

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(национальный исследовательский университет) »  
Факультет «Заочный»  
Кафедра «Литейное производство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой,  
д. т. н. профессор  
/Б. А. Кулаков  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

Литейные технологии производства стальной отливки  
«Угольник поворотный»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-22.03.02.2020.537.00.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер  
доцент, к.т.н.  
А.В. Карпинский  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

Руководитель проекта  
профессор, д.т.н.  
Л.Г. Знаменский  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

Автор проекта  
студент группы  
П-537  
Р.Р. Камалов  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

## АННОТАЦИЯ

Камалов Р.Р. Литейные технологии производства стальной отливки «Угольник поворотный». – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ-537, 2020. – 116 с., 21 ил., библиогр. список – 16 наим., 5 листов чертежей ф. А1

В выпускной квалификационной работе были разработаны литейные технологии производства стальной отливки «Угольник поворотный» из стали марки 20Л ГОСТ 977-88.

Были спроектированы плавильное и формовочное отделения цеха литья по выплавляемым моделям производительностью 1500 тонн в год из углеродистой стали.

В соответствии с производственной программой выбрано и рассчитано оборудование модельного, изготовления оболочек форм, прокалочно-заливочного и термообрубного отделений, с помощью которого можно достичь заданной производительности цеха.

Разработаны и рассчитаны элементы литейной формы, конструкции пресс-формы, приготовление модельного состава, описан способ приготовления суспензии, процесс изготовления литейных керамических форм.

Специальная часть работы посвящена применению оболочковых форм для лvm на основе дисперсных алюмосиликатных огнеупоров.

Раздел безопасность жизнедеятельности описывает вопросы обеспечения безопасной работы литейного цеха.

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Камалов Р.Р.</i>			<i>Литейные технологии производства стальной отливки «Угольник поворотный»</i>	<i>Лит.</i>	<i>Листов</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		<i>Знаменский Л.Г.</i>				<i>Д</i>	<i>116</i>	<i>3</i>
<i>Т.конт.</i>						<i>ЮУрГУ</i>		
<i>Н.конт.</i>		<i>Карпинский А.В.</i>				<i>Кафедра ЛП</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Кулаков Б.А.</i>						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	7
2 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ	
2.1 Анализ технологичности изготовления отливки.....	14
2.2 Выбор положения отливки в пресс-форме и определение поверхности разъема.....	15
2.3 Разработка конструкции и расчет литниково-питающей системы.....	15
2.4 Разработка конструкции пресс-формы.....	18
2.5 Приготовление модельного состава.....	20
2.6 Приготовление суспензии.....	21
2.7 Изготовление литейных керамических форм.....	26
2.8 Технология плавки стали.....	28
2.9 Разработка технологий заливки форм, охлаждения, очистки, термообработки и обрубки отливок.....	29
2.10 Разработка системы контроля техпроцесса и качества отливок.....	31
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО И ФОРМОВОЧНОГО УЧАСТКОВ	
3.1 Структура литейного цеха.....	33
3.2 Производственная программа.....	34
3.3 Режим работы и фонды времени.....	35
3.4 Плавильное отделение.....	37
3.4.1 Составление баланса металла.....	41
3.4.2 Расчет шихты и составление ведомости расхода шихтовых материалов.....	43
3.4.3 Расчет оборудования плавильного отделения.....	44
3.4.4 Расчет потребности ковшей.....	45
3.5 Модельное отделение.....	47
3.5.1 Технология изготовления моделей.....	53
3.5.2 Выбор оборудования для модельного отделения.....	54
3.5.3 Расчет оборудования для модельного отделения.....	55
3.6 Формовочно-заливочное отделение.....	57
3.7 Термообрубное отделение.....	68
3.8 Склады литейных цехов.....	69
3.9 Вспомогательные отделения и участки цеха.....	71

#### 4 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ «ОБОЛОЧКОВЫЕ ФОРМЫ ДЛЯ ЛВМ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРСНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ ОГНЕУПОРОВ»

4.1 Активирующее диспергирование отработанных шамотных огнеупоров для оболочковых форм.....	73
4.2 Оболочковые формы на основе диспергированного муллитизированного шамота.....	80
<b>5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>	
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	86
5.1.1 Запыленность воздуха рабочей зоны.....	87
5.1.2 Микроклимат на рабочих местах.....	89
5.1.3 Шум.....	92
5.1.4 Вибрация.....	93
5.1.5 Освещение.....	95
5.2 Безопасность производственных процессов и оборудования.....	96
5.2.1 Электробезопасность.....	102
5.2.2 Пожаровзрывобезопасность.....	103
5.3 Охрана природной среды.....	105
5.3.1 Очистка выбросов в атмосферу.....	106
5.3.2 Очистка производственных сточных вод.....	106
5.3.3 Обезвреживание и утилизация отходов.....	107
5.4 Гражданская оборона и чрезвычайные ситуации.....	108
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	110
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b> .....	111
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Расчет шихты 20Л.....	113
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Расчет шихты 45Л.....	115

## ВВЕДЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы является разработка литейных технологий производства стальной отливки «Угольник поворотный» из стали марки 20Л ГОСТ 977-88.

При проектировании отделений цеха необходимо обеспечить высокий технический уровень и экономическую эффективность, максимально используя достижения науки и техники.

Литье по выплавляемым моделям – это процесс, в котором для получения отливки применяются разовые точные неразъемные керамические оболочковые формы, полученные по разовым моделям с использованием жидких формовочных смесей.

Методом литья по выплавляемым моделям изготавливают отливки массой от нескольких граммов до нескольких десятков килограммов (корпуса и детали приборов, лопатки газовых турбин, арматуру, режущий и хирургический инструмент, мелкие автодетали, детали фотоаппаратов, киноаппаратов, швейных и текстильных машин, а также художественное литье). Отливки, полученные этим способом, имеют высокую точность и хорошую чистоту поверхности, позволяющие использовать их без механической обработки.

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Современный уровень развития литейных технологий и научных исследований существенно выше уровня оборудования, применяемого в отечественных литейных цехах. Применение современных разработок позволяет улучшить условия труда, повысить качество и снизить время изготовления продукции.

В действующих российских цехах для выплавки стали применяются дуговые печи постоянного тока, дуговые печи переменного тока и индукционные тигельные печи повышенной частоты.

В настоящее время во всем мире для массовой выплавки стали в основном применяют дуговые сталеплавильные печи.

Однако, индукционные печи из-за высокой эффективности, высокой удельной мощности, высоких экологических параметров и показателей надежности всегда находилось на высочайшем технологическом уровне. Поэтому тенденция роста количества индукционных печей, используемых в литейном производстве для получения черных и цветных металлов, а также для производства неметаллических сплавов, является вполне закономерной. Применение исключительно эффективной конструкции преобразователя с использованием цифрового управления при переключении ступеней индуктора привело к значительному расширению диапазона использования индукционных печей средней частоты в различных областях металлургии. Благодаря этому плавка металла в таких печах, с учетом специфики производства конкретных отливок, стала технологией, находящей все более широкое применение на литейных заводах.

Количество действующих литейных заводов и цехов в машиностроении, в том числе выпускающих литейные материалы и оборудование, составляет около 1250 ед., загрузка которых в среднем достигает лишь около 30 %. Сохранившаяся суммарная мощность литейных производств составляет 12,5 млн. т отливок в год.

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

Сейчас в литейном производстве машиностроения и металлургии занято около 300 тыс. человек, в том числе около 78 % рабочих, 14 % инженерных и 8 % научных работников. Выпуск отливок на одного работающего составляет 20,8 т в год.

В общей структуре машиностроительных заводов литейное производство, как правило, является убыточным, так как полностью зависит от ценовой политики на рынке на сырьевые материалы, топливо, электроэнергию, транспорт. В настоящее время структура себестоимости отливок такова: энергозатраты и затрат на топливо составляют 50...60 %, затраты на исходные материалы (пески, глины, краски, смолы, шихтовые материалы и ферросплавы) – 30...38 %, зарплата – 8...17 %.

Анализ литейного производства европейских стран показывает, что в последние годы наблюдается тенденция падения производства отливок на 35...40 %, в основном снижается производство отливок из черных сплавов, выпуск же отливок из цветных сплавов растет. Технологическая оснащенность и техническое обеспечение наших литейных предприятий вполне позволяет производить высококачественные отливки. К сожалению, экспорт отливок за рубеж (Францию, Германию, Швецию, Австрию) составляет лишь около 50 тыс. т.

С другой стороны, литейное производство является наиболее энергоемким и материалоемким производством. Для производства 1 тонны отливок требуется переплавка 1,1...1,7 тонн металлических материалов, ферросплавов и флюсов, переработка и подготовка 3...5 тонн формовочных песков (при литье в песчано-глинистые формы), 3...4 кг связующих материалов и красок. В себестоимости литья энергетические затраты и топливо составляют 50...60 %, стоимость материалов 30...35 %. В современных условиях отдельным отраслям присущи неравномерные темпы развития. Удельная доля производства и использования литых заготовок отраслей; в общем объеме производства машиностроительного комплекса составляет:

- автомобильная и тракторная – 60 %;
- электротехническая – 6 %;

- тяжелое и энергетическое машиностроение – 8 %;
- химическое и нефтяное машиностроение – 12 %;
- дорожное и коммунальное машиностроение – 10 %;
- станкостроение и приборостроение – 2 %;
- другие отрасли – 2 %.

Объемы производства литых заготовок зависят от выпуска машиностроительной продукции, так как доля литых деталей из черных и цветных сплавов в машинах (автомобилях, тракторах, комбайнах, самолетах, танках и др.) составляет 40...50 %, а в металлообрабатывающих станках и кузнечно-прессовом оборудовании до 70 % по массе и до 20 % от стоимости машин. В настоящее время, как правило, литейные цехи находятся в структуре машиностроительных предприятий и производят отливки для собственных нужд [1].

Основная масса литейных заводов и цехов являются акционерными обществами или частными предприятиями. В литейном производстве машиностроения и металлургии (по экспертной оценке) занято около 300 тыс. человек, в том числе 90 % рабочих, 9,8 % инженерных и 0,2 % научных работников. Выпуск отливок на одного работающего в 2010 г. составил около 13,3 тонн в год. Динамика изменения производства отливок с 1985 г. приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Динамика изменения производства отливок с 1985 г.

Годы	1985	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Выпуск отливок, млн.т	18,50	13,40	4,85	7,60	7,00	4,20	3,90	4,10	3,90
В том числе из:									
чугуна	12,9	9,3	3,5	5,2	5,1	3,0	2,9	3,1	2,9
стали	3,10	3,24	0,96	1,30	1,00	0,70	0,60	0,80	0,60
цветных сплавов	2,50	0,86	0,39	1,10	0,90	0,50	0,40	0,50	0,40



В настоящее время производство отливок по технологическим процессам распределяется (по экспертной оценке 2010 г.) следующим образом (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Производство отливок по технологическим процессам, %

Технологический процесс	Доля, %
1. Литье в сырые песчано-глинистые формы	50,0
2. Литье в разовые формы из ХТС	29,0
3. Литье в кокиль	5,0
4. Литье под давлением	8,0
5. Центробежное литье	5,0
6. Литье в оболочковые формы	0,5
7. Литье по выплавляемым моделям	1,0
8. Литье по газифицируемым моделям	0,3
9. Непрерывное литье	0,8
10. Другие технологии литья	0,4

Степень механизации и автоматизации литейного производства России оценивается производством отливок на различном оборудовании в соответствии с таблицей 1.3.

Таблица 1.3 – Производство отливок по степени механизации

Тип оборудования	Производство отливок, %
На автоматических линиях	25
На полуавтоматических и механизированных линиях	30
На машинах	30
Вручную	15

Плавка и выпечная обработка литейных сплавов является первичным и ответственным технологическим переделом, который обеспечивает литейные, прочностные и эксплуатационные характеристики сплава.

Несмотря на продолжающийся кризис в литейном производстве на ряде отечественных заводов проведена реконструкция литейных производств на базе прогрессивных технологических процессов и оборудования.

Литье по выплавляемым моделям – способ получения мелких точных отливок из различных сплавов черных и цветных металлов в многослойных оболочковых неразъемных разовых формах. Данные формооболочки изготавливают по

выплавляемым разовым моделям. Литье по выплавляемым моделям используется достаточно широко. Таким способом получают точные и сложные по конфигурации отливки массой от нескольких граммов до десятков килограммов с минимальной толщиной стенки 0,5 мм, с шероховатостью поверхности  $R_z = 20...40$  мкм по ГОСТ 2789-73 и точностью размеров, соответствующих 8...10 квалитетам по ГОСТ 25347-82 или 3...5 классам точности по ГОСТ Р53464-2009. Данный способ позволяет изготавливать отливки, максимально приближенные по форме, размерам и массе к готовой детали.

Модели отливок и литниково-питающей системы (ЛПС) изготавливают из воскообразных легкоплавких материалов (воск, стеарин, парафин), растворимых в воде солей (карбамид), смол и пластмасс (полистирол). Модели соединяют в блоки (спаиванием, склеиванием, механическим скреплением) и наносят на них слои суспензии из связующего раствора и пылевидного огнеупорного наполнителя. Каждый слой суспензии обсыпают зернистым огнеупорным материалом и сушат. Из полученной многослойной неразъемной оболочковой формы модели удаляют выплавлением. Освобожденные от модельного состава оболочки отдельно или в опорном наполнителе прокаливают для удаления органических остатков модельных и связующих материалов, после чего горячие или охлажденные формы заливают расплавом.

В отличие от песчано-глинистой формовочной смеси, смесь, используемая при литье по выплавляемым моделям, представляет собой суспензию, состоящую из пылевидного огнеупорного материала – наполнителя: пылевидного кварца  $SiO_2$ , электрокорунда  $Al_2O_3$ , дистенсиллиманита  $Al_2O_3 \cdot SiO_2$  и др. и связующего – коллоидного раствора  $SiO_2$ , например, гидролизованного этилсиликата марок ЭТС-40, ЭТС-32 или жидкого стекла  $Na_2O \cdot 2SiO_2 \cdot mH_2O$  с модулем  $M = 2,4...3,2$  и плотностью  $(1,2...1,25 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3)$ . Этилсиликаты (ЭТС) представляют собой смесь эфиров кремниевой кислоты типа  $(C_2H_5O)_4Si$ ,  $(C_2H_5O)_6Si_2O$ ,  $(C_2H_5O)_8Si_3O$ .

Оболочковые формы при изготовлении крупных отливок могут растрескиваться и расслаиваться. В настоящее время широко применяется

					22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

изготовление отливок в объемные наливные формы методом литья по выплавляемым моделям.

Наиболее перспективным и развивающимся является получение изделий в оболочковые формы на кристаллогидратном связующем. Наполнителем в таких формах является пылевидный кварц, а растворителем вода. Для регулирования времени схватывания формовочной суспензии и предотвращения седиментации в нее вводят различные добавки.

Существует несколько разновидностей литья по выплавляемым моделям (ЛВМ), применение которых на практике обусловлено рядом причин. Так в настоящее время в машиностроении наиболее распространенным способом получения точных отливок является литье по выплавляемым моделям в многослойные оболочковые формы на гидролизованном этилсиликате в качестве связующего с применением различных наполнителей. Выбор материала наполнителя зависит чаще всего от типа заливаемого сплава. При изготовлении отливок из цветных сплавов, чугуна и стали, чаще всего используют пылевидный кварц в качестве наполнителя огнеупорной суспензии и кварцевый песок в качестве обсыпки. Для литья жаропрочных сплавов применяют электрокорунд, дистенсиллиманит. Для формирования внутренних полостей отливки используются стержни, получаемые методом твердофазного спекания из порошков огнеупорных материалов. Менее широко распространены оболочковые формы на жидкостекольном связующем.

Значительными достижениями специалистов в области совершенствования производства литья по выплавляемым моделям являются: разработка технологии получения сложных тонкостенных отливок с использованием керамических стержней и водорастворимых мочевиновых моделей; исследование и внедрение в производство этилсиликатных связующих растворов, полученных без использования органических растворителей; разработка совмещенного метода приготовления связующего раствора и суспензии; внедрение в производство вакуумно-аммиачного метода сушки слоев суспензии и выпуск оборудования для

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

его осуществления; освоение процесса направленной кристаллизации и получение отливок с направленной и монокристаллической структурой.

Технический прогресс в производстве точных отливок по выплавляемым моделям в последние десятилетия связан в основном с максимальным использованием возможностей метода, созданием сплавов, наиболее технологичных для специфических условий формирования отливок в прокаленных огнеупорных формах, совершенствованием применяемых модельных и формовочных материалов, рационализацией и интенсификацией всех технологических операций от изготовления моделей до очистки отливок, обеспечением управляемости и стабильности технологических процессов, максимальной автоматизацией производства и созданием благоприятных, безопасных условий труда, сокращением отходов производства и обеспечением безопасности его для окружающей среды, совершенствованием методов контроля как моделей, форм и отливок в процессе изготовления, так и готовой продукции.

Реализовать в полной мере преимущества литья по выплавляемым моделям перед другими способами получения литых изделий не позволяет отсутствие системных научных данных, характеризующих общие физические и химические закономерности поведения кремнеземистых и силикатных материалов литейных форм и компонентов сплавов в условиях заливки и формирования точных отливок, их взаимодействии с заливаемым сплавом и влиянии на качество отливок, отсутствуют обобщающие теоретические подходы, позволяющие выработать эффективные методы управления данными процессами.

В связи с этим на основе анализа теории и технологии применяемых в точном литье процессов необходимо наметить направления их совершенствования путем создания обобщающих теоретических положений формообразования на основе кремнеземистых и силикатных систем, разработке процессов формообразования на основе термохимически устойчивых материалов, как связующих, так и наполнителей, которые обладают лучшими технологическими свойствами и позволяют избавиться от существующих недостатков.

## 2 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

### 2.1 Анализ технологичности изготовления отливки «угольник поворотный»

При анализе технологичности литой детали изучаются свойства материала отливки, толщины стенок и их сочленений, конфигурация отверстий и полостей в отливке, технология обработки поверхностей.

Основные технологические условия для рассматриваемой отливки следующие:

- отливка первой группы ГОСТ 977-88;
- точность отливки 9т-0-0-7 ГОСТ Р53464-2009;
- литейные уклоны 2 °;
- усадка 2 %;
- неуказанные литейные радиусы не более 3 мм;
- остаток питателя 5 мм, не более;

Анализ чертежа детали «угольник поворотный» показывает, что ее конструкция достаточно технологична для изготовления литьем по выплавляемым моделям.

Отливка «угольник поворотный» изготавливается из стали 20Л ГОСТ 977-88. Масса отливки 0,16 кг, минимальная толщина стенки отливки 3,5 мм, максимальная – 12 мм, минимальное отверстие диаметром 13 мм в стенке толщиной 3,5 мм, что является нормой при литье по выплавляемым моделям. Отливка «угольник поворотный» тонких и плоских стенок не имеет, есть сопряжение стенок, но при этом обеспечена плавность перехода от одной стенки к другой с помощью галтелей.

Два сквозных отверстия в отливке выполняют в выплавляемой модели металлическими неподвижными стержнями, установленными в пресс-форме.

Модели следует вынимать из пресс-формы без поломок и нарушения их геометрии. Поэтому необходима конусность на поверхностях, перпендикулярных к

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

плоскости разъема пресс-формы. Для отливки «угольник поворотный» неуказанные литейные уклоны 2 °.

## 2.2 Выбор положения отливки в пресс-форме и определение поверхности разъема

Поверхность разъема пресс-формы одна и вертикальная. Положение модели в форме обеспечивает ее направленное затвердевание и минимальное количество стержней в пресс-форме. Выбранное положение модели в пресс-форме обеспечивает наиболее простое оформление литниковой системы: в одном звене располагаются шесть отливок, питатели располагаются в плоскости разъема пресс-формы и имеют оптимальную длину 8 мм.

Таким образом, обеспечено максимальное количество требований для получения отливки литьем по выплавляемым моделям требуемого качества [2].

## 2.3 Разработка конструкции и расчет литниково-питающей системы

Благодаря характерной для литья по выплавляемым моделям неразъемной форме конструктивные элементы ЛПС удастся расположить наиболее эффективно, максимально используя объем формы. Для отливки «угольник поворотный» выбрана литниковая система типа – центральный стояк. ЛПС этого типа представляет собой стояк компактного сечения, непосредственно к которому с разных сторон присоединяются небольшие отливки с одним индивидуальным питателем (рисунок 2.1). Центральный стояк является одновременно и литниковым ходом, и коллективной прибылью, а питатели соответственно выполняют и роль шеек прибылей. Зумпф в нижней части стояка смягчает отрицательное действие механического и теплового ударов, имеющих место в начальный момент заливки. Центральный стояк служит основой для создания комплексно-механизированного технологического процесса производства небольших отливок, массой до 3 кг.

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

Применение унифицированного металлического каркаса в качестве несущей конструкции обеспечивает удобство звеньевой сборки, модельного блока и его высокую прочность при изготовлении оболочковой формы.

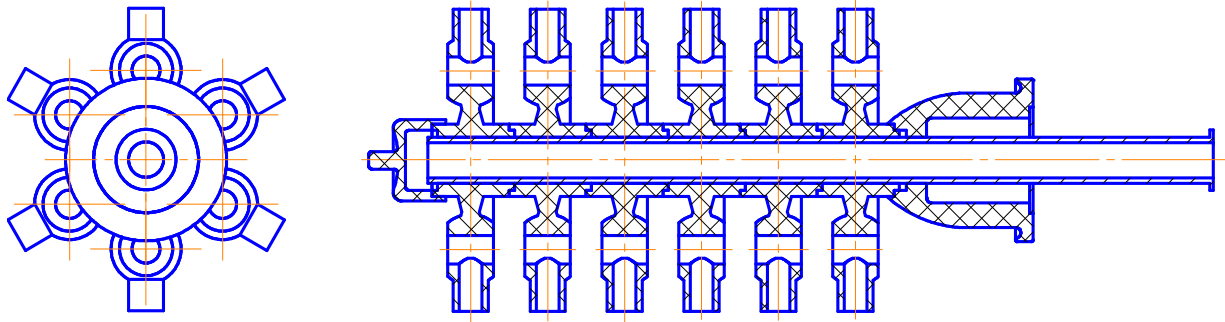


Рисунок 2.1 – Модельный блок

Расчет ЛПС методом приведенных толщин [3]:

Для обеспечения направленного затвердевания необходимо соблюсти условие непрерывного увеличения приведенной толщины от удаленных тонкостенных участков отливки к стояку-прибыли.

Тепловой узел отливки условно представим трубой толщиной 11 мм, длиной 24,5 мм.

1. Рассчитаем приведенную толщину теплового узла:

$$R_{\text{узла}} = \frac{V_{\text{узла}}}{S_{\text{узла}}}, \quad (2.1)$$

где  $V_{\text{узла}}$  – объем теплового узла, мм<sup>3</sup>;

$S_{\text{узла}}$  – площадь теплового узла, мм<sup>2</sup>.

$$R_{\text{узла}} = \frac{al}{2(a+l)},$$

где  $a$  – толщина трубы, мм;

$l$  – длина трубы, мм.

$$R_{\text{узла}} = \frac{11 \cdot 24,5}{2(11 + 24,5)} = 3,79 \text{ мм.}$$

Далее принимаем длину питателя  $L_{\text{пит}} = 8 \text{ мм}$  и диаметр стояка  $d_{\text{стояка}} = 38 \text{ мм}$ , исходя из рационального размещения деталей и согласно ГОСТ 19554-74.

2. Рассчитаем приведенную толщину сечения стояка:

$$R_{\text{СТОЯКА}} = \frac{F_{\text{СТОЯКА}}}{P_{\text{СТОЯКА}}} = \frac{\left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot d_{\text{СТОЯКА}}^2}{\pi \cdot d_{\text{СТОЯКА}}} = \frac{1}{4} \cdot d_{\text{СТОЯКА}}, \quad (2.2)$$

где  $F_{\text{СТОЯКА}}$  – площадь стояка, мм<sup>2</sup>;

$P_{\text{СТОЯКА}}$  – периметр стояка, мм;

$d_{\text{СТОЯКА}}$  – диаметр стояка, мм.

$$R_{\text{СТОЯКА}} = \frac{1}{4} \cdot 38 = 9,5 \text{ мм.}$$

3. Рассчитаем приведенную толщину сечения питателя:

$$R_{\text{ПИТ}} = k \cdot \sqrt[4]{R^3_{\text{УЗЛА}} \cdot m_{\text{ОТЛ}} \cdot \sqrt[3]{L_{\text{ПИТ}}}} / R_{\text{СТОЯКА}}, \quad (2.3)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности эмпирический;  $k=11$ .

$m_{\text{ОТЛ}}$  – масса отливки, кг;

$$R_{\text{ПИТ}} = 11 \cdot \sqrt[4]{3,79^3 \cdot 0,16 \cdot \sqrt[3]{8}} / 9,5 = 3,98 \text{ мм.}$$

4. Принимая круглое сечение питателя, находим его диаметр по формуле:

$$d = R_{\text{П}} \cdot 4, \quad (2.4)$$

$$d = 3,98 \cdot 4 = 15,9 \text{ мм.}$$

Условие направленного затвердевания  $R_{\text{У}} < R_{\text{П}} < R_{\text{С}}$  выполняется. На рисунке 3.2 изображены сечения элементов литейной формы.

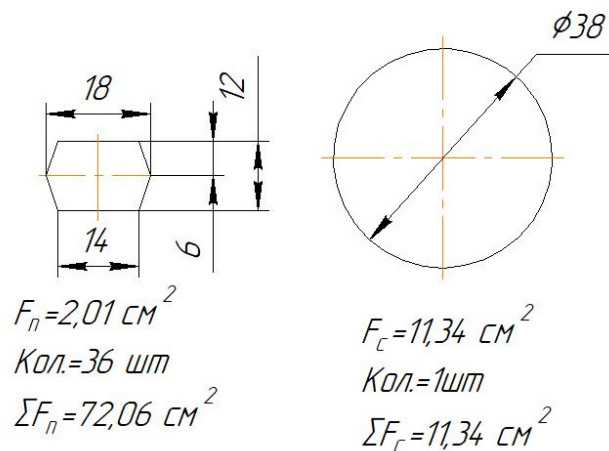


Рисунок 2.2 – Сечения элементов литейной формы



## 2.4 Разработка конструкции пресс-формы

Пресс-формы должны отвечать следующим основным требованиям:

- обеспечивать получение моделей с заданной точностью и чистотой поверхности;
- иметь минимальное число разъемов при обеспечении удобного и быстрого извлечения моделей;
- иметь устройства для удаления воздуха из рабочих полостей;
- быть технологичными в изготовлении, долговечными и удобными в работе.

Выбор типа пресс-формы обусловлен в основном характером производства (опытное, серийное, массовое), а также требованиями, предъявляемыми к отливкам по точности размеров и чистоте поверхности. При крупносерийном, а особенно при массовом производстве следует применять стальные пресс-формы, изготовленные механической обработкой. В таких пресс-формах за одну запрессовку получают звено моделей с готовой частью литниковой системы. Для отливки «угольник поворотный» применяют пресс-форму из стали 45Х ГОСТ 4543-71.

Для получения звеньев моделей на автоматических установках используют пресс-формы по ГОСТ19947-74 и ГОСТ 19999-74 преимущественно с вертикальным разъемом.

Формообразующие поверхности пресс-форм, изготавливаемых на металлорежущих станках, необходимо полировать. Сопрягаемые поверхности пресс-форм (стыковые), поверхность штырей, втулок, колодок и других подвижных частей следует выполнять с шероховатостью  $Ra = 1,25 \dots 0,63$  мкм; поверхности, образующие литниковую систему, – с  $Ra = 2,5 \dots 1,6$  мкм; остальные нерабочие части пресс-форм можно выполнять с  $Rz = 40 \dots 10$  мкм.

Из-за непостоянной усадки модельной композиции и металла, а также расширения оболочки формы при нагреве невозможно точно рассчитать размеры полостей пресс-форм. Так как суммарная усадка модельной композиции и металла больше расширения оболочки при нагреве, то для предварительных расчетов

можно принять среднюю усадку для легированных сталей 1,35 %. С учетом обязательной последующей доводки элементы пресс-формы, оформляющие наружные части отливки, должны иметь уменьшенные размеры, а оформляющие внутренние части – увеличенные.

Исполнительные размеры полости пресс-форм подсчитывают по приближенным формулам.

Для наружных (охватываемых) размеров отливки:

$$D_{\Pi} = D_{O} + D_{O} \cdot y_{\text{ОБЩ}} / 100 - 0,5\delta_{O} = D_{O}(1 + y_{\text{ОБЩ}}/100) - 0,5\delta_{O}, \quad (2.5)$$

Для внутренних (охватывающих) размеров отливки:

$$D_{\Pi} = D_{O}(1 + y_{\text{ОБЩ}} / 100) + 0,5\delta_{O}, \quad (2.6)$$

где  $D_{\Pi}$  – номинальный размер формообразующей полости пресс формы, мм;

$D_{O}$  – номинальный размер отливки, мм;

$\delta_{O}$  – допуск на размер отливки, мм;

$y_{\text{ОБЩ}}$  – суммарная линейная усадка, %.

$$y_{\text{ОБЩ}} = y_{M} + y_{O} - y_{\Phi}, \quad (2.7)$$

где  $y_{M}$  – свободная линейная усадка модели, %;

$y_{\Phi}$  – относительное расширение формы при нагреве перед заливкой, %;

$y_{O}$  – свободная линейная усадка металла, %.

Например, рассчитаем размер полости пресс-формы, образованной наружным размером отливки (рисунок 2.3):

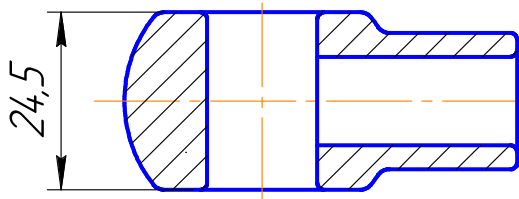


Рисунок 2.3 – Эскиз отливки для расчета размера полости пресс-формы, образованной наружным размером отливки

$$D_{\Pi} = 24,5 \cdot (1 + 1,35/100) - 0,5 \cdot 0,4 = 24,63 \text{ мм.}$$

Рассчитаем размер полости пресс-формы, образованной внутренним размером отливки (рисунок 2.4):

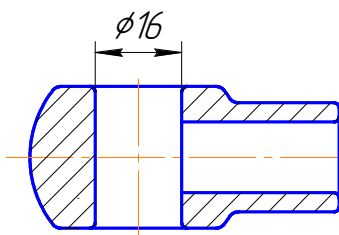


Рисунок 2.4 – Эскиз отливки для расчета размера полости пресс-формы, образованной внутренним размером отливки

$$D_{\Pi} = 16 \cdot (1 + 1,35/100) + 0,5 \cdot 0,4 = 16,42 \text{ мм.}$$

## 2.5 Приготовление модельного состава

При массовом выпуске мелких стальных отливок и при серийном производстве сложных по конфигурации тонкостенных отливок из специальных сплавов, применяют модельные составы первой группы. Поэтому для изготовления отливок применяют модельный состав МВС-15 ТУ0258-001-51570957-2002 (парафин – 60 %, синтетический церезин – 25 %, полиэтиленовый воск ПВ-200 – 15 %):

- температура плавления 77,5 °С;
- теплоустойчивость  $\geq 40$  °С;
- температура состава в пастообразном состоянии 62...64 °С;
- свободная линейная усадка 1,25 %;
- предел прочности при статическом изгибе при 18...20°С – 5,2 МПа;
- кинематическая вязкость при 100°С – 7,84 мм;
- зольность 0,02 % по массе;
- коксуемость 0,02 %.

Приготовление пастообразного модельного состава происходит за счет охлаждения расплавленного модельного состава при одновременном непрерывном перемешивании. При этом в него замешивается воздух до 20 % объема. В результате снижается плотность модельного состава и его расход. В пресс-форме

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ

лист

20

пастообразный модельный состав и содержащийся в нем воздух сжимаются под давлением прессования. После прекращения прессования и снятия давления с модельного состава находящийся в нем воздух стремится расшириться, что способствует более точному воспроизведению модельным составом формы и размеров полостей пресс-формы. При выплавлении моделей воздушные включения, равномерно распределенные в них, частично выполняют роль компенсаторов расширения модельного состава, в результате снижается давление модельного состава на стенки оболочки формы и уменьшается вероятность ее растрескивания.

При подготовке выплавляемого модельного состава используют до 80 % возврата, собранного при удалении моделей из оболочек форм и брака моделей.

## 2.6 Приготовление суспензии

Высокую чистоту поверхности отливки получают вследствие нанесения на выплавляемую модель слоя покрытия из твердой составляющей – пылевидного кварца и жидкого связующего – гидролизованного раствора этилсиликата и жидкого стекла.

Подготовка связующих растворов заключается в приготовлении гидролизованного раствора этилсиликата и жидкого стекла в гидролизаторах.

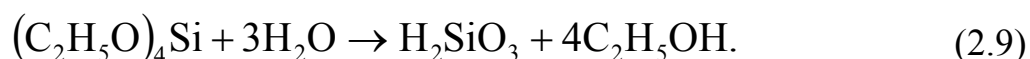
Этилсиликат (ЭС) – прозрачная или слабоокрашенная жидкость с запахом эфира. Это продукт реакции этилового спирта с четыреххлористым кремнием при непрерывном их смешивании и охлаждении в реакторе. Реакция этерификации, или эфиризации, может быть схематически представлена следующим уравнением (если применяют обезвоженный спирт) [4]:



где  $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_4\text{Si}$  – этиловый моноэфир ортокремниевой кислоты с температурой кипения 165,5 °С, называемый также тетраэтоксисиланом, или моноэфиром.

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

Для использования этилсиликата в качестве связующего его необходимо подвергнуть гидролизу, т.е. произвести замещение в эфирах этоксильных групп  $C_2H_5O$  гидроксильными  $OH$ , которое в общем можно записать в виде реакции [4]:



При этом кремниевая кислота переходит в коллоидное состояние – золь двуокиси кремния. С целью ускорения процесса гидролиза используют катализатор – соляную кислоту  $HCl$  в количестве 1,0...1,4 % от объема этилсиликата, подвергаемого гидролизу. Для достижения необходимой прочности форм в растворе связующего следует иметь 12...20 % масс. диоксида кремния, что обеспечивается вводом соответствующего количества разбавителя – этилового спирта.

Этилсиликат и вода являются взаимно-нерастворимыми жидкостями, и чтобы обеспечить равномерное протекание процесса гидролиза, связующее готовят с применением в качестве разбавителей органических растворителей, хорошо растворяющих в себе и воду, и этилсиликат.

Расчет компонентов для гидролиза этилсиликата (ЭТС-40).

ЭТС-40,  $\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$ , в количестве 1 л; спирт этиловый,  $\rho = 803,3 \text{ кг/м}^3$ ; кислота соляная,  $\rho = 1190 \text{ кг/м}^3$ .

Гидролиз проводим на 16 %  $SiO_2$  в установке приготовления суспензии, отверждение в воздушной среде.

Рассчитаем количество растворителя  $P$ , которое требуется для получения заданного содержания  $SiO_2$  в связующем  $n=16 \text{ \% } SiO_2$  по формуле [4]:

$$P = \frac{Q\rho}{\rho_1} \left( \frac{m}{n} - 1 \right), \text{ м}^3 \quad (2.10)$$

где  $m$  – содержание  $SiO_2$  в этилсиликате, %;

$Q$  – объем гидролизуемого этилсиликата,  $\text{м}^3$ ;

$\rho$  – плотность этилсиликата,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_1$  – плотность разбавителя,  $\text{кг/м}^3$ .

$$P = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 1050}{803,3} \cdot \left( \frac{40}{16} - 1 \right) = 1,9607 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 1960,7 \text{ мл.}$$

Рассчитываем общее количество воды, требуемое для гидролиза [4]:

$$H = K \frac{Q \rho A M_1}{M_2 \cdot 100}, \text{ кг} \quad (2.11)$$

где  $A$  – содержание этоксильных групп, %;

$M_1$  – молекулярная масса воды, кг;

$M_2$  – молекулярная масса этоксильных групп, кг.

При условий отверждения связующего в сухом воздухе принимаем соотношение количества молей воды и этоксильных групп  $K = 0,9$ . Содержание этоксильных групп в исходном этилсиликате принимаем средним для данной марки ЭТС-40, т.е.  $A = 70$  %. Молярная масса воды  $M_1 = 18$  г (0,018 кг), молярная масса этоксильной группы 0,045 кг.

Тогда, 
$$H = 0,9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 1050 \cdot 70 \cdot 0,018}{0,045 \cdot 100} = 0,2646 \text{ кг} = 264,6 \text{ мл.}$$

Определяем количество воды, вносимое растворителем – этиловым спиртом [4]:

$$H_1 = \frac{P \rho_1 A_1}{100}, \text{ кг} \quad (2.12)$$

где  $A_1$  – содержание воды в спирте, % масс.  $A_1 = 3,2$  % масс.

Количество воды, вносимое растворителем:

$$H_1 = \frac{1,9607 \cdot 10^{-3} \cdot 803,3 \cdot 3,2}{100} = 0,0504 \text{ кг.}$$

Количество соляной кислоты для ускорения процесса гидролиза принимаем [4]:

$$B = 0,01 \cdot Q = 0,01 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 10 \text{ мл.} \quad (2.13)$$

Количество воды, вносимое с катализатором – соляной кислотой [4]:

$$H_2 = \frac{B \rho_2 A_2}{100}, \text{ кг} \quad (2.14)$$

где  $V = (0,01 \dots 0,014)$ ;

$Q$  – количество соляной кислоты, взятое для гидролиза,  $m^3$ ;

$\rho_2$  – плотность соляной кислоты,  $kg/m^3$ ;

$A_2$  – содержание воды в соляной кислоте, % масс.

$$H_2 = \frac{0,01 \cdot 10^{-3} \cdot 1190 \cdot 62,78}{100} = 0,00747 \text{ кг.}$$

При  $\rho_2 = 1190 \text{ кг/м}^3$ ,  $A_2 = 62,78 \text{ \% масс.}$

Количество воды, которое необходимо ввести непосредственно в этилсиликат при его гидролизе, составит [4]:

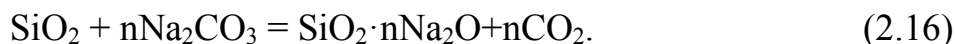
$$H_3 = H - (H_1 + H_2), \text{ кг.} \quad (2.15)$$

$$H_3 = 0,2646 - (0,0504 + 0,00747) = 0,2067 \text{ кг} = 206,7 \text{ мл.}$$

Количество компонентов гидролиза на один литр ЭТС-40:

- этилсиликат ГОСТ 26371-84 – 1000 мл;
- вода дистиллированная ГОСТ 6709-72 – 206,7 мл;
- спирт этиловый ГОСТ 17299-85 – 1960,7 мл;
- кислота соляная ГОСТ 3118-77 – 10 мл;
- всего – 3177,4 мл.

Жидкое стекло относят к основным связующим, так как его водная вытяжка после прокаливания оболочки – щелочная; его получают растворением в горячей воде при повышенном давлении раздробленной силикат-глыбы. Последнюю изготавливают наиболее часто сплавлением кремнезема с содой [4]:



ЖС может быть натриевым, калиевым или литиевым.

Жидкое стекло характеризуется химическим составом, модулем, удельным весом. Модуль – это отношение числа грамм-молекул кремнезема к числу грамм-молекул окиси натрия в продукте. Модуль должен быть 2,56...3.

$$M = \frac{A}{D} \cdot 1,032, \quad (2.17)$$

где А – весовой состав % SiO<sub>2</sub> в растворе;

D – весовой состав % Na<sub>2</sub>O в растворе.

В цех жидкое стекло поступает готовым. Применяют натриевое содовое жидкое стекло, в котором кремнезем составляет 32 %, окись натрия 12 % и имеет удельный вес  $1,4 \times 10^3$  г/см<sup>3</sup>, плотность 1,22...1,25 г/см<sup>3</sup>.

$$M = \frac{32}{12} \cdot 1,032 = 2,752.$$

Компоненты суспензии:

- связующее (гидролизированный раствор этилсиликата или жидкое стекло);
- огнеупорный наполнитель;
- высокоглиноземистый дисперсный порошок (ВГДП).

В качестве огнеупорного наполнителя используют пылевидный кварц. Его свойства следующие:

- температура плавления – 1710 °С;
- плотность физическая – 2650 кг/м<sup>3</sup>;
- коэффициент термического линейного расширения (КТЛР) –  $13,7 \cdot 10^{-6}$  1/°С.

Приготовление огнеупорной суспензии на основе этилсиликатного связующего совмещенным способом:

- вливают в бак расчетное количество смеси ЭТС-40 и спирта. Смесь ЭТС-40 и спирта готовят в специально отведенных копильниках;
- добавляют серной кислоты в объеме согласно рецептуре;
- отмеряют необходимое количество воды и соляной кислоты, вливают кислоту в воду и добавляют в гидролизер, температура гидролиза 25...35 °С;
- после этого добавляют расчетное количество пылевидного кварца и серной кислоты для нейтрализации железа и его окислов.
- суспензию перемешивают в течение 40...60 минут при скорости вращения крыльчатки мешалки 2800 об/мин. Затем суспензию выдерживают в спокойном состоянии 20...30 минуты;

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		25



- измеряют условную вязкость по вискозиметру ВЗ-4. Оптимальная вязкость полученной суспензии 60...75 с.
- в суспензию для первого слоя за 5...10 минут до конца перемешивания вливают 0,5 л глицерина, для увеличения времени его подсыхания.

Приготовление суспензии на основе жидкостекольного связующего:

- подготовленное жидкое стекло заливают в установку для приготовления суспензии;
- затем засыпают ВГДП и включают мешалку на 1...2 мин;
- затем засыпают пылевидный кварц и включают мешалку на 10...15 мин до получения однородной суспензии;
- суспензию выдерживают в спокойном состоянии 20-30 минуты и измеряют условную вязкость по вискозиметру ВЗ-4. Оптимальная вязкость полученной суспензии 32...40 с. Температура огнеупорного покрытия должна быть равна 12...20 °С.

## 2.7 Изготовление литейных керамических форм

Литейная форма – оболочка: неразъемная, горячая, негазотворная, газопроницаемая, жесткая, с гладкой контактной поверхностью, точная.

Поверхность блока моделей смачивают суспензией окунанием и тут же обсыпают зернистым материалом-песком. Суспензия прилипает к его поверхности и точно воспроизводит конфигурацию; зернистый материал внедряется в слой суспензии, смачивается ею, фиксирует суспензию на поверхности блока, создает скелет оболочки и утолщает её.

Свеженанесенный слой оболочки практически не обладает прочностью и удерживается на поверхности блока только благодаря действию сил смачивания; упрочнение его происходит в процессе сушки - химического твердения. Наносят 6 слоев: два слоя на основе этилсиликатного связующего, четыре – на основе жидкостекольного связующего. Первый облицовочный слой обсыпают мелким

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		26

песком марки 1K<sub>3</sub>O<sub>1</sub>016 ГОСТ 2138-91, чтобы получить гладкую контактную поверхность, а для последующих – более крупным песком марки 1K<sub>3</sub>O<sub>1</sub>02 ГОСТ 2138-91.

После нанесения суспензии блоки поступают в камеру сушки. Процесс сушки длится в общем 8 часов при определенной температуре, влажности воздуха в камере сушки (таблица 3.1).

Для ускорения процесса сушки жидкостекольных слоев и увеличения термостойкости оболочки блок после 3, 4, 5 и 6 слоев окунают в специальный трехкомпонентный раствор. В состав раствора входит ортофосфорная кислота, алюмохлорид и спирт в соотношении 1:1:1. В результате продолжительность сушки жидкостекольного слоя сократилась до 30 мин.

Таблица 2.1 – Параметры суспензий и атмосфера воздушной среды в камерах сушки

Суспензия	Слой	Вязкость суспензии, с	Температура суспензии, °С	Параметры воздушной среды в камерах сушки	
				температура, °С	относительная влажность, %
Этилсиликатная	1	70... 90	16...22	20...25	30...40
	2	45...50			
Жидкостекольная	3,4 5,6	32...40	12...20	25...33	≤30

Свойства керамических форм:

- сырая прочность, кг/см<sup>2</sup> – 46,84...54,6;
- горячая прочность, кг/см<sup>2</sup> – 54,05...63,9.

Применяют истинно оболочковые формы, что позволяет исключить использование опорного наполнителя, масса которого в 8...16 раз больше массы оболочки. Нагрев опорного наполнителя до 900...1000 °С при прокалке экономически не целесообразен.

Для повышения термостойкости оболочек в жидкостекольную смесь добавляют высокоглиноземистый дисперсный порошок (ВГДП) ТУ-134-0-ШИ-82.

## 2.8 Технология плавки стали

Выплавляют стали следующим образом: заправляют печи смесью на основе кварцевого песка и борной кислоты. Загружают лом, возврат. В качестве шихты используются отходы кузнечного, холодноштамповочного и собственного производства (брак отливок и литники). Отходы и ферроматериалы хранятся на шихтовом дворе. Размеры шихтовых материалов подбирают из условий наиболее полного заполнения тигля. Для более плотной укладки промежутки между крупными кусками шихты засыпают мелкими. Плотная укладка шихты способствует ускорению ее расплавления и снижению расхода электроэнергии. Шихтовые материалы не следует загружать выше витков индуктора. После полного расплавления шихты наводят шлак. Для этого используют флюс перлитовый коагулирующий «Барьер-200» ТУ 5717-001-11035757-2006. ФПК «Барьер-200» представляет собой дробленые кислые алюмосиликатные породы ( $\text{SiO}_2$  – 73...75 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 11...13 %) вулканического происхождения с фракцией 0,63...3 мм. Шлаковый покров защищает сплав от насыщения газами, снижает угар элементов и уменьшает тепловые потери.

Затем отбирают пробу на углерод и кремнии и измеряют температуру расплава. В ожидании анализа снимают шлак, образовавшийся при плавлении, вводят раскислитель – ферромарганец, обеспечивая содержание марганца на уровне нижнего предела, затем вводят ферросилиции, обеспечивающий содержание кремния в металле добавляют алюминии 0,03...0,1 %, и наводят новый шлак. После получения анализа, если сплав надо науглеродить, снимают шлак и на зеркало расплава засыпают мелко дробленый электродный бой или древесный уголь, после чего наводят новый шлак. В этом случае коэффициент усвоения углерода составляет 70...80 %. Образовавшийся шлак раскисляют введением на его поверхность ферросилиция, силикокальция (до 0,1 %), который изменяет характер включений в стали (строчечные включения он превращает в глобулярные).

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

Конечное раскисление стали проводят на выпуске, обеспечивая необходимое количество кремния и марганца, а также вводят алюминий. После раскисления алюминием производится заливка форм металлом с температурой 1560...1590 °С. Температура металла замеряется вольфрамомолибденовой термопарой с потенциометром КСП-3.

2.9 Разработка технологий заливки форм, охлаждения, очистки, термообработки и обрубки отливок

Прокалка, формовка, заливка оболочек форм, выбивка и охлаждения отливок производится на автоматической линии. Температура прокаливания 900 °С, время 1,5 ч, температура блока при заливке 750 °С, температура заливаемого металла 1560...1590 °С. Охлаждаются отливки водяным душем. Время охлаждения 10...15 мин, температура охлажденной отливки 150...200 °С.

Модель 675А состоит из печи прокаливания, заливочной карусели и камеры охлаждения, объединенных конвейером. Керамические оболочки устанавливают на подвески конвейера, литниковые чаши для предохранения полости оболочки от засоров при формовке закрывают колпачком. Цепной конвейер транспортирует оболочки через газовую печь обжига; обожженные оболочки у выхода из печи пневматическим лифтом погружаются в желоб заливочной карусели, заполненный горячим песком, приводимым в псевдоожженное состояние продувкой снизу горячими газами. При дальнейшем движении конвейера оболочки выходят из зоны «кипящего слоя» заформованными, колпачки с них снимают, производят заливку. При движении к камере охлаждения блоки отдают тепло опорному слою песка. У входа в камеру охлаждения подвески с залитыми оболочками извлекаются из песка пневматическим лифтом. Охлаждение производится водяным душем.

Для очистки отливок от керамики применяют электрогидравлическую установку периодического действия. Обработка отливок основана на комплексе

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

физических явлений, получивших название электрогидравлического эффекта, возникающего в воде при высоковольтном разряде, проходящем между специальным электродом (положительный полюс) и поверхностью отливки (отрицательный полюс). Удельное сопротивление воды должно быть не менее 1500 Ом/см. В воде при разряде возникают мощные ударные волны, интенсивные нестационарные потоки со скоростями до сотен метров в секунду, развиваются мощные кавитационные процессы, в твердых телах появляются резонансные колебания. Каждый из этих факторов оказывает разрушающее действие на керамику; осуществляется взаимное отслаивание частиц друг от друга.

Для окончательной очистки отливок от керамики применяют выщелачивание. Обработка отливок в растворе щелочи позволяет удалять с них не только остатки оболочек, но и окалину.

В процессе очистки отливок протекает реакция:



Очистка происходит во вращающихся барабанах (мод.498А). Барабан разделен на два отсека. В первый отсек наливают 30...40 %-ный раствор концентрированной щелочи, во второй – воду. Содержимое барабана подогревают газовыми горелками. Медленно вращаясь, барабан винтовыми спиралями перемещает отливки вдоль оси от места их загрузки к перегрузочному устройству, перебрасывающему их во второй промывочный отсек вместе со шламом. Из промывочного отсека отливки и шлам разгрузочным устройством выбрасываются в перфорированную приставку, в которой шлам смывается с отливок.

Для отделения отливок от литниковой системы в цеху применяют следующие способы: отделение на прессах, отрезку на металлорежущих станках.

Далее отливки поступают на термообработку. Термообработку применяют для получения необходимых механических свойств, обрабатываемости металла резанием и для снятия внутренних напряжений в отливках. Литая сталь до

термообработки имеет грубую структуру и внутренние напряжения, которые снижают механические свойства металла и приводят к деформации отливок.

## 2.10 Разработка системы контроля техпроцесса и качества отливок

На модельном участке проверяют модельный состав, модели, блоки моделей, на участке формовки контролируют связующий раствор, суспензию, соблюдение режимов сушки после каждого нанесенного слоя, состояние оболочки после выплавления моделей, на плавильно-заливочном участке проверяют режим прокаливания форм, качество и количество шихты, состояние форм перед заливкой, температуру металла перед заливкой, производят экспресс-анализ его химического состава. Операции выбивки отливок, очистки и обрубки их совмещают со 100 %-ной визуальной проверкой залитых блоков и отделенных от ЛПС отливок.

Оснастку проверяют периодически в измерительной лаборатории или цеховых контрольно-проверочных пунктах. Пресс-формы следует проверять периодически обмером и разметкой партий отливок.

Отливка «захват» относится к отливкам общего назначения, расчет на прочность для них не производится. Качество таких отливок контролируется по внешнему виду, размеру, химическому составу.

Химический состав отливок определяют методами химического или спектрального анализа. Пробой на химический и спектральный анализ служит обычно прилитый к отливкам образец.

Геометрические размеры отливок контролируют с помощью шаблонов, специальных приспособлений и по плите. Отклонения размеров не должны превосходить допусковых.

Структуру металла отливок устанавливают макро- или микроанализом при рассмотрении излома специально изготовленных образцов или шлифа.

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

Контроль отливок на отсутствие трещин проводят люминесцентным (флюоресцентным) способом. Флюоресценция – свойство вещества поглощать свет одной длины волны и превращать его в свет другой длины волны. Для дефектоскопии используют невидимый глазом ультрафиолетовый («черный») свет, под действием которого флюоресцирующая жидкость ярко светится.

Предварительно очищенные и обезжиренные отливки погружают на 10...20 мин в ванну с флюоресцирующей жидкостью. Под действием капиллярных сил жидкость проникает в трещины. Затем «проявляют» дефекты, для чего поверхность отливки опыляют порошком, адсорбирующим жидкость при выдержке 5...10 мин. Порошок не флюоресцирует. После этого отливки облучают ультрафиолетовом светом. Жидкость, вытянутая порошком на поверхность, флюоресцирует, обрисовывая дефекты [5].

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>32</i>

## 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО И ФОРМОВОЧНОГО УЧАСТКОВ

### 3.1 Структура литейного цеха

Цехи литья по выплавляемым моделям различают по роду сплава, массе отливок, объему производства, серийности, степени механизации.

Проектируемый цех литья по выплавляемым моделям относится к цехам:

- по виду литейного сплава: стального литья;
- по массе отливок: мелкого литья (до 100 кг);
- по объему производства: со средним выпуском;
- по серийности производства: крупносерийного производства;
- по степени механизации: автоматизированный.

В состав цеха входят производственные, вспомогательные отделения (участки) и склады.

К производственным отделениям, где выполняется собственно технологический процесс изготовления отливок, относятся следующие:

- модельное;
- изготовления оболочковых форм;
- прокалочно-заливочное;
- термообрубное.

К вспомогательным относят следующие отделения:

- подготовки формовочных материалов и шихты;
- ремонта пресс-форм и другой технологической оснастки;
- мастерские механика и энергетика;
- цеховая лаборатория.

К складам относят закрытые склады шихтовых, формовочных, горючих материалов, готовых отливок и т.д.



В цехе предусматривают также помещения санитарно-бытового назначения, общественного питания, здравоохранения, а также административные помещения [6].

### 3.2 Производственная программа

Точная программа предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки и применяется при проектировании цехов крупносерийного и массового производства с устойчивой номенклатурой, представленной в таблице 3.1. Отливки изготавливаются из стали 20Л и 45Л ГОСТ 977-88.

Таблица 3.1 – Точная производственная программа

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
1. Рычаг	20Л	0,243	50000	12,15
2. Петля	20Л	0,236	50000	11,80
3. Рычаг	20Л	0,260	50000	13,00
4. Рычаг	20Л	0,260	50000	13,00
5. Рычаг	20Л	0,200	50000	10,00
6. Рычаг	20Л	0,500	50000	25,00
7. Рычаг	20Л	0,340	50000	17,00
8. Угольник поворотный	20Л	0,160	50000	7,00
9. Корпус	20Л	0,180	50000	9,00
10. Корпус	20Л	0,180	50000	9,00
11. Вилка	20Л	0,940	50000	47,00
12. Кронштейн	20Л	0,800	50000	40,00
13. Кронштейн	20Л	0,990	50000	49,50
14. Рычаг	20Л	0,230	100000	23,00
15. Рычаг	20Л	0,340	100000	34,00
16. Проушина	20Л	0,140	100000	14,00

Продолжение таблицы 3.1

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
17. Рычаг	20Л	0,640	100000	64,00
18. Вставка	20Л	1,270	100000	127,00
19. Вставка	20Л	1,270	100000	127,00
20. Петля	45Л	0,950	100000	95,00
21. Петля	45Л	0,950	100000	95,00
22. Петля	45Л	0,750	100000	75,00
23. Рычаг	45Л	0,570	100000	57,00
24. Пластина	45Л	0,830	100000	83,00
25. Замок	45Л	0,206	100000	20,60
26. Хомут	45Л	0,235	100000	23,50
27. Бонка	45Л	0,430	100000	43,00
28. Штуцер	45Л	0,260	100000	26,00
29. Фланец	45Л	0,600	100000	60,00
30. Распределитель	45Л	0,920	100000	92,00
31. Корпус	45Л	0,550	120000	66,00
32. Корпус	45Л	0,610	145000	88,45
33. Стакан	45Л	0,210	109500	23,00
Итого			2724500	1500,00

### 3.3 Режим работы и фонды времени

Режим работы литейных цехов определяется организацией производства и количеством рабочего времени трудящихся и оборудования.

Проектируемый цех относится к категории литейных цехов крупносерийного производства, в котором выполнение большинства трудоемких операций механизировано и автоматизировано.

На основании работы передовых литейных цехов применяется наиболее рациональный режим работы цеха – двухсменный параллельный, при пятидневной рабочей неделе и восьмичасовом рабочем дне. При этом режиме работы все основные технологические процессы изготовления отливок производятся в две смены. Третья смена отводится для профилактики и ремонта оборудования.

Различается три основных фонда рабочего времени:

- календарный ( $\Phi_K$ ), учитывающий полное годовое календарное время;
- номинальный ( $\Phi_H$ ), учитывающий полное годовое рабочее время без потерь;
- действительный ( $\Phi_D$ ), учитывающий полное годовое рабочее время неизбежными потерями.

Для определения действительного фонда времени работы оборудования из номинального фонда времени условно исключается время пребывания его в плановых ремонтах, установленное нормами системы планово–предупредительных ремонтов.

Календарный фонд времени составляет 8760 часов.

Для определения действительного фонда времени работы рабочих из номинального фонда времени вычитается время пребывания рабочего в отпуске.

В случае пятидневной рабочей недели, восьмичасовой смены номинальный фонд времени составляет для рабочих  $\Phi_H=2070$  часов и для оборудования  $\Phi_H=4140$  часов.

Действительный фонд времени составляет [7]:

$$\Phi_D = \frac{\Phi_H \cdot (100 - \alpha)}{100}, \quad (3.1)$$

где  $\Phi_H$  – номинальный фонд времени, ч;

$\alpha$  – потери времени, %.

Расчет действительного фонда времени для оборудования представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Действительный годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Число смен в сутки	Номинальный фонд времени, ч	Потери времени, %	Действительный фонд времени, ч
Оборудование для приготовления модельного состава, изготовления моделей	2	4140	8	3809
Оборудование для изготовления оболочек, выплавления моделей, выбивки, обрубки и очистки отливок	2	4140	6	3892
Печи индукционные	2	4140	7	3850
Печи термические	3	6210	5	5900

### 3.4 Плавильное отделение

Основой для расчета плавильного отделения является ведомость расхода металла на залитые формы, представленная в таблице 3.3, которая составляется на основе точной производственной программы цеха.

Таблица 3.3 – Ведомость расхода металла на залитые формы

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
1. Рычаг	20Л	0,24	50000	12,15
2. Петля	20Л	0,24	50000	11,80
3. Рычаг	20Л	0,26	50000	13,00
4. Рычаг	20Л	0,26	50000	13,00
5. Рычаг	20Л	0,20	50000	10,00
6. Рычаг	20Л	0,50	50000	25,00
7. Рычаг	20Л	0,34	50000	17,00
8. Угольник поворотный	20Л	0,16	50000	7,00
9. Корпус	20Л	0,18	50000	9,00
10. Корпус	20Л	0,18	50000	9,00
11. Вилка	20Л	0,94	50000	47,00

Продолжение таблицы 3.3

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
12. Кронштейн	20Л	0,80	50000	40,00
13. Кронштейн	20Л	0,99	50000	49,50
14. Рычаг	20Л	0,23	100000	23,00
15. Рычаг	20Л	0,34	100000	34,00
16.Проушина	20Л	0,14	100000	14,00
17. Рычаг	20Л	0,64	100000	64,00
18. Вставка	20Л	1,27	100000	127,00
19. Вставка	20Л	1,27	100000	127,00
Итого			1250000	652,45
20. Петля	45Л	0,95	100000	95,00
21. Петля	45Л	0,95	100000	95,00
22. Петля	45Л	0,75	100000	75,00
23. Рычаг	45Л	0,57	100000	57,00
24. Пластина	45Л	0,83	100000	83,00
25. Замок	45Л	0,21	100000	20,60
26. Хомут	45Л	0,24	100000	23,50
27. Бонка	45Л	0,43	100000	43,00
28. Штуцер	45Л	0,26	100000	26,00
29. Фланец	45Л	0,60	100000	60,00
30. Распределитель	45Л	0,92	100000	92,00
31. Корпус	45Л	0,55	120000	66,00
32. Корпус	45Л	0,61	145000	88,45
33. стакан	45Л	0,21	109500	23,00
Итого			1474500	847,55
Всего			2724500	1500,00

Продолжение таблицы 3.3

Название отливки	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год с учетом брака	
	%	шт	т	шт	т
1	6	7	8	9	10
1. Рычаг	3	1546	0,38	51546	12,53
2. Петля	3	1546	0,36	51546	12,16

Продолжение таблицы 3.3

Название отливки	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год с учетом брака	
	%	шт	т	шт	т
1	6	7	8	9	10
3. Рычаг	3	1546	0,40	51546	13,40
4. Рычаг	3	1546	0,40	51546	13,40
5. Рычаг	3	1546	0,31	51546	10,31
6. Рычаг	3	1546	0,77	51546	25,77
7. Рычаг	3	1546	0,53	51546	17,53
8. Угольник поворотный	3	1546	0,22	51546	7,22
9. Корпус	3	1546	0,28	51546	9,28
10. Корпус	3	1546	0,28	51546	9,28
11. Вилка	3	1546	1,45	51546	48,45
12. Кронштейн	3	1546	1,24	51546	41,24
13. Кронштейн	3	1546	1,53	51546	51,03
14. Рычаг	3	3093	0,71	103093	23,71
15. Рычаг	3	3093	1,05	103093	35,05
16.Проушина	3	3093	0,43	103093	14,43
17. Рычаг	3	3093	1,98	103093	65,98
18. Вставка	3	3093	3,93	103093	130,93
19. Вставка	3	3093	3,93	103093	130,93
Итого		38660	20,18	1288660	672,63
20. Петля	3	3093	2,94	103093	97,94
21. Петля	3	3093	2,94	103093	97,94
22. Петля	3	3093	2,32	103093	77,32
23. Рычаг	3	3093	1,76	103093	58,76
24. Пластина	3	3093	2,57	103093	85,57
25. Замок	3	3093	0,64	103093	21,24
26. Хомут	3	3093	0,73	103093	24,23
27. Бонка	3	3093	1,33	103093	44,33
28. Штуцер	3	3093	0,80	103093	26,80
29. Фланец	3	3093	1,86	103093	61,86
30. Распределитель	3	3093	2,85	103093	94,85
31. Корпус	3	3711	2,04	123711	68,04
32. Корпус	3	4485	2,74	149485	91,19
33. Стакан	3	3387	0,71	112887	23,71
Итого		45603	26,21	1520103	873,76
Всего		84263	46,39	2808763	1546,39

Продолжение таблицы 3.3

Название отливки	Литниковая система			Всего, т
	литниковая система на одну отливку, кг	отливка с литниками, кг	литников на годовую программу, т	
1	11	12	13	14
1. Рычаг	0,19	0,44	10,02	22,55
2. Петля	0,19	0,42	9,73	21,90
3. Рычаг	0,21	0,47	10,72	24,12
4. Рычаг	0,21	0,47	10,72	24,12
5. Рычаг	0,16	0,36	8,25	18,56
6. Рычаг	0,40	0,90	20,62	46,39
7. Рычаг	0,27	0,61	14,02	31,55
8. Угольник поворотный	0,11	0,25	5,77	12,99
9. Корпус	0,14	0,32	7,42	16,70
10. Корпус	0,14	0,32	7,42	16,70
11. Вилка	0,75	1,69	38,76	87,22
12. Кронштейн	0,64	1,44	32,99	74,23
13. Кронштейн	0,79	1,78	40,82	91,86
14. Рычаг	0,18	0,41	18,97	42,68
15. Рычаг	0,27	0,61	28,04	63,09
16. Проушина	0,11	0,25	11,55	25,98
17. Рычаг	0,51	1,15	52,78	118,76
18. Вставка	1,02	2,29	104,74	235,67
19. Вставка	1,02	2,29	104,74	235,67
Итого			538,10	1210,73
20. Петля	0,71	1,66	73,45	171,39
21. Петля	0,71	1,66	73,45	171,39
22. Петля	0,56	1,31	57,99	135,31
23. Рычаг	0,43	1,00	44,07	102,84
24. Пластина	0,62	1,45	64,18	149,74
25. Замок	0,15	0,36	15,93	37,16
26. Хомут	0,18	0,41	18,17	42,40
27. Бонка	0,32	0,75	33,25	77,58
28. Штуцер	0,20	0,46	20,10	46,91
29. Фланец	0,45	1,05	46,39	108,25
30. Распределитель	0,69	1,61	71,13	165,98

Продолжение таблицы 3.3

Название отливки	Литниковая система			Всего, т
	литниковая система на одну отливку, кг	отливка с литниками, кг	литников на годовую программу, т	
1	11	12	13	14
31. Корпус	0,41	0,96	51,03	119,07
32. Корпус	0,46	1,07	68,39	159,57
33. Стакан	0,16	0,37	17,78	41,49
Итого			655,32	1529,08
Всего			1193,42	2739,81

### 3.4.1 Составление баланса металла

Для плавки стали в последнее время все чаще применяются агрегаты, использующие электронагрев – индукционные и дуговые печи. Индукционные печи средней частоты (ИПСЧ) обладают несомненными техническими и экономическими преимуществами, обусловленными эффектом внутреннего нагрева шихты вихревыми токами и потерями на перемагничивание ферромагнетиков в сильных электромагнитных полях повышенной частоты. Индукционный метод обеспечивает выделение теплоты непосредственно в металле без теплопередачи излучением или конвекцией, сопровождаемых значительными потерями, поэтому индукционные печи имеют значительно более высокий технологический КПД, чем агрегаты, работающие на топливе.

После выбора типа агрегата необходимо установить его вместимость.

Вместимость печи лимитируется временем заливки полученного сплава, определим вместимость печей по формуле [7]:

$$G = \frac{V_{\Gamma} K_{H} \tau}{\Phi_{д}}, \quad (3.2)$$

где  $G$  – расчетная вместимость печи, т;

$V_{\Gamma}$  – годовое количество потребляемого жидкого металла (с учетом брака);



$K_H$  – коэффициент неравномерности потребления и производства;

$\tau$  – длительность разливки одной плавки, ч

$\Phi_D$  – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования.

$$G = \frac{2812,29 \cdot 1,1 \cdot 0,2}{3850} = 0,16 \text{ т.}$$

Из стандартного ряда печей выбираем печь емкостью 200 кг.

Для выплавки стали в цехе применяют индукционную тигельную печь MFT Ge200 [8]:

Технические характеристики печи MFT Ge200:

- мощность плавления, кВА; 200;
- производительность max, т/ч; 0,25;
- номинальная емкость, т; 0,2.

В процессе плавки металла температура контролируется вольфрам-молибденовой термопарой.

На основании ведомости расхода металла на залитые формы составляем баланс металла, представленный в таблице 2.4.

Металлозавалка рассчитывается по формуле [7]:

$$M = \frac{\Gamma + Л + Б}{100 - П} \cdot 100, \quad (3.3)$$

где  $M$  – годовая металлозавалка по выплавляемой марке, т.;

$\Gamma$  – масса годных отливок, т.;

$Б$  – масса бракованных и опытных, отливок, технологических проб, т.;

$Л$  – масса литников и прибылей, т.;

$П$  – безвозвратные потери металла, %.

После расчета металлозавалки определяются остальные значения статей.

$$M_{20Л} = \frac{652,45 + 20,18 + 538,109}{(100 - 3 - 2 - 0,5)} \cdot 100 = 1281,20 \text{ т.}$$

$$M_{45Л} = \frac{847,55 + 26,21 + 655,32}{(100 - 3 - 2 - 0,5)} \cdot 100 = 1618,07 \text{ т.}$$

$$M_{\text{общ}} = \frac{1500 + 46,39 + 1193,42}{(100 - 3 - 2 - 0,5)} \cdot 100 = 2899,27 \text{ т.}$$

Таблица 3.4 – Баланс металла

Наименование статей	20Л		45Л		Всего	
	%	т	%	т	%	т
1. Годные отливки	50,92	652,45	52,38	847,55	51,74	1500,00
2. Брак отливок	1,58	20,18	1,62	26,21	1,60	46,39
3. Литники и прибыли	42,00	538,10	40,50	655,32	41,16	1193,42
4. Технические пробы	0,50	6,41	0,50	8,09	0,50	14,50
5. Сливы и сплески	2,00	25,62	2,00	32,36	2,00	57,99
Итого жидкого металла	97,00	1242,76	97,00	1569,53	97,00	2812,29
6. Угар и безвозвратные потери	3,00	38,44	3,00	48,54	3,00	86,98
Металлозавалка	100,00	1281,20	100,00	1618,07	100,00	2899,27

### 3.4.2 Расчет шихты и составление ведомости расхода шихтовых материалов

В цехе материалом для отливок служит сталь марки 20Л и 45Л ГОСТ 977-88.

Химический состав стали представлен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Химический состав

Обозначение по ГОСТ 977-88	Массовая доля элементов, %						Примеси не более, %	
	C		Mn		Si		S	P
	min	max	min	max	min	max		
20Л	0,170	0,250	0,450	0,900	0,200	0,520	0,040	0,040
45Л	0,420	0,500	0,400	0,900	0,200	0,520	0,040	0,040

Целесообразно вести расчёт на 100 кг шихты, тогда масса компонентов в килограммах и их процентные соотношения численно совпадут, что упрощает расчёт. Расчет шихты проведем на компьютере в программе Excel. Результаты расчета приведены в приложении А. Ведомость расхода шихтовых материалов приведена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материала	Расход материалов для 20Л		Расход материалов для 45Л		Расход материалов	
	%	т	%	т	%	т
Возврат 20Л	46,08	590,31			20,36	590,31
Возврат 45Л			44,62	721,98	24,90	721,98
Лом стальной ГОСТ 2787-86	52,13	667,88	51,22	828,78	51,62	1496,65
Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	1,74	22,24	4,10	66,34	3,06	88,58
Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-93	0,01	0,13	0,01	0,16	0,01	0,29
Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91	0,05	0,64	0,05	0,81	0,05	1,45
Итого	100,00	1281,20	100,00	1618,07	100,00	2899,27
Шлакообразующие (известь)	3,00	38,44	3,00	48,54	3,00	86,98
Раскислитель Al	2,00	25,62	2,00	32,36	2,00	57,99
Итого	105,00	1345,26	105,00	1698,97	105,00	3044,23

### 3.4.3 Расчет оборудования плавильного отделения

Расчетное количество плавильных агрегатов  $P_1$  определяется по формуле [7]:

$$P_1' = \frac{V_{\Gamma} \cdot K_{\text{Н}}}{\Phi_{\text{Д}}' \cdot N_{\text{расч}}'}, \quad (3.4)$$

где  $V_{\Gamma}$  – годовое количество потребляемого жидкого металла (с учетом брака);

$\Phi_{\text{Д}}$  – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования;

$N_{\text{расч}}'$  – производительность оборудования (расчетная), принятая исходя из прогрессивного опыта его эксплуатации;

$K_{\text{Н}}$  – коэффициент неравномерности потребления и производства.

В условиях массового и крупносерийного производства  $K_{\text{Н}} = 1,0 \dots 1,2$ .

$$P_1' = \frac{2812,29 \cdot 1,2}{3850 \cdot 0,2} = 4,38.$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле [7]:

$$P'_2 = \frac{P'_1}{K_3}, \quad (3.5)$$

где  $K_3$  – коэффициент загрузки ( $K_3=0,7 - 0,9$ ).

$$P'_2 = \frac{4,38}{0,8} = 5,26.$$

Принимаем  $P'_2=6$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле [7]:

$$K_{3Ф} = \frac{P'_1}{P'_2}, \quad (3.6)$$

$$K_{3Ф} = \frac{4,38}{6} = 0,73.$$

Для выплавки стали принимаем к установке шесть индукционных тигельных печи средней частоты MFT Ge200 фирмы OTTO JUNKER.

#### 3.4.4 Расчет потребности ковшей

Перед подачей разливочного ковша под слив стали из печи ковш подогревается на стенде обогрева ковшей до покраснения футеровки. Температура выпуска металла должна превышать температуру заливки на 50...70 °С. В ковше производится дополнительное раскисление силикокальцием.

Заливка форм производится из ковшей емкостью 50 кг, снабженных винтовыми заливочными устройствами, перемещающимися по монорельсовому пути.

При расчете количества ковшей учитываются:

- время ожидания ковша у печи, наполнение металлом,
- продолжительность модифицирования;

- время доставки ковша на участок разливки;
- время раздачи металла из ковша;
- время возврата пустого ковша;
- время выдержки ковша до остывания металла до нужной температуры.

Периоды работы и ремонта ковшей (разливочных и раздаточных):

- непрерывная работа 3...4 ч;
- остывание до ремонта 0,5...0,7 ч;
- текущий ремонт 0,5...1,0 ч;
- установка под желоб, выпуск металла 0,5 ч;
- капитальный ремонт и подогрев 2...3 ч;
- сушка и разогрев после капитального ремонта 2...3 ч.

Расчет разливочных ковшей проводится по формуле [7]:

$$n = \frac{B_r \cdot t}{\Phi_d \cdot Q} \quad (3.7)$$

где  $B_r$  – годовое количество потребляемого жидкого металла, т;

$t$  – средний цикл оборота ковша, ч;  $t=0,33$ ;

$Q$  – емкость ковша, т;

$n$  – количество одновременно работающих ковшей, шт.

$$n = \frac{2812,29 \cdot 0,33}{3850 \cdot 0,05} = 4,87.$$

Общее количество ковшей, требуемое для работы плавильного отделения, рассчитывается по формуле [7]:

$$N_1 = n \left( \frac{z_1}{z} + 1 \right), \quad (3.8)$$

где  $N_1$  – общее количество ковшей, шт;

$z_1$  – время ремонта ковша,  $z_1 = 8$  ч;

$z$  – время работы ковша до ремонта,  $z = 8$  ч.

$$N_1 = 4,87 \left( \frac{8}{8} + 1 \right) = 9,75.$$

Полное количество ковшей с учетом запаса рассчитывается по формуле [7]:

$$N = N_1 \cdot 1,1, \quad (3.9)$$

$$N = 9,75 \cdot 1,1 = 10,72.$$

Полученное значение округляем до целой величины и принимаем  $N = 11$ .

Учитывая, что число резервных ковшей не должно быть меньше двух, принимаем количество разливочных ковшей в проектируемом цехе 13 шт.

В цехе также есть два ковша емкостью 200 кг, для аварийной сливки металла из печи.

### 3.5 Модельное отделение

В отделении предусмотрено приготовление модельного состава, изготовление модельных звеньев и сборка их в блоки. Все процессы автоматизированы.

Ведомость годовой потребности в модельных звеньях и блоках приведена в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Ведомость годовой потребности в модельных звеньях и блоках

Название отливки	Количество моделей в звене, шт.	Количество звеньев в блоке, шт.	Количество моделей на блоке, шт.	Требуемое количество блоков, шт.	Потери блоков при обмазке	
					%	шт.
1	2	3	4	5	6	7
1. Рычаг	2	8	16	3222	5,00	161
2. Петля	2	7	14	3682	5,00	184
3. Рычаг	2	7	14	3682	5,00	184
4. Рычаг	2	7	14	3682	5,00	184
5. Рычаг	1	8	8	6443	5,00	322
6. Рычаг	1	12	12	4296	5,00	215
7. Рычаг	1	8	8	6443	5,00	322
8. Угольник поворотный	6	6	36	1254	5,00	63
9. Корпус	2	10	20	2577	5,00	129
10. Корпус	2	10	20	2577	5,00	129
11. Вилка	1	4	4	12887	5,00	644

Продолжение таблицы 3.7

Название отливки	Количество моделей в звене, шт.	Количество звеньев в блоке, шт.	Количество моделей на блоке, шт.	Требуемое количество блоков, шт.	Потери блоков при обмазке	
					%	шт.
1	2	3	4	5	6	7
12. Кронштейн	2	5	10	5155	5,00	258
13. Кронштейн	1	4	4	12887	5,00	644
14. Рычаг	2	8	16	6443	5,00	322
15. Рычаг	1	10	10	10309	5,00	515
16.Проушина	1	14	14	7364	5,00	368
17. Рычаг	1	6	6	17182	5,00	859
18. Вставка	1	4	4	25773	5,00	1289
19. Вставка	1	4	4	25773	5,00	1289
20. Петля	1	4	4	25773	5,00	1289
21. Петля	1	4	4	25773	5,00	1289
22. Петля	1	4	4	25773	5,00	1289
23. Рычаг	1	8	8	12887	5,00	644
24. Пластина	1	4	4	25773	5,00	1289
25. Замок	2	7	14	7364	5,00	368
26. Хомут	1	10	10	10309	5,00	515
27. Бонка	1	10	10	10309	5,00	515
28. Штуцер	2	8	16	6443	5,00	322
29. Фланец	2	8	16	6443	5,00	322
30.Распределитель	2	4	8	12887	5,00	644
31. Корпус	2	7	14	8837	5,00	442
32. Корпус	2	5	10	14948	5,00	747
33. Стакан	4	5	20	5644	5,00	282
Итого				361689		18084

Продолжение таблицы 3.7

Название отливки	Потери блоков при вытопке		Потери блоков при прокатке и заливке форм		Количество блоков на годовую программу, шт
	%	шт.	%	шт.	
1	8	9	10	11	12
1. Рычаг	6	193	4	129	3705
2. Петля	6	221	4	147	4234
3. Рычаг	6	221	4	147	4234

Продолжение таблицы 3.7

Название отливки	Потери блоков при вытопке		Потери блоков при прокатке и заливке форм		Количество блоков на годовую программу, шт
	%	шт.	%	шт.	
1	8	9	10	11	12
4. Рычаг	6	221	4	147	4234
5. Рычаг	6	387	4	258	7410
6. Рычаг	6	258	4	172	4940
7. Рычаг	6	387	4	258	7410
8. Угольник поворотный	6	75	4	50	1442
9. Корпус	6	155	4	103	2964
10. Корпус	6	155	4	103	2964
11. Вилка	6	773	4	515	14820
12. Кронштейн	6	309	4	206	5928
13. Кронштейн	6	773	4	515	14820
14. Рычаг	6	387	4	258	7410
15. Рычаг	6	619	4	412	11856
16.Проушина	6	442	4	295	8468
17. Рычаг	6	1031	4	687	19759
18. Вставка	6	1546	4	1031	29639
19. Вставка	6	1546	4	1031	29639
20. Петля	6	1546	4	1031	29639
21. Петля	6	1546	4	1031	29639
22. Петля	6	1546	4	1031	29639
23. Рычаг	6	773	4	515	14820
24. Пластина	6	1546	4	1031	29639
25. Замок	6	442	4	295	8468
26. Хомут	6	619	4	412	11856
27. Бонка	6	619	4	412	11856
28. Штуцер	6	387	4	258	7410
29. Фланец	6	387	4	258	7410
30. Распределитель	6	773	4	515	14820
31. Корпус	6	530	4	353	10162
32. Корпус	6	897	4	598	17191
33. Стакан	6	339	4	226	6491
Итого			4	14468	415942



Продолжение таблицы 3.7

Название отливки	Требуемое количество звеньев, шт.	Потери звеньев при запрессовке и сборке		Количество модельных звеньев на годовую программу, шт.
		%	шт.	
1	13	14	15	16
1. Рычаг	29639	12	3557	33196
2. Петля	29639	12	3557	33196
3. Рычаг	29639	12	3557	33196
4. Рычаг	29639	12	3557	33196
5. Рычаг	59278	12	7113	66392
6. Рычаг	59278	12	7113	66392
7. Рычаг	59278	12	7113	66392
8. Угольник поворотный	8655	12	1039	9693
9. Корпус	29639	12	3557	33196
10. Корпус	29639	12	3557	33196
11. Вилка	59278	12	7113	66392
12. Кронштейн	29639	12	3557	33196
13. Кронштейн	59278	12	7113	66392
14. Рычаг	59278	12	7113	66392
15. Рычаг	118557	12	14227	132784
16. Проушина	118557	12	14227	132784
17. Рычаг	118557	12	14227	132784
18. Вставка	118557	12	14227	132784
19. Вставка	118557	12	14227	132784
20. Петля	118557	12	14227	132784
21. Петля	118557	12	14227	132784
22. Петля	118557	12	14227	132784
23. Рычаг	118557	12	14227	132784
24. Пластина	118557	12	14227	132784
25. Замок	59278	12	7113	66392
26. Хомут	118557	12	14227	132784
27. Бонка	118557	12	14227	132784
28. Штуцер	59278	12	7113	66392
29. Фланец	59278	12	7113	66392
30. Распределитель	59278	12	7113	66392
31. Корпус	71134	12	8536	79670
32. Корпус	85954	12	10314	96268
33. Стакан	32455	12	3895	36349
Итого	2442120		293054	2735174

Ведомость годовой потребности в литниковых чашах и колпачках в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Ведомость годовой потребности в литниковых чашах и колпачках

Название отливки	Количество блоков на годовую программу, шт	Количество в блоке, шт		Потребность, шт.	
		чаш	колпачков	чаш	колпачков
1	2	3	4	5	6
1. Рычаг	33196	3	5	11065	6639
2. Петля	33196	3	5	11065	6639
3. Рычаг	33196	3	5	11065	6639
4. Рычаг	33196	3	5	11065	6639
5. Рычаг	66392	3	5	22131	13278
6. Рычаг	66392	3	5	22131	13278
7. Рычаг	66392	3	5	22131	13278
8. Угольник поворотный	33196	3	5	11065	6639
9. Корпус	33196	3	5	11065	6639
10. Корпус	33196	3	5	11065	6639
11. Вилка	66392	3	5	22131	13278
12. Кронштейн	33196	3	5	11065	6639
13. Кронштейн	66392	3	5	22131	13278
14. Рычаг	66392	3	5	22131	13278
15. Рычаг	132784	3	5	44261	26557
16.Проушина	132784	3	5	44261	26557
17. Рычаг	132784	3	5	44261	26557
18. Вставка	132784	3	5	44261	26557
19. Вставка	132784	3	5	44261	26557
20. Петля	132784	3	5	44261	26557
21. Петля	132784	3	5	44261	26557
22. Петля	132784	3	5	44261	26557
23. Рычаг	132784	3	5	44261	26557
24. Пластина	132784	3	5	44261	26557
25. Замок	66392	3	5	22131	13278
26. Хомут	132784	3	5	44261	26557
27. Бонка	132784	3	5	44261	26557
28. Штуцер	66392	3	5	22131	13278
29. Фланец	66392	3	5	22131	13278
30. Распределитель	66392	3	5	22131	13278

Продолжение таблицы 3.8

Название отливки	Количество блоков на годовую программу, шт	Количество в блоке, шт		Потребность, шт.	
		чаш	колпачков	чаш	колпачков
1	2	3	4	5	6
31. Корпус	79670	3	5	26557	15934
32. Корпус	96268	3	5	32089	19254
33. Стакан	36349	3	5	12116	7270
Итого	2735174			911725	547035

Продолжение таблицы 3.8

Название отливки	Брак при запрессовке				Количество на годовую программу, шт.	
	чаш		колпачков		чаш	колпачков
	%	шт.	%	шт.		
1	7	8	9	10	11	12
1. Рычаг	15	1660	12	797	12725	7436
2. Петля	15	1660	12	797	12725	7436
3. Рычаг	15	1660	12	797	12725	7436
4. Рычаг	15	1660	12	797	12725	7436
5. Рычаг	15	3320	12	1593	25450	14872
6. Рычаг	15	3320	12	1593	25450	14872
7. Рычаг	15	3320	12	1593	25450	14872
8. Угольник поворотный	15	1660	12	797	12725	7436
9. Корпус	15	1660	12	797	12725	7436
10. Корпус	15	1660	12	797	12725	7436
11. Вилка	15	3320	12	1593	25450	14872
12. Кронштейн	15	1660	12	797	12725	7436
13. Кронштейн	15	3320	12	1593	25450	14872
14. Рычаг	15	3320	12	1593	25450	14872
15. Рычаг	15	6639	12	3187	50900	29744
16. Проушина	15	6639	12	3187	50900	29744
17. Рычаг	15	6639	12	3187	50900	29744
18. Вставка	15	6639	12	3187	50900	29744
19. Вставка	15	6639	12	3187	50900	29744
20. Петля	15	6639	12	3187	50900	29744
21. Петля	15	6639	12	3187	50900	29744

Продолжение таблицы 3.8

Название отливки	Брак при запрессовке				Количество на годовую программу, шт.	
	чаш		колпачков		чаш	колпачков
	%	шт.	%	шт.		
1	7	8	9	10	11	12
22. Петля	15	6639	12	3187	50900	29744
23. Рычаг	15	6639	12	3187	50900	29744
24. Пластина	15	6639	12	3187	50900	29744
25. Замок	15	3320	12	1593	25450	14872
26. Хомут	15	6639	12	3187	50900	29744
27. Бонка	15	6639	12	3187	50900	29744
28. Штуцер	15	3320	12	1593	25450	14872
29. Фланец	15	3320	12	1593	25450	14872
30. Распределитель	15	3320	12	1593	25450	14872
31. Корпус	15	3984	12	1912	30540	17846
32. Корпус	15	4813	12	2310	36903	21564
33. Стакан	15	1817	12	872	13934	8142
Итого		136759		65644	1048483	612679

### 3.5.1 Технология изготовления моделей

Модели изготавливаются из модельного состава МВС-15 ТУ 6-05-1516-72 на основе парафина, церезина и полиэтиленовых восков ПВ-200 [8].

Свойства состава:

- температура плавления 77,5 °С;
- температура состава в пастообразном состоянии 62...64 °С;
- свободная линейная усадка (при запрессовке пастообразного состава) 1,1...1,25 %;
- зольность 0,02 % по массе.

Модельный состав приготавливают на глицериновой бане с электрическим подогревом. Исходные материалы перед загрузкой измельчают до кусков размером не более 50 мм, что ускоряет процесс расплавления.

### 3.5.2 Выбор оборудования для модельного отделения

В установке 652А объединены плавильный агрегат, четыре ёмкостных бака, четыре мазеприготовительных агрегата, четыре насосно-нагревательных станций.

Плавильный агрегат обогревается паром, который поступает от насосно-нагревательных станций. Из плавильного агрегата модельный состав перекачивается центробежным насосом в ёмкостные баки, из которых поступает в мазеприготовительный бак с шестеренчатыми смесителями. Приготовленный модельный состав пневматическими насосами транспортируется по трубопроводам к запрессовочным автоматам приготовления моделей.

Технические характеристики установки 652А [9]:

- производительность установки, м<sup>3</sup>/ч 0,150;
- давление модельного состава, Мпа до 1;
- температура пара, °С 100...110;
- расход сжатого воздуха, м<sup>3</sup>/ч не более 0,5;
- расход воды, м<sup>3</sup>/ч не более 1;
- габаритные размеры установки, мм 13000×4000×2400;
- общая установленная мощность, кВт 133,1.

Модельные звенья приготавливаются на карусельных десятипозиционных автоматах модели 653. Охлаждение пресс-форм осуществляется водой с температурой 6...10 °С. Температура модельной массы при запрессовке 48...52 °С. Работа шприца сблокирована с работой поворотного стола. Вращение стола плавное. Удаление модельных звеньев из водяной ванны осуществляется по мере ее наполнения. Не допускается загрязнение установки модельным составом. Периодически в течение смены производится чистка полостей пресс-форм при выключенном автомате.

Технические характеристики установки 653:

- производительность установки, звеньев в час 190...360;
- размеры поверхностей для крепления пресс-форм, мм 250×250;

- темп работы стола, °С 10...14;
- число устанавливаемых пресс-форм, шт 10;
- ход подвижной плиты, мм 160;
- расход воздуха не более, м<sup>3</sup>/ч 50;
- расход воды, м<sup>3</sup>/ч 3...4;
- давление сжатого воздуха, Мпа 0,5;
- усилие смыкания, кН 10;
- габаритные размеры, мм 3700×2900×1400.

### 3.5.3 Расчет оборудования для модельного отделения

Количество модельного состава на годовую программу определяется по формуле [10]:

$$Q = \frac{M \cdot \rho}{\rho_1 \cdot K}, \quad (3.10)$$

где  $M$  – годовая потребность в жидком металле, кг;

$\rho$  – плотность модельной массы, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_1$  – плотность металла, кг/м<sup>3</sup>;

$K$  – коэффициент использования возврата модельной массы.

$$Q = \frac{2812290 \cdot 910}{7800 \cdot 0,8} = 410125,58 \text{ кг.}$$

Объем модельного состава на годовую программу определяется по формуле [10]:

$$V = \frac{Q}{\rho}, \quad (3.11)$$

где  $Q$  – количество модельного состава на годовую программу, кг;

$\rho$  – плотность модельной массы, кг/м<sup>3</sup>;

$$V = \frac{410125,58}{910} = 450,69 \text{ кг/м}^3.$$

Приготовление пастообразного модельного состава производится на автоматической установке модели 652А. Количество установок определяется по формуле (3.4):

$$P'_1 = \frac{450,69 \cdot 1,1}{3809 \cdot 0,15} = 0,87.$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (3.5):

$$P'_2 = \frac{0,87}{0,9} = 0,95.$$

Принимаем  $P'_2=1$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (3.6):

$$K_{зф} = \frac{0,87}{1} = 0,87.$$

Принимаем 1 установку модели 652А.

Модельные звенья изготавливают на карусельных десятипозиционных автоматах модели 653. Количество установок определяется по формуле (3.4):

$$P'_1 = \frac{4396337 \cdot 1,1}{3809 \cdot 250} = 5,08.$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (3.5):

$$P'_2 = \frac{5,08}{0,9} = 5,59.$$

Принимаем  $P'_2=6$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (3.6):

$$K_{зф} = \frac{5,08}{6} = 0,85.$$

Принимаем к установке в цехе 6 автоматов модели 653.

Сборку моделей осуществляют механическим креплением. Это высокопроизводительный метод сборки моделей в блоки на металлический стояк-каркас с механическим зажимом. Стояк-каркас предназначен для сборки моделей звеньями, изготовленными в многоместных пресс-формах с частью модели стояка (втулкой) с замком на торцевой части, исключающим относительное перемещение звеньев, собранных в блок. К преимуществам звеньевой сборки на стояк-каркас по сравнению с припаиванием относятся в 10...20 раз большая производительность и обеспечение полной повторяемости конструкции блока, разработанной технологом. Исключается возможность смещения моделей, наблюдаемого при некачественной сборке припаиванием, искажения размера питателя в результате излишнего его оплавления, непрочного присоединения моделей.

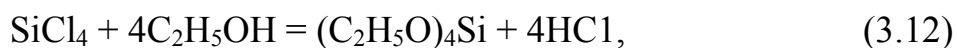
Собранный блок обдувают сжатым воздухом от модельной крошки, капель воды, и отправляют на подвесном конвейере в отделение изготовления оболочек форм.

### 3.6 Формовочно-заливочное отделение

Высокую чистоту поверхности отливки получают вследствие нанесения на выплавляемую модель слоя покрытия из твердой составляющей – пылевидного кварца и жидкого связующего – гидролизованного раствора этилсиликата и жидкого стекла.

Подготовка связующих растворов заключается в приготовлении гидролизованного раствора этилсиликата и жидкого стекла в гидролизаторах.

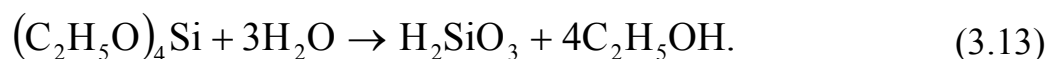
Этилсиликат (ЭТС) – прозрачная или слабоокрашенная жидкость с запахом эфира. Это продукт реакции этилового спирта с четыреххлористым кремнием при непрерывном их смешивании и охлаждении в реакторе. Реакция этерификации, или эфиризации, может быть схематически представлена следующим уравнением (если применяют обезвоженный спирт) [11]:





где  $(C_2H_5O)_4Si$  – этиловый моноэфир ортокремниевой кислоты с температурой кипения  $165,5\text{ }^\circ C$ , называемый также тетраэтоксисиланом, или моноэфиром.

Для использования этилсиликата в качестве связующего его необходимо подвергнуть гидролизу, т.е. произвести замещение в эфирах этоксильных групп  $C_2H_5O$  гидроксильными  $OH$ , которое в общем можно записать в виде реакции [11]:



При этом кремниевая кислота переходит в коллоидное состояние – золь двуокиси кремния. С целью ускорения процесса гидролиза используют катализатор – соляную кислоту  $HCl$  в количестве  $1,0...1,4\%$  от объема этилсиликата, подвергаемого гидролизу. Для достижения необходимой прочности форм в растворе связующего следует иметь  $12...20\%$  масс. диоксида кремния, что обеспечивается вводом соответствующего количества разбавителя – этилового спирта.

Этилсиликат и вода являются взаимно-нерастворимыми жидкостями, и чтобы обеспечить равномерное протекание процесса гидролиза, связующее готовят с применением в качестве разбавителей органических растворителей, хорошо растворяющих в себе и воду, и этилсиликат.

Расчет компонентов для гидролиза этилсиликата (ЭТС-40).

ЭТС-40,  $\rho = 1050\text{ кг/м}^3$ , в количестве  $1\text{ л}$ ; спирт этиловый,  $\rho = 803,3\text{ кг/м}^3$ ; кислота соляная,  $\rho = 1190\text{ кг/м}^3$ .

Гидролиз проводим на  $16\%$   $SiO_2$  в установке приготовления суспензии, отверждение в воздушной среде.

Рассчитаем количество растворителя  $P$ , которое требуется для получения заданного содержания  $SiO_2$  в связующем  $n=16\%$   $SiO_2$  по формуле [8]:

$$P = \frac{Q\rho}{\rho_1} \left( \frac{m}{n} - 1 \right), \text{ м}^3 \quad (3.14)$$

где  $m$  – содержание  $SiO_2$  в этилсиликате, %;

$Q$  – объем гидролизуемого этилсиликата,  $\text{м}^3$ ;

$\rho$  – плотность этилсиликата,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_1$  – плотность разбавителя, кг/м<sup>3</sup>.

$$P = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 1050}{803,3} \cdot \left( \frac{40}{16} - 1 \right) = 1,9607 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 1960,7 \text{ мл.}$$

Рассчитываем общее количество воды, требуемое для гидролиза [8]:

$$H = K \frac{Q \rho A M_1}{M_2 \cdot 100}, \text{ кг} \quad (3.15)$$

где  $A$  – содержание этоксильных групп, %;

$M_1$  – молекулярная масса воды, кг;

$M_2$  – молекулярная масса этоксильных групп, кг.

При условий отверждения связующего в сухом воздухе принимаем соотношение количества молей воды и этоксильных групп  $K = 0,9$ . Содержание этоксильных групп в исходном этилсиликате принимаем средним для данной марки ЭТС-40, т.е.  $A = 70$  %. Молярная масса воды  $M_1 = 18$  г (0,018 кг), молярная масса этоксильной группы 0,045 кг.

Тогда, 
$$H = 0,9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 1050 \cdot 70 \cdot 0,018}{0,045 \cdot 100} = 0,2646 \text{ кг} = 264,6 \text{ мл.}$$

Определяем количество воды, вносимое растворителем – этиловым спиртом [8]:

$$H_1 = \frac{P \rho_1 A_1}{100}, \text{ кг} \quad (3.16)$$

где  $A_1$  – содержание воды в спирте, % масс.  $A_1 = 3,2$  % масс.

Количество воды, вносимое растворителем:

$$H_1 = \frac{1,9607 \cdot 10^{-3} \cdot 803,3 \cdot 3,2}{100} = 0,0504 \text{ кг.}$$

Количество соляной кислоты для ускорения процесса гидролиза принимаем [8]:

$$B = 0,01 \cdot Q = 0,01 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 10 \text{ мл.} \quad (3.17)$$

Количество воды, вносимое с катализатором – соляной кислотой [8]:

$$H_2 = \frac{B\rho_2 A_2}{100}, \text{ кг} \quad (3.18)$$

где  $B = (0,01 \dots 0,014)$ ;

$Q$  – количество соляной кислоты, взятое для гидролиза,  $\text{м}^3$ ;

$\rho_2$  – плотность соляной кислоты,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$A_2$  – содержание воды в соляной кислоте, % масс.

$$H_2 = \frac{0,01 \cdot 10^{-3} \cdot 1190 \cdot 62,78}{100} = 0,00747 \text{ кг.}$$

При  $\rho_2 = 1190 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $A_2 = 62,78 \%$  масс.

Количество воды, которое необходимо ввести непосредственно в этилсиликат при его гидролизе, составит [8]:

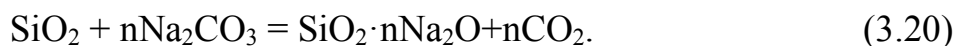
$$H_3 = H - (H_1 + H_2), \text{ кг.} \quad (3.19)$$

$$H_3 = 0,2646 - (0,0504 + 0,00747) = 0,2067 \text{ кг} = 206,7 \text{ мл.}$$

Количество компонентов гидролиза на один литр ЭТС-40:

- этилсиликат ГОСТ 26371-84 – 1000 мл;
- вода дистиллированная ГОСТ 6709-72 – 206,7 мл;
- спирт этиловый ГОСТ 17299-85 – 1960,7 мл;
- кислота соляная ГОСТ 3118-77 – 10 мл;
- всего – 3177,4 мл.

Жидкое стекло относят к основным связующим, так как его водная вытяжка после прокаливания оболочки – щелочная; его получают растворением в горячей воде при повышенном давлении раздробленной силикат-глыбы. Последнюю изготавливают наиболее часто сплавлением кремнезема с содой [8]:



ЖС может быть натриевым, калиевым или литиевым.

Жидкое стекло характеризуется химическим составом, модулем, удельным весом. Модуль – это отношение числа грамм-молекул кремнезема к числу грамм-молекул окиси натрия в продукте. Модуль должен быть 2,56...3.

$$M = \frac{A}{D} \cdot 1,032, \quad (3.21)$$

где  $A$  – весовой состав %  $\text{SiO}_2$  в растворе;

$D$  – весовой состав %  $\text{Na}_2\text{O}$  в растворе.

В цех жидкое стекло поступает готовым. Применяют натриевое содовое жидкое стекло, в котором кремнезем составляет 32 %, окись натрия 12 % и имеет удельный вес  $1,4 \times 10^3 \text{ г/см}^3$ , плотность  $1,22 - 1,25 \text{ г/см}^3$ .

$$M = \frac{32}{12} \cdot 1,032 = 2,752.$$

Компоненты суспензии:

- связующее (гидролизованный раствор этилсиликата или жидкое стекло);
- огнеупорный наполнитель;
- высокоглиноземистый дисперсный порошок (ВГДП).

В качестве огнеупорного наполнителя используют пылевидный кварц. Его свойства следующие:

- температура плавления –  $1710 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- плотность физическая –  $2650 \text{ кг/м}^3$ ;
- коэффициент термического линейного расширения (КТЛР) –  $13,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .

Приготовление огнеупорной суспензии на основе этилсиликатного связующего совмещенным способом:

- вливают в бак расчетное количество смеси ЭТС-40 и спирта. Смесь ЭТС-40 и спирта готовят в специально отведенных копильниках;
- добавляют серной кислоты в объеме согласно рецептуре;
- отмеряют необходимое количество воды и соляной кислоты, вливают кислоту в воду и добавляют в гидролизер, температура гидролиза  $25 \dots 35 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- после этого добавляют расчетное количество пылевидного кварца и серной кислоты для нейтрализации железа и его окислов.
- суспензию перемешивают в течение  $40 \dots 60$  минут при скорости вращения крыльчатки мешалки  $2800 \text{ об/мин}$ . Затем суспензию выдерживают в спокойном состоянии  $20 \dots 30$  минуты;

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		61

- измеряют условную вязкость по вискозиметру ВЗ-4. Оптимальная вязкость полученной суспензии 60...75 с.
- в суспензию для первого слоя за 5...10 минут до конца перемешивания вливают 0,5 л глицерина, для увеличения времени его подсыхания.

Приготовление суспензии на основе жидкостекольного связующего:

- подготовленное жидкое стекло заливают в установку для приготовления суспензии;
- затем засыпают ВГДП и включают мешалку на 1...2 мин;
- затем засыпают пылевидный кварц и включают мешалку на 10...15 мин до получения однородной суспензии;
- суспензию выдерживают в спокойном состоянии 20...30 минуты и измеряют условную вязкость по вискозиметру ВЗ-4. Оптимальная вязкость полученной суспензии 32...40 с. Температура огнеупорного покрытия должна быть равна 12...20 °С.

Формирование оболочек на блоках моделей и выплавление последних производится на автоматических линиях изготовления оболочек модели 6Б60. В линию объединены автоматы изготовления оболочек (мод 6А67), камера сушки (мод. 6А82) и ванна выплавления моделей (мод. 672).

Огнеупорное покрытие готовится в агрегатах для приготовления суспензии мод. 661А.

Расход суспензии на 1500 тонн годных отливок при двух слоях этилсиликатного связующего – 300 т.

Технические характеристики установки 661А [6]:

- время перемешивания, мин 30...60;
- производительность тах, м<sup>3</sup>/ч; 0,06;
- мощность, кВт; 3.

Количество установок 661А для этилсиликатного связующего находится по формуле (3.4):

$$P'_1 = \frac{300000 \cdot 1,1}{3892 \cdot 60} = 1,41 .$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (3.5):

$$P'_2 = \frac{1,41}{0,9} = 1,55 .$$

Принимаем  $P'_2=2$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (3.6):

$$K_{зф} = \frac{1,47}{2} = 0,71 .$$

Расход суспензии на 1500 тонн годных отливок при четырех слоях жидкостекольного связующего – 600 т.

Количество установок 661А для жидкостекольного связующего находится по формуле (3.4):

$$P'_1 = \frac{600000 \cdot 1,1}{3892 \cdot 60} = 2,83 .$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (3.5):

$$P'_2 = \frac{2,83}{0,9} = 3,11 .$$

Принимаем  $P'_2=4$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (3.6):

$$K_{зф} = \frac{3,11}{4} = 0,71 .$$

Далее на блок наносят шесть слоев огнеупорного покрытия: первые два слоя на основе этилсиликатного связующего, остальные четыре – на основе

жидкостекольного связующего. При этом блок медленно погружают в суспензию, поворачивая его в различных направлениях. Смачивать суспензией модели можно только после полного завершения процессов их усадки. При нанесении первого слоя суспензия удаляет с поверхности моделей адсорбированный воздух и смачивает поверхность блока. Затем модельный блок присыпается песком в установках «кипящего слоя». Для обсыпки облицовочного (контактного) слоя применяют кварцевый песок марки 1К<sub>3</sub>О<sub>1</sub>016 ГОСТ 2138-91, а для последующих – более крупные, 1К<sub>3</sub>О<sub>1</sub>02 ГОСТ 2138-91.

Для получения материала обсыпки с различной фракцией 160...400 мкм применяется конусная пружинная дробилка марки PYD 600 фирмы «XSM».

Технические характеристики конусной дробилки PYD 600 фирмы «XSM»:

- диаметр перемещения конуса, мм 600;
- открытый размер питания, мм 75;
- размер выхода, мм 2...3;
- производительность, т/ч 5...15;
- мощность, кВт 30;
- вес, т 5,5.

Количество конусных дробилок, принимаемых в цехе находится по формуле (3.4):

$$P'_1 = \frac{8500 \cdot 1,3}{3892 \cdot 5} = 0,6 .$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (3.5):

$$P'_2 = \frac{0,6}{0,8} = 0,75 .$$

Принимаем  $P'_2=1$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (3.6):

$$K_{зф} = \frac{0,6}{1} = 0,6.$$

Для получения пылевидного динаса и диспергированного кварцевого песка применяется вибромельница ВМ-45.

Технические характеристики вибромельницы ВМ-45:

- объем камеры, м<sup>3</sup> 0,40;
- производительность, кг/ч 750;
- мощность, кВт 45;
- время измельчения до крупности менее 50 мкм, ч 1,5.

Количество вибромельниц, принимаемых в цехе находится по формуле (3.4):

$$P'_1 = \frac{2200 \cdot 1,2}{3892 \cdot 0,75} = 0,90.$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (3.5):

$$P'_2 = \frac{0,9}{0,9} = 1.$$

Принимаем  $P'_2=1$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (3.6):

$$K_{зф} = \frac{0,9}{1} = 0,9.$$

Для измельчения исходного отработанного динаса применяется щековая дробилка PE 150×200 фирмы «KEFID».

Технические характеристики щековой дробилки PE 150×200 фирмы «KEFID»:

- размер входа, мм 150...200;
- макс. размер питания, мм 125;
- размер выхода, мм 10...14;
- производительность, т/ч 1...3;
- мощность, кВт 5,5;



- вес, т 1,5;
- габариты, мм 896×745×935.

Количество щековых дробилок, принимаемых в цехе находится по формуле (3.4):

$$P'_1 = \frac{8500 \cdot 1,2}{3892 \cdot 3} = 0,87.$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (3.5):

$$P'_2 = \frac{0,87}{0,9} = 0,96.$$

Принимаем  $P'_2=1$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (3.6):

$$K_{зф} = \frac{0,87}{1} = 0,87.$$

В специальной части проекта описано более подробное получение огнеупорного наполнителя для получения керамических форм и обусловлен выбор данных дробилок.

После нанесения каждого слоя производится зачистка кромки модельной воронки на подрезных приспособлениях конвейера, установленных при входе блоков в камеры сушки.

Для послойного нанесения суспензии на модельные блоки и обсыпки их в кипящем слое песка используют автоматическую линию мод. 64001-15.

Технические характеристики линии 64001-15:

- расход сжатого воздуха, м<sup>3</sup>/ч 5;
- расход воды, м<sup>3</sup>/мин 4;
- производительность тах, покрытий/ч; 200;
- скорость конвейера, м/мин 1,67;
- мощность, кВт; 36,1.

Требуемое количество линий модели 64001-15 рассчитывается по формуле (3.4):

$$P'_1 = \frac{415942 \cdot 1,1}{3892 \cdot 200} = 0,69 .$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (3.5):

$$P'_2 = \frac{0,69}{0,8} = 0,83 .$$

Принимаем  $P'_2=1$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (3.6):

$$K_{зф} = \frac{0,69}{1} = 0,69 .$$

Принимаем 1 линию модели 64001-15.

Заливку форм производят на агрегате обжига, заливки и охлаждения модели 675А. Необходимое количество агрегатов рассчитывается по формуле (3.4):

$$P'_1 = \frac{415942 \cdot 1,2}{3892 \cdot 100} = 1,39 .$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (3.5):

$$P'_2 = \frac{1,39}{0,8} = 1,67 .$$

Принимаем  $P'_2=2$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (3.6):

$$K_{зф} = \frac{1,39}{2} = 0,69 .$$

Принимаем 2 агрегата модели 675А.

### 3.7 Термообрубное отделение

В термообрубном отделении очищают отливки от остатков оболочек, отделяют отливки от литноково-питающей системы, проводят термообработку, зачищают питатели и исправляют дефекты отливок.

Отливки очищают в электрогидравлических установках периодического действия модели ЭГУ 36151Т.

Технические характеристики ЭГУ 36151Т [6]:

- производительность, кг/ч 400;
- максимальная масса загрузки, кг 600;
- расход воды, м<sup>3</sup>/т 0,2...0,5;
- расход электроэнергии, кВт×ч 6;
- установленная мощность, кВт 65;
- габариты, мм 8100×7200×4720.

Для более полного удаления керамики с поверхности отливок применяют выщелачивание в агрегате модели 498А.

Технические характеристики агрегата 498А [6]:

- производительность, кг/ч 500;
- частота вращения его барабана, об/мин 0,4...0,29;
- температура водного раствора 125...130;

концентрированной щелочи, °С

- температура воды для промывки °С 60;
- время обработки в щелочи, мин 30;
- установленная мощность, кВт 0,6;
- габариты, мм 5200×1800×2720.

Для отделения литников от отливок применяется гидравлический пресс модели 6А93.

Технические характеристики гидравлического пресса модели 6А93 [6]:

- производительность, блок/ч 100;
- наибольшее усилие развиваемое верхним цилиндром, кН 630;
- скорость среза отливок, мм/с 40;
- скорость выталкивания стояка, мм/с 80;
- установленная мощность, кВт 30;
- габариты, мм 2150×1000×2900.

Очищенные от остатков керамики и промытые отливки поступают на термообработку. Отливки нормализуют в газовых печах светлого отжига ГТСХМ с радиационным нагревом с защитной атмосферой при температуре 860...880 °С.

Технические характеристики газовой печи светлого отжига ГТСХМ [6]:

- производительность, кг/ч 200;
- время нормализации, ч 2,75;
- габариты, мм 10700×3000×2500.

### 3.8 Склады литейных цехов

Склады оборудованы двумя мостовыми кранами грузоподъемностью 5 тонн. На территории пролета происходит погрузка шихты в бадьи. Бадья с шихтой подается в плавильное отделение тележкой.

Все формовочные и шихтовые материалы поступают в цех с базисного склада. Для обеспечения бесперебойной работы литейного цеха необходимо иметь достаточный запас всех формовочных материалов.

Площади для хранения каждого вида материала определяются по формуле [7]:

$$F_M = Q / H \times K \times \gamma, \quad (3.22)$$

где  $F_M$  – площадь для хранения каждого вида материала, м<sup>2</sup>;

$Q$  – масса запаса каждого материала на складе, т;

$H$  – высота складирования, м;

$K$  – коэффициент использования емкости хранилища ( $K = 0,7 \dots 0,8$ );

$\gamma$  – объемная масса материала, т/ м<sup>3</sup>.

Общая площадь складов находится по формуле [7]:

$$F_C = K \cdot (\Sigma F'_M + F_P), \text{ м}^2, \quad (3.23)$$

где  $\Sigma F'_M$  – сумма округленных площадей хранения каждого материала на складе, м;

$F_P$  – площадь разгрузочных площадок, м;

$K$  – коэффициент, учитывающий площади, занимаемые приемными устройствами для подачи материалов в цех, оборудованием для подготовки материалов, а также проходами и проездами,  $K=1,2 \dots 1,4$ .

Ведомость расчета площади складов представлена в таблице 2.9.

Таблица 3.9 – Ведомость расчета площади складов

Наименование материала	Годовое количество, т	Нормативный запас хранения, сут	Насыпная масса, т/м <sup>3</sup>	Высота хранения, м
Возврат 20Л	590,312	40	1,5	4
Возврат 45Л	721,983	40	1,5	4
Лом стальной А1 ГОСТ 2787-86	1496,651	40	1,5	4
Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	88,582	40	3,5	4
Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-93	0,290	40	1,7	2
Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91	1,450	25	1,7	2
Итого	2899,268			
Шлакообразующие	86,978	20	2	2
Раскислитель А1	57,985	20	2	2
Всего	3044,231			

Продолжение таблицы 3.9

Наименование материала	Количество материала на складе		Площадь склада	
	тонн	м <sup>3</sup>	расчетная	округленная
Возврат 20Л	64,69	43,13	10,78	11
Возврат 45Л	79,12	52,75	13,19	14
Лом стальной А1 ГОСТ 2787-86	164,02	109,34	27,34	28
Чугун переделный П1 ГОСТ 805-95	9,71	2,77	0,69	1
Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-93	0,03	0,02	0,01	1
Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91	0,10	0,06	0,03	1
Итого			52,04	56
Шлакообразующие	4,77	2,38	1,19	2
Раскислитель	3,18	1,59	0,79	1
Всего			1,99	3

### 3.9 Вспомогательные отделения и участки цеха

Отделение подготовки шихтовых материалов предназначено для дробления последних с целью придания им необходимых размеров, сортировки и грохочения для отбора мелочи и для очистки поверхности от ненужных примесей. На данном участке для разделки длинномерного стального лома и бракованного проката, прибылей и литников используют газовые резаки.

Бункера для шихтовых материалов оборудованы электровибрационными питателями. Навески шихты к плавильной печи подают от весовой тележки самоходной электроталью.

Песок подают в цех просушенным с базисного склада завода. На шихтовом дворе предусмотрены бункера для сыпучих материалов, откуда их соответствующими системами пневмотранспорта подают к местам потребления.

Жидкие химикаты хранятся в баках и системой трубопроводов подаются к местам использования.

Лаборатории цеха предназначены для контроля поступающих в цех материалов, готовой продукции и текущего контроля технологических процессов.

В целях обеспечения безостановочной работы технологического и подъемно-транспортного оборудования в цехе предусматривается ремонтно-слесарное отделение. В задачи ремонтно-слесарного отделения входит проведение текущего, профилактического и среднего ремонтов, технологического ремонта оборудования цеха, согласно графику планово-предупредительных ремонтов.

Кроме того, в цехе предусмотрены служба механика, наладчика и электрослужба, которые обеспечивают бесперебойную работу цеха [12].

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		72

## 4 ОБОЛОЧКОВЫЕ ФОРМЫ ДЛЯ ЛВМ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРСНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ ОГНЕУПОРОВ

### 4.1 Активирующее диспергирование отработанных шамотных огнеупоров для оболочковых форм

Для изготовления керамических форм перспективными материалами являются алюмосиликаты, как более термохимически стойкие, однако в Российской Федерации для нужд точного литья, в пылевидном состоянии они не выпускаются. В то же время широко применяемый в роли огнеупора шамот, после эксплуатации вывозится в отвалы, поэтому было принято решение изучить его свойства и возможность использования полученного материала в качестве огнеупорного наполнителя керамических оболочек в точном литье.

Пригодность шамота как наполнителя литейных форм для точного литья оценивали по структуре и химическому составу. Проведенные исследования на дифрактометре ДРОН-3М (материал катода – медь) исходного и отработанного шамотного кирпича, показали, что в процессе эксплуатации содержание свободного  $\text{SiO}_2$  в структуре уменьшается.

Для различных процессов литья огнеупорные формовочные материалы должны обладать комплексом определенных технологических свойств, которые во многом определяются их зерновым составом и удельной поверхностью частиц. Для тонкого диспергирования неметаллических материалов наиболее широко применяются шаровые вращающиеся и вибрационные мельницы. Вращающиеся мельницы с мелющими телами наиболее просты по конструкции и надежны в работе. Помольная камера на 25...40 % объема заполнена мелющими телами (стальные, чугунные или керамические шары) и измельчаемым материалом. При вращении мелющие тела увлекают частицы силой трения и центробежного



эффекта стенками барабана, поднимаются на некоторую высоту и падают вниз, измельчая их в зоне соприкосновения шаров.

Производительность вращающихся мельниц пропорциональна их геометрическим размерам, а удельная (на единицу объема) производительность возрастает пропорционально квадратному корню из диаметра помольной камеры. В связи с этим высокопроизводительные шаровые мельницы имеют весьма большие размеры.

Принцип действия вибрационной мельницы основан на приведении мелющих тел и измельчаемого материала в движение посредством вибратора, сопряженного с электродвигателем. Частицы измельчаемого материала, попадая в пространство между шарами, разрушаются. Движение мелющих тел в вибрационной мельнице осуществляется с ускорением, значительно превышающим ускорение силы тяжести. Это снижает ее энергонапряженность.

Получение шамотного наполнителя целесообразно проводить в несколько стадий. Первоначальное дробление отработанного кирпича (рисунок 4.1) необходимо осуществлять в щековой дробилке, затем в конусной дробилке. На рисунке 4.2 изображен кусковой материал, прошедший предварительное дробление в щековой дробилке, а на рисунке 4.3 – последующее измельчение в конусной дробилке. Полученная шамотная крупка – это рабочий материал для последующего тонкого диспергирования. Именно на этапе тонкого диспергирования достигаются требуемые технологические параметры шамотного наполнителя, процесс сопровождается увеличением поверхностной энергии, и, следовательно, активности материала.

Тонкое диспергирование шамота, в результате которого был получен пылевидный шамот изображённый на рисунке 4.4, проводилось в шаровой

мельнице при различном соотношении измельчаемого материала (М) и мелющих тел, т.е. алундовых шаров (Ш). Использовались алундовые шары диаметром 40...50 мм.



Рисунок 4.1 – Отработанный шамот



Рисунок 4.2 – Шамот, измельчённый в щековой дробилке



Рисунок 4.3 – Шамот после конусной дробилки

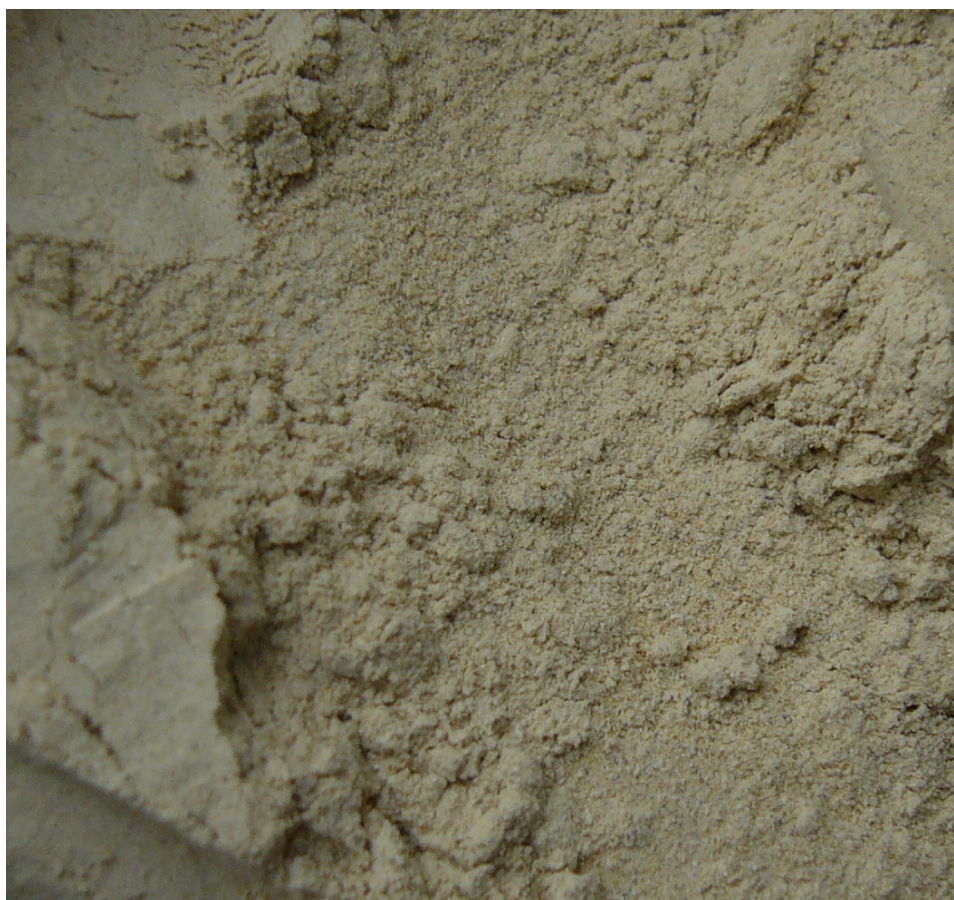


Рисунок 4.4 – Пылевидный шамот



Зависимости изменения зернового состава от времени помола в шаровой мельнице при различных соотношениях М:Ш представлены на рисунках 4.5...4.7, а в вибрационной мельнице на рисунке 4.8. На рисунке 4.9 показана зависимость изменения удельной поверхности от времени помола в шаровой мельнице при соотношении М:Ш=1:2.

Эксперименты показали, что при изменении массового соотношения материала и мелющих шаров от 1:1 до 1:3 время помола сокращается. Однако, при этом уменьшается объем загружаемого в агрегат диспергируемого материала, что снижает производительность процесса. Наиболее приемлемым, с практической точки зрения, является соотношение М:Ш=1:1.

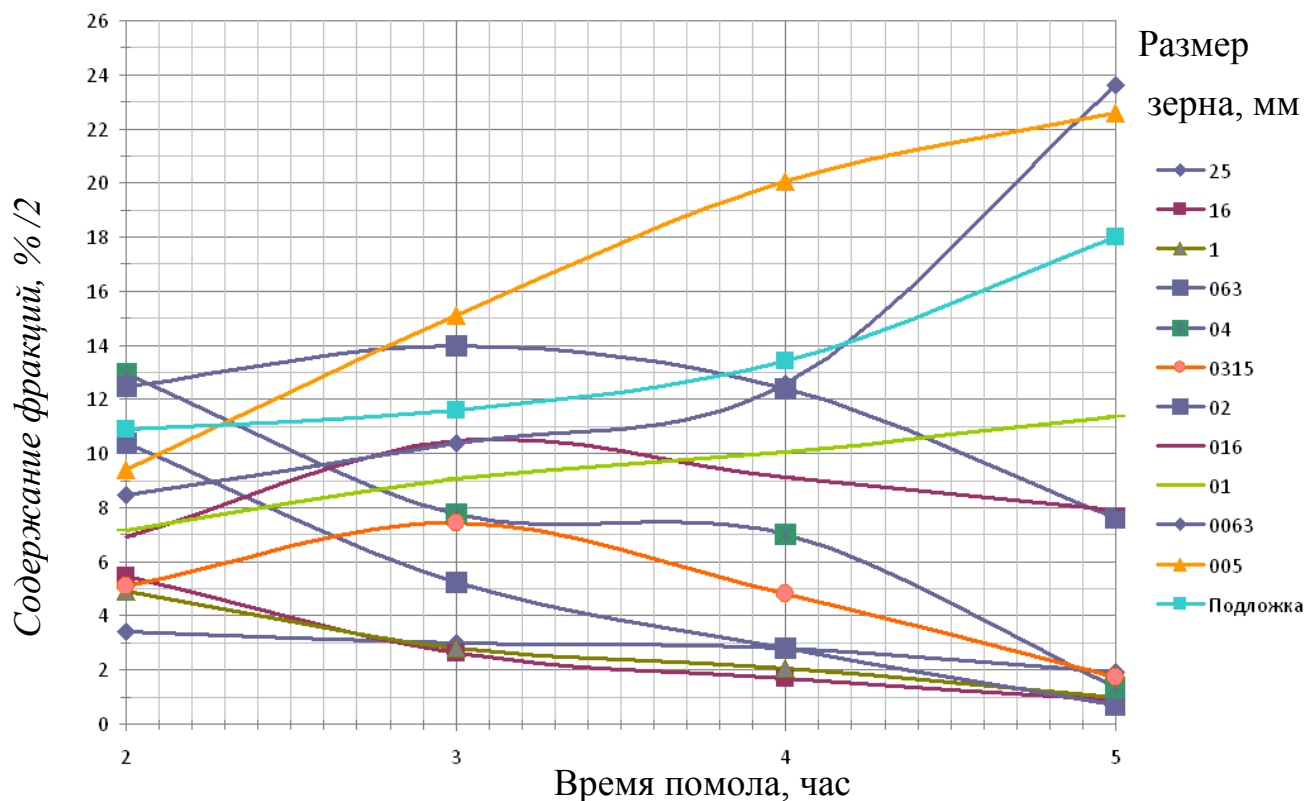


Рисунок 4.5 – Фракционный состав шамота диспергированного в шаровой мельнице с соотношением М:Ш=1:1

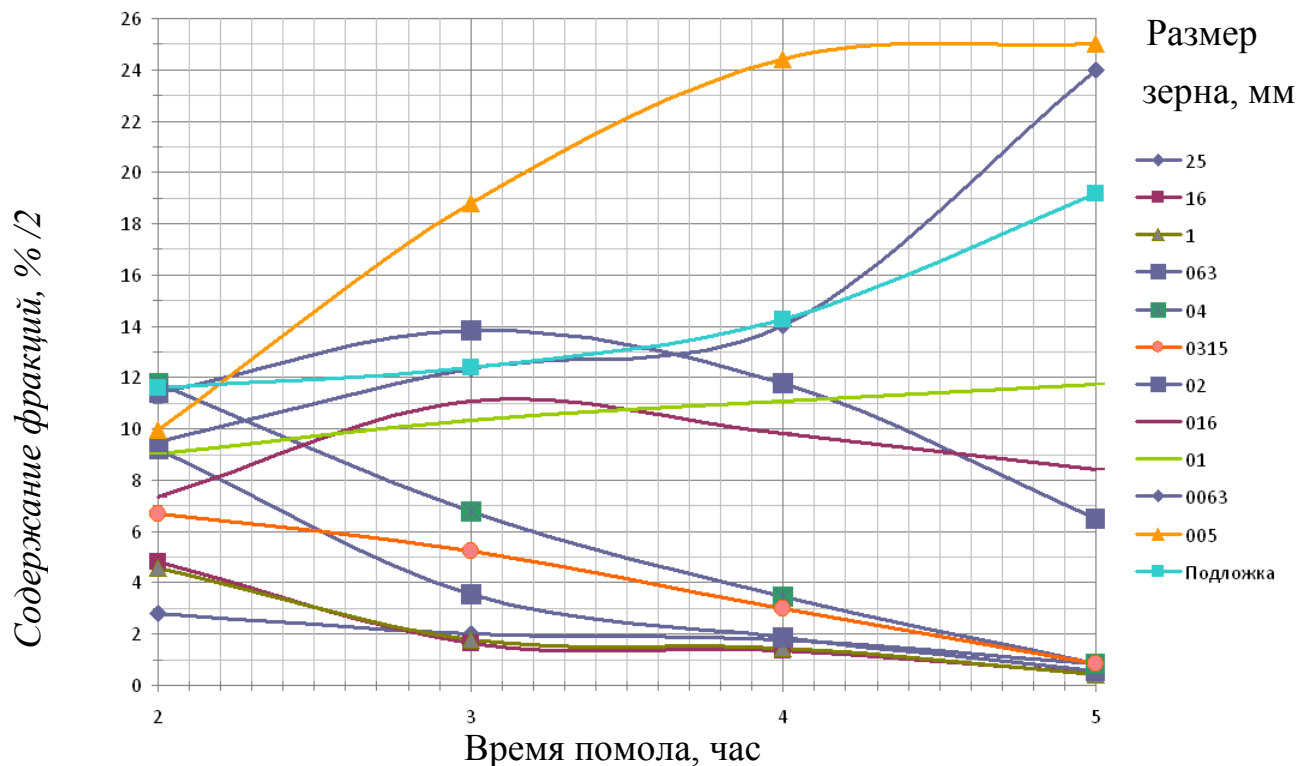


Рисунок 4.6 – Фракционный состав шамота диспергированного в шаровой мельнице с соотношением М:Ш=1:2

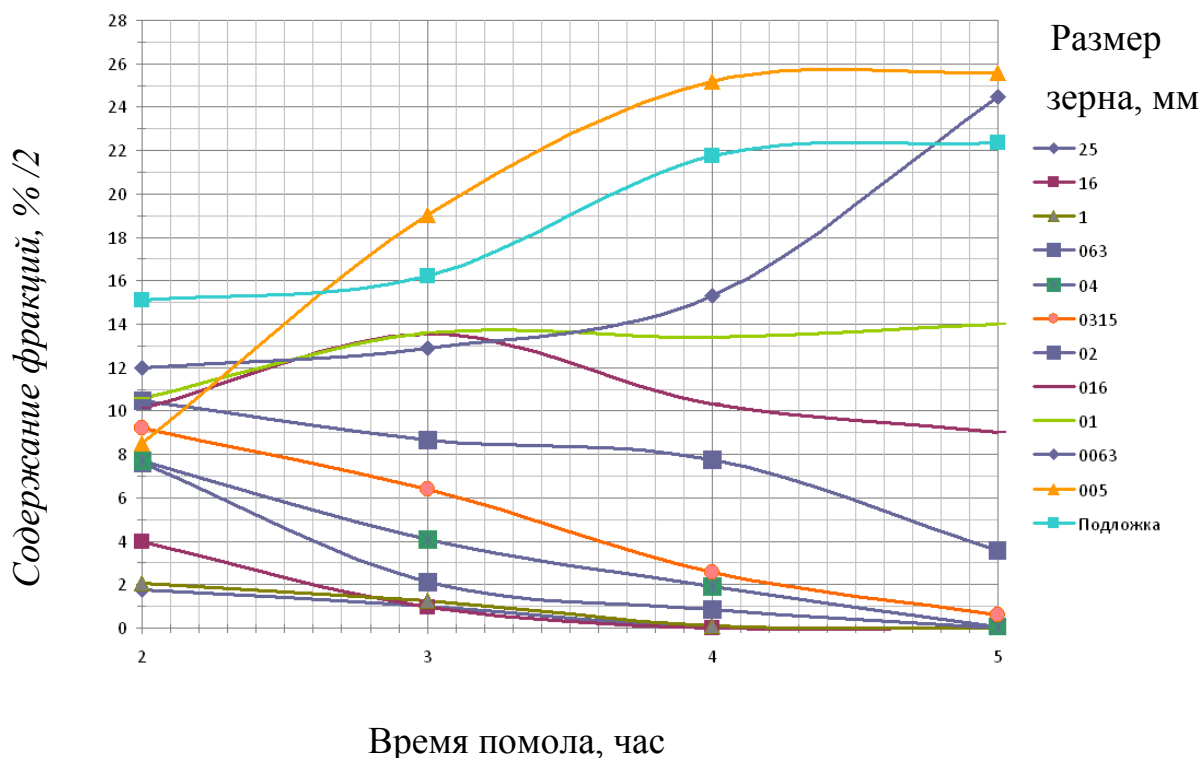


Рисунок 4.7 – Фракционный состав шамота диспергированного в шаровой мельнице с соотношением М:Ш=1:3 (время в часах)

Также был проведён помол муллитизированного шамота в вибрационной мельнице. Зависимости изменения зернового состава от времени помола в вибрационной мельнице представлены на рисунке 4.8.

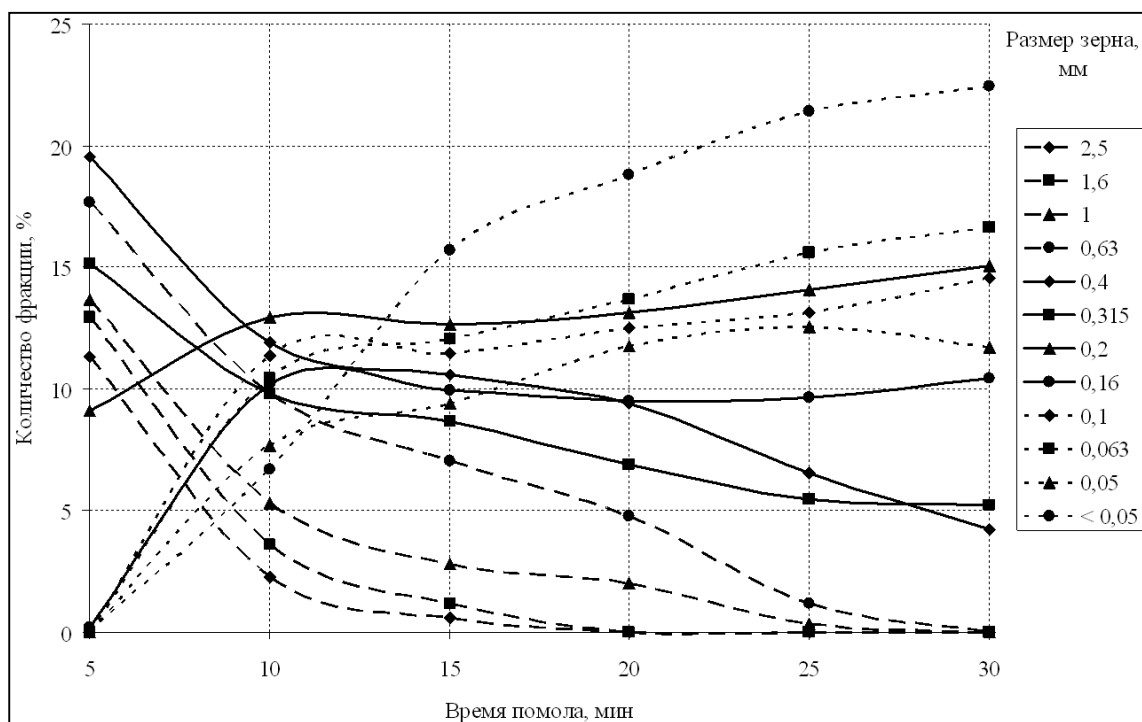


Рисунок 4.8 – Фракционный состав шамота диспергированного в вибрационной мельнице (время в мин)

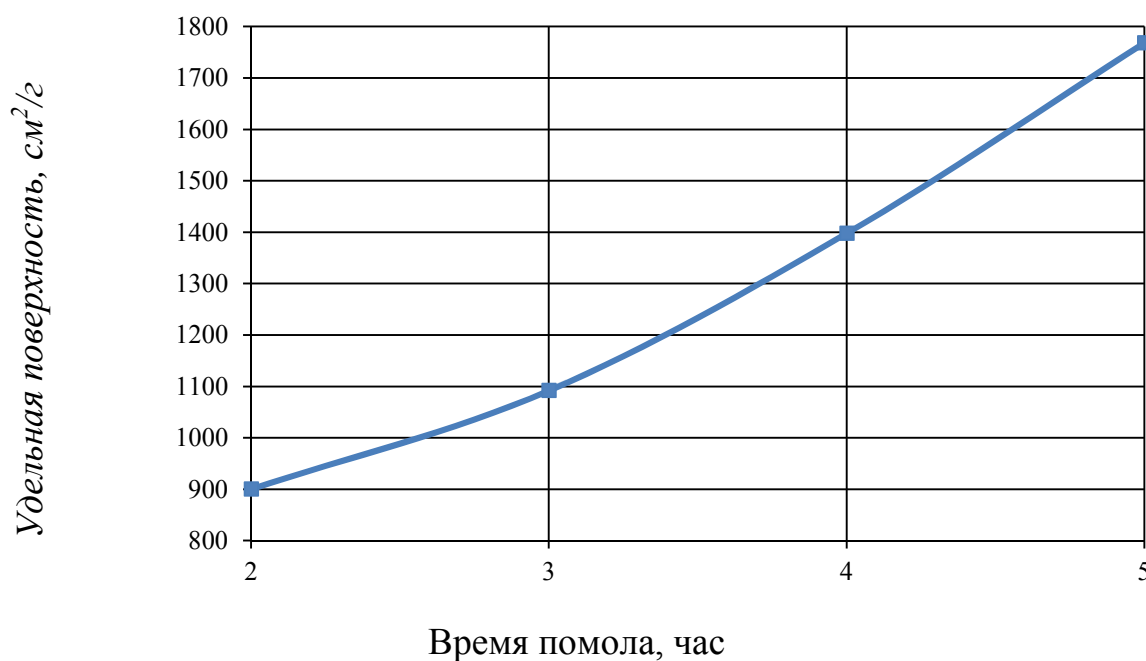


Рисунок 4.9 – Зависимость удельной поверхности от времени помола

## 4.2 Оболочковые формы на основе диспергированного муллитизированного шамота

В качестве огнеупорного наполнителя суспензии и материала обсыпки были опробованы порошки шамота различной зернистости [13]. В качестве связующего при изготовлении форм использовался спиртовой раствор гидролизованного этилсиликата ЭТС-40 с условным содержанием  $\text{SiO}_2$  16...18 % масс.

Зависимость условной вязкости суспензии по ВЗ-4 от соотношения жидкой и твердой фаз приведена на рисунках 4.10...4.14. Рекомендуемая вязкость суспензии, соотношение связующего и наполнителя, обеспечивающего данное значение вязкости, а также средний размер зерна обсыпочногo материала для различных слоев покрытия приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Параметры огнеупорного покрытия

Слой покрытия	Условная вязкость суспензии по ВЗ-4, с	Соотношение жидкой и твердой фаз, л/кг	Зернистость обсыпки, мкм
I слой	60...70	1: (2,0...2,1)	160...200
II слой	40...60	1 : (1,7...2,0)	200...315
Последующие слои	35...50	1 : (1,55...1,9)	315...400

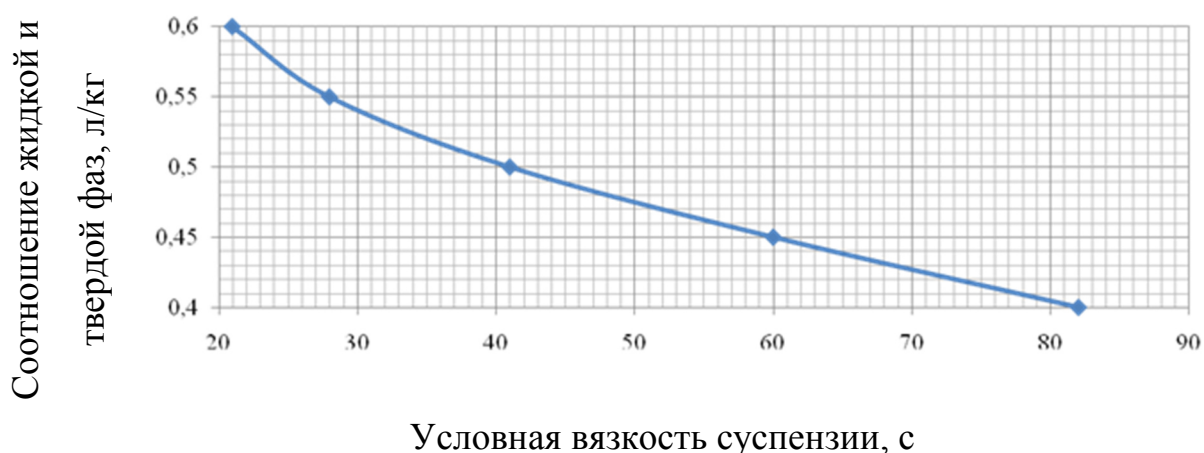


Рисунок 4.10 – Зависимость условной вязкости от соотношения жидкой и твердой фаз суспензии при содержании  $\text{SiO}_2$  – 12 %

Соотношение жидкой и  
твёрдой фаз, л/кг

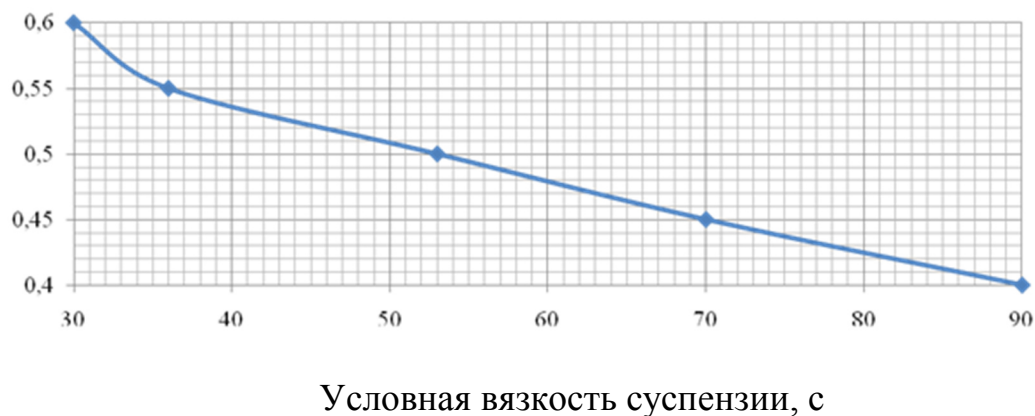


Рисунок 4.11 – Зависимость условной вязкости от соотношения жидкой и твёрдой фаз суспензии при содержании SiO<sub>2</sub> – 14 %

Соотношение жидкой и  
твёрдой фаз, л/кг

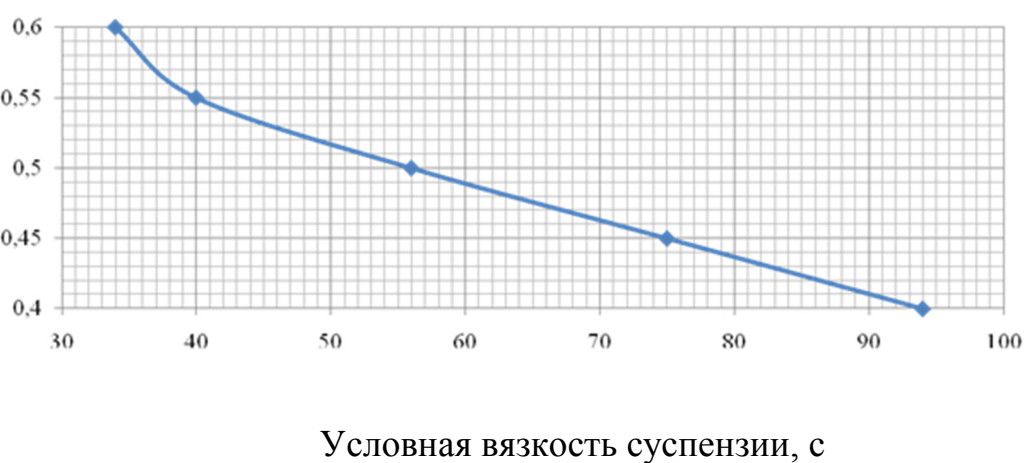


Рисунок 4.12 – Зависимость условной вязкости от соотношения жидкой и твёрдой фаз суспензии при содержании SiO<sub>2</sub> – 16 %

Соотношение жидкой и  
твёрдой фаз, л/кг

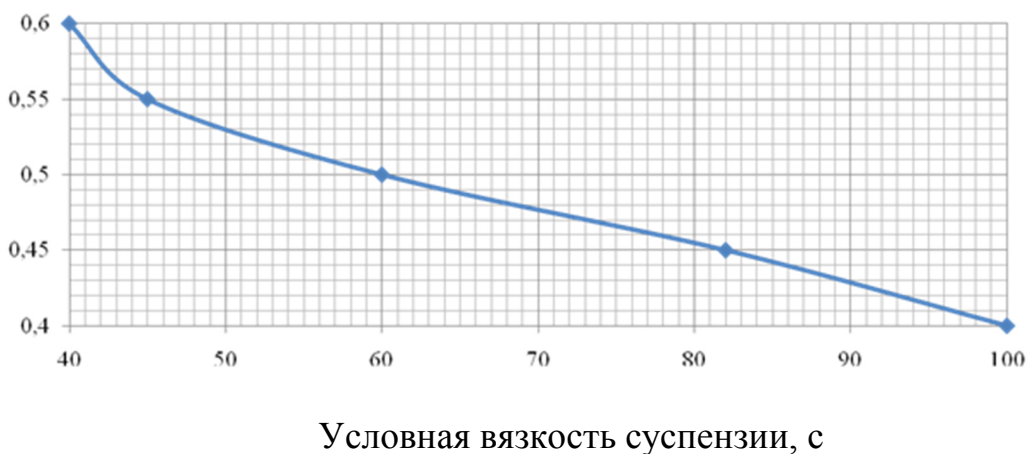


Рисунок 4.13 – Зависимость условной вязкости от соотношения жидкой и твёрдой фаз суспензии при содержании SiO<sub>2</sub> – 18 %



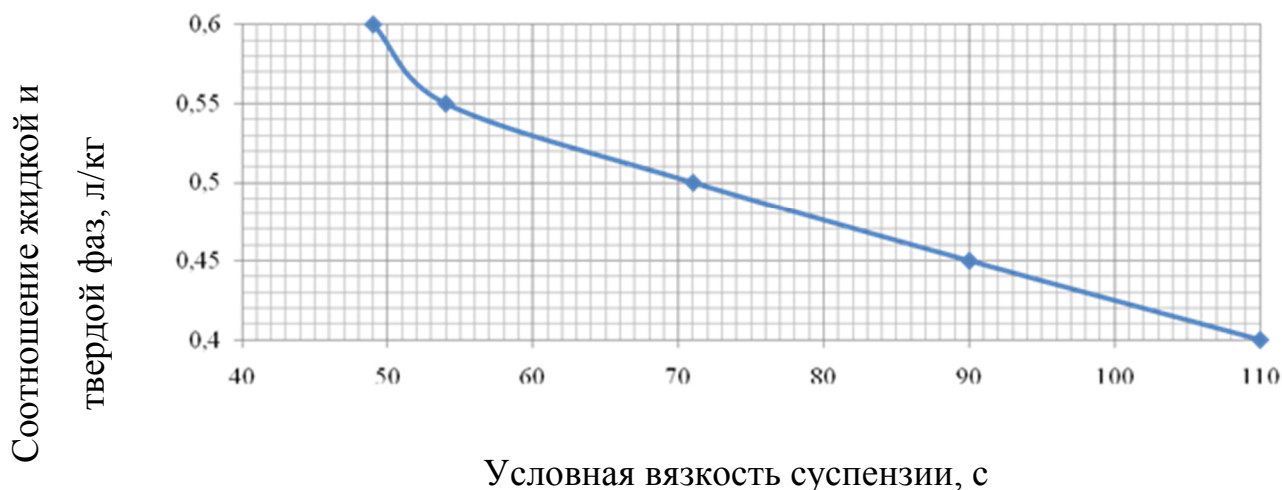


Рисунок 4.14 – Зависимость условной вязкости от соотношения жидкой и твёрдой фаз суспензии при содержании  $\text{SiO}_2$  – 20 %

Для сравнения аналогичным способом были изготовлены формы с пылевидным кварцем в качестве наполнителя суспензии и кварцевым песком в качестве обсыпки, а также формы на основе шамота.

Для кварцевых образцов наполнителем огнеупорной суспензии служил пылевидный кварц марки А, а присыпкой кварцевый песок  $3\text{K}_3\text{O}_2\text{O}_3$ . Вязкость суспензии для 1-го слоя покрытия по вискозиметру ВЗ-4 составляла 60...65 с, для остальных 40...45 с.

Так как связующее у всех образцов было одинаковым – гидролизированный раствор этилсиликата, то формирование прочности сырых образцов проходило по одному и тому же механизму независимо от типа наполнителя.

Огнеупорный наполнитель играет важную роль в процессе прокалики формооболочек, когда из керамики удаляются остатки модельного состава и летучие составляющие связующего.

Для изготовленных форм был проведен ряд исследований. Дилатометрию формовочных смесей проводили на дилатометре «PAULIK» (Венгрия). Для этого образцы диаметром 5 мм и высотой 30 мм нагревали на воздухе со скоростью 10 °С/мин, регистрировали со временем  $\tau$  в зависимости от температуры Т (кривая Т) расширение (кривая TL), скорость изменения линейных размеров и рассчитывали

относительное изменение размеров образцов в % при нагреве. Точность измерений составляла +0,1 %. По полученным dilatометрическим кривым рассчитывали коэффициент термического линейного расширения КТЛР (рисунки 4.15 и 4.16).

Прочность форм при статическом изгибе определяли по стандартной методике на пятислойных образцах (рисунок 4.17).

Результаты испытаний образцов на шамоте и пылевидном кварце приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Свойства формооболочек

Показатель	Материал формы	
	шамот	пылевидный кварц
Прочность на изгиб до прокаливания, МПа	3,0...3,3	2,3...2,8
Прочность на изгиб после прокаливания, МПа	3,3...3,5	2,2...2,6
Температурный коэффициент линейного расширения в интервале 20...1000, °C <sup>-1</sup>	6,22·10 <sup>-6</sup>	16,92·10 <sup>-6</sup>

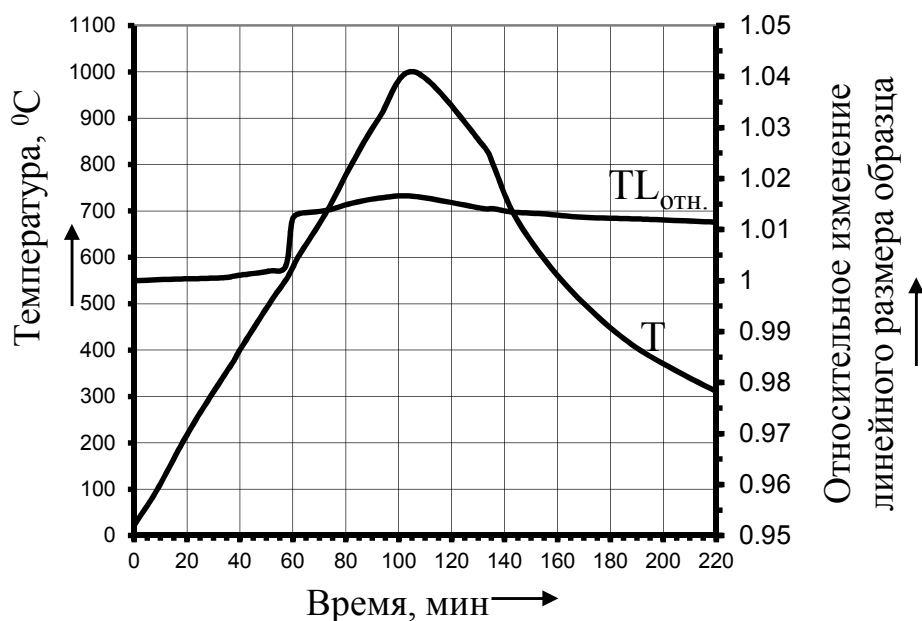


Рисунок 4.15 – Dilатометрические кривые нагрева оболочковой формы с пылевидным кварцем в качестве наполнителя: T – изменение температуры во времени, TL<sub>отн.</sub> – относительное изменение линейного размера

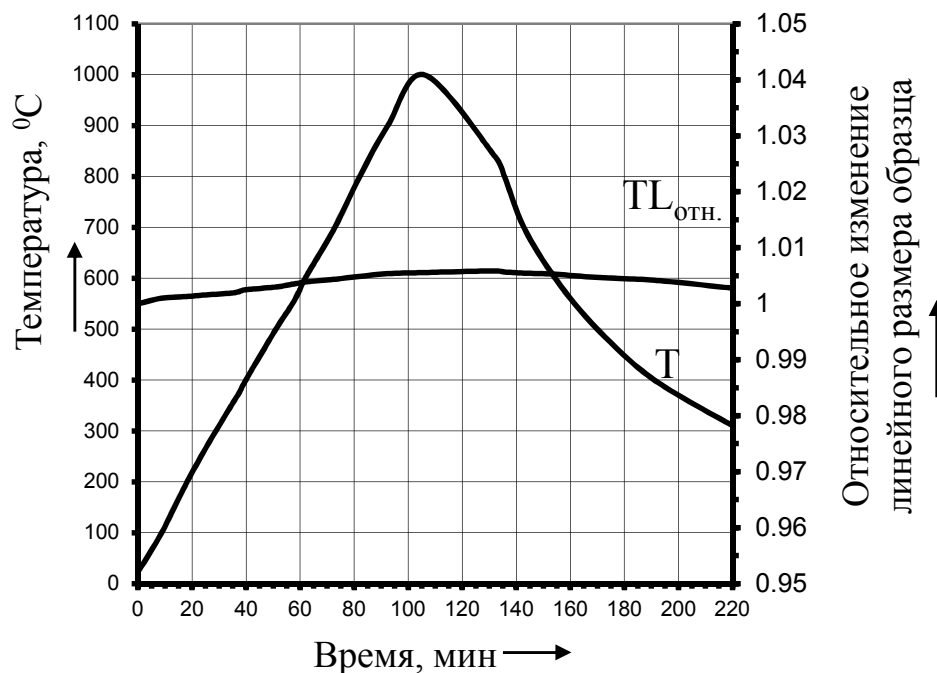


Рисунок 4.16 – Дилатометрические кривые нагрева оболочковой формы с пылевидным шамотом в качестве наполнителя: T – изменение температуры во времени, TL<sub>отн.</sub> – относительное изменение линейного размера



Рисунок 4.17 – Пятислойные образцы

Таким образом, как показали проеденные исследования, отработанный шамотный огнеупор после диспергирования является качественным формовочным материалом для изготовления керамических оболочек используемых в точном литье. Он не имеет скачка при расширении, обеспечивает в 3 раза более низкий

коэффициент термического линейного расширения, что повышает термостойкость форм, предотвращает образование трещин в формоболочках, засоры в отливках и в целом повышает выход годных отливок

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>85</i>

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-07 – ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в цехе точного литья можно выделить следующие опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы, различные подъемно-транспортные устройства, повышенная температура поверхности оборудования, пыль, выделение паров и газов, тепловой поток, избыточное выделение теплоты, повышенный уровень шума, вибрация, электромагнитные излучения, повышенное значение напряжения в электрических цепях.

Природно-климатические условия местности расположения цеха представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Природно-климатические условия местности расположения цеха

Наименование показателя	Холодный период	Тёплый период
Экстремальная температура, °С	-47	40
Наиболее холодная пятидневка, °С	-38	-
Скорость ветра, м/с	3,7	4
Количество осадков, мм	114	383

В проектируемом цехе можно выделить ряд опасных и вредных факторов:

- подвижные части производственного оборудования;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны и горячая поверхность оборудования;
- пониженный уровень освещённости;

- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень вибрации;
- запылённость воздуха рабочей зоны;
- повышенные значения напряжения в электрической цепи.

Опасные факторы являются причиной травматизма и смертности.

#### 5.1.1 Запыленность воздуха рабочей зоны

В литейном цехе к вредным производственным факторам можно отнести пыль, выделяющиеся газы и пары, тепловой поток, источниками которых являются плавильные агрегаты, оборудование для приготовления суспензии, участки формовки, выбивки и очистки отливок.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-07 «СББТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в литейном цехе к опасным и вредным производственным факторам можно отнести пыль, выделяющиеся газы и пары, источниками которых являются плавильные агрегаты, оборудование для приготовления смесей и стержней, участки формовки, выбивки и очистки отливок.

На жизнедеятельность рабочего большое влияние оказывает газовый состав воздуха. Условия считаются благоприятными при следующем составе воздуха:

- кислорода 19...20 %;
- углекислого газа не более 1 %.

ПДК и классы опасности вредных веществ приведены в таблице 5.2 по ГОСТ 12.1.007-99 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

Материалом, содержащим марганец является ферромарганец, применяемый при выплавке стали. Физические и химические свойства марганца температура плавления 1224 °С, температура кипения 2095 °С, плотность 7440 кг/м. Взаимодействует с галогенами, серой, фосфором, углеродом, кремнием. При

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		87

выплавке стали пары марганца соединяются с кислородом воздуха, образуя окислы в виде бурого дыма. Собранный над расплавленной поверхностью дым состоит из MnO. Введенный извне Mn, накапливаясь в митохондриях, изменяет каталитические, энергетические, обменные процессы. Повышает уровень сахара и молочной кислоты в крови. При любых путях поступления соединений марганца особо резкие нарушения обнаруживаются в головном мозге. Изменения обнаруживаются также в печени, почках, реже в сердечной мышце.

Таблица 5.2 – ПДК и классы опасности вредных веществ

Наименование веществ	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Оксид углерода	20,0	4
Оксид железа	6,0	3
Диоксид серы	10,0	3
Известняк	6,0	2
Оксид марганца	0,3	1
Соляная кислота	5,0	3
Серная кислота	1,0	2
Этилсиликат	20,0	4
Спирт этиловый	1000,0	4
Кварц	1,0	2
Керосин	300	4
Фенол	1	2
Ацетон	200	5

Пары серной кислоты вызывают раздражение слизистой, отравление, а при попадании жидкости на кожу – ожог.

Пыль содержит около 80 % диоксида кремния. Типичное заболевание, возникающее под действием кремнесодержащей пыли – силикоз. Наиболее опасен прогрессирующий фиброз лёгочной ткани (пылевой пневмосклероз). В таблице 5.3 представлен дисперсный состав пыли.

Таблица 5.3 – Дисперсный состав пыли

Размер частиц, мкм	≤0,7	0,7...7	7...80	>80
Содержание, % масс	42	35	16	7

Помимо естественной вентиляции, для эффективного распределения воздуха по всему производственному помещению, применяется механическая вентиляция, которая состоит из вытяжной вентиляционной установки. В общем случае цеховая приточная установка включает в себя: воздухоприемное устройство, пористый фильтр для очистки поступающего воздуха, систему кондиционирования для подогрева и охлаждения воздуха, вентилятор.

Кроме общецеховой, предусматривается приточная местная вентиляция – воздушные завесы для защиты производственных помещений от проникновения холодного воздуха при открытии ворот, дверей.

В качестве индивидуальных средств защиты от пыли, при концентрациях, превышающих ПДК, применяют респираторы типа «лепесток».

### 5.1.2 Микроклимат на рабочих местах

Производственный микроклимат – сочетание температуры, влажности и скорости движения воздуха, а в горячих цехах ещё и теплового излучения.

Оценка микроклимата проводится на основе измерений его параметров (температура, влажность воздуха, скорость его движения, тепловое излучение) на всех местах пребывания работника в течение смены и сопоставления с нормативами согласно СанПиН 2.2.4.548-96 и ГОСТ 12.1.005-88, которые устанавливаются с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года. Правила и нормы микроклимата предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата



рабочих мест, производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

Работы, выполняемые в цехе относятся к работам средней тяжести (категория Пб).

К показателями, характеризующим микроклимат относятся:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

К категории Пб (энергозатраты от 201 до 250 ккал/ч (233...290 Вт)) относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям (согласно ГОСТ 12.1.005-88) и представлены в таблице 5.4.

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м<sup>2</sup> при облучении 50 % поверхности тела и более, 70 Вт/м<sup>2</sup> - при величине облучаемой поверхности от 25 до 50 % и 100 Вт/м<sup>2</sup> - при облучении не более 25 % поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников (нагретый металл, стекло, «открытое» пламя и др.) не должна превышать 140 Вт/м<sup>2</sup>, при этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		90

Таблица 5.4 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		оптимальная	Допустимая				оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных
			верхняя граница		нижняя граница					
			на рабочих местах							
постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных							
Холодный	Пб	17...19	21	23	15	13	40...60	75	0,2	не более 0,4
Теплый	Пб	20...22	27	29	16	15	40...60	70 (при 25°С)	0,3	0,2...0,5

Кроме того, при обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3 °С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать (при категориях работ Пб) 5°С.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) являются одной из мер предупреждения неблагоприятного воздействия на работающих ОВФ РС и ТП. Обеспечение рабочих надежными и эффективными СИЗ, способствует повышению безопасности труда, снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

### 5.1.3 Шум

Интенсивный шум оказывает негативное влияние на работоспособность человека. Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта, что способствует возникновению несчастных случаев. Уровень шума в производственных помещениях должен соответствовать СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Уровень звукового давления в производственных помещениях, на постоянных рабочих местах и на территории предприятия не должен превышать 80 дБА. Уровни звуковой мощности представлены в таблице 5.5.

Наибольшие уровни шума характерны для участков формовки, выбивки отливок, зачистки и обрубки. Параметры шума и общие требования безопасности регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.562-01.

Общие требования безопасности при использовании машин и оборудования, работа которых сопровождается шумом, допустимые уровни звукового давления на рабочих местах устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.003-03 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности». В отделениях цеха, где имеются производства с эквивалентными уровнями шума более 85 дБ, должны быть предусмотрены комнаты отдыха с уровнем шума не более 40 дБ.

Для снижения механического шума используем упругие вставки между деталями и частями агрегатов, а также проводим принудительную смазку трущихся частей, что уменьшает уровень шума на 5...7 дБ. Применение звукопоглощающих кожухов является простым и дешёвым способом снижения шума. Применение индивидуальных средств защиты также уменьшает вредное воздействие шума на человека ГОСТ 27409-97 «Шум. Нормирование шумовых стационарного оборудование. Основные положения» [14].

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		92

Таблица 5.5 – Уровни звуковой мощности оборудования цеха

Оборудование	Частоты октановых полос, Гц								Длительность воздействия шума за смену, час
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Допустимые	95	87	82	78	75	73	71	69	<4
Дробемётная камера	104	110	113	150	100	96	94	91	>4
Магнитный кран	96	101	101	91	78	76	74	73	>4
Зачистные станки	107	103	109	108	103	106	107	106	<4

Для снижения механического шума используем упругие вставки между деталями и частями агрегатов, а также проводим принудительную смазку трущихся частей, что уменьшает уровень шума на 5...7 дБ. Применение звукопоглощающих кожухов является простым и дешёвым способом снижения шума. Применение индивидуальных средств защиты также уменьшает вредное воздействие шума на человека ГОСТ 27409-97 «Шум. Нормирование шумовых стационарного оборудование. Основные положения».

#### 5.1.4 Вибрация

В литейном цехе по ГОСТ 10816.1-97 «Вибрационная безопасность. Общие требования» локальная и общая вибрация второй категории.

Источниками общей вибрации являются сотрясения пола и других конструктивных элементов здания вследствие ударного действия выбивных

решеток, центробежных и других машин. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.566-01.

Местная и общая вибрация вызывают вибрационную болезнь.

Поскольку технология изготовления отливок предусматривает использование формовочных вибрационных машин, то необходимо проводить следующие мероприятия по снижению уровня вибрации:

- встраивание дополнительных устройств вибропоглощения в конструкцию машин;
- рабочие обеспечиваются СИЗ – специальными рукавами с вибродемпфирующей прокладкой и обувью с вибродемпфирующей подошвой.

В таблице 5.6 приведены гигиенические нормы вибрации.

Основным средством обеспечения вибрационной безопасности является создание условий работы, при которых вибрация, воздействующая на человека, не превышает некоторых установленных пределов. Параметры вибрации на рабочих местах не должны превышать допустимых величин по ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования».

Таблица 5.6 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Транспортно-технологическая	-	117	108	102	101	101	101	-	-	-	-
Технологическая	-	108	99	93	92	92	92	-	-	-	-
В служебном помещении	-	91	82	76	75	75	75	-	-	-	-
Локальная вибрация	-	-	-	115	109	109	109	109	109	109	109

### 5.1.5 Освещение

Для создания благоприятных условий труда важное значение имеет рациональное освещение. Неудовлетворительное освещение затрудняет проведение работ, ведёт к снижению производительности труда и работоспособности. Может явиться причиной заболевания глаз и несчастных случаев.

Освещение в производственной деятельности, как фактор охраны труда, имеет большое значение. Недостаточное или неправильно устроенное освещение ухудшает зрение работников, вызывает общее утомление, ведет к снижению производительности труда, к увеличению брака в работе и может явиться одной из основных причиной травматизма. Естественное и искусственное освещение производственных и санитарно-бытовых помещений литейного цеха должно соответствовать нормам СанПин 2.1.2.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению».

Кроме естественного освещения через окна и аэрационные фонари в цехе применяется искусственное освещение. Для общего освещения используются газоразрядные источники света типа ДРИ и ДРЛ.

В соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования» освещение должно обеспечивать санитарные нормы освещённости на рабочих местах, равномерную яркость, отсутствие ярких теней, правильность направления светового потока.

Рекомендуемые значения освещённости приведены в таблице 5.7.

Непостоянство естественного света вызывает необходимость использования искусственного и комбинированного освещения.

Искусственное освещение осуществляется лампами накаливания, ртутными лампами мощностью 250, 400, 700, 1000 кВт. Местное освещение осуществляется установленными на высоте 3...4 м люминесцентными лампами. Предусматривается аварийное освещение для безопасного продолжения работы и выхода людей из помещения при внезапном повреждении освещения.

Таблица 5.7 – Рекомендуемые значения освещённости

Наименование участков операций	Рабочая поверхность	Нормируемая поверхность	Разряд зрительной работы	Общее освещение, ЛК	КЕО, $I_{т5}$ , % при освещении совмещённом
Погрузка и разгрузка материалов	площадка, загром	горизонталь	IV <sub>а</sub>	150	2,4
Плавление металла	печь	горизонталь, вертикаль	IV <sub>г</sub>	150	2,4
Загрузка шихты	загрузочная площадка, свод	горизонталь	VIII <sub>б</sub>	200	0,7
Изготовление форм	0,8 от пола	горизонталь	VI	300	1,8

## 5.2 Безопасность производственных процессов и оборудования

Безопасность литейного производства обеспечивается выбором техпроцессов и производственного оборудования, помещений и исходных материалов, способом их хранения, транспортирования, а также правильным размещением оборудования, установлением функций работающих, их обучением, использованием средств индивидуальной защиты.

Безопасность технологических процессов достигается соблюдением требований ГОСТ 12.2.003-91 (2001) – ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» и ГОСТ 12.3.002-75 (2000) – ССБТ «Процессы производственные. Общие требования безопасности», использованием средств индивидуальной защиты.

Правильная организация рабочих мест предполагает учет эргономических требований, предусмотренных ГОСТ 12.2.049-80 (2003) – ССБТ «Оборудование производственное. Общие эргономические требования».

Расстояние между единицами оборудования, а также между оборудованием и стенами производственных зданий, сооружений и помещений должно соответствовать ГОСТ 12.3.002-75 (2000) – ССБТ «Процессы производственные. Общие требования безопасности».

Для обеспечения безопасности операций по переработке исходных материалов, формовочные и шихтовые материалы хранят в закромах и бункерах. На все поступающие в цех шихтовые и формовочные материалы должны быть токсикологические характеристики. На участке приготовления суспензии, изготовления блоков, плавки стали, термообработки и выщелачивания имеется приточно-вытяжная вентиляция, пожарная сигнализация и средства пожаротушения.

Безопасность работ при заливке форм достигается механическим транспортированием расплавленного металла.

Оградительные устройства служат для предотвращения попадания человека в опасную зону, то есть в пространство, где возможно воздействие опасного или вредного производственного фактора.

Механизация и автоматизация техпроцессов освобождает рабочих от тяжелого физического труда, что снижает травматизм.



### *Модельное отделение*

В модельном отделении технологическое оборудование имеет высокую температуру поверхности, возможно испарение, горение составляющих модельного состава.

Безопасность труда обеспечивается:

- приточно-вытяжной вентиляцией для удаления вредных паров согласно ГОСТ 21.602-09 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Скорость отсасываемого воздуха не менее 0,7 м/с;
- оборудование для плавления модельных составов имеет систему терморегуляции и обогреваться паром;
- ограждением по периметру карусели у автомата изготовления модельных звеньев;
- средствами пожаротушения;
- закреплением на стенах памятки «НЕ КУРИТЬ»;
- снабжением рабочих специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.016-83(2001) – ССБТ «Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества».

Отделение изготовления оболочек.

На участке приготовления суспензии, применяемые в работе: технический спирт и этилсиликат-40 являются легковоспламеняющимися жидкостями, поэтому наличие противопожарных средств обязательно.

ЭТС-40 должен храниться в закрытой таре, в специально отведенном месте на складе химикатов, с надписью «НЕОПАСНО». Раз год производится проверка на содержание паров ЭТС-40. В соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.007-76 (2003) – ССБТ «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» содержание паров ЭТС-40 в воздухе не должно превышать 20 мг/м<sup>3</sup>.

Тары, в которых хранятся химикаты, должны быть в исправном состоянии и иметь этикетку с названием химиката. Хранение «неизвестных» материалов не допускается.

Учитывая это, в отделении проводится следующий комплекс мероприятий:

- рабочие снабжены специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.016-83 (2001) – ССБТ «Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества»;
- над емкостями в установках приготовления и нанесения суспензии установлена приточно-вытяжная вентиляция для удаления пыли и вредных паров согласно ГОСТ 21.602-09 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Объем отсасываемого воздуха не менее 1,0 м/с;
- гидролизёры снабжены системой циркуляции воды для поддержания необходимого температурного режима при гидролизе;
- установлены средства пожаротушения и тара с нейтрализатором кислоты;
- при наполнении кружек кислотой применяют УРАЖ (устройство для разлива агрессивных жидкостей);
- ванна для выплавки модельного состава в горячей воде оборудована укрытием и вентиляционной системой. Скорость отсасываемого воздуха 0,5 м/с.

#### *Плавильно-заливочное отделение*

Безопасность труда обеспечивается правильной эксплуатацией плавильных печей, разливочных ковшей и подъемно-транспортного оборудования, точным соблюдением шихтовки, подготовки печей и ковшей к плавке шихты.

В плавильном отделении используются индукционные печи, которые работают практически бесшумно.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.8 согласно ГОСТ 12.1.005-88 (2001) – ССБТ «Общие санитарно-

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		99

гигиенические требования к воздуху санитарной зоны» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Учитывая это, в цехе проводится следующий комплекс мероприятий:

- для предотвращения замыкания в системе электропитания индукционных печей на щитах и пусковых установках устанавливаются сигнальные лампы;

Таблица 5.8 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более
50 и более	35
25...50	70
не более 25	100

- для удаления вредных испарений над плавильными печами, печами проковки и в местах охлаждения форм установлена приточно-вытяжная вентиляция для удаления пыли и вредных паров согласно ГОСТ 21.602-09 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;
- процесс загрузки шихты в плавильные печи специальными механизированными устройствами;
- после каждого ремонта печи или ковша контролируется качество его выполнения;
- бункеры для шихты имеют угол наклона, обеспечивающий легкое соскальзывание материала;
- грузовые крюки, траверсы, сварные цепи мостового крана перед пуском в работу, подвергаются освидетельствованию, согласно правилам Ростехнадзора;
- на выходе из цеха имеется световое табло, во время работы крана на нем высвечивается надпись: «Проход закрыт. Работает кран»;
- печи снабжены системой контроля футеровки, которая измеряет утечку тока через футеровку печи, обеспечивает индикацию нормальной работы печи, с выдачей аварийного сигнала и отключением установки;

- безопасность выдачи расплава из плавильных печей достигается тщательной подготовкой и просушкой футеровки желобов печей и ковшей;
- заполнять ковш расплавленным металлом допускается не более чем на 7/8 его высоты;
- для предупреждения травматизма и защиты от теплового и электромагнитного излучения, рабочие снабжены специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.016-83(2001) – ССБТ «Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества»;
- электрогидравлическая установка полностью механизирована, оборудована блокировкой, закорачивающей батарею конденсаторов, обеспечена световым табло «Высокое напряжение».

Безопасная работа на складе шихты обеспечивается:

- автоматизацией операций навески шихты и доставки ее к печам;
- движущиеся и вращающиеся детали и механизмы имеют защитные ограждения;
- спецодежда для защиты от повышенных температур по ГОСТ 12.4.016-83(2001) – ССБТ «Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества»;
- запрещается загружать шихту в грузовую тару выше борта;
- емкости для хранения сыпучих материалов оснащены крышками, их передача производится пневмотранспортом.

Термообрубное отделение.

Вредными факторами термообрубного отделения являются выделение тепла от термической печи, образующиеся во время выщелачивания отливок испарения едкого калия, угарного газа, шум на станках.

Для снижения вредного влияния этих факторов предусмотрено следующее:

- станки и пресса оборудованы защитным ограждением;
- установлена приточно-вытяжная вентиляция для удаления пыли и вредных паров ГОСТ 21.602-09 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;
- рабочие снабжены спецодеждой и средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.016-83(2001) – ССБТ «Одежда специальная защитная. Номенклатура

показателей качества»;

- механизмы управления и обслуживания печи расположены в местах неподверженных воздействию высокой температуры и газов согласно ГОСТ 12.2.064-81(2001) – ССБТ «Органы управления производственным оборудованием. Общие требования безопасности».

### 5.2.1 Электробезопасность

Электробезопасность в литейном цехе, его отделениях должна обеспечиваться конструкцией электроустановок, техническими требованиями и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями, а также контролем по ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Цех точного литья по опасности поражения электрическим током относится ко второй категории согласно ГОСТ 12.1.019-79 (2001) – ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», характеризуется наличием химически активной среды, влажностью.

Для защиты электроустановок от перегрузки применяются плавкие предохранители. Рубильники располагаются в заземленных кожухах – ГОСТ 12.1.030-81 (2001) – ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» (особоопасное).

Защита от прикосновения к токоведущим частям электрических установок достигается изоляцией, ограждением и расположением в недоступных местах. Проверка изоляции проводится раз в два месяца. Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать: напряжения 2.0 В, силы тока 0.3 мА. По

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		102

ГОСТ 12.1.038-82 (2001) – ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

На электрощитах и питающих установках должна содержаться предупредительная надпись типа «Высокое напряжение. Опасно для жизни».

Все оборудование должно быть заземлено. Питающая разводка, проходящая к оборудованию, должна быть закрыта.

Для индивидуальной защиты в цехе должны применяться монтерские инструменты, резиновые перчатки, галоши, резиновые коврики, вспомогательные приспособления – ГОСТ 12.1.019-79 (2001) – ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

### 5.2.2 Пожаровзрывобезопасность

Пожаровзрывобезопасность производственных помещений и технологического оборудования литейного цеха во многом определяется наличием горючих газов, паров легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей, горючей пыли. Пожаровзрывобезопасность объекта должна обеспечиваться системой предотвращения взрыва и пожара, системой противопожарной защиты и организационно-техническими мероприятиями по ГОСТ 12.1.004-91(2004) – ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» и ГОСТ 12.1.010-76 (2004) – ССБТ «Взрывобезопасность. Общие требования».

Согласно федеральному закону № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года цех относится к категории В пожароопасных.

Наиболее частыми причинами пожаров служат нарушения технологического режима, неисправность электрооборудования.

В цехе постоянно присутствует расплавленный металл, горючие газы, пыль, пары, поэтому имеет место высокая взрывопожароопасность. Проектируемый цех

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		103

относится по пожарной опасности к категории «В». Регламентирующие условия пожарной безопасности определяются по ППР «Правила противопожарного режима». Общие требования» и согласно федеральному закону № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года.

Конструкция здания относится ко второй степени огнестойкости. В профилактических целях на участках устанавливаются щиты с противопожарным инвентарем, ящики с песком и огнетушители, сигнализаторы взрывоопасных концентраций и аварийную вытяжную вентиляцию.

В таблице 5.9 представлены температуры воспламенения материалов и гасящие материалы.

Парафины, применяемые в модельном отделении, относятся к горючим жидкостям и обладают температурой вспышки 158...195 °С.

Для предотвращения пожара от коротких замыканий и перегрузки электропроводки устанавливаются плавкие предохранители, а на электродвигателях – тепловые реле. Также предусматривается звуковая сигнализация и связь со службой пожарной охраны завода.

Таблица 5.9 – Пожаро- и взрывоопасные вещества, гасящие материалы

Вещество	Температура Воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С	Взрывоопасное содержание в воздухе, %	Материалы, применяемые при тушении пожара
Спирт этиловый	13	425	3,61...19,00	Ящик с песком, асбест, огнетушащие пены
Керосин	>40	465	0,64...7,00	
Этилсиликат	18	507	8,00...45,00	
СО	280...320	610	12,00...75,00	

Взрыв или возгорание газообразных или смешанных горючих веществ, смесей наступает при определенном содержании этих веществ в воздухе.

Основными мерами предупреждения взрывов является контроль концентрации пыли. Причем температура деталей оборудования, соприкасающихся с пылью должна быть ниже температуры воспламенения.

Для более раннего обнаружения начавшегося пожара и оповещения о нем, в цехе установлены электрическая пожарная сигнализация, а также используется телефонная сеть.

### 5.3 Охрана природной среды

Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды". Настоящий Федеральный закон регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации.

Литейное производство, как и другие отрасли промышленности, является загрязнителем окружающей среды. В процессе производства образуются различные газообразные отходы и пыль, которые загрязняют атмосферу, кроме того, происходит загрязнение воды, а также образование твердых отходов, таких как шлака, отработанной смеси и др. Наиболее крупными источниками пыли и газовыделений в атмосферу в литейном цехе являются: индукционные тигельные печи; участки складирования и переработки шихты, формовочных материалов; участки выбивки и очистки литья. Снижение, а по возможности предотвращение

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		105



попадания вредных веществ за пределы цеха, является основной задачей по охране природной среды.

### 5.3.1 Очистка выбросов в атмосферу

Для очистки вентиляционных выбросов в цехе используются аспирационные системы. Система аспирации включает в себя: бортовой отсос, который помогает уловить вредные выбросы, наклонные воздуховоды из толстостенной стали, которые отводят воздух с пылью от местного отсоса до улицы, высоконапорный вентилятор, систему очистки выбросов.

Для очистки воздуха, выбрасываемого вытяжной вентиляцией от содержания в нем вредных примесей в виде пыли неорганической и спирта этилового установлен циклон-промыватель типа ЦС-11-400 со степенью очистки 70 %, производительность по воздуху 970...1270 м<sup>3</sup>/ч.

Для очистки вентиляционных выбросов от загрязняющих веществ (пыли неорганической, пыли абразивной) применяются циклоны типа ВЦНИИОТ №9 со степенью очистки 65 %, производительность по воздуху 300 м<sup>3</sup>/ч.

В плавильном отделении уходящие газы от индукционных печей очищают от взвешенных в них твердых или жидких частиц электрофильтры и циклоны типа СИОТ № 4 со степенью очистки 73 %, производительность 6000 м<sup>3</sup>/ч.

Для удаления абразивно-металлической пыли из зоны обдирочно-шлифовальных станков применяют кожух-пылеуловитель КПТОК.

### 5.3.2 Очистка производственных сточных вод

Очистка сточных вод производится механическим способом. Для этого применяют отстойники и фильтры. Грубодисперсные частицы в зависимости от размеров улавливаются решетками, ситами, песколовками, септиками, а поверхностные загрязнения (нерастворенные и частично коллоидальные

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		106

загрязнения минерального и органического происхождения) – радиальным отстойником 2К-30М с производительностью по воде 2900 м<sup>3</sup>/ч.

Крошку отработанной керамики, полученную после предварительной чистки отливок, вывозят в отвал при соблюдении СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления». На одну тонну годного литья по выплавляемым моделям образуется 1100...200 кг керамической крошки. Ее вместе со шлаками плавильного производства, возможно использовать в дорожном строительстве, для засыпки отработанных карьеров, шахт и так далее. Отходы отработанной керамики относят к первому классу опасности. Степень вредного воздействия на окружающую среду очень высокая [15].

На одну тонну годного литья по выплавляемым моделям образуется 600...700 кг маршалитовых стоков и шлама после выщелачивания. Эти отходы перекачивают в очистные сооружения, где их нейтрализуют серной кислотой согласно СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления» и направляют в систему гидрошламоудаления для доочистки. Шлам в течении 3...4 часов обрабатывают острым паром, затем известью для извлечения из раствора 95 % щелочи. При захоронении остатка необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.3.027-2004 ССБТ – «Работы литейные. Требования безопасности».

Тепло отходящих газов термической печи и установки для сушки ковшей используется в хозяйственно-бытовых нуждах цеха. Получить водяной пар, необходимый для технологических нужд, позволяют котлы-утилизаторы.

### 5.3.3 Обезвреживание и утилизация отходов

Литейное производство характеризуется высоким расходом сырьевых и энергетических ресурсов, и поэтому очень важным является решение вопросов экономии и организации процессов замкнутого цикла.

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		107

Твердые отходы литейного цеха включают: отработанные стержневые смеси, просыпи и шлаки из отстойников пылеочистой аппаратуры. Данные отходы относятся к четвертой категории опасности. При условии соответствующего складирования и последующей рекультивации отходы не должны наносить серьезного ущерба окружающей среде.

С целью экономии ресурсов и снижения расхода исходных материалов, 80 % отходов литейного цеха (из расчета на одну тонну залитого металла) идет на дальнейшую переработку, для введения их в производственный цикл (регенерация отработанных смесей, переплав возврата и т.д.), остальные же 20 % увозятся в отвалы.

Одним из рациональных способов защиты литосферы от производственных отходов является освоение технологий по сбору и переработки отходов.

Данные отходы относятся к четвертому классу опасности. Согласно Федерального закона № 89-ФЗ от 24.06.98 г "Об отходах производства и потребления".

#### 5.4 Гражданская оборона и чрезвычайные ситуации

Федеральный закон «О гражданской обороне» от 12 февраля 1998 года № 28 (в ред. Федеральных законов от 09.10.2002 N 123-ФЗ, от 19.06.2004 N 51-ФЗ, от 22.08.2004 N 122-ФЗ) определяет задачи, правовые основы их осуществления и полномочия органов государственной власти Российской Федерации, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций в области гражданской обороны.(преамбула в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ).

Рассматривая завод как объект гражданской обороны, следует определить, где в первую очередь в полном объеме должны приниматься меры по защите людей и

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		108

оборудования от оружия массового поражения. При ядерном взрыве разрушение промышленных объектов происходит от воздействия ударной волны. Под воздействием гамма-излучения в живых организмах нарушаются биологические процессы, что приводит к тяжелым заболеваниям. Под воздействием тепловых излучений происходят пожары промышленных объектов. Исходя из этого, проектом предусмотрена система мероприятий по пожаротушению цеха. По наружному периметру здания проложен водопровод с интервалом 30 метров, предусмотрены пожарные краны.

Основным способом защиты людей от поражающих факторов являются:

- рассредоточение и эвакуация;
- укрытие людей в убежищах;
- обеспечение людей индивидуальными средствами защиты;
- организация специальных служб.

В проектируемом цехе предусмотрено специальное убежище, рассчитанное на рабочих и служащих. Убежище располагается в подвальном помещении административно-бытового корпуса.

На случай чрезвычайных ситуаций, определены места эвакуации людей, документации и оборудования, созданы аварийно-пожарные бригады из числа сменного состава.

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>109</i>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе были разработаны литейные технологии производства стальной отливки «Угольник поворотный» из стали марки 20Л ГОСТ 977-88.

Спроектированы плавильное и формовочное отделения цеха литья по выплавляемым моделям производительностью 1500 тонн в год из углеродистой стали.

Применение комплексной автоматической линии изготовления моделей, полуавтоматической линии изготовления оболочек, комплексной механизированной поточной линии прокаливания, формовки, заливки оболочек форм, выбивки охлаждения отливок, механизации взвешивания и транспортирования шихты позволили снизить трудоемкость продукции. А промышленные манипуляторы заменили человека на тяжелых, монотонных и вредных операциях.

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>110</i>

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Состояние и перспективы развития литейного производства России. – [http://www.unido-russia.ru/archive/num13/art13\\_9/](http://www.unido-russia.ru/archive/num13/art13_9/)
2. Чуркин, Б.С. Технология литейного производства: учебник / Б.С. Чуркин – Екатеринбург: Изд. Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2000. – 662 с.
3. Литье по выплавляемым моделям / В.Н. Иванов, С.А. Казеннов, Б.С. Курчман и др.; под общ. ред. Я. И. Шкленника, В. А. Озерова – 3-изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 408 с., ил.
4. Кулаков, Б.А. Производство отливок из сплавов цветных металлов. Специальные способы литья: Учебное пособие / Б.А. Кулаков, В.К. Дубровин, О.В. Ивочкина – Челябинск: ЮУрГУ, 2000. – 105 с.
5. Специальные способы литья: справочник / В.А. Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н. Бабич и др.– М.: Машиностроение, 1991. – 436с., ил.
6. Специальные способы литья: справочник / В.А. Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н. Бабич и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 436с.
7. Проектирование и реконструкция литейных цехов: учебное пособие к выполнению дипломного проекта / Б. А. Кулаков, Л. Г. Знаменский, О. В. Ивочкина и др. – Челябинск: ЮУрГУ, 2001. – 144 с., ил.
8. Оборудование фирмы «ОТТО JUNKER». – <http://www.ruscastings.ru/work/168/441/444/7361>.
9. Лакеев, А.С. Формообразование в точном литье / А.С. Лакеев. – Киев: Наукова Думка, 1986. – 256 с.
10. Производство отливок из сплавов цветных металлов. Специальные способы литья: учебное пособие / Б.А. Кулаков, В.К. Дубровин, О.В. Ивочкина – Челябинск: ЮУрГУ, 2000. – 105 с.
11. Степанов, Ю.А. Технология литейного производства: Специальные виды литья / Ю.А.Степанов, Г.Ф.Баландин, В.А.Рыбкин – М.: Машиностроение, 1983. – 287 с., ил.

					22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		111

12. Миляев, А.Ф. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов: учебное пособие / А.Ф. Миляев. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова. – 2001. – 410 с.

13. Чуркин, Б.С. Специальные способы литья: учебно-методическое пособие / Б. С. Чуркин, А. Б. Чуркин, Ю. И. Категоренко; под ред. Б. С. Чуркина. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2012. – 189 с.

14. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): учебное пособие для вузов / П.П Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев, Н.И. Сердюк – М: Высшая школа, 2001. – 319с., ил.

15. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / под ред. С.В. Белова. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.

					<i>22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		112

Компоненты шихты 20Л

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
46,075	52,129	1,736	0,010	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Стоимость, руб/т

9500,00	8000,00	19800,00	29000,00	62000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
---------	---------	----------	----------	----------	------	------	------	------	------	------	------

Количество  
компонентов

100,000

%

Стоимость

8925,07

руб

Химический состав шихтовых материалов

	X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
<b>C</b>	0,210	0,110	3,400	0,100	7,000							
<b>Mn</b>	0,675	0,520	0,500	0,40	65,000							
<b>Si</b>	0,360	0,320	0,700	75,000	6,000							
<b>S</b>	0,020	0,030	0,030	0,020	0,020							
<b>P</b>	0,020	0,025	0,200	0,040	0,300							

Изм.  
Лист  
№ докум.  
Подпись  
Дата

22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ

Лист  
113



**Компоненты оптимизированной шихты для выплавки стали  
20Л**

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
46,075	52,129	1,736	0,010	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Минимальная стоимость 1т шихты **8925,07** руб

Ограничения по  
хим.составу

min      normal      max

<b>C</b>	0,170	0,217	0,250
<b>Mn</b>	0,450	0,623	0,900
<b>Si</b>	0,200	0,355	0,520
<b>S</b>	0,000	0,025	0,040
<b>P</b>	0,000	0,026	0,040

<b>X1</b>	Возврат 20Л ГОСТ 2787-86
<b>X2</b>	Лом стальной 17А ГОСТ 2787-86
<b>X3</b>	Чугун пердедельный П1 ГОСТ 805-95
<b>X4</b>	Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-93
<b>X5</b>	Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91

22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

114

Лист

**Компоненты шихты 45Л**

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
44,620	51,220	4,100	0,010	0,050	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Стоимость, руб/т**

9700,00	8000,00	19800,00	29000,00	62000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
---------	---------	----------	----------	----------	------	------	------	------	------	------	------

Количество  
компонентов

**100,000**

%

Стоимость

**9271,44**

руб

**Химический состав шихтовых материалов**

	X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
<b>C</b>	0,460	0,110	3,400	0,100	7,000							
<b>Mn</b>	0,675	0,520	0,500	0,400	65,000							
<b>Si</b>	0,360	0,320	0,700	75,000	6,000							
<b>S</b>	0,020	0,030	0,030	0,020	0,020							
<b>P</b>	0,020	0,025	0,200	0,040	0,300							

Изм.  
Лист  
№ докум.  
Подпись  
Дата

22.03.02.2020.508.00.00 ПЗ

Лист  
115

**Компоненты оптимизированной шихты для выплавки стали  
45Л**

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
44,620	51,220	4,100	0,010	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Минимальная стоимость 1т шихты **9271,44** руб

Ограничения по  
хим.составу

min      normal      max

<b>C</b>	0,420	0,405	0,500
<b>Mn</b>	0,450	0,621	0,900
<b>Si</b>	0,200	0,364	0,520
<b>S</b>	0,000	0,026	0,040
<b>P</b>	0,000	0,030	0,040

<b>X1</b>	Возврат 45Л
<b>X2</b>	Лом стальной 17А ГОСТ 2787-86
<b>X3</b>	Чугун пердедельный П1 ГОСТ 805-95
<b>X4</b>	Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-93
<b>X5</b>	Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91

22.03.2020.0508.00.00 ПЗ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

1/6

Лист