 56. Фирма "Генрих Вагнер Синто" на выставке ГИФА -94 // Литейное производство. - 1996. - № 1. - С. 21.
- ✓ 57. Импульсная формовка (тематическая подборка) // Литейное производство. - 1989. - № 6. - С. 16-28.
58. Минаев А.А., Ноткин Е.Б., Сазонов В.А. Вакуумная формовка. - М.: Машиностроение, 1984. - 216 с.
59. Пучков В.Г. Типовые решения комплексно-механизированных участков изготовления отливок вакуумно-пленочной формовкой // Литейное производство. - 1991. - 8. - С. 22-23.
60. Рябинкин В.Д., Кузнецов В.П. Оборудование для вакуумно-пленочной формовки // Литейное производство. - 1993. - № 9. - С. 27.
61. Лотов В.А., Горбунов О.А. Изготовление отливок в безопочных вакуумно-пленочных формах // Литейное производство. - 1993. - № 9. - С. 30.
62. Степанов Ю.А., Гришин Д.С. и др. Литье по газифицируемым моделям. - М.: Машиностроение, 1976. - 224 с.
63. Особенности развития литья по пенополистирольным моделям // Э.И. Сер. 3. Зарубежный опыт. - 1986. - Реф. 103.
64. Левшин Г.Е. Сравнительная оценка магнитной и песчаноглинистой формовки // Литейное производство. - 1995. - № 4-5. - С. 28.
- ✓ 65. Чамрад Д. Охлаждение отливок на автоматизированных формовочных линиях // Э.И. Литейное производство. - 1983. - № 34. - Реф. 168.
66. Селиванов А.В., Миляев А.Ф. Проектирование и расчет стержневого отделения: Учеб. пособие. - Свердловск: Изд-во УПИ, 1984. - 90 с.
- ✓ 67. Серебряков В.В., Фишкин Ю.Е. Механизированное изготовление стержней в литейном производстве. - М.: Высш. шк., 1980. - 184 с.
- ✓ 68. Попов А.Г. Технология производства литейных стержней. Современное состояние и перспективы // Литейное производство. - 1992. - № 7. - С. 24.
69. Тепляков С.Д. Состояние и перспективы разработки и использования жидкостекольных ХТС для изготовления стержней и форм. - М.: НИИмаш, 1984. - 44 с.

70. Каталог литейного оборудования, созданного на заводе "Станколит". -М.: ВНИИИ и ТЭИ по машиностроению и робототехнике, 1991. - 112 с.
71. Фишкин Ю.Е. и др. Устройство формовочного и стержневого оборудования. - М.: Высш. шк., 1986. - 271 с.
72. Шнайдер Г. Автоматизация производства, хранения и установки стержней. Ч. 1 и 2. Литейное производство и технология литейного дела. Гиссерай ГмбХ, 1990. - С. 23-37.
73. Опыт массового производства стержней по Эпокси-процессу/ Соколов Н.Б., Сапрыкин В.Ю., Остроброд Е.Б., Владыко Г.Ф.// Литейное производство. - 1994. - № 10-11.
74. Буданов Е.Н. Парадоксы импорта литейного оборудования и технологий // Литейное производство. - 1996. - №6. - С. 22.
75. Курасевич Б.В., Пасюк Г.И. Получение стержней с отверждением в холодной оснастке // Литейное производство. - 1995. - №3. - С. 18-20.
76. Шпектор А.А., Скорняков В.Н. Оборудование и технология для регенерации песков из отработанных смесей литейных цехов крупносерийного и массового производства отливок: Обзор. -М.: НИИмаш, 1982. - 56 с.
77. Беше Х. Гомогенизация и охлаждение горелой земли - существенный фактор сокращения формовочного и литейного брака // Casting Plant and Technology. - 1996.
78. Позднев Ю.А. и др. Новые разработки НТО НИИтрактор-сельхозмаш в области смесеприготовления // Литейное производство. - 1990. - № 7.
79. Бречко А.А., Великанов Г.Ф. Формовочные и стержневые смеси с заданными свойствами - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. - 216 с.
80. Технологическое оборудование для литейного производства 1991 - 1995: Типаж / НИИлитмаш. -М.: ВНИИТЭМР, 1990. - 140 с.
81. Средства и системы автоматизации литейного производства/ К.С. Богдан, В.С. Горбенко и др. - М.: Машиностроение, 1981. - 272 с.
82. Вереш А. Очистка отливок: Пер. с венг. /Ред. Г.Ф. Баландин.- М.: Машиностроение, 1982. - 256 с.
83. Лиокумович Л.Ф., Жилиев Н.Н. Механизация и автоматизация процессов выбивки и очистки отливок. -М.: Машиностроение, 1967. - 85 с.

84. Царенко П.И., Приходько В.В. Универсальные электрогидравлические установки для выбивки стержней // Литейное производство. - 1992. - №8.
85. Приходько В.В., Царенко П.И., Радько Т.Г. Малогабаритная электрогидравлическая установка // Литейное производство. - 1992. - №2.
86. Делимарский Ю.Х., Фишман И.Р., Зарубицкий О.Г. Электрохимическая очистка отливок в ионных расплавах. -М.: Машиностроение, 1976. - 208 с.
87. Электрохимическая очистка крупных стальных отливок / Фишман И.Р., Карев Г.Г., Афанасьев Р.С., Справник В.И. // Литейное производство. - 1983. - №3. - С. 21-23.
88. Хайс В., Фишер Г. Ультрасовременная установка дробеструйной обработки отливок корпусов двигателей внутреннего сгорания // Casting Plant and Technology. -1996.
89. Гукау К. Оборудование для финишной обработки отливок // Литейное производство. - 1993. - № 2-3. - С. 18-21.
90. Крайкенбаум Х. Высокопроизводительные дробеметные установки для очистки отливок в автотракторостроении, в особенности отливок деталей двигателей // Литейное производство и технология дробеметной обработки / Фирма "Георг Фишер".
91. Прох Л.Ц. и др. Справочник по сварочному оборудованию / Л.Ц. Прох, Б.М. Шпаков, Н.М. Яворская.-2-е изд. -Киев: Техніка, 1982. - 207 с.
92. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4 т. / Редкол.: Г.А. Николаев (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1978. - Т.2. - 462 с.
93. Солодухин А.Г. Технология, организация и проектирование термических цехов: Учеб. пособие. - М.: Высш. шк., 1987. - 368 с.
94. Технология термической обработки и проектирование термических цехов: Учебник для вузов / Соколов К.И., Коротич И.К. - М.: Металлургия, 1988. - 384 с.
95. Цветное литье: Справочник / Н.М. Галдин, Д.Ф. Чернега и др.; Под общ. ред. Н.М. Галдина. - М.: Машиностроение, 1989. -528 с.
96. Обеспыливание литейных цехов машиностроительных предприятий / В.А. Минько, М.И. Кулешов, Л.В. Плотникова и др. - М.: Машиностроение, 1987. - 224 с.

97. СНиП 2.04.05.91. Отопление, вентиляция и кондиционирование / Госстрой СССР. -М.: АПП ЦИТП, 1992. - 64 с.
- ✓ 98. Макурин П.И. Техника безопасности в литейных цехах: Справочник. -М.: Машиностроение, 1965. - 308 с.
99. Алиев Г. М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справочник. - М.: Metallurgy, 1986. - 224 с.
100. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов / Гримитлин М.И., Тимофеев О.Н., Эльтерман В.М. и др. -М.: Машиностроение, 1978. - 272 с.
101. Платонов Ю.Б., Гогин Н.П. Исследование и анализ влияния условий труда на профзаболеваемость работников литейных цехов // Управление строением отливок и слитков: Межвуз. сб. науч. тр. - Н.Новгород: Изд-во НГГТУ, 1997. - 134 с.
102. Градус Л.Я., Тарнавский И.П., Иванова М.И. Эксплуатация газоочистного оборудования на машиностроительных предприятиях. -М.: Машиностроение, 1988. - 216 с.
103. Пылеулавливание в металлургии: Справочник / Под ред. А.А. Гурвица. -М.: Metallurgy, 1984. - 336 с.
104. Лукьянов В.П. Удаление пыли очистных отделений // Литейное производство. - 1993. - № 6. - С. 35-36.
105. Боровский Ю.Ф., Шергин И.В., Яценко А.А. Отходы литейного производства и охрана окружающей среды // Литейное производство. - 1993. - №6.
106. Клышко А.А. Новые разработки для улучшения экологии литейных цехов республики Беларусь // Литейное производство. - 1992. - № 11.
107. Разумов И.М. Пневмо- и гидротранспорт в химической промышленности. -М.: Химия, 1979. - 248 с.
108. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. - М.: Высш. шк., 1969. - 480 с.
109. Шабалин А.Ф. Очистка и использование сточных вод на предприятиях черной металлургии. -М.: Metallurgy, 1968. - 508 с.
- ✓ 110. СНиП 2.09.02-85. Производственные здания / Госстрой СССР. -М.: АПП ЦИТП, 1991. -16 с.
111. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы / Госстрой СССР. -М.: АПП ЦИТП, 1991. - 13 с.
112. СНиП 23-05-93. Естественное и искусственное освещение / Минстрой России, ГП ЦПП. - М., 1995. - 35 с.

- ✓ 113. СН-245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. – М.: Госстрой СССР, 1972. – 96 с.
114. Плахотин И.С. Реконструкция металлургических предприятий. – М.: Металлургия, 1986. – 88 с.
115. Мунтян Ю.С., Котяев П.Ф. Техническое перевооружение литейных цехов и предприятий – важнейшее направление интенсификации заготовительного производства // Литейное производство. – 1983. – № 4. – 48 с.
116. РТМ 2Н83-56-84. Реконструкция литейных цехов. Выбор материалов, технологических процессов и литейного технологического оборудования. – М.: ВНИИТЭМР, 1985.
117. Энценбах Т., Ламперлс М. Особенности конструкции и первые результаты эксплуатации современной вагранки на горячем дутье в одном из литейных цехов автомобильной промышленности // Casting Plant and Technology. – 1996.
118. Сивко В.И. Литейный завод Ford // Литейное производство. – 1992. – № 7.
- ✓ 119. Созонов О.А., Кривенков В.И. Реконструкция плавильного отделения сталелитейного производства // Литейное производство. – 1994. – № 10-11. – С. 26-27.
120. Крупные стальные отливки / Манакин А.М., Денисов В.А. и др. – М.: Машиностроение, 1969. – 215 с.
121. Краковский Е.Б. Организационно-технологические аспекты реконструкции формовочных отделений литейных цехов // Литейное производство. – 1985. – №12. – С.1-2.
122. Краковский Е.Б., Ракогон В.Г., Тарский В.Л. Пути повышения технологического уровня литейного оборудования // Тез. докл. III Всесоюз. съезда литейщиков. – М.: ВНИИТЭМР, 1989. – С. 24-32.
123. Ковалев Ф.И., Комиссаров В.А. Оборудование для технического перевооружения литейных цехов // Литейное производство. – 1988. – №1. – С. 25-26.
124. Болотский В.Д. Переоснащение формовочно-заливочных отделений литейных цехов // Литейное производство. – 1995. – №3. – С. 14-17.
125. Барнуковский В.И. Модернизация оборудования для изготовления стержней в холодной оснастке // Литейное производство. – 1994. – № 10-11. – С. 20.
126. Гришенков Ю.А., Тарский В.Л. Обеспечение литейного производства России технологическим оборудованием // Литейное производство. – 1995. – №4-5. – С. 54-55.

127. Гондарук В.С., Уткин А.П. Новое высокопроизводительное очистное оборудование для реконструируемых цехов // Литейное производство. – 1982. – № 5. – С. 22.
128. Яскевич И.А. Состояние финишной обработки на предприятиях Минсельхозмаш // Литейное производство. – 1990. – №12. – С.5-6.
129. Реконструкция промышленных предприятий. В 2 т. Т1 / Под ред. В.Д. Топчия, Р.А. Гребенникова. – М.: Стройиздат, 1990. – 591 с.
130. Пучков В.Г. Техническое перевооружение многономенклатурного производства // Литейное производство. –1992. – № 7. – С. 27-28.
131. Опыт технического перевооружения литейного цеха / Павленко И.И., Дробин В.Е., Овеченко В.А., Кондратенко В.Г. // Литейное производство. – 1988. – № 3. – С. 23-25.
132. Литье в кокиль / С.Л. Бураков, А.И. Вейник, Н.П. Дубинин и др.; Под ред. А.И. Вейника. –М.: Машиностроение, 1980. – 415 с.
133. Петриченко А.М. Теория и технология кокильного литья. – Киев: Техника, 1967. – 250 с.
134. Специальные способы литья: Справочник / В.А. Ефимов, Г.А. Анисимович, В.Н., Бабич и др.; Под общ. ред. В.А. Ефимова. –М.: Машиностроение, 1991. – 436 с.
135. Технология литейного производства. Специальные виды литья / Под ред. Ю.А. Степанова. –М.: Машиностроение, 1983. –287 с.
136. Литье под давлением / Под ред. А.К. Белопухова. –М.: Машиностроение, 1975. – 400 с.
137. Беккер М.Б. и др. Литье под давлением. –М.: Машиностроение, 1990. – 398 с.
138. Паращенко В.М., Рахманкулов М.М., Цисин А.П. Технология литья под давлением. –М.: Металлургия, 1996. – 239 с.
139. Бихаркин А.П. Опыт освоения технологии литья под низким давлением // Литейное производство. – 1994. – № 10-11. – С.22-23.

Спецификация технологического и транспортного оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Тип или модель	Краткая характеристика	Количество	Мощность единицы оборудования, кВт	Организация и номер чертежа
1	Вертикальное шестиходовое конвейерное сушило для сушки стержней с автоматической загрузкой и выгрузкой	-	Сушильная площадь при двух полках 113,4 м ²	3	6+40+7,5	Стальпроект г. Липецк
2	Автомат для изготовления стержней СО ₂ - процессом	815	Наибольший вес стержня 10 кг	1	2,7	НИИТавтопром 815-00000
3	Стержневая пескодувная машина	С-216	То же	4	-	ГАЗ, С216-004
4	Стержневой пескострельный полуавтомат	310	Наибольший вес стержня 60 кг	3	-	ГАП, 9545 135462(1-5)
5	Стержневой полуавтомат	305	Наибольший вес стержня 6 кг	6	-	Паспорт
6	Автомат для изготовления облочковых стержней	АКС-4	Наибольшие габаритные размеры стержня 180x220x200 мм	1	40,0	НИИТавтопром, паспорт
7	Горизонтальное проходное конвейерное сушило для подсушки стержней		Длина рабочей зоны 6 м	1	182,0	ГАП, 9549 133128(1-78)

№ п/п	Наименование оборудования	Тип или модель	Краткая характеристика	Количество	Мощность единицы оборудования, кВт	Организация и номер чертежа
8	Карусельный станок для калибровки	Конструкции ГАП	-	1	4,5	ГАП, НО 346655 - 2
9	Агрегат для мойки плит и драйеров	Конструкции Гипростройдор-маш	-	1	5,6	ГАП, 9549 B5402(1-92)
10	Камера окрасочная для стержней	То же чертеж №Н-501	-	1	-	ГАП, 9549 132837(1-73)
11	Столы для стержней	-	-	12	-	-
12	Лопастной смеситель для приготовления пасты	0-43В	-	1	2,8	-
13	Бункерная эстакада № 1 над стержневыми машинами	-	-	1	-	-
14	Бункерная эстакада № 2 над стержневыми машинами	-	-	1	-	-
15	Подвесной толкающий конвейер № 1	-	Развернутая длина цепи 100 м, шаг цепи 100 мм	1	1,7	

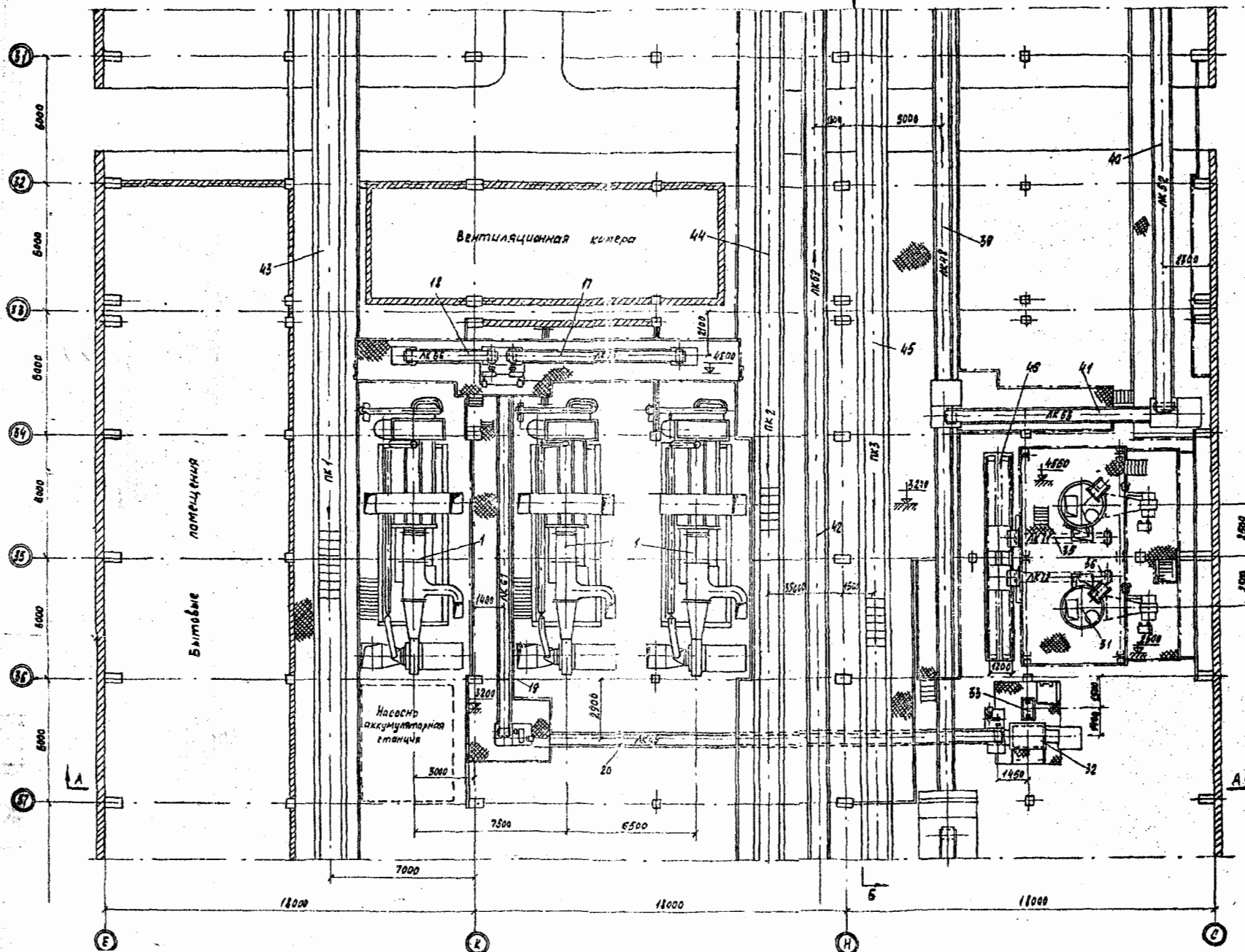
№ п/п	Наименование оборудования	Тип или модель	Краткая характеристика	Количество	Мощность единицы оборудования, кВт	Организация и номер чертежа
16	Склад стержневой	-	-	-	-	-
17	Ленточный конвейер № 65	-	Ширина 500 мм, длина 8,3 м	1	1,7	-
18	Ленточный конвейер № 66	-	Ширина 500 мм, длина 4,0 м	1	1,7	-
19	Ленточный конвейер № 67	-	Ширина 500 мм, длина 18,9 м	1	1,7	-
20	Ленточный конвейер № 69	-	Ширина 500 мм, длина 24,12 м	1	1,7	
21	Штабелеукладчик	-	Грузоподъемность 100 кг	6	4,7	-
22	Подвесной толкающий конвейер № 2	-	Развернутая длина цепи 112 м, шаг цепи 100 мм	1	1,7	
23	Подвесной толкающий конвейер № 3	-	Развернутая длина цепи 106,4 м, шаг цепи 100 мм	1	2,2	
24	Подвесной толкающий конвейер № 4	-	Развернутая длина цепи 51,6 м, шаг цепи 100 мм	1	2,2	

№ п/п	Наименование оборудования	Тип или модель	Краткая характеристика	Количество	Мощность единицы оборудования, кВт	Организация и номер чертежа
25	Рольганг горизонтальный № 2	-	Ширина 800 мм, длина 10,2 м	1	-	-
26	Рольганг горизонтальный № 3	-	Ширина 800 мм, длина 4,66 м	1	-	-
27	Пути для развозки стержневой цепи	-	-	1	-	-
28	Тележка монорельсовая с юбелем	ТМК-201	Грузоподъемность 2 т	2	10,3	-
29	Автоматический станок для правки и резки проволоки	-	Диаметр проволоки до 15 мм	1	5,0	-
29a	Автоматический станок для изготовления каркасов	-	-	1	2,5	-
30	Красомешалка	191	Емкость 0,24 м ³	1	1,8	-
30a	Бак с мешалкой для слива краски	191	Емкость 0,24 м ³	1	1,8	-

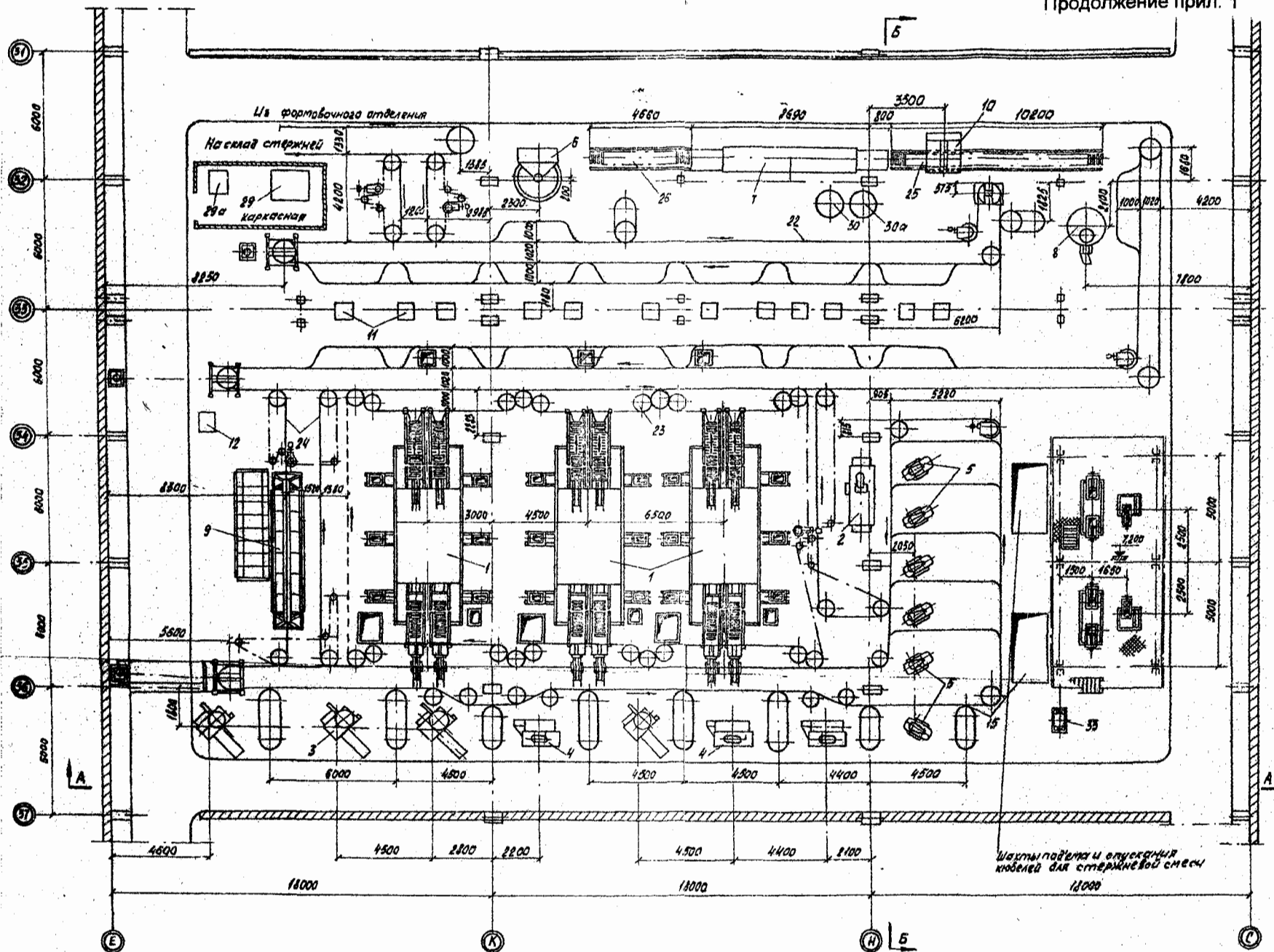
Продолжение прил. 1

№ п/п	Наименование оборудования	Тип или модель	Краткая характеристика	Количество	Мощность единицы оборудования, кВт	Организация и номер чертежа
Оборудование, не относящееся к стержневому участку, но показанное на чертежах						
31	Бегуны смешивающие для приготовления стержневого состава	115	-	2	85,0	-
32	Барaban для размолва стержней	Конструкции Гипростройдор-маш № чертежа Н26, 2	-	1	9,0	ГАП, 9549 132539(1-62)
33	Ленточный элеватор	Э-1	-	1	-	-
34	Ленточный конвейер	-	-	1	-	-
35	То же	-	-	1	-	-
36	То же	-	-	1	-	-

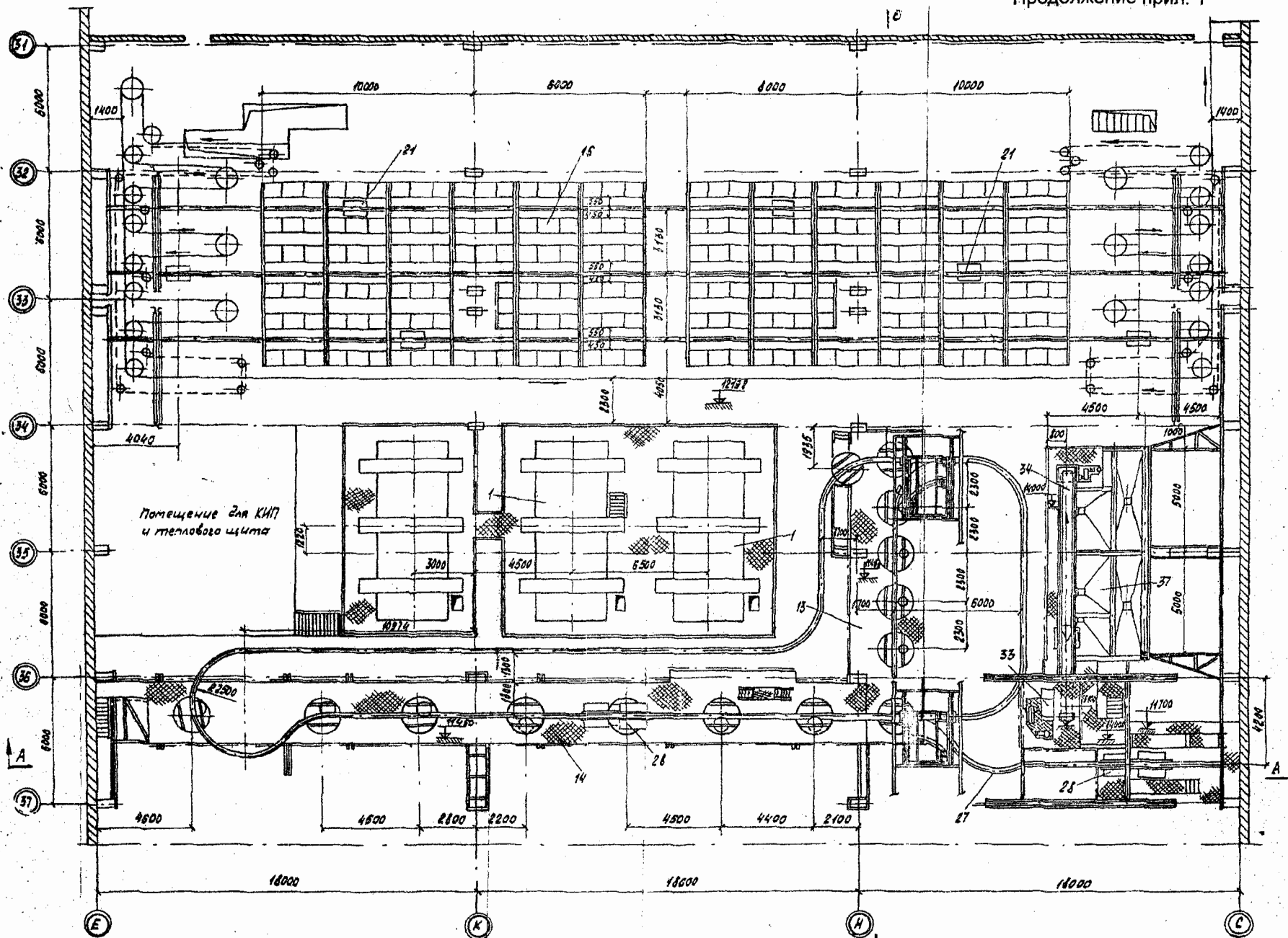
№ п/п	Наименование оборудования	Тип или модель	Краткая характеристика	Количество	Мощность единицы оборудования, кВт	Организация и номер чертежа
37	Бункерная эстакада над бегунами модели 115М	-	-	1	-	-
38	Установка весовых дозаторов	ДПЛ-120	-	1	-	-
39	Ленточный конвейер	-	-	1	-	-
40	То же	-	-	1	-	-
41	То же	-	-	1	-	-
42	То же	-	-	1	-	-
43	Пластичный конвейер	-	-	1	-	-
44	То же	-	-	1	-	-
45	То же	-	-	1	-	-
46	Рольганг горизонтальный	-	-	1	-	-



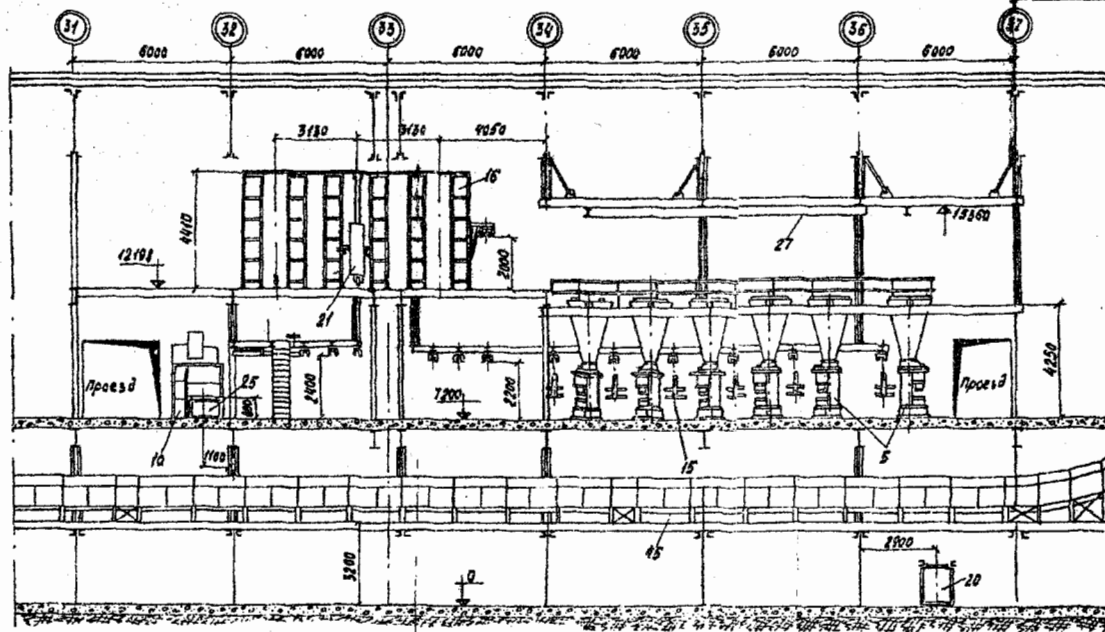
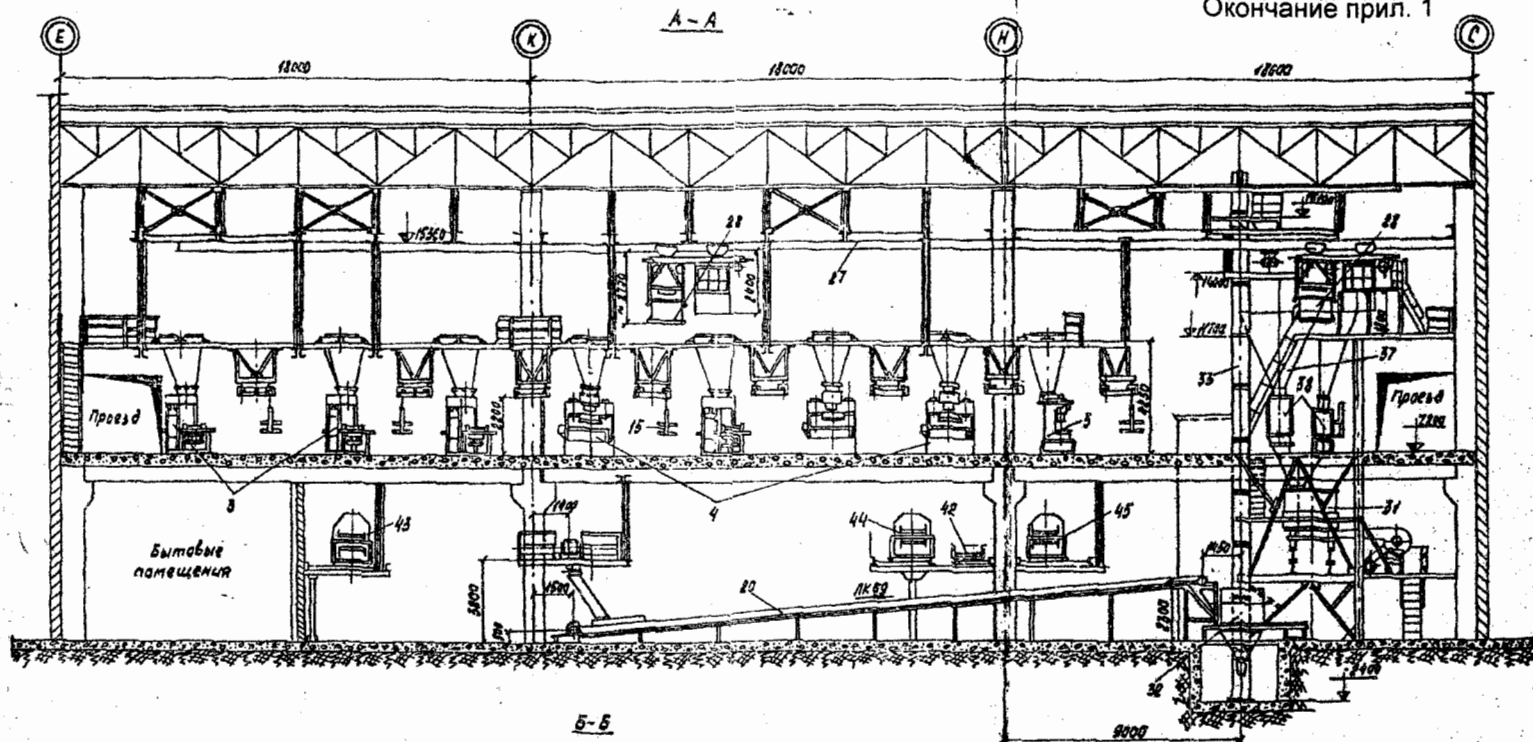
Стержневой участок. План расположения оборудования на отметке $\pm 0,00$



Стержневой участок. План расположения оборудования на отметке 7,2 м

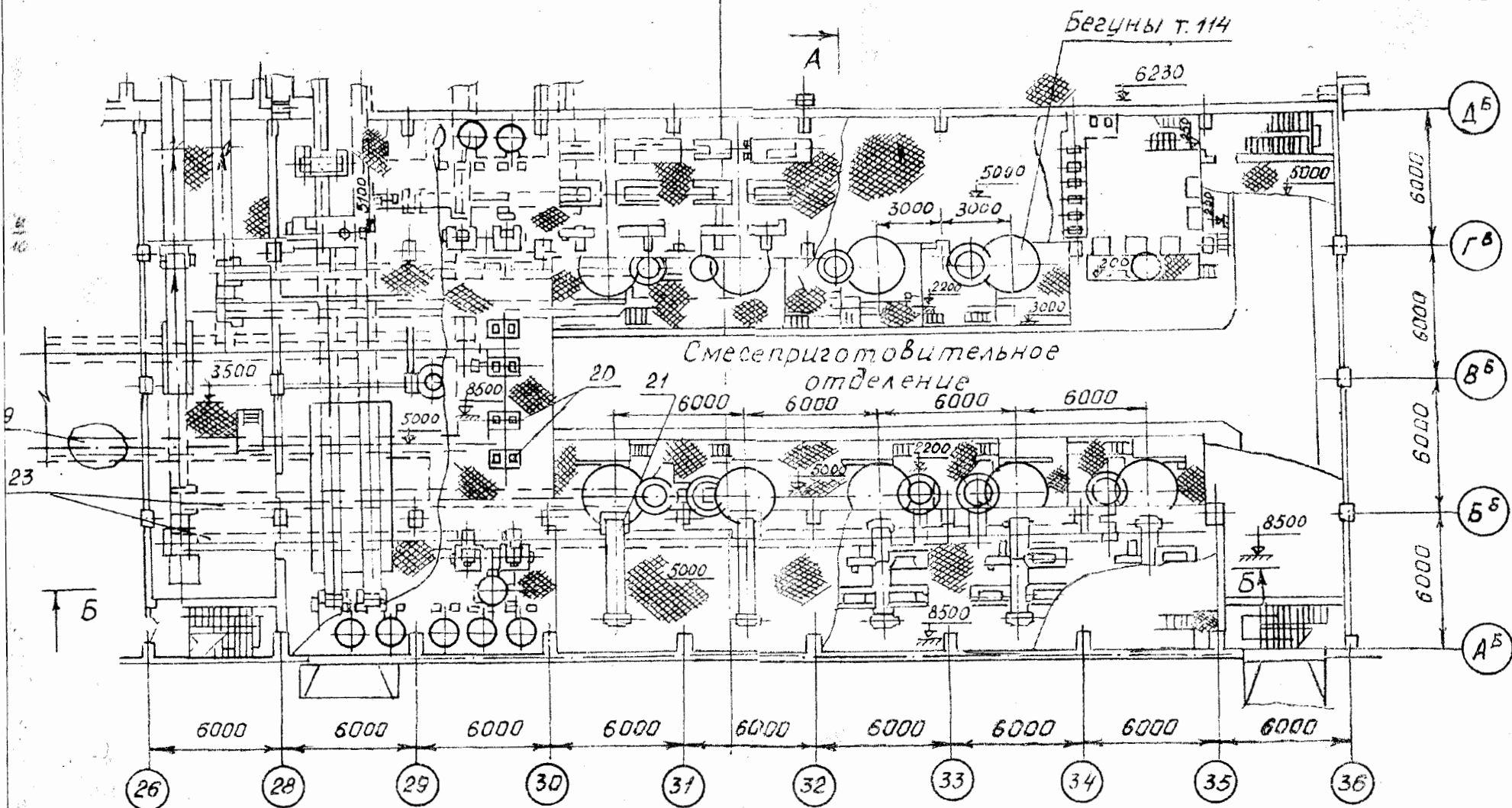


Стержневой участок. План расположения оборудования на отметке 17,2 м



Стержневой участок.

Разрезы А-А; Б-Б



Цех среднего чугуна литья.
Смесеприготовительное отделение (вариант)

- 19 – система ленточных конвейеров с шириной ленты $B=800$ мм подачи горелой земли в ленточный элеватор
 20 – ленточный элеватор ЛМ=400
 21 – ленточные конвейеры с шириной ленты $B=800$ мм
 23 – система ленточных конвейеров с шириной ленты $B=800$ мм для подачи готовой смеси в бункеры отстойники

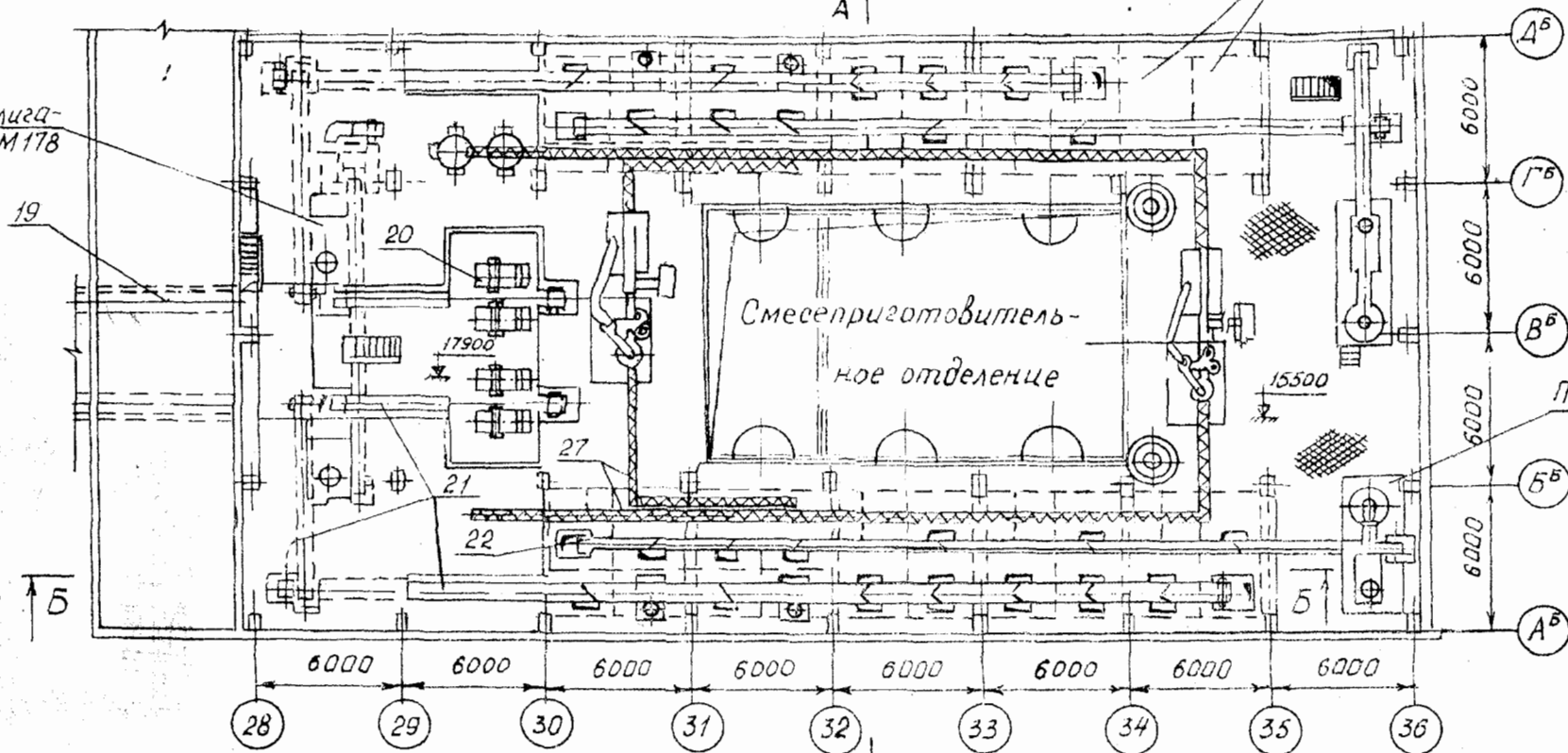
Продолжение прил. 2

8

Верхний план

Резервное место для установки бегунов

Сито полиграфическое М178



22 – ленточный конвейер с шириной ленты В=500 мм
27 – винтовые конвейеры 3225

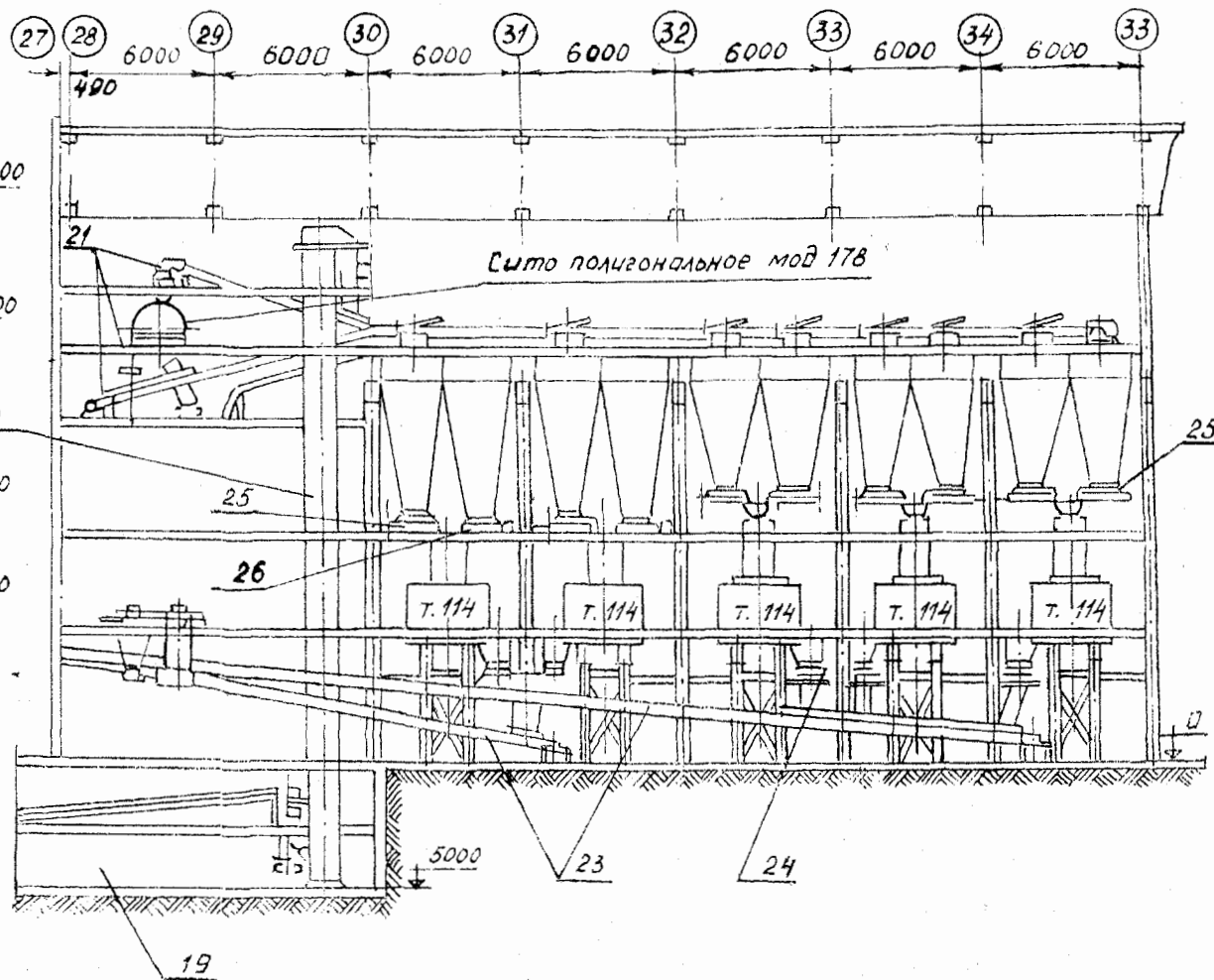
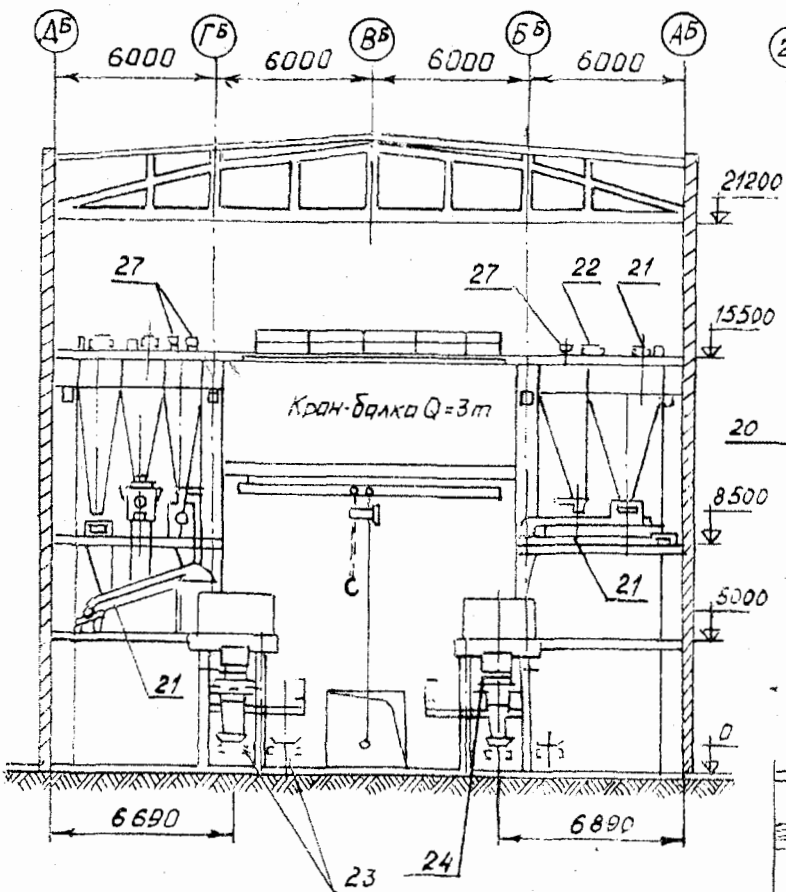
Цех среднего чугуна и литья.
Смесеприготовительное отделение (вариант)

А - А

Б - Б

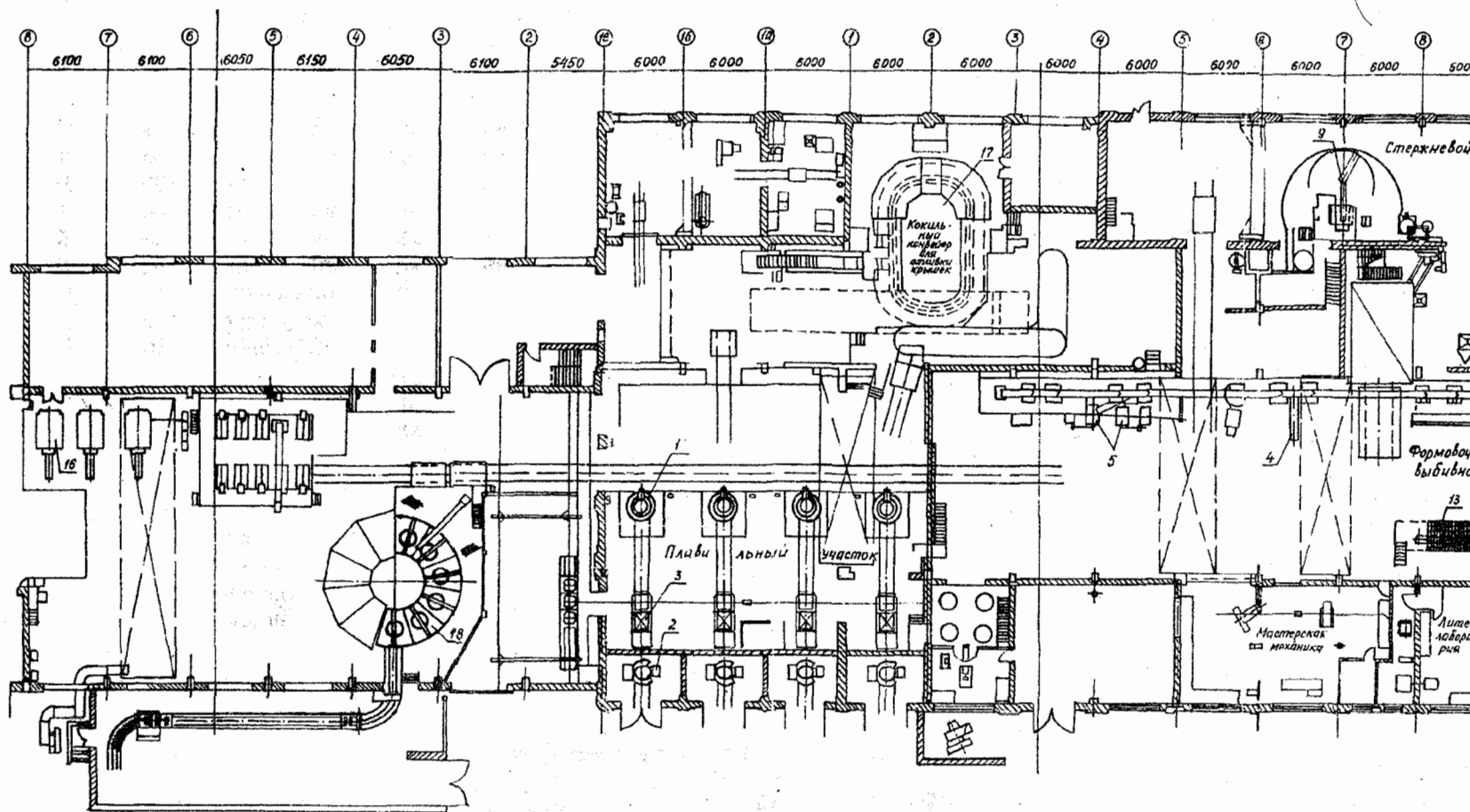
Окончание прил. 2

8



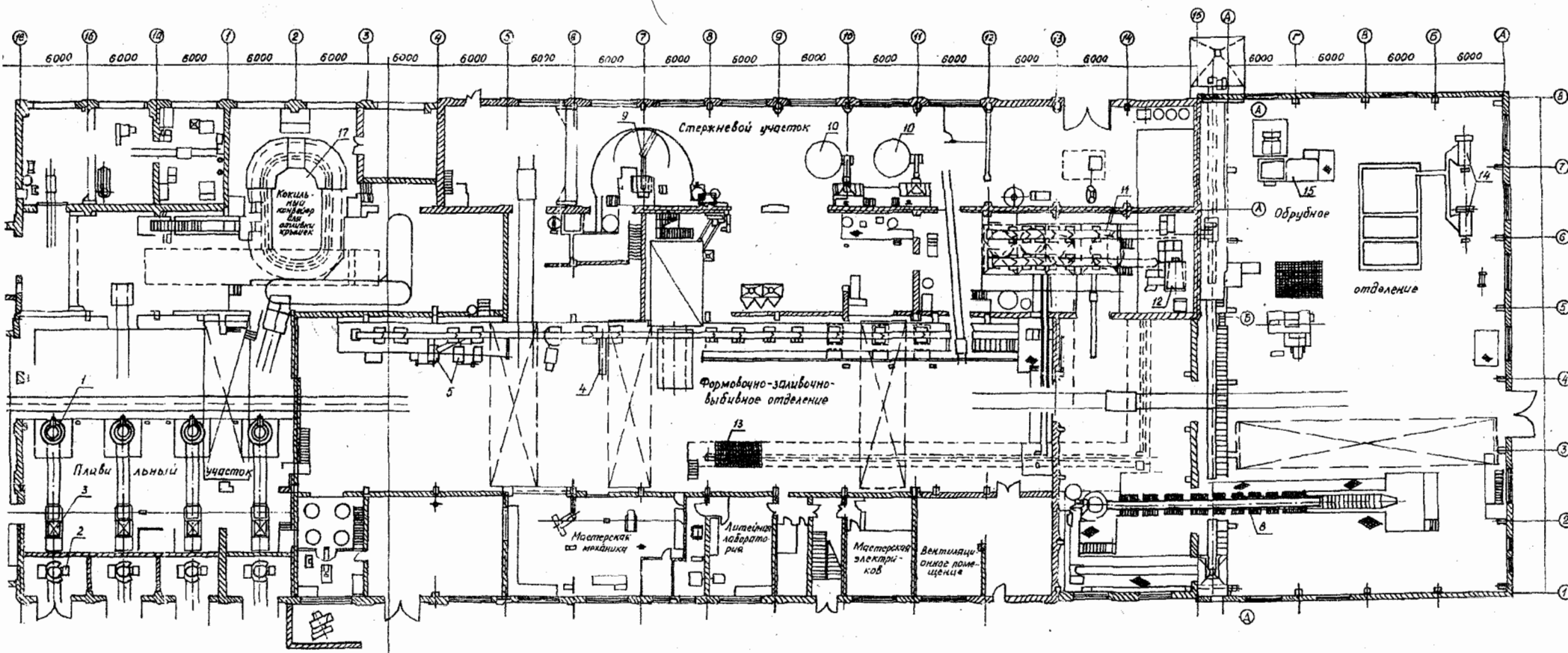
- 24 – тарельные питатели Д – 200
- 25 – питатель ленточный В=650
- 26 – трехшнековый питатель

Цех среднего чугуна. Смесеприготовительное отделение
Разрезы: А-А, Б-Б (вариант)



План литейного цеха завода «Водоприбор»

ПРИЛОЖЕНИЕ 3



План литейного цеха завода «Водоприбор»

Введение.....	3
1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	5
1.1. Порядок проектирования.....	5
1.2. Техничко-экономическое обоснование и бизнес-план проекта.....	7
1.3. Задание на проектирование и рабочее проектирование.....	13
2. ЛИТЕЙНЫЕ ЦЕХИ. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА И ФОНДЫ ВРЕМЕНИ.....	16
2.1. Классификация литейных цехов.....	16
2.2. Состав литейных цехов и заводов.....	19
2.3. Исходные данные для проектирования литейных цехов и виды производственных программ.....	21
2.4. Фонды рабочего времени.....	23
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТДЕЛЕНИЙ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА.....	25
3.1. Проектирование плавильного отделения.....	25
3.1.1. Технологические процессы для выплавки чугуна.....	26
3.1.1.1. Плавка чугуна в вагранках.....	27
3.1.1.2. Плавка чугуна в электрических печах.....	31
3.1.1.3. Плавка в индукционных печах.....	32
3.1.1.4. Плавка чугуна дуплекс-процессами.....	36
3.1.1.5. Сравнение технико-экономических показателей плавки чугуна различными процессами.....	42
3.1.2. Агрегаты для плавки стали.....	55
3.1.2.1. Методы интенсификации электродуговой плавки.....	57
3.1.2.2. Выплавка стали в индукционных тигельных печах.....	60
3.1.2.3. Сравнение технико-экономических показателей процессов выплавки стали.....	64
3.1.3. Агрегаты для плавки цветных металлов.....	66
3.1.3.1. Печи для плавки алюминиевых сплавов.....	66
3.1.3.2. Печи для плавки магниевых сплавов.....	78
3.1.3.3. Печи для плавки медных сплавов.....	79
3.1.4. Расчет параметров плавильного отделения.....	84
3.1.4.1. Определение потребности в жидком металле.....	84

3.1.4.2. Расчет вместимости и количества плавильных агрегатов.....	87
3.1.4.3. Расчет шихты и потребного количества шихтовых материалов.....	97
3.1.4.4. Выбор вместимости ковша и расчет их парка.....	102
3.1.5. Планировочные решения плавильных отделений.....	106
3.2. Проектирование формовочно-заливочно-выбивного отделения (ФЗВО) литейного цеха.....	124
3.2.1. Выбор технологического процесса формовки.....	126
3.2.2. Выбор формовочной смеси и габаритов опок.....	126
3.2.3. Развитие автоматических литейных линий.....	129
3.2.4. Формовочные машины, пескометы, наливная формовка.....	155
3.2.5. Расчет параметров ФЗВО.....	164
3.2.6. Объемно-планировочные решения ФЗВО.....	176
3.3. Проектирование стержневого отделения.....	178
3.3.1. Состав стержневого отделения и производственная программа.....	179
3.3.2. Выбор технологического процесса изготовления стержней и оборудования.....	183
3.3.3. Технологическое оборудование и участки для изготовления стержней.....	190
3.3.4. Расчет оборудования стержневого отделения.....	208
3.3.5. Планировочные решения стержневого отделения.....	218
3.4. Проектирование смесеприготовительного отделения.....	221
3.4.1. Структура смесеприготовительного отделения.....	221
3.4.2. Расчет расхода формовочных смесей и стабилизация их свойств.....	223
3.4.3. Выбор типа смесителей и расчет потребного количества оборудования.....	230
3.4.4. Проектные решения по смесеприготовительным отделениям.....	240
3.5. Проектирование термообрубного отделения.....	245
3.5.1. Состав термообрубного отделения.....	246
3.5.2. Технологические процессы и оборудование для очистки литья.....	248
3.5.3. Расчет потребного числа технологического оборудования термообрубного отделения.....	262

3.5.4. Размещение и планировка термообрубных отделений литейных цехов.....	267
3.6. Вспомогательные отделения и участки литейного цеха.....	273
3.6.1. Участок подготовки свежих формовочных материалов и регенерации смесей.....	273
3.6.2. Склады литейного цеха.....	276
3.6.3. Участок ремонта оборудования.....	281
3.6.4. Кладовые и лаборатории цеха.....	282
4. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ.....	283
4.1. Мероприятия по отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха.....	285
4.2. Мероприятия по охране труда в литейном цехе.....	288
5. ТРАНСПОРТНАЯ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТИ ПРОЕКТА.....	295
5.1. Транспортная часть проекта.....	295
5.2. Энергетическая часть проекта.....	304
5.3. Водоснабжение и канализация.....	307
6. СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА.....	311
6.1. Типы и основные размеры зданий литейных цехов.....	311
6.2. Материалы для строительства зданий и конструкций.....	317
6.3. Основания, фундаменты, стены, колонны, полы, двери, ворота, тамбуры.....	318
6.4. Кровли, фонари, галереи, эстакады, тоннели, каналы, антресоли.....	320
6.5. Противопожарные мероприятия по производственным зданиям литейных цехов.....	322
6.6. Освещение цехов и других помещений.....	322
7. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ И КОМПОНОВКА ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ.....	323
7.1. Планировка литейных цехов.....	325
7.2. Примеры планировки литейных цехов.....	337
8. РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ.....	346
8.1. Общие положения по реконструкции.....	346
8.2. Плавильное отделение.....	350
8.3. Формовочно-заливочно-выбивное отделение.....	357
8.4. Стержневое отделение.....	363
8.5. Смесеприготовительное отделение.....	368
8.6. Термообрубное отделение.....	369
8.7. Объемно-планировочные и строительные решения.....	372

9. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕХОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ЛИТЬЯ.....	374
9.1. Цехи кокильного литья.....	374
9.1.1. Исходные данные для проектирования.....	375
9.1.2. Планировка цеха.....	378
9.2. Проектирование цехов литья под давлением.....	379
10. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТА ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА.....	383
10.1. Расчет показателей цеха.....	387
Библиографический список.....	391
Приложение 1.....	401
Приложение 2.....	410
Приложение 3.....	413

47
4
5
8
3
Св.темплан 1998, поз.8
ISBN 5-89514-034-3

Заявки на книгу присылать по адресу:
455000, Магнитогорск, пр.Ленина, 38,
МГТУ им. Г.И.Носова,
редакционно-издательский отдел.
Тел.: (3511) 32-85-17. Факс: 32-28-86

Александр Федорович Миляев

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Учебное пособие

Редактор Н.В.Кутекина

Компьютерный набор, верстка С.В.Лактионовой

Лицензия № 020377 от 22.01.97

Подписано в печать 1.11.99. Формат 60х84 1/16.

Бумага тип.№ 1.

Плоская печать. Усл.печ.л.23.94+4 вкл. Уч.-изд.л.23.34. Тираж 100 экз.

Заказ 604.



Редакционно-издательский отдел МГТУ им.Г.И.Носова
455000, Магнитогорск, пр.Ленина, 38
Полиграфический участок МГТУ