

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт

Кибернетики

Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»

Кафедра

Технология автоматизированных
машиностроительных производств

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка технологии изготовления литейной формы с помощью специализированных САПР

УДК 621.774.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Комарь Сергей Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шамина Ольга Борисовна	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Юлия Игоревна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовойтова Марина Игоревна	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТАМП	Арляпов Алексей Юрьевич	к.т.н.		

Томск – 2016г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики
Направление подготовки (специальность) 15.04.01 «Машиностроение»
Кафедра «Технология автоматизированного машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ41	Комарю Сергею Андреевичу

Тема работы:

Разработка технологии изготовления литейной формы с помощью специализированных САПР	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	18.02.2016 №947/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.2016
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является проектирование литейной формы для детали «щит подшипниковый». Дано: 1. Чертёж детали «Щит подшипниковый» 2. Технические требования к литейной оснастке 3. Техническое оснащение производства
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Обзор литературы по теме исследования 2. Выбор оптимальной САПР 3. Проектирование отливки 4. Анализ процесса литья в САПР 5. Проектирование литейной формы 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 7. Социальная ответственность.

Перечень графического материала	1. Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point) 2. Кокильная оснастка – 8 листов формата А1
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Шамина Ольга Борисовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шулинина Юлия Игоревна
Социальная ответственность	Пустовойтова Марина Игоревна
Исследовательский (на англ. яз.)	Степура Светлана Николаевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: Обзор литературы, постановка целей и задач исследования	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шамина О.Б.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Комарь Сергей Андреевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 121 стр., содержит 43 рис., 22 табл., 31 источник, 9 прил.

Ключевые слова: литейная форма, система автоматизированного проектирования (САПР), LVMFlow, кокиль, технология изготовления.

Объектом исследования является литейная форма для детали «щит подшипниковый».

Цель работы – моделирование литейной формы, анализ дефектов, напряжений и деформаций с помощью пакета LVMFlow.

В процессе исследования проводились: проектирование отливки детали «щит подшипниковый», моделирование технологии производства отливки, разработка кокильной оснастки.

В результате исследования спроектирована отливка детали «щит подшипниковый», смоделирована технология производства литья, разработана кокильная оснастка.

Спроектированные оснастка и отливка соответствуют техническим требованиям.

Область применения: машиностроение.

Экономическая эффективность/значимость работы: повышение производительности и качества изготовления литейной формы.

Оглавление

РЕФЕРАТ	4
Аннотация	7
ВВЕДЕНИЕ.....	8
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	13
1. НАЗНАЧЕНИЕ ДЕТАЛИ И ЕЁ ОПИСАНИЕ	13
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ 3D-МОДЕЛИ ОТЛИВКИ «ПОДШИПНИКОВЫЙ ЩИТ».....	16
2.1. Припуски на механическую обработку и допуски на размеры отливки	16
2.2. Линейная усадка сплавов, заливаемых в кокиль.....	16
2.3. Требования к конструкции деталей, отливаемых в кокиль	17
3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВКИ.....	21
3.1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОГРАММ.....	21
3.1.1. Программа моделирования литейных процессов LVMFlowCV	21
3.1.2. Программа моделирования литейных технологий ProCAST	22
3.1.3. Программа моделирования литейных процессов CastCAE.....	23
3.1.4. Программа моделирования литейных процессов PoligonSoft.....	26
3.2. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ В СИСТЕМЕ LVMFlow	31
3.2.1. 3D-Импорт	33
3.2.2. База данных.....	35
3.2.3. Начальные условия	41
3.2.4. Моделирование заполнения и кристаллизация.....	46
3.2.5. Моделирование заполнения литейной формы и образования усадочных дефектов	49
3.2.6. Анализ работы питания отливки и образования усадки	57
3.2.7. Моделирование напряжений отливки после затвердевания.....	60
3.3. РАЗРАБОТКА КОКИЛЬНОЙ ОСНАСТКИ.....	65
3.3.1. Классификация кокилей	66
3.3.2. Стойкость кокилей	68
3.3.3. Материал кокилей	69

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	74
4.1 Описание предприятия	74
4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	75
4.3 SWOT-анализ.....	77
4.4 Инициация проекта	78
4.4.1 Цели и результат проекта.....	78
4.4.2. Организационная структура проекта	79
4.4.3 Ограничения и допущения проекта	79
4.5 План проекта.....	80
4.6 Бюджет научного исследования.....	83
4.7 Матрица ответственности	87
4.8 Реестр рисков проекта	88
4.9 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	89
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	95
5.1 Анализ опасных и вредных факторов.....	95
5.1.1Производственный шум	96
5.1.2 Электромагнитное и ионизирующее излучения.....	97
5.1.3 Поражение электрическим током	98
5.2. Эргономический анализ трудового процесса	100
5.2.1 Микроклимат.....	100
5.2.2 Освещение	101
5.2.3 Эргономические требования к рабочему месту	105
5.3. Разработка мер защиты от опасных и вредных факторов	111
5.4 Пожарная безопасность	113
5.4.1 Причины возникновения пожара	113
5.4.2 Профилактика пожара	113
5.4 Охрана окружающей среды	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	121
ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ	123

Аннотация

Литье и кокиль является одним из прогрессивных методов производства отливок, обеспечивающих резкое повышение производительности труда. Использование пакета LVMFLOW позволяет существенным образом упростить процесс проектирования литейной формы с учётом протекания процесса перехода материала из жидкого состояния в твёрдое. В работе приведены расчет литейных дефектов, напряжений и деформаций, оптимизация технологического процесса изготовления отливки «Щит подшипниковый» за счет уменьшения размеров питательных элементов литниковой системы с повышением коэффициента выхода пригодного литья. На основе результатов моделирования процесса литья спроектирована 3D-модель модельно-стержневой оснастки для разработки управляющих программ для изготовления оснастки на станках с ЧПУ.

ВВЕДЕНИЕ

Литье и кокиль обеспечивает не только высокую точность отливок, но и высокий процент выхода годного литья, значительное улучшение механических свойств металла отливки, а также резкое повышение производительности труда и улучшение санитарно-гигиеничных условий труда. Литье в кокиль рекомендуется применять при серийности не менее 300—500 мелких отливок или 50—150 средних. В случаях, когда применение металлических форм позволяет получить отливки высокого качества и заданную структуру металла, требования к серийности могут быть снижены [3].

Литьё в кокиль используется для изготовления различных по назначению отливок из стали, чугуна и цветных сплавов. Наиболее технологичны алюминиевые, магниевые и медные сплавы, менее — железоуглеродистые сплавы и особенно сталь. Это объясняется тем, что с повышением температуры плавления используемого для литья сплава уменьшается стойкость кокиля [2]. Кроме того, большие скорости охлаждения расплава и затвердевшей отливки приводят к возникновению в ней повышенных напряжений, а в чугунной отливке возможен поверхностный или сквозной отбел по сечению стенки. Отбел является дефектом структуры отливок из серого чугуна и обнаруживается в тонких частях отливок или около остроугольных кромок. Причина образования отбела — пониженное содержание углерода и кремния в чугуне или повышенное содержание карбидообразующих элементов: хрома, титана, марганца, ванадия, которые могут попасть в чугун из чушковых чугунов или легированного стального лома.

В ручных и механизированных кокилях чаще всего изготавливают стальные отливки простой конфигурации со стенками толщиной более 6 мм и массой от нескольких килограммов до 14 т; чугунные отливки простой конфигурации с отбеленной поверхностью, плотной структурой и

повышенной герметичностью, а также отливки, к которым не предъявляют каких-либо требований по структуре; отливки из чугуна с вермикулярной или шаровидной формой графита со стенками не менее 8 мм; отливки средней сложности до 100 кг массой из алюминиевых сплавов с толщиной стенок не менее 4 мм; простые и средней сложности отливки из магниевых сплавов массой не более 50 кг и толщиной стенки не менее 5 мм; отливки из латуни со стенками не меньше 4 мм и размерами в плане до 600x700 мм [1].

Технологическая возможность изготовления отливки в кокиле зависит от конструкции литой детали и литейных свойств используемого сплава. Так с уменьшением толщины стенки и размеров отливки возрастают трудности ее производства и ухудшается технологичность литья. Полученные в кокиле отливки с тонкими стенками могут иметь недоливы, стальные и чугунные — трещины, а чугунные — поверхностный или сквозной отбел. Технологичность литья ухудшается и с увеличением числа отливаемых в отливке отверстий и повышением температуры плавления используемого сплава. Чем выше температура заливаемого в кокиль расплава, тем меньше его стойкость [3].

Сложность и специфичность процесса литья в кокиль приводят к тому, что уже на этапе разработки литейной технологии инженер-литейщик сталкивается со следующими трудностями:

- выбор оптимальной литниково-питающей системы (ЛПС);
- выбор температуры заливки;
- выбор оптимальной скорости течения расплава;
- предотвращение колебания скоростей потока в процессе заливки.

Развитие техники литейного производства привело к созданию систем автоматических машин, автоматических линий и автоматических комплексов машин для литья. Элементом литейной технологии является то, что обрабатываемый материал приобретает определенную конфигурацию, и свойства во время перехода из жидкого состояния в

твердое. Условия протекания перехода во многом определяют качество изделия — отливки, а также производительность процесса и, в конечном счете, эффективность производства. На основе знания закономерностей протекания этих процессов необходимо создавать оборудование, позволяющее в режиме реального времени управлять формированием свойств отливок. Дальнейшее совершенствование литейной технологии, создание действительно автоматических систем машин для изготовления отливок должны основываться, прежде всего, на управлении процессом формирования качественной отливки. При подготовке технологического процесса литья металлов возникает необходимость принятия решений в условиях недостатка информации о физической картине процесса. Это связано с проблемами анализа явлений переноса (гидродинамики, теплопередачи, фазовых превращений), происходящих в условиях реального производства. Применение систем, позволяющих визуализировать и понять природу процесса литья, даёт возможность значительно усовершенствовать процесс проектирования и производства отливок. При этом экономятся важнейшие ресурсы — металл, рабочее время, электроэнергия. Результатом использования прикладных пакетов визуализации литья является точное знание протекающих в сплаве физических явлений, позволяющее вносить необходимые коррективы на стадии проектирования, что значительно снижает процент брака, помогает повысить качество продукции и одновременно снизить ее себестоимость. Применение наукоемких технологий, в частности, систем компьютерного моделирования физико-химических процессов, происходящих во время формирования отливки, позволяет, с одной стороны, переходить к отливкам все более и более сложной формы, используя все большую номенклатуру сплавов, с другой стороны, сокращать затраты на отладку технологии, заменяя натурный эксперимент вычислительным.

Компьютерное моделирование и оптимизация литейных технологий является важным направлением в развитии программных продуктов

компьютерного инженерного анализа - CAE - Computer Aided Engineering. Компьютерная программа дает возможность проследить, что происходит при заполнении расплавом формы и в дальнейшем - при охлаждении и затвердевании металла. CAE-программы позволяют находить дефекты разной природы в отливке на стадии проектирования, использовать разные модификации в технологии, сравнивая ожидаемое качество отливки для предложенных модификаций и выбирая оптимальный вариант технологии и литниково-питающей системы. Современные программы компьютерного моделирования, основанные на физических теориях тепловых, диффузионных, гидродинамических и деформационных явлений способны адекватно отразить картину физико-химических процессов, происходящих при заполнении жидким металлом формы, кристаллизации многокомпонентного сплава, отжига и т.д.[21]

Ниже приведена схема проектирования литейной технологии на ООО «Гусиноозерское литье» (рис. 1).

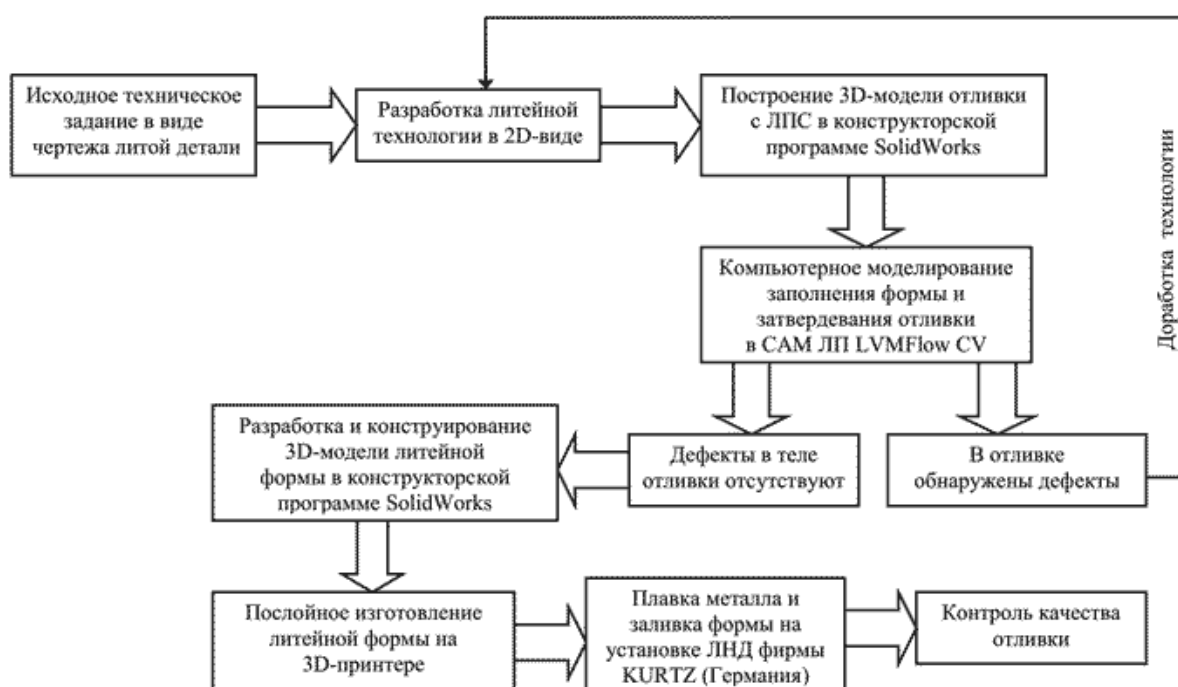


Рис. 1. Последовательность проектирования литейной технологии, внедренная на предприятии

Использование прикладных CAD / CAE программ позволяет существенно упростить процесс проектирования литейной технологии.

Система автоматизированного проектирования CAD обеспечивает геометрическое моделирование и визуализацию изделий или их деталей в двух или трех измерениях. В современную CAD-систему входят следующие модули: моделирование объемной конструкции; изготовление и оформление чертежей; введение текстовой конструкторской документации; заполнение технологических карт. Средства CAE в свою очередь позволяют выполнить разнообразные расчеты напряжения, деформаций, теплообмена, распределения магнитного поля, потока жидкостей и других параметров сплошных сред, а также технических систем в целом [17].

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

1. НАЗНАЧЕНИЕ ДЕТАЛИ И ЕЁ ОПИСАНИЕ

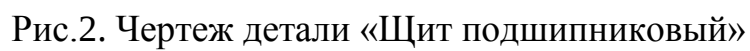
В электрических машинах применяются различные по конструкции подшипниковые щиты, отличающиеся друг от друга формой, размерами и материалом, из которого они изготовлены. Подшипниковые щиты служат соединительной деталью между статором и ротором. Несмотря на большое разнообразие конструкций щитов, по назначению их можно разделить на два вида:

- а) подшипниковые щиты для электрических машин на лапах, служащие только соединительной деталью;
- б) фланцевые подшипниковые щиты для электрических машин без лап, которые являются не только соединительной деталью, но и служат для установки и крепления электрической машины на исполнительном механизме. Такие подшипниковые щиты в отличие от обычных имеют присоединительный фланец.

На рис. 2, 3 приведён чертёж детали «Щит подшипниковый», выполненный в САД программе Компас-3D.

От жесткости, качества изготовления и точности взаимного расположения поверхностей щита зависит долговечность работы подшипников и некоторые энергетические показатели электрических машин. В связи с этим к подшипниковым щитам предъявляются определенные требования: замок и отверстие под подшипник должны быть концентричными, т. е. иметь общую ось. У фланцевых подшипниковых щитов с этими поверхностями должна быть концентрична также присоединительная поверхность (заточка фланца, которой электрическая машина соединяется с исполнительным механизмом). Отверстие под подшипник обрабатывается с высокой точностью (1—2-й класс) и

100



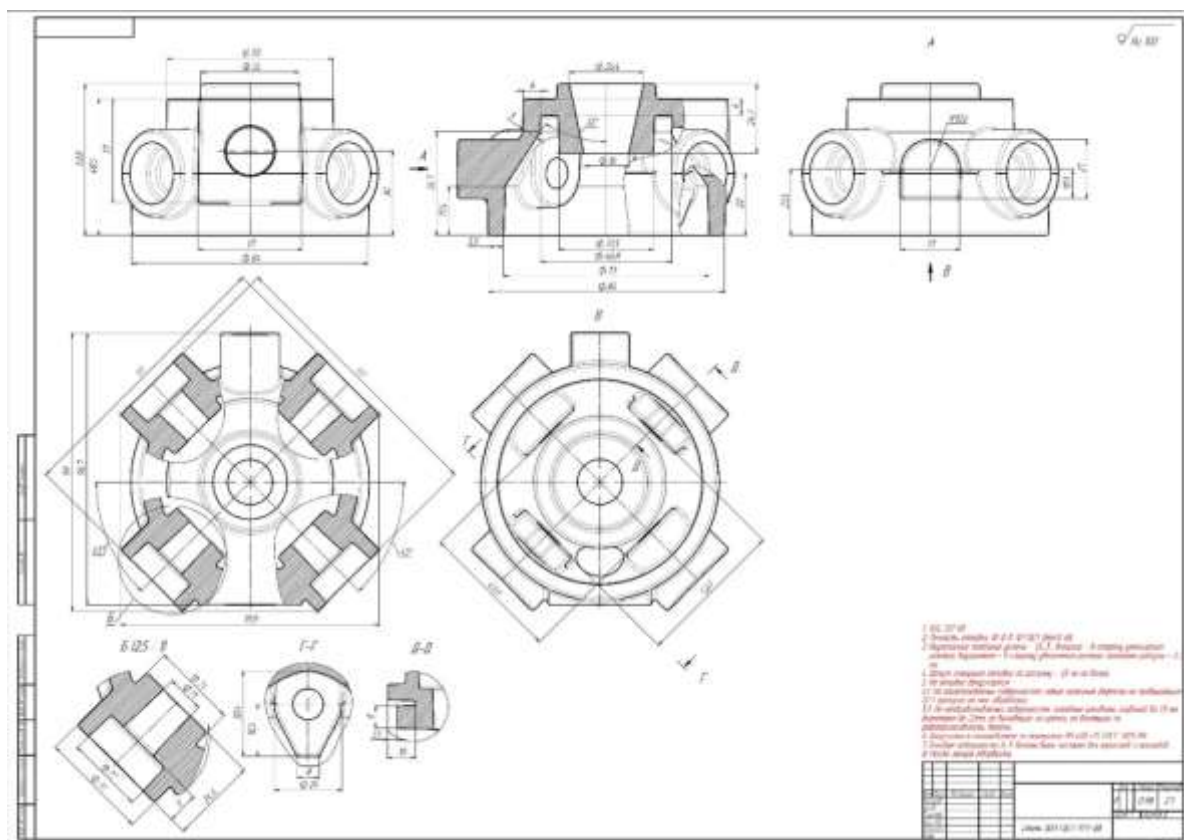


Рис.3. Чертеж детали «Щит подшипниковый»

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ 3D-МОДЕЛИ ОТЛИВКИ «ПОДШИПНИКОВЫЙ ЩИТ»

Заготовки подшипниковых щитов получают методом литья из стали, чугуна и алюминия (машины малых габаритов) для асинхронных двигателей и стали — для электрических машин постоянного тока.

Согласно табл. 148 [3, стр. 244-246] отливка относится к 5-ой группе по ГОСТ 977-88 изготавливается литьем стали 30Л в кокиль, имеет фасонные контуры, из-за конфигурации детали включающей в себя 6 отверстий, применяются песчаные клееные стержни. Для удобства извлечения из формы, производится в форме с одной горизонтальной плоскостью разъема. Точность отливки – по ГОСТ 26645-85. Габаритные размеры детали - 90x97x52 мм. Масса детали – 0,70 кг. Габаритные размеры отливки - 90x97x52 мм. Масса отливки – 0,70 кг.

2.1. Припуски на механическую обработку и допуски на размеры отливки

При литье в металлические формы припуски на механическую обработку назначаются меньшие и допуски на размеры более жесткие, чем при литье в песчаные формы (табл. 144 и 145, [3, стр. 240-241]).

Согласно рекомендаций назначаем припуски на механическую обработку для стальной отливки.

Для габаритов детали 90x97x47 мм принимаем припуски обрабатываемых наружных и внутренних поверхностей от 0,5 до 1,5 мм.

2.2. Линейная усадка сплавов, заливаемых в кокиль

Ввиду сложности расчетного определения величины фактической усадки отливок, особенно крупных, рекомендуется при назначении усадки руководствоваться опытом отливки подобных деталей. После уточнения величины усадки производят доводку форм.

При разогреве металлической формы ее размеры увеличиваются, что особенно сказывается на размерах отливок больших габаритов. Поэтому при подсчете размеров рабочей полости формы для больших отливок необходимо учитывать тепловое расширение полости формы при нормальной ее работе.

Для стали 30Л линейная усадка составляет 2,2-2,3%.

2.3. Требования к конструкции деталей, отливаемых в кокиль

К кокильным отливкам предъявляются следующие требования:

- толщина стенок должна быть достаточной, чтобы форма целиком заполнилась жидким металлом при нормальном технологическом режиме;
- прямолинейных разъемов;
- у отливок не должно быть резких переходов от толстых стенок к тонким, большого количества выступающих частей, углублений и острых внутренних углов;
- конструкция отливки должна по возможности обеспечивать получение ее внешних контуров за счет поверхности кокиля, т. е. без применения стержней.

По табл. 147 [3, стр. 243] принимаем радиусы скруглений внутренних углов отливки – 1 мм, уклоны на внешних вертикальных стенках по периметру отливки – 3°, уклоны на стенках внутренних полостей отливки, образуемых песчаными стержнями - 1°-1,5°.

Чертёж отливки (рис.4),а также геометрические модели отливки с литниковой системой (рис.5), формообразующих элементов и модельно-стержневой оснастки выполнены в параметризированной системе автоматического проектирования SolidWorks. Путем построения эскизов на плоских поверхностях и в пространстве и выполнением над ними операций твердотельного или поверхностного моделирования можно получить геометрические формы любой сложности.

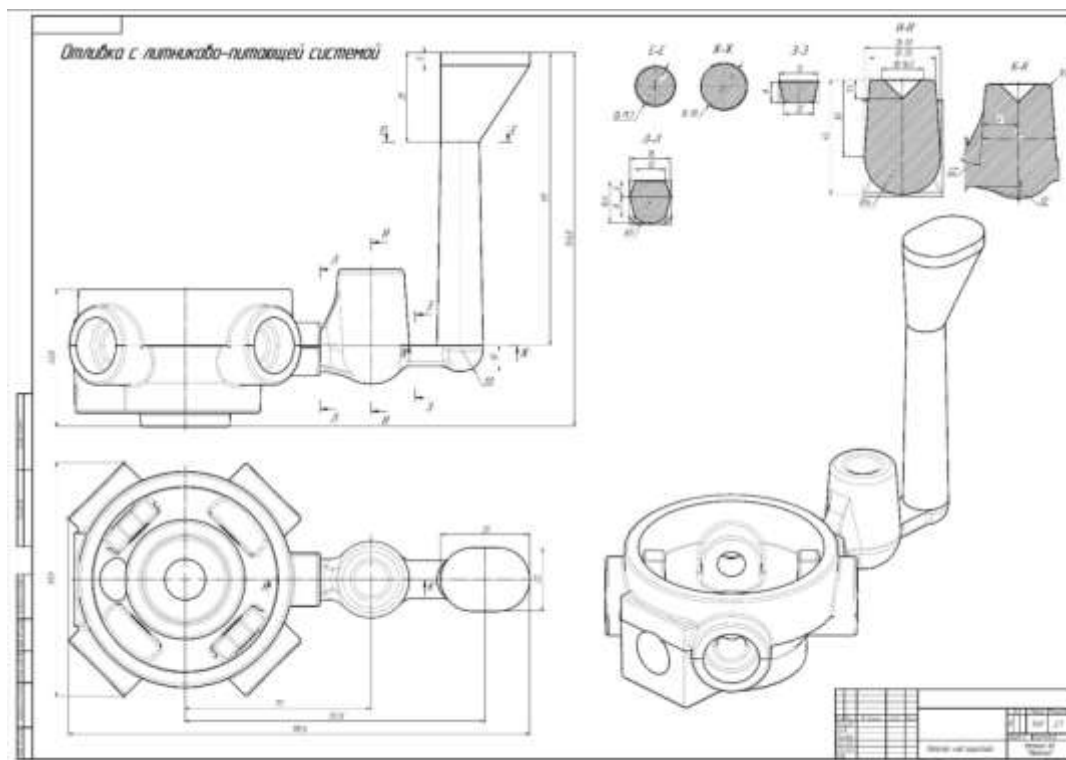


Рис.4. Чертеж отливки с литниково-питающей системой «Щит подшипниковый»

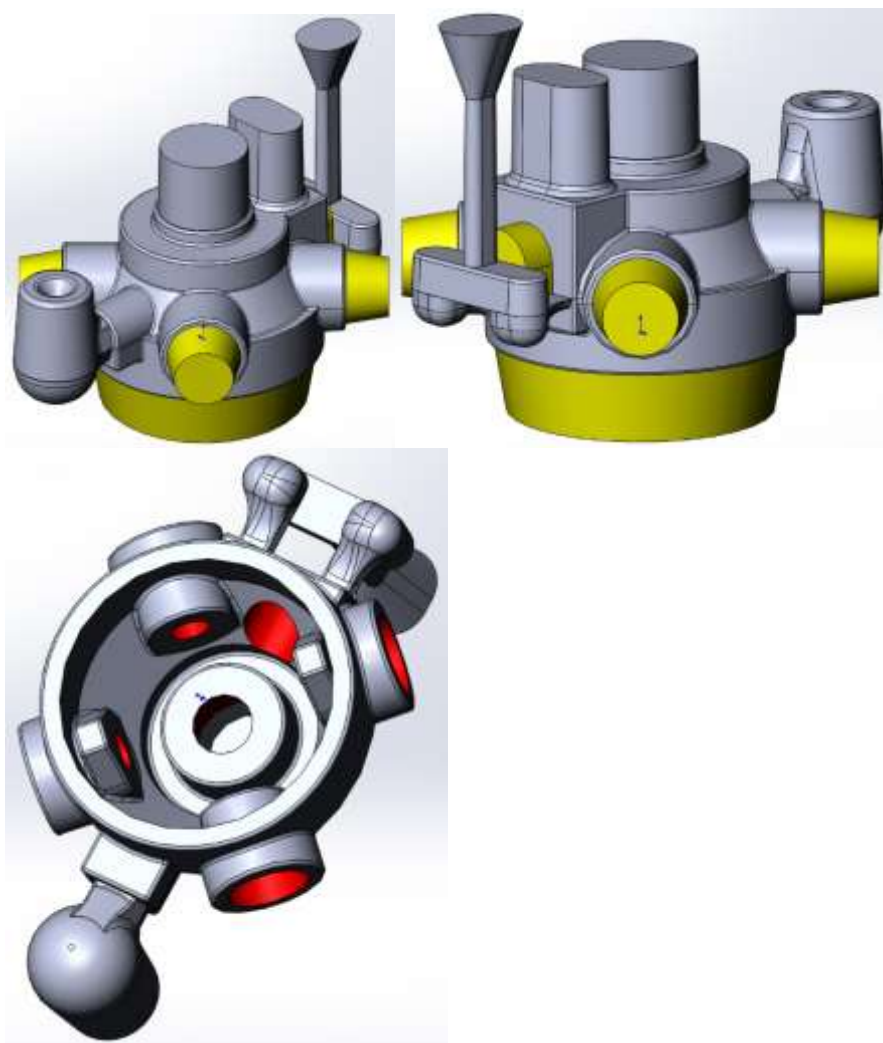


Рис. 5. Отливка с литниковой системой, созданная в SolidWorks

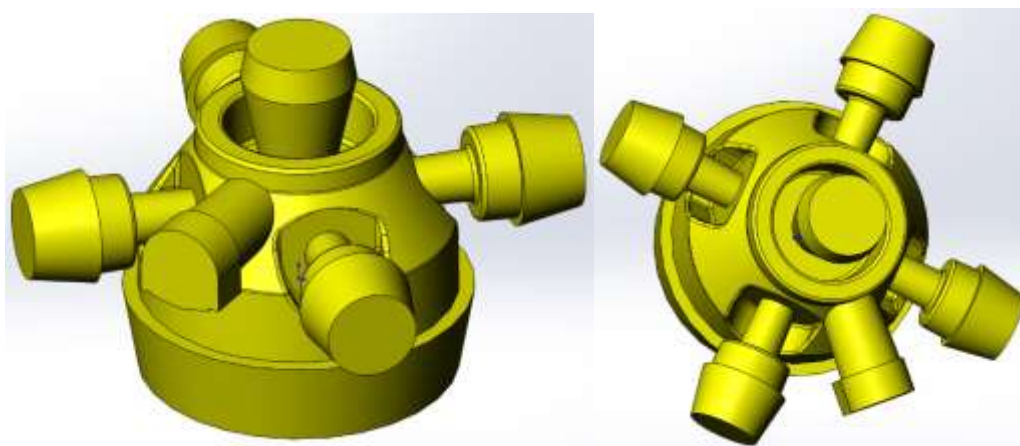


Рис. 6. 3D модели сборки песчаных стержней

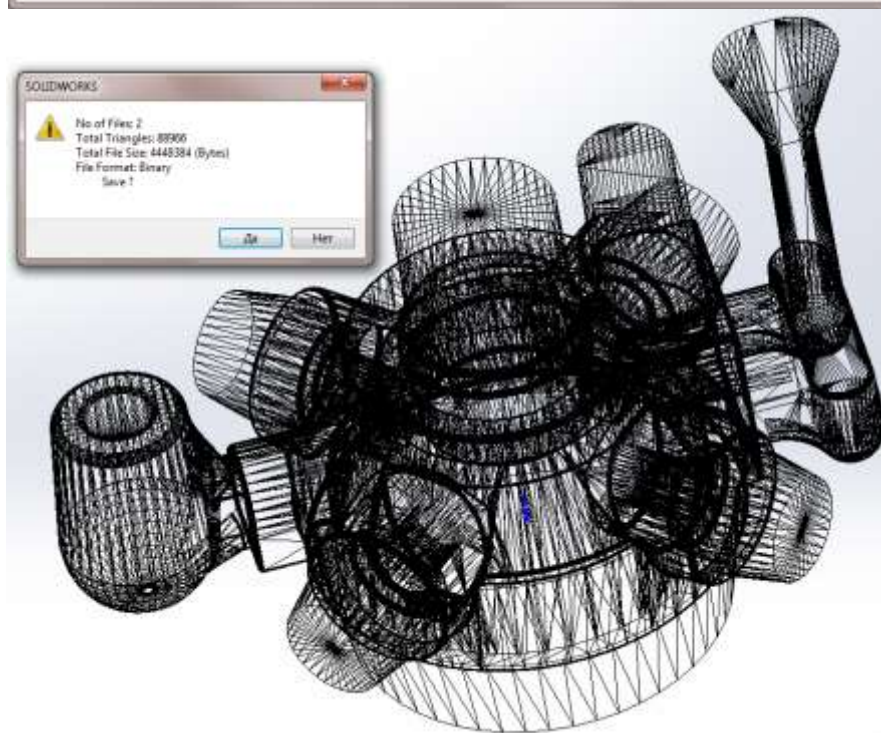
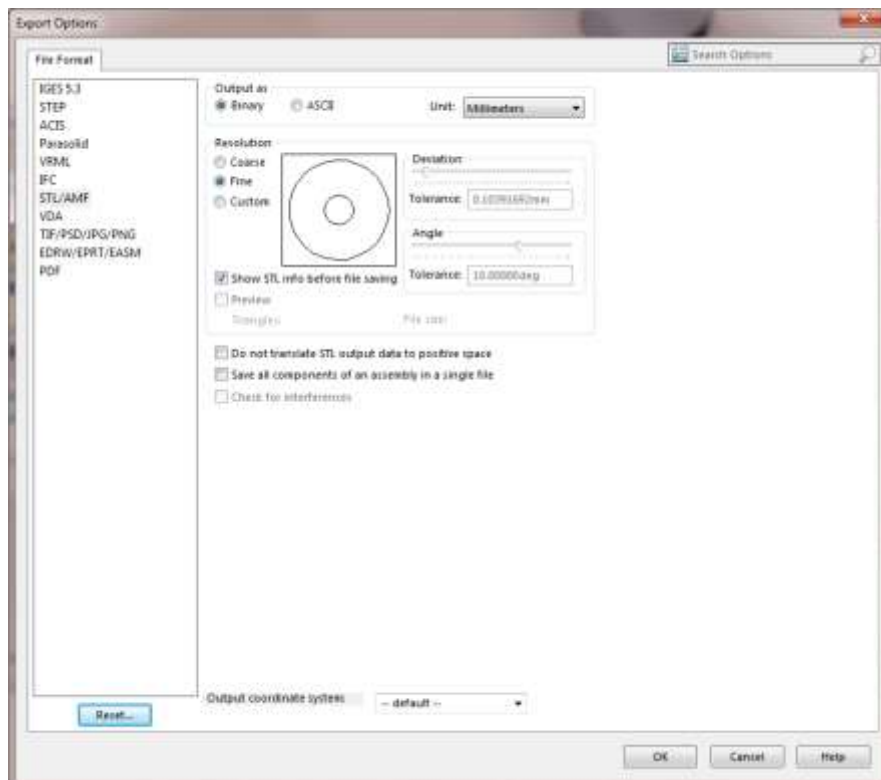


Рис. 7. Перевод геометрии SolidWorks в формат STL

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВКИ

При разработке литейной технологии классическим методом «проб и ошибок» решение технологических трудностей, описанных выше, существенно замедляет процесс освоения нового изделия и в силу специфичности способа литья в кокиль несёт с собой большие материальные затраты. В связи с этим в настоящее время для ускорения процесса разработки литейной технологии применяется компьютерное моделирование.

3.1. Сравнительный анализ существующих программ

В настоящее время наиболее известны такие программные продукты, как LVMFlowCV, ProCAST, MAGMASOFT, CastCAE, SOLIDCast, PoligonSoft и WinCast. Они различаются по применяемым численным методам, анализируемым видам литья, объему базы данных материалов, используемым операционным системам, получаемым результатам, требованиям к аппаратной поддержке и др.

3.1.1. Программа моделирования литейных процессов LVMFlowCV

Версия LVMFlowCV может использоваться практически для всех литейных процессов:

- литье в землю;
- литье в кокиль;
- литье под высоким давлением;
- литье под низким давлением;
- литье по выплавляемым моделям.

Применение LVMFlowCV позволяет:

- оптимизировать режимы заливки сплава и затвердевания отливки;
- оптимизировать литниковую систему.
- анализировать процессы литья при использовании различных материалов (углеродистые стали; легированные стали; чугуны серые, белые, ковкие и высокопрочные; алюминиевые, титановые, бронзовые, магниевые сплавы, а также сплавы на никелевой и медной основе и др.)

Также LVMFlowCV существенно ускоряет исследовательскую работу по проектированию отливок, обеспечивая хорошее совпадение результатов расчета с экспериментальными данными.

3.1.2. Программа моделирования литейных технологий ProCAST

Система ProCAST базируется на методе конечных элементов, что обеспечивает высокую точность описание геометрии отливки и формы расчетной модели, учет большинства процессов теплового, кристаллизационного, металлургического, напряжено-деформированного характера.

Виды моделируемых технологий

- литье в песчаные формы
- литье в кокиль
- литье в оболочковые формы
- литье по выплавляемым моделям
- литье под высоким давлением
- литье под регулируемым давлением (включая литье под низким давлением, с противодавлением и вакуумным всасыванием)
- литье по газифицируемым моделям
- центробежное литье
- непрерывное и полунепрерывное литье
- тиксолитье (литье металла в твердожидком состоянии).

В оболочку VisualCAST включены инструменты для более точного определения начальных условий технологического процесса: расчет скорости заливки из стопорного ковша, контроль уровня заполнения металла в литниковой воронке, расчет коэффициентов теплоотдачи для каналов охлаждения формы и др.

База данных VisualCAST включает специализированный термодинамический модуль для расчета тепловых и механических свойств сплавов по требуемому химическому составу. Таким образом, полностью исключается проблема поиска необходимых свойств отечественных марок сплавов или подбор их аналогов из зарубежных стандартов.

Рассчитываемые теплофизические свойства сплава:

- теплопроводность;
- плотность;
- энтальпия;
- вязкость;
- кривая выделения твердой фазы;
- температуры Ликвидуса и Солидуса.

Получаемые механические свойства сплава:

- модуль Юнга;
- коэффициент Пуассона;
- коэффициент линейного расширения;
- предел текучести.
- расширения
- предел текучести

3.1.3. Программа моделирования литейных процессов CastCAE

Для проведения расчетов в программу CastCAE необходимо загрузить геометрическую модель полости литейной формы и указать границы области, заполненной песчано-глинистой смесью. Геометрическая модель может быть приготовлена в любой CAD-системе, конвертируемой в

формат STL.

На геометрической модели отливки и формы строится сетка, состоящая из кубических ячеек одинакового размера. Затем из базы данных выбираются материалы для отливки и формы. Обширность базы данных материалов является важной характеристикой программы, так как свойства материала зависят от температуры, при этом отсутствие в базе данных нужного материала вызывает необходимость дополнительного исследования для определения свойств материала.

После проведения расчетов программа выдает пользователю большое количество различных результатов, позволяющих всесторонне проанализировать процесс. Можно увидеть процесс заполнения формы, поле векторов скоростей расплава, температурное поле, значения критерия Ниями в различных точках отливки, степень пористости металла, степень проницаемости его X-лучами. Существует два вида представления результатов: изменение поля во времени и изменение поля в пространстве (томография — можно *IZ'* просмотреть в любом слое элементов). Входящий в состав пакета модуль CastDesign позволяет оценить степень использования питающих элементов и определить зоны их действия, что в ряде случаев позволяет уменьшить вес отливки. Модуль CastCheck позволяет оценить технологичность проектируемой детали.

Применение программы CastCAE позволяет сберечь 15-20% используемой энергии, увеличить коэффициент использования металла до 0,75 за счет снижения веса отливки, сократить время процесса, а следовательно, повысить производительность. Вес отливок уменьшается примерно на 5%. Применение CastCAE снижает процент брака в среднем на 84%.

Программа моделирования литейных процессов SOLIDCast

SOLIDCast позволяет увидеть процесс кристаллизации отливки до производства оснастки, обнаружить и исправить ошибки.

SOLIDCast может применяться для моделирования заливки серого и ковкого чугунов, сталей, алюминиевых, магниевых, медных и никелевых сплавов. С помощью SOLIDCast возможно смоделировать процессы литья в землю, в кокиль, по выплавляемым моделям.

Основные функции программы:

Сбор данных (Температура) - используется для создания ряда виртуальных термодатчиков, которые помогут отследить изменение температуры в отливке и форме.

Раннее заполнение формы с наклоном - позволяет определить процент наклона формы, при котором большая часть или весь металл будет залит в форму. Заполнение формы произойдет до завершения наклона. Например, при наклоне формы на 90° можно установить, чтобы 90% всего объема металла заливалось при наклоне формы наполовину (45°).

Форма фильтра - создает прямоугольный элемент фильтра с указанной пропускной способностью в STL-файле. STL-файл можно добавить к модели в SOLIDCast для расчета заполнения формы сплавом через фильтр.

Вычисление свойств литейных чугунов

Расчет параметров ковша

Параметры расчета - позволяет регулировать такие параметры настройки как:

- Уменьшение коэффициента теплопередачи между формой и металлом в точке соприкосновения (для постоянных форм);
- Питание тепловых центров (для безприбыльных чугунных отливок);
- Моделирование литья под низким давлением;
- Настройки SOLIDCast для заполнения формы при горизонтальной ЛПС;
- Настройки SOLIDCast для заполнения формы при вертикальной

ЛПС;

- Установки временного шага сохранения данных термопар.

3.1.4. Программа моделирования литейных процессов PoligonSoft

СКМ ЛП «ПолигонСофт» (PoligonSoft) — пакет программ, позволяющий моделировать заполнение формы расплавом, перенос тепла при кристаллизации (теплопроводностью, конвекцией и излучением), образование усадочных дефектов (раковины, макро- и - микропористость), напряжения и деформации (включая критерий образования трещин). Кроме того, «ПолигонСофт» имеет специальные возможности для моделирования направленной кристаллизации, непрерывного литья, литья под высоким и низким давлением и критериального анализа полученных результатов.

СКМ ЛП «ПолигонСофт» может быть использована для моделирования большинства литейных технологий:

- литья в песчаную форму с любым связующим;
- литья в кокиль (в том числе охлаждаемый или подогреваемый);
- литья по выплавляемым моделям;
- литья в вакууме (в том числе направленной кристаллизации);
- литья по процессу вакуумно-пленочной формовки;
- литья под высоким и низким давлением;
- непрерывного литья;
- жидкой штамповки (литье с кристаллизацией под давлением);
- затвердевания с учетом подвода электрического тока.

С помощью СКМ ЛП «ПолигонСофт» можно смоделировать и проанализировать:

- прогрев и остывание формы перед заливкой (в атмосфере и вакууме);
- процесс заполнения формы расплавом — с получением информации о поле скоростей и температуре расплава, возможных

«перемерзаниях» питающих каналов и непроливах;

- процесс изменения температуры отливки и формы;
- процесс затвердевания отливки;
- процессы формирования усадочных раковин, макро- и микропористости;
- фильтрационную задачу, включая моделирование полей давления;
- напряженно-деформированное состояние отливки, включая коробление и прогноз образования горячих и холодных трещин;
- различные задачи, основанные на постобработке расчетных полей, позволяющие прогнозировать механические свойства, пригар, структурные параметры и т.п.

Система «ПолигонСофт» позволяет:

- увидеть отливку/форму под любым углом;
- создать любые сечения как для отливки и формы совместно, так и раздельно;
- заглянуть в тело отливки и наблюдать за течением всех процессов в объеме;
- вывести любые расчетные данные в виде цветовых полей;
- вывести информацию о скорости и направлении потока в векторном виде;
- показать изоповерхности или области выше или ниже заданного значения;
- установить «датчики» в любом месте отливки/формы на любой расчетный параметр;
- просмотреть графики, записанные с помощью «датчиков»;
- записать анимационный файл и многое другое.

В СКМ ЛП «ПолигонСофт» предусмотрен критериальный расчет и анализ многих свойств и параметров (структура, твердость, пригар, размывы формы и т.п.) по расчетным данным. Помимо имеющихся

готовых критериев, можно задать собственные критерии анализа, необходимые для конкретного производства. Реализованы технологии многопоточной обработки для современных многоядерных систем, что позволяет существенно ускорить процесс расчета и полностью использовать вычислительный потенциал двух-, четырех- и восьмиядерных процессоров.

Таким образом можно выделить следующие наиболее проработанные системы автоматизированного моделирования литейных процессов (САМ ЛП):

- «PoligonSoft» (Россия) - позволяет моделировать процессы затвердевания, образования усадочных раковин, микропористости, развития деформаций в интервале затвердевания; для некоторых сплавов описывает процессы формирования структуры и распределение механических свойств; имеет специализированные модули для анализа процессов заполнения формы при специальных видах литья, обработки экспериментальных данных для адаптации системы к условиям конкретного производителя литья;

- LVMFlowCV (Россия) - система моделирования тепловых и гидродинамических процессов литья в реальных цеховых условиях для широкой номенклатуры сплавов, материалов формы при гравитационном литье и литье под давлением;

- ProCast (Франция) - моделирование литья в песчаную форму, специальные способы литья различных сплавов; позволяет моделировать процессы заполнения формы, прогнозировать структуру большинства многокомпонентных промышленных сплавов, осуществлять расчет остаточных напряжений и пластических деформаций в отливке;

Перечисленные системы дают возможность реализовать компьютерную разработку технологии производства отливок, моделирование литейных процессов, проектирование и изготовление

литейной оснастки. В табл. 1 приведены сравнительные характеристики программ.

Таблица 1. Анализ программ для моделирования литейных процессов

Функции	Название программ для моделирования литейных технологий				
	LVMFlow	Pro CAST	Cast CAE	SOLID Cast	Poligon Soft
1. Импорт 3D моделей из других CAD систем	+	+	+	+	+
2. Удобный интерфейс со справочной системой	+	+	-	--	+
3. Дополнение модулями	+	+	+	+	-
4. Банк основных материалов	+	+	+	+	+
5. Базы основных форм для литья	+	+	+	+	+
6. Анализ тепловой картины	+	+	+	+	+
7. Работа с чугунами	-	-	-	+	-
8. Функция обратной задачи для расчета начальных условий по экспериментальным	-	+	-	-	-
9. Литье под низким и высоким давлением	+	+	-	+	+
10. Изменение геометрических параметров	+	+	-	-	+
11. Анализ	+	+	-	-	+
12. Анализ заполнения формы	+	+	+	+	+
13. Изменение технологических параметров	+	+	+	+	+
14. Расчет напряжения и деформации	+	+	-	-	+
15. Анализ качества и затраты времени на изделие	+	-	+	+	+
16. Расчет процесса охлаждения и затвердевания	+	+	+	+	+
17. Формирование параметров заливки	+	+	-	+	+
18. Экономия памяти при хранении данных	+	-	-	-	-

19. Банк паспортов	+	-	-	-	+
20. Анализ процесса кристаллизации и усадочных дефектов	+	+	+	+	+
21. Моделирование заполнения стержневых ящиков песком при пескодувном процессе	-	+	-	-	-
23. Расчет любых видов гравитационной заливки	+	-	-	+	-
Страна разработчик	Россия	Франция	Германия	Финляндия	США

В результате сравнительного анализа программ для проектирования кокиля и моделирования процесса получения отливки по достоверности результатов моделирования, их наглядному представлению, широким возможностям и удобному интерфейсу была выбрана программа CAE для анализа разных литейных технологий LVMFlow (Россия) [23].

Использование пакета LVMFlow в литейном производстве позволяет:

- снизить роль натурального эксперимента, который сокращает затраты на отработку технологии литья;
- изготавливать отливки высокого качества, очень сложной конфигурации, которые практически не требуют дополнительной обработки;
- использовать большую номенклатуру сплавов;
- повысить профессиональный уровень технолога-литейщика.

3.2. Анализ процесса литья в системе LVMFlow

Система LVMFlow используется для компьютерного моделирования процессов, которые происходят в литейной форме и оптимизации технологического процесса изготовления отливки. Ядром системы компьютерного моделирования тепловых и гидродинамических процессов литья LVMFlow являются уравнения тепломассопереноса. САМ ЛП LVMFlow CV основана на методе контролируемого объёма (МКО) и позволяет:

- проследить заполнение формы металлом,
- рассчитать температурные поля отливки и формы,
- произвести расчёт поля жидкой фазы,
- рассчитать поле скоростей,
- рассчитать конвективные потоки,
- рассчитать поле давлений,
- оценить возможные дефекты в отливке,
- рассчитать напряжения и деформацию отливки,
- оценить работу фильтров,
- учесть многократное использование формы,
- разработать технологию ЛПД,
- рассчитать размеры прибылей и литниковой системы,
- учесть поведение газа в полости формы при заполнении,
- прогнозировать захват воздуха в процессе заливки,
- подобрать размеры изо- и экзотермических оболочек для прибылей ()

Анализ технологического процесса изготовления отливок в системе компьютерного моделирования литейных процессов LVMFlow состоит из следующих приемов и этапов:

1. Конвертация геометрии отливки в формат LVMFlow.

2. Создание расчетной конечно-объемной сетки.
3. Задание свойств материалов.
4. Задание предельных условий.
5. Проведение расчета температурных полей.
6. Контроль изменений расчетных параметров.
7. Расчет напряжений и деформаций в отливке.

Компьютерное моделирование позволяет проследить все процессы, которые происходят в металле при заполнении формы, затвердевании и возникновении усадочных дефектов.

В состав LVMFlow входит несколько модулей, которые выполняют разные функции (табл. 2), [23, 27].

Таблица 2. Модули программы LVMFlow

Название модуля	Выполняемые функции
Системные установки	Установка параметров по умолчанию, используемых всеми модулями пакета (язык интерфейса пользователя, система единиц измерения, директория файлов базы данных и т. п.)
3D-Импорт	Конвертация геометрии отливки в формат LVMFlow, обзор геометрии, изменение ориентации отливки, подготовки литейной конфигурации, задача цветов телам отливки.
База данных	База теплофизических данных сплавов и материалов форм. Содержит теплофизические данные материалов и сплавов, которые используются в моделировании (теплоемкость, теплопроводность, плотность, коэффициенты теплопереноса и т. д.) в виде температурных зависимостей, а также бинарные диаграммы состояния сплавов.
Начальные установки	Задача начальных и предельных условий моделирования и технологических параметров процесса литья. Задача паспорта для хранения промежуточных и конечных результатов моделирования.
Кристаллизация	Моделирование процесса затвердевания отливки в форме.
Заливка	Моделирование процесса заполнения пустоты формы отливки расплавом без учета теплопередачи.
Полная задача	Моделирование процессов заполнения расплавом

	пустоты формы и затвердевания отливки.
Банк паспортов	Обзор результатов моделирования процессов заполнения формы и затвердевания металла, при выполнении расчета.
Тест	Калибрование теплофизических данных, которые содержатся в Базе данных материалов, к сплавам и материалам пользователя.



Рис. 8. Рабочее окно программы NovaFlow & Solid

3.2.1. 3D-Импорт

Для связи с системами геометрического моделирования в пакете LVMFlow существует конвертор (модуль «3D-Импорт») для переноса файлов формата STL во внутренний формат LVMFlow. Конвертор также выполняет следующие функции:

1. Изменение ориентации отливки в пространстве. В процессе отладки технологии необходимо менять ориентацию отливки относительно поля тяжести. Для поворота отливка предусмотрена два варианта:
 - числовая задача углов Эйлера;

- обращение отливки с помощью устройства "мышь" с визуальным контролем по его ориентации.
- 2. Масштабирование геометрических образов отливки. «3D-импорт» разрешает изменять масштаб геометрического образа отливки с помощью выбора системы единиц измерения (мм, см, дюймы)
- 3. Составление конструкции из геометрических образов, сохраненных в разных файлах. Например, имея в отдельных файлах геометрию отливок, литниково-питающих систем, прибылей, можно реализовать разные компоновки элементов и создавать разные конструкции.
- 4. Задача цветов телам отливки. Цвета вводятся для дальнейшего (в модуле «Начальные условия») назначение материалов телам отливки.

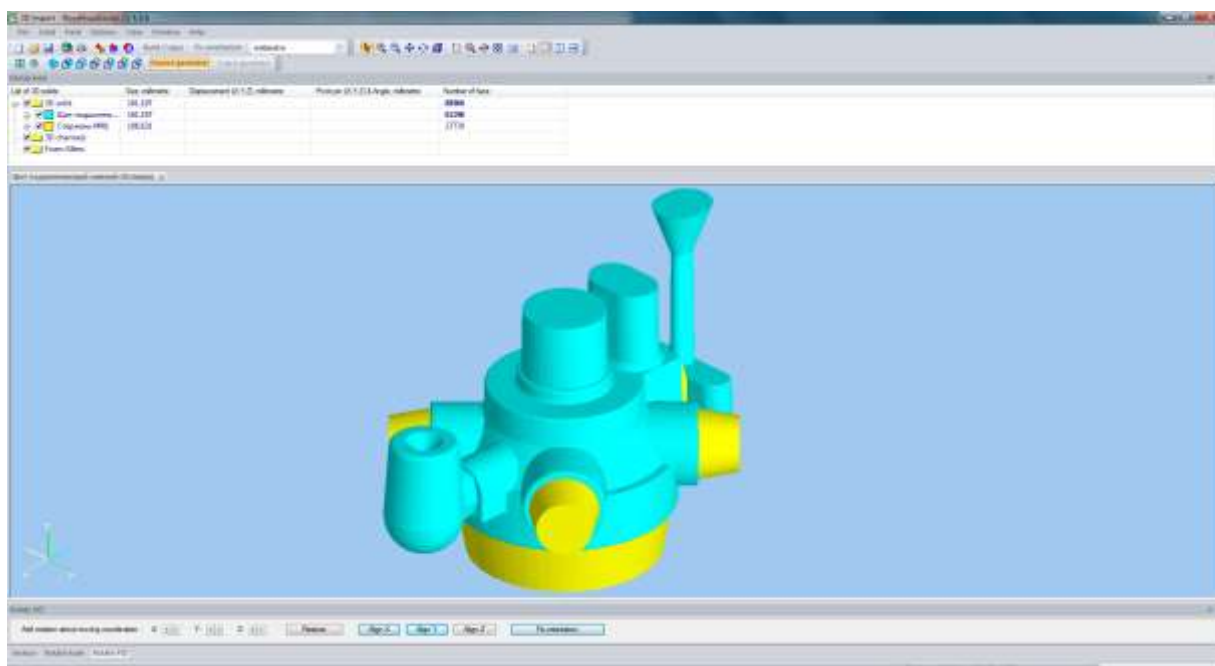


Рис. 9. Геометрия отливки в модуле 3D Импорт

3.2.2. База данных

Производственные сплавы в подавляющем большинстве являются многокомпонентными системами. Для моделирования кристаллизации сплава необходимая его фазовая диаграмма. К сожалению, полных многокомпонентных диаграмм состояния не существует. Достаточно изученными являются фазовые диаграммы двухкомпонентных систем. В связи с этим в модуле «База данных» проводится приближенный расчет положения фазовых равновесий многокомпонентного сплава методом деформации двухкомпонентной диаграммы состояния. С этой целью данные по сплавам в базе данных разбиты на классы: углеродистые стали, легированные стали, чугуны, бронза, силумины и так далее.

Класс характеризуется бинарной (базовой) равновесной диаграммой состояния, параметрами, которые определяют деформацию диаграммы при добавлении к двойной системе других элементов, и кинетическими коэффициентами фазовых преобразований. Для конкретного сплава, который принадлежит к определенному классу, введенные: химический состав, теплоты фазовых переходов и порог текучести. Химический состав сплава, теплоты фазовых переходов и характеристики класса разрешают определять интервал и кинетику кристаллизации данного сплава.

Порог протекания - это экспериментальный параметр, который определяет минимальное значение частицы жидкой фазы, при которой возможное течение жидкости в двухфазной зоне.

Кроме классов литейных сплавов в базе данных существует класс материалов форм, куда занесены формовочные, огнеупорные и изоляционные материалы, которые наиболее часто используются в производстве.

Моделирование процессов протекает в широком температурном интервале, на котором значение теплофизических свойств материалов могут изменяться в несколько раз. Поэтому, как для материалов форм, так и

для сплавов введенные температурные зависимости теплопроводности, теплоемкости, плотности.

Если база данных не содержит нужных пользователю сплавов и материалов форм, она может быть пополнена самым пользователем. Введение и корректирование данных осуществляется в простом диалоге и сопровождается графическим отображением значений, которые вводятся. Корректируются только данные по сплавам и материалам форм, параметры классов пользователем не корректируются. Такая коррекция, а также введение новых классов сплавов проводятся разработчиком по заказу пользователя.

В данной работе применяется сплав SS1505 из базы данных программы. Данный тип сплава относится к шведскому стандарту литейных сплавов и является аналогом стали 30Л, его можно применять для моделирования, так как он имеет полные данные по теплофизическим параметрам сплава и механическим свойствам в зависимости от изменения температуры. Для стали 30Л эти данные найти сложно, даже имея справочные материалы, а чтобы их узнать нужно проводить дополнительные дорогостоящие производственные исследования, особенно при определении механических характеристик. [27]

Химический состав сплава SS1505, полученный с помощью специализированного САПР LVMFlow, показан на рис. 10.

Carbon steels

SS1505_Stress

Свойство

Состав

Точки

Т. ликвидуса, °C

1510.09

Т. солидуса, °C

1464.07

Т.эвтектики, °C

1143.04

Q_{сг}, кДж/кг

172.60

Q_{eut}, кДж/кг

235.93

П. текучести, %

90.00

П. протекания, %

70.00

Хим. состав, %

Fe	98.70
C_	0.25
Si	0.30
Mn	0.60
Cr	0.01
P_	0.03
S_	0.02
Cu	0.07
Ni	0.01
Mo	0.01
V_	0.00
Al	0.00
Sn	0.00
Ti	0.00
Bi	0.00
Mg	0.00

Carbon steels

SS1505_Stress

Свойство

Состав

Точки

Всего:14

◀◀

1

▶▶

Точки

T, °C

C_, %

A

1536.00

0.00

Состав

dT, °C/%

dC, %/%

Si	-15.50	0.00
Mn	-6.25	0.00
Cr	-1.50	0.00
P_	-7.20	0.00
S_	-8.90	0.00
Cu	-1.00	0.00
Ni	-4.00	0.00
Mo	-6.20	0.00
V_	-2.00	0.00
Al	0.00	0.00
Sn	-27.00	0.00
Ti	0.00	0.00
Bi	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00

Рис. 10. Химический состав сплава, взятый для моделирования в программе LVMFlow

На рис. 11-17 приведены диаграммы, полученные в соответствии с свойствами, показанными на рис. 10.

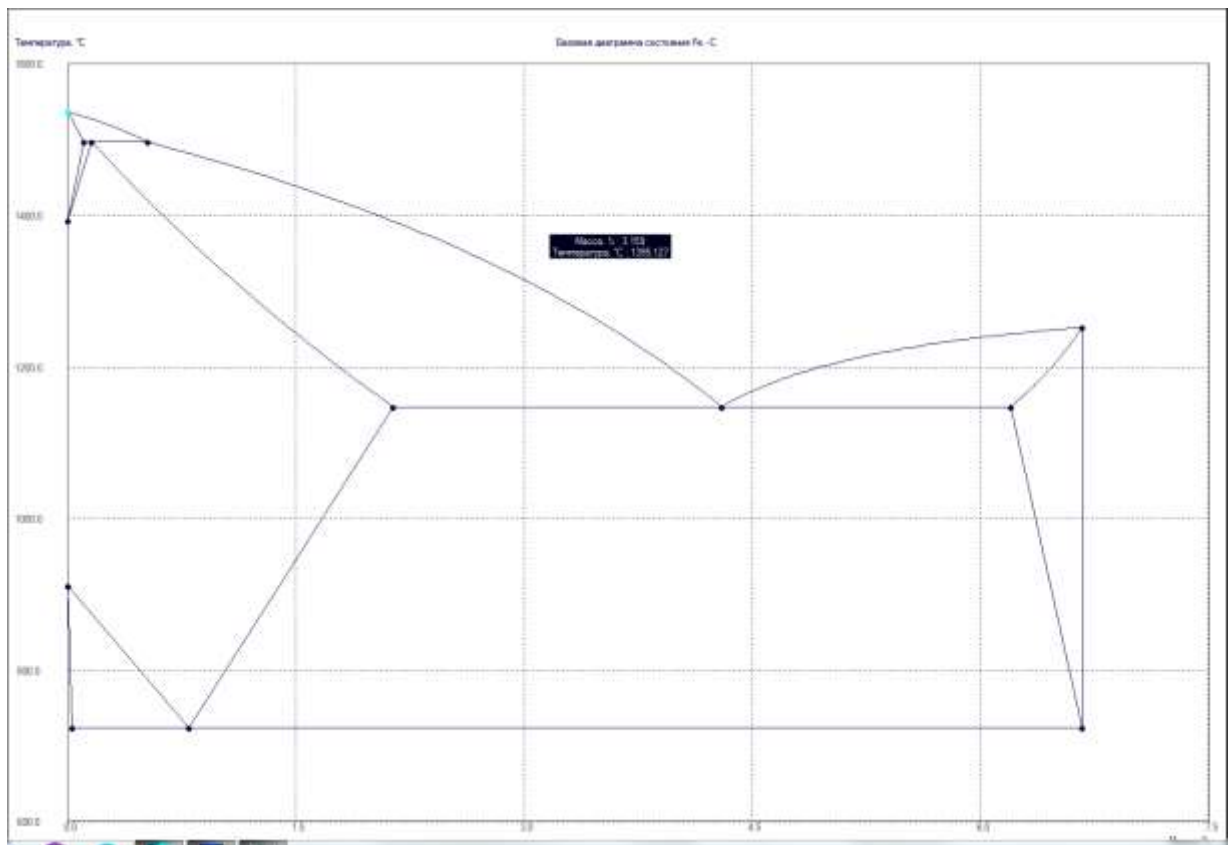


Рис. 11. Базовая диаграмма Fe-C для сплава SS1505

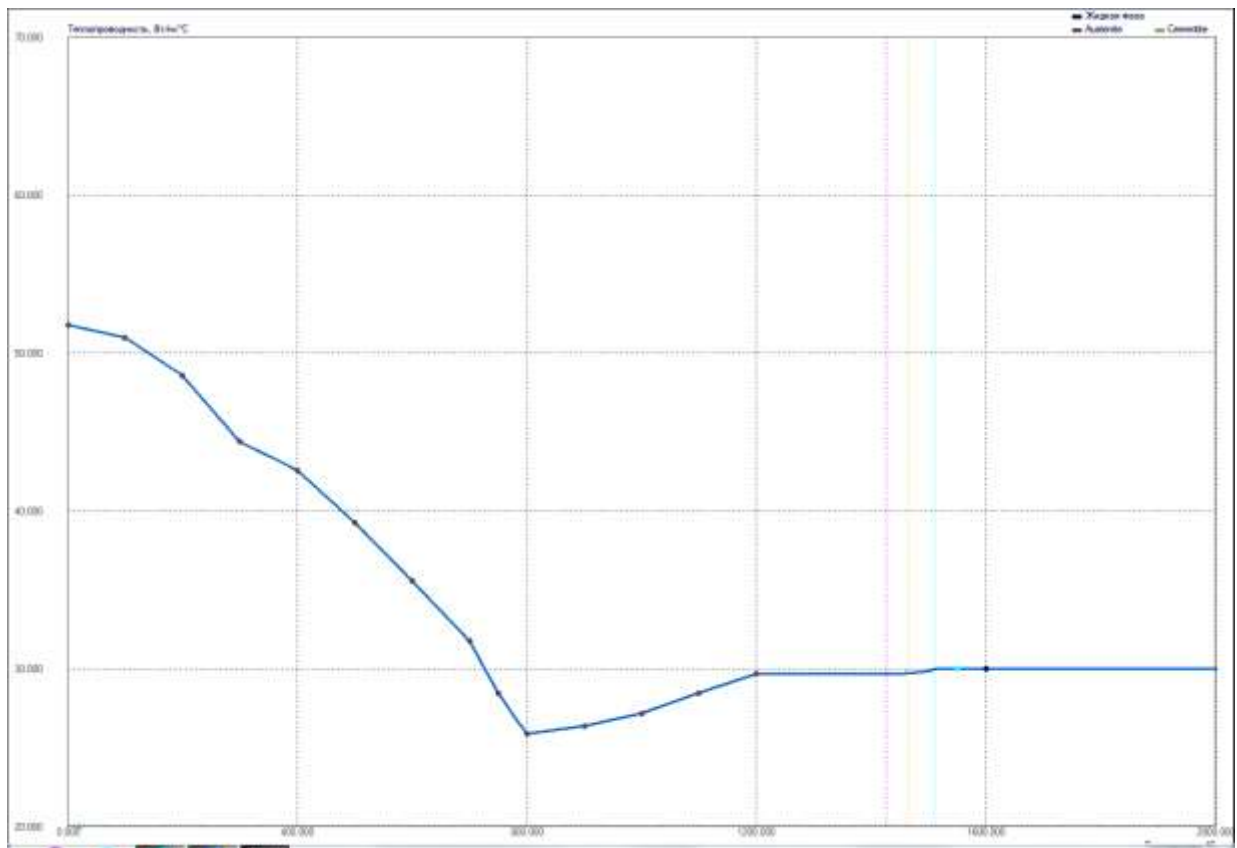


Рис. 12. Зависимость теплопроводности сплава SS1505 от температуры

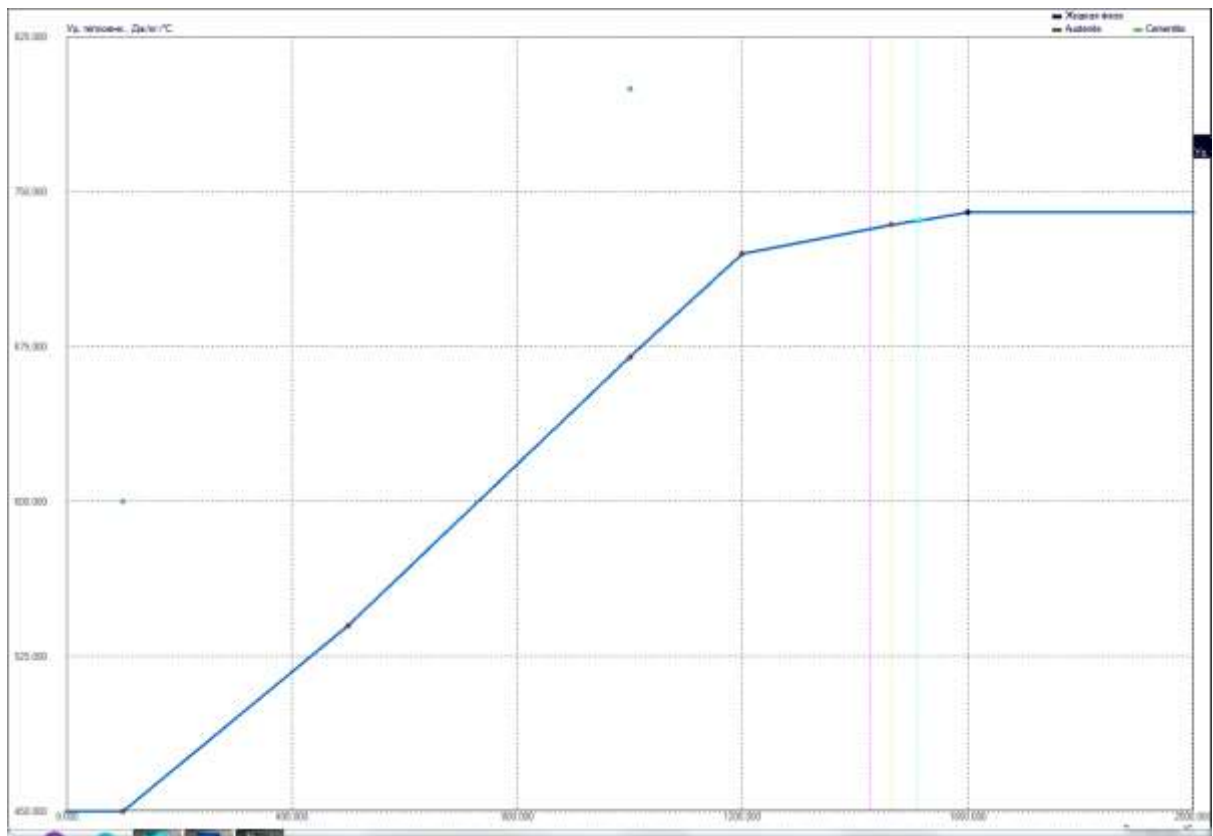


Рис. 13. Зависимость удельной теплоемкости для сплава SS1505 от температуры



Рис. 14. Зависимость плотности для сплава SS1505 от температуры

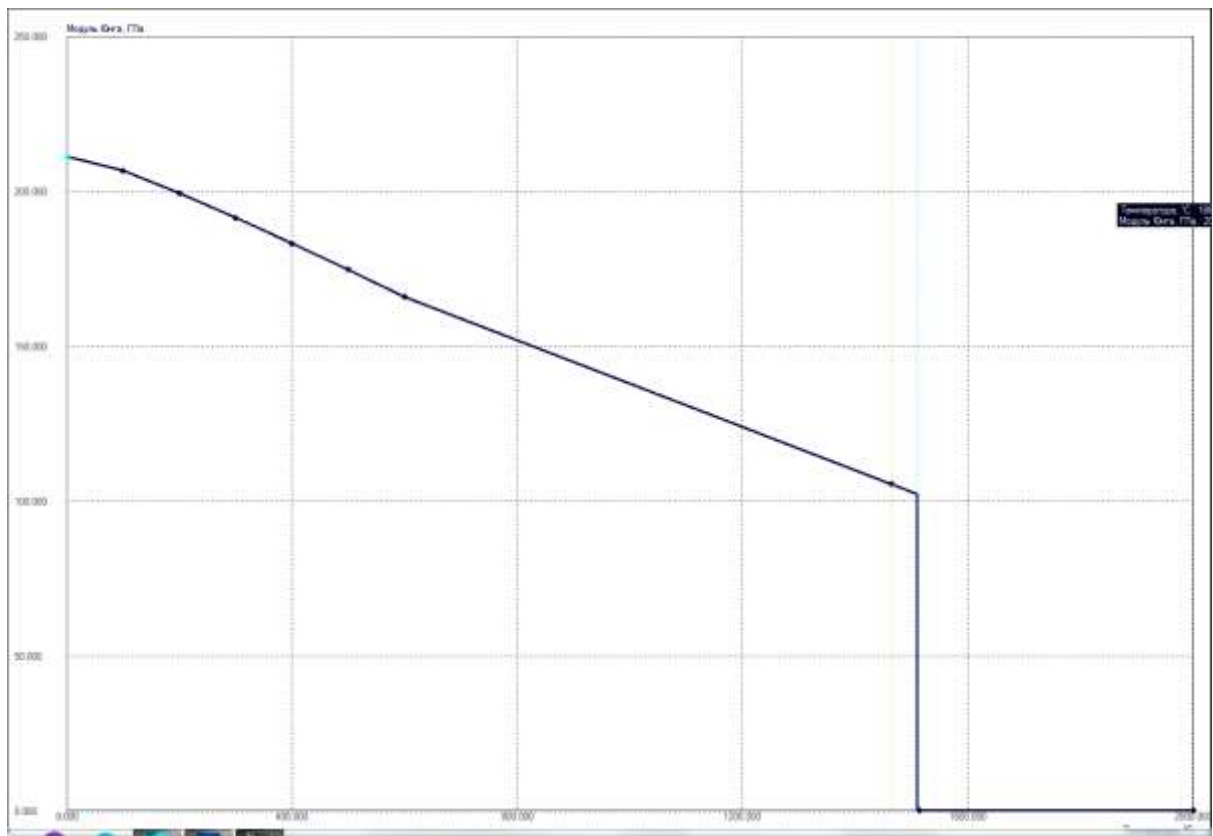


Рис. 15. Зависимость модуля Юнга для сплава SS1505 от температуры

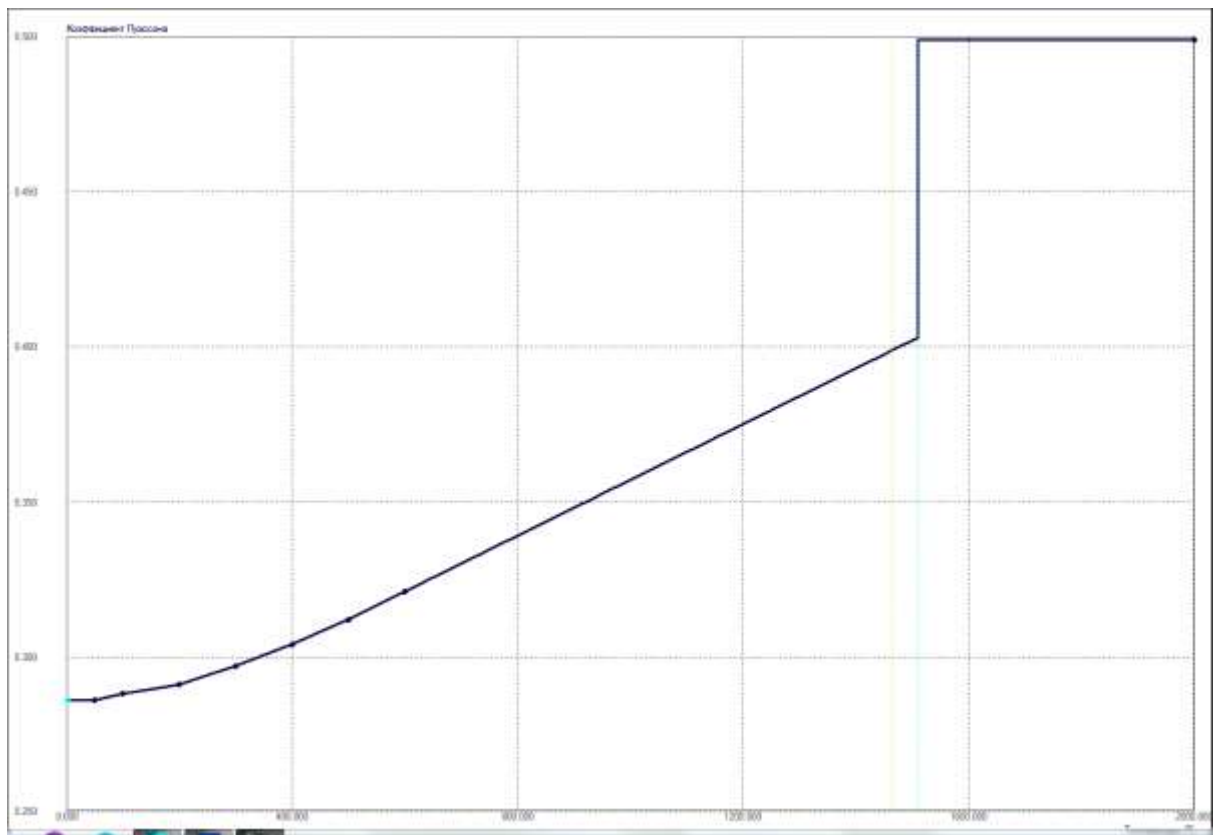


Рис. 16. Зависимость коэффициента Пуассона для сплава SS1505 от температуры

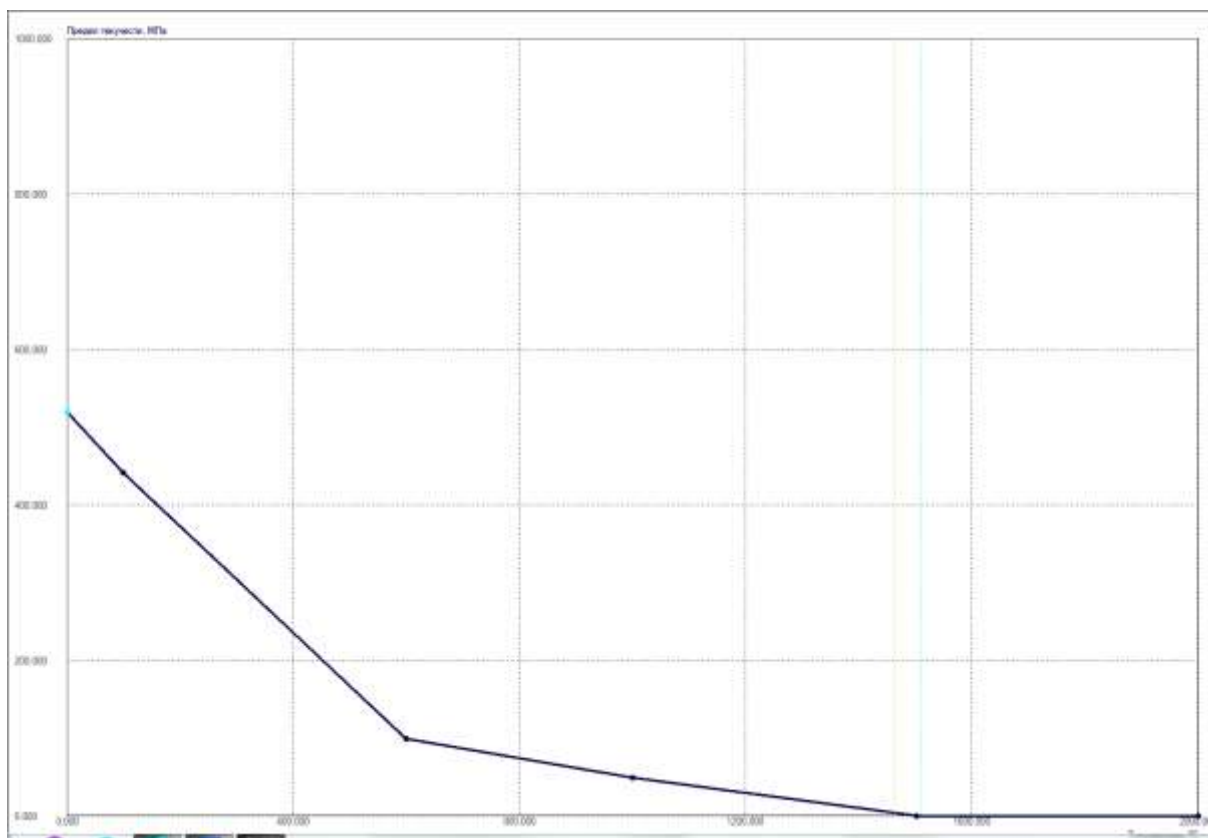


Рис. 17. Зависимость предела текучести для сплава SS1505 от температуры

3.2.3. Начальные условия

В модуле «Начальные условия» необходимо, прежде всего, создать в расчетной области сетку, на которой будут решаться уравнение тепломассопереноса. В LVMFlow элементарным элементом сетки является куб. Поэтому для автоматической генерации сетки достаточно ввести один параметр - или размер элемента (шаг сетки), или общее количество узлов сетки. Чем меньше шаг сетки, тем сетка плотнее и тем точнее будет расчет.

Задаём на границах расчетной области условия теплообмена (предельные условия). Задача предельных условий осуществляется выбором одного из следующих четырех вариантов:

- на границе расчетной области поддерживается заданная температура;
- граница расчетной области является плоскостью симметрии;
- за пределами границы расчетной области располагается бесконечная форма;

- граница расчетной области является границей «форм-воздух».

Потом задаются начальные температуры формы и заливаемого металла. Созданную в системе геометрического моделирования конструкцию можно дополнить построением оболочки вокруг любой части отливки. Для этого достаточно указать часть отливки и задать толщину оболочки. Оболочка становится таким же элементом технологической оснастки, как и те детали, которые построены в системе геометрического моделирования. В случае неоднородного технологического оснащения для каждого материала можно задать свою собственную начальную температуру.

Следующий шаг - разработка формата параметров заливки. В LVMFlow заложена возможность моделирования трех видов заливки: гравитационное литье, литье под давлением и заливка из ковша. Задача места питателя металлом (литниковой точки) проводится на границе расчетной области в точке, которая принадлежит отливке или литниково-питающей системе. Для гравитационного литья задается напор - высота столба жидкости над перерезом, в котором установлена литниковая точка, и коэффициент, который характеризует уменьшение потока расплава, который вызывается трением жидкости об стенки заливочного устройства.

Для литья под давлением задается или скорость входного потока, или массовая затрата расплава. При задаче одного из параметров, второй автоматически рассчитывается. Изменение скорости входного потока во времени можно задать сначала формированием таблицы "время-скорость" или организацией системы сенсоров. Установленные в отливке сенсоры работают таким образом: когда фронт расплава проходит через сенсор, происходит изменение скорости входного потока. Для заливки из ковша задаются параметры ковша и по ним рассчитывается поток расплава, который вытекает из ковша в начальный момент времени и перерез струи расплава.

После этого вводятся параметры дополнительных технологических приемов. На границе «металл-форма» можно ввести параметры, которые характеризуют противопригарное покрытие, а также параметры, которые учитывают образование воздушных зазоров между металлом и формой в процессе затвердевания отливки.

В конце концов, устанавливаются датчики. Для более детального анализа пользователь может установить датчики в любом месте расчетной области (в отливке или оснастке). Показы датчиков выводят в виде графиков зависимости выведенной функции (температуры, скорости изменения температуры, доли жидкой фазы, скорости течения расплава, входного потока расплава), [27].

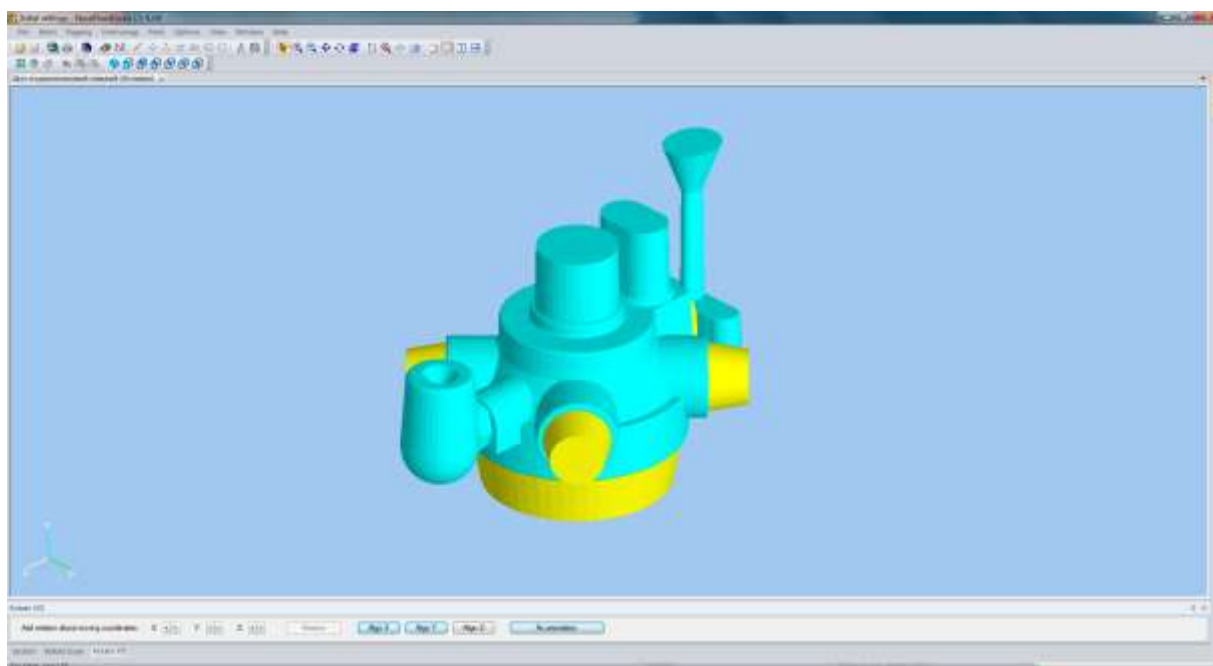


Рис. 18. Геометрия отливки в модуле «Начальные условия»

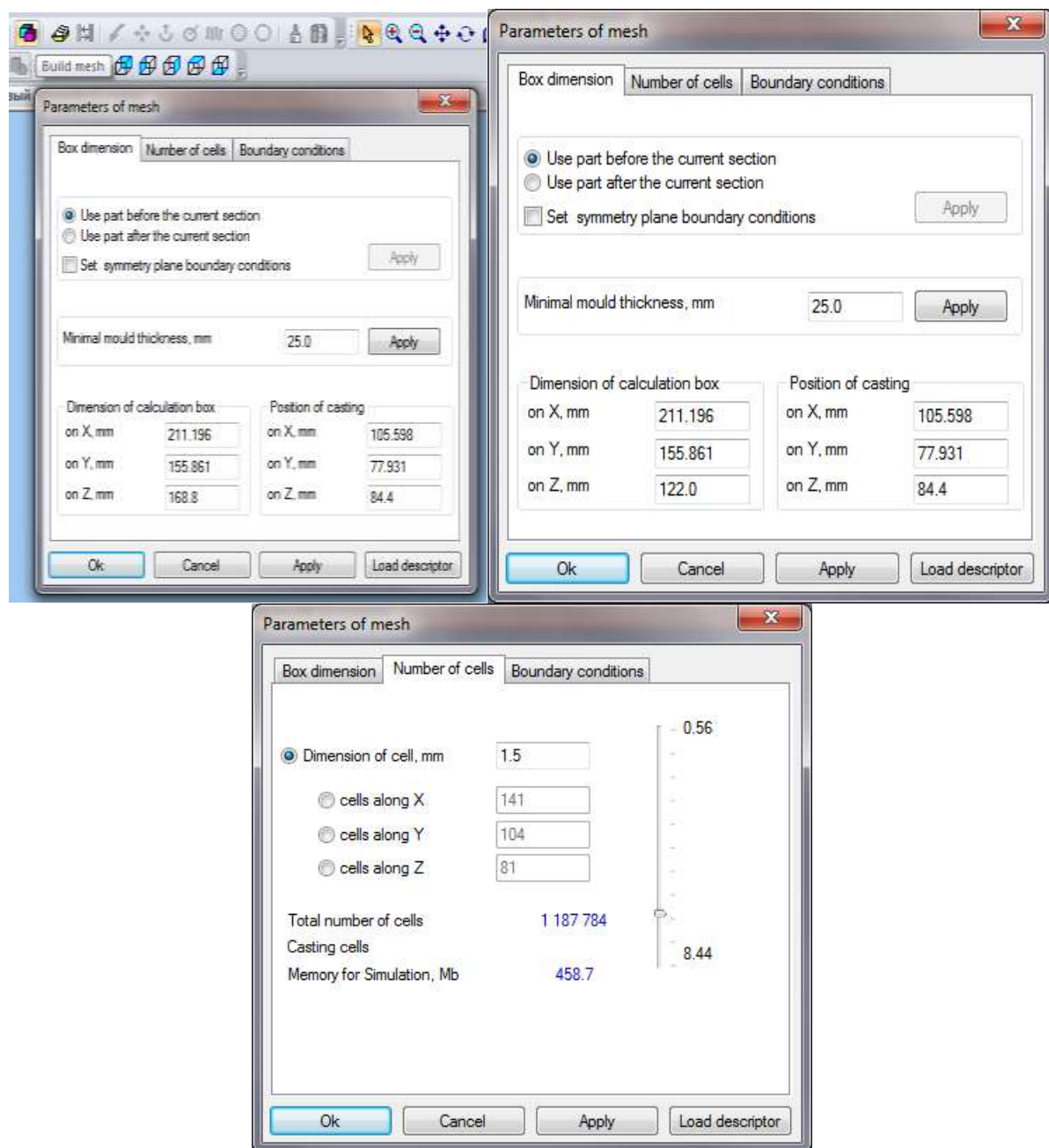


Рис. 19. Задание размеров расчетных элементов сетки

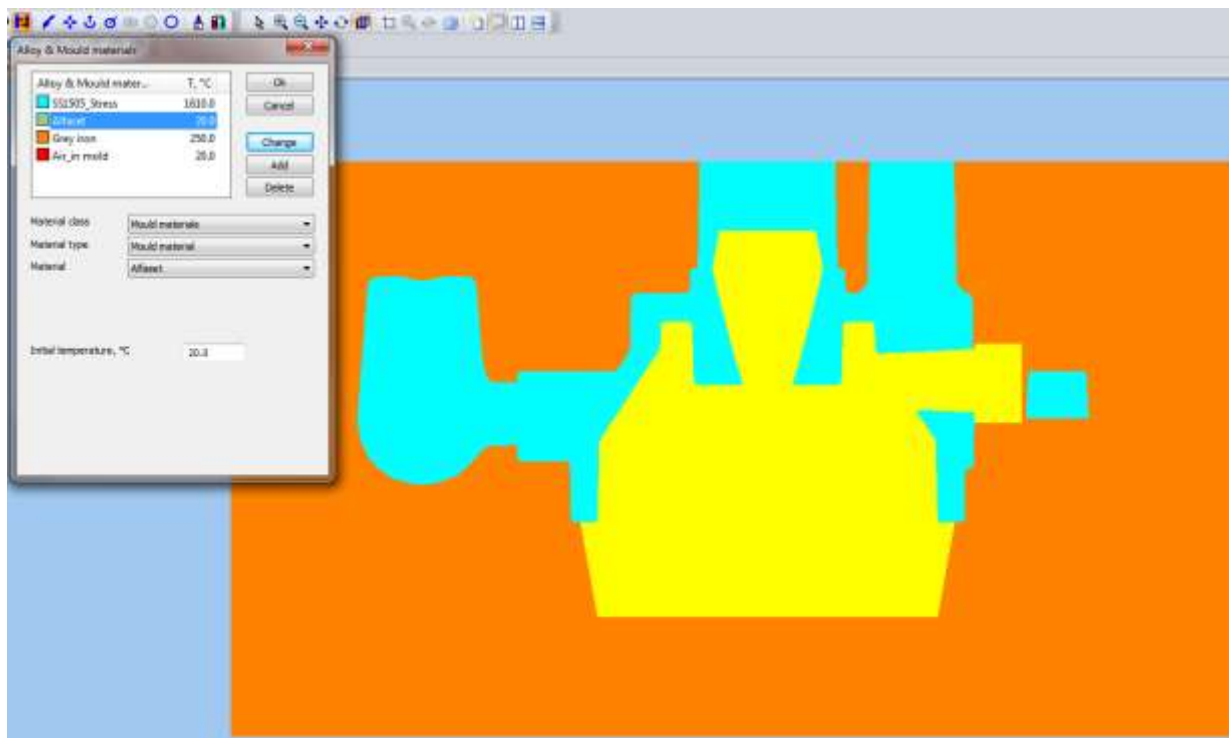


Рис. 20. Задание материалов отливки и формы, их начальных температур

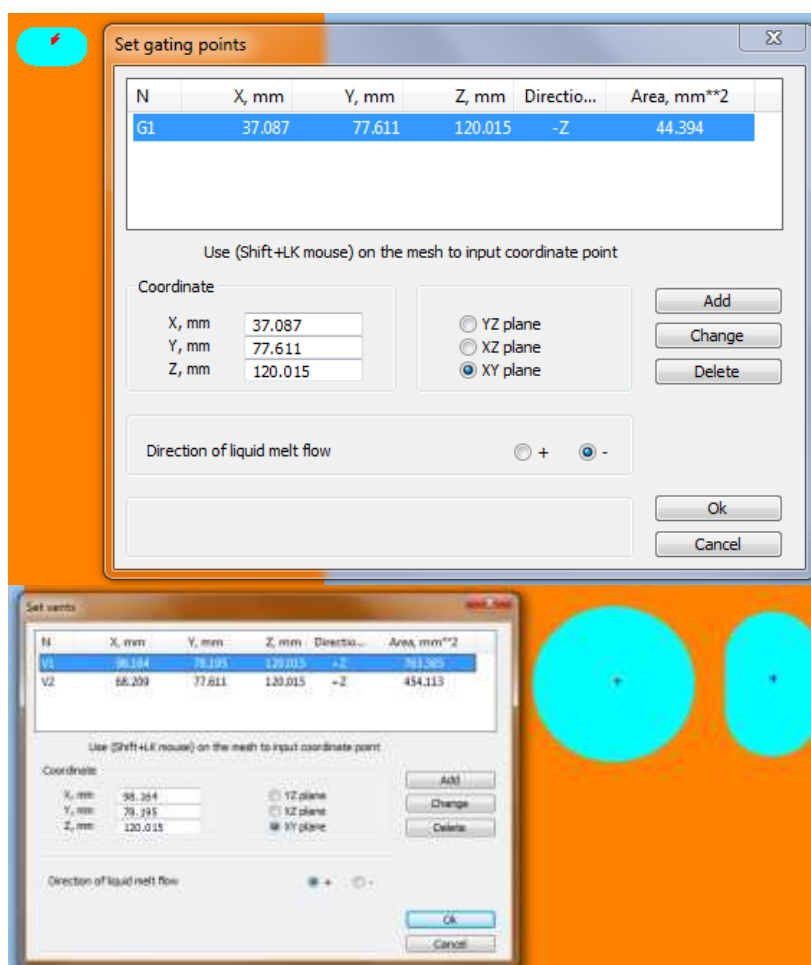


Рис. 21. Задание литниковых и вентиляционных точек

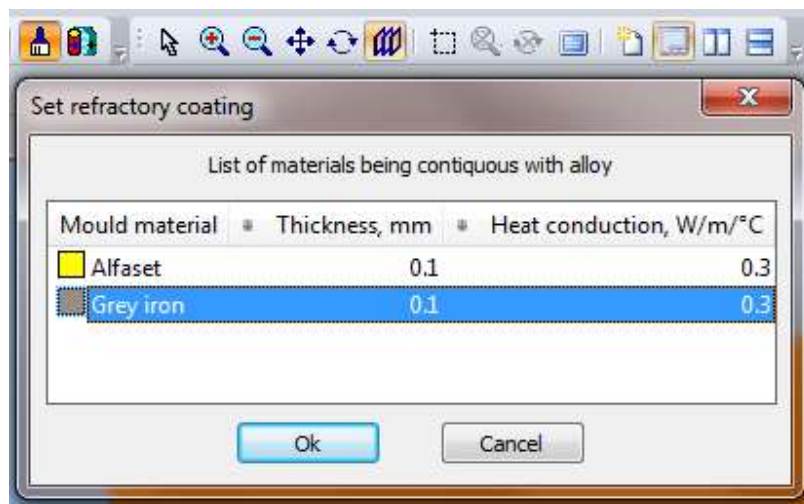


Рис. 22. Задание антипригарных покрытий

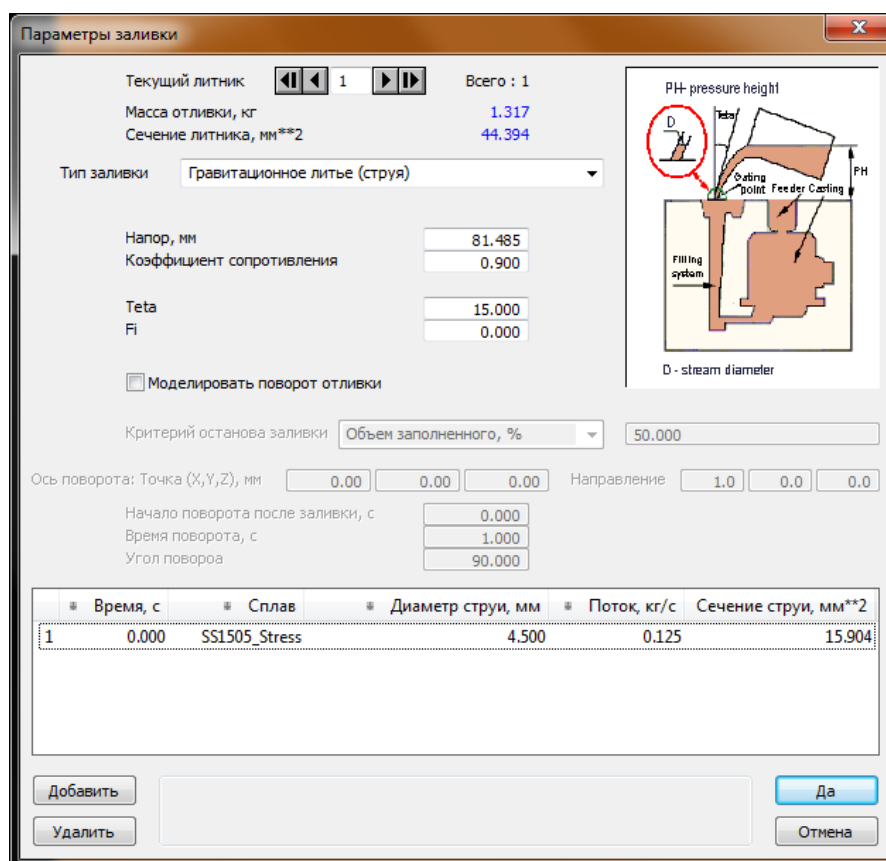


Рис. 23. Задание параметров заливки формы

3.2.4. Моделирование заполнения и кристаллизация

В LVMFlow есть три расчетных модуля: «Кристаллизация», «Моделирование течения расплава», «Полная задача».

В модуле «Кристаллизация» форма сначала считается мгновенно заполненной расплавом и моделируется процесс затвердевания сплава. В основе модели лежит неравновесная теория кристаллизации многокомпонентного сплава.

В модуле «Моделирование течения расплава» моделируется заполнение формы расплавом, которое рассматривается как течение идеальной жидкости без учета процессов теплопередачи. Течение описывается уравнениями Навье-Стокса, где вязкость учитывается в виде поправки. Для изучения движения в расплаве посторонних (шлаковых) частичек в пакете предусмотрена возможность моделирования движения шарообразных частичек заданного радиуса и плотности.

Одновременное моделирование процессов заполнения формы расплавом и его затвердевания осуществляется в модуле «Полная задача».

В каждом отдельном модуле процессы тепломассопереноса описываются замкнутой динамической системой уравнений, основанных на законах сохранения энергии, импульса, массы, уравнений состояния многокомпонентных сплавов, которые решаются на прямоугольной сетке методом контрольных объемов (МКО) с автоматическим выбором шага интеграции по времени.

Динамика процесса несет большое количество информации, поэтому отображению результатов моделирования в пакете отводится большое внимание. Результаты моделирования такие как температура, доля жидкой фазы, скорость течения расплава, давление в расплаве, частица усадочных дефектов выводят на каждом шаге. Вывод образа отливки (также, как и полей функций, которые характеризуют ее состояние) проводится в виде изометрического изображения (3-D) и в произвольном плоском разрезе (2-D), в цветной гамме, которая отвечает установленной шкале. Функции обращения и масштабирования дополняют возможности просмотра. Для получения более детальной информации можно рассчитать численное

значение поля (температуры, доля жидкой фазы, скорости, частицы дефектов) в произвольной точке расчетной области.

В основе модели кристаллизации сплавов пакета LVMFlow лежит квазиравновесная теория. Это макроскопически-феноменологическая теория. В отличие от чистых металлов сплавы кристаллизуются в температурном интервале от температуры ликвидус к температуре солидус. В этой зоне, званой двухфазной зоной, присутствуют как жидкая так и твердая фаза. При этом твердая фаза, которая образовывается, находится в равновесии с жидкой фазой. Низкие значения коэффициентов диффузии элементов сравнительно с коэффициентом температуропроводности сплавов и слабость конвективного смешивания разрешают пренебрегать процессами диффузии как в твердой так и в жидкой фазах. Главное предположение теории двухфазной зоны – двухфазную зону можно описать с помощью макроскопических функций, аналогично температурным полям $T(r,t)$ полям скорости $V(r,t)$ [27].

Предположим, что $S(r,t)$ – объемная частица твердой фазы; $L(r,t)$ – объемная частица жидкой фазы; $P(r,t)$ – объемная частица пустоты. Все эти функции являются локальными функциями координат и времени и изменяются в интервале от 0 до 1. Их сумма равняется единице:

$$S(r,t) + L(r,t) + P(r,t) = 1$$

Тогда баланс массы в частных производных выглядит как:

$$\frac{\partial S(r,t)}{\partial t} + \frac{\partial L(r,t)}{\partial t} + \frac{\partial P(r,t)}{\partial t} = 0$$

Закон сохранения массы сводится к уравнению:

$$\rho_s(T) \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} (\rho_L(T) L) = 0,$$

где $\rho_s(T)$, $\rho_L(T)$ – плотности твердой и жидкой фаз как функции температуры.

Закон сохранения массы компонент сплава сводится к уравнению [9]:

$$\rho_s(T)C_s^i(T)\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t}(\rho_L(T)C_L^i(T)L) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

где $C_s^i(T)$, $C_L^i(T)$ - концентрации i -ого компонента сплава в жидкой и твердой фазе, которые находятся в равновесии. Они определяются из фазовых диаграмм состояний многокомпонентных систем.

3.2.5. Моделирование заполнения литейной формы и образования усадочных дефектов

По механизму образования выделяют два типа усадочных дефектов:

1) раковины (макропористость) и 2) микропористость.

Макропористость образуется при недостатке питания выше зеркала расплава, когда отсутствует необходимый его объем для компенсации усадки. Для прогнозирования макропористости моделируется возникновение и движение зеркала расплава. Перемещение зеркала обусловлено объемной усадкой, а его возникновение происходит из-за формирования при затвердевании изолированных друг от друга объемов расплава.

Микропористость образуется при недостатке давления ниже зеркала в области теоретически достаточного питания. Падение давления в глубине зоны с формально хорошими условиями питания происходит по следующим причинам: большая объемная усадка, затрудненное движение жидкого металла в твердо-жидкой зоне, изоляция от внешнего давления при формировании твердой фазы на границах приложения давления. Для прогнозирования микропористости решается дифференциальное

уравнение фильтрационного течения.

Для выполнения этапа предварительного моделирования в программе SolidWorks было создано несколько вариантов отливок, чтобы на стадии моделирования проверить, какой из вариантов (размещения отливок в форме, технологических факторов) является наиболее подходящим.

Исследование №1 «Отливка без питающих элементов (прибылей)»

Результаты моделирования (рис. 24) показывают, в каких местах возможно образование дефектов усадочного характера.

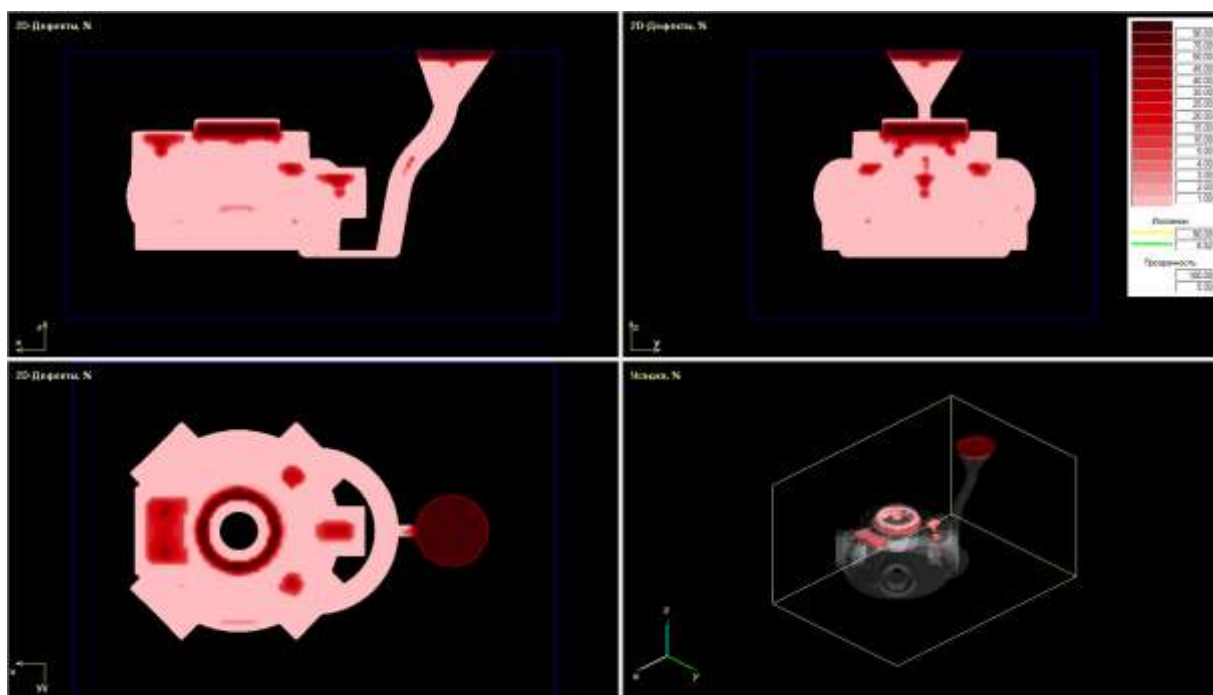


Рис. 24. Результат исследования №1 (отливка без питающих элементов)

По данному изображению можно провести анализ дефектов в отливке. Имеется шкала с процентным содержанием усадочных раковин, а также виды отливки сбоку, сверху, спереди и в изометрии. Все виды имеют рентгеновскую прозрачность и все дефекты проецируются на данный вид. Исходя из этого можно сделать анализ, что отливка является

негодной, так как процентное содержание дефектов достаточно велико. Необходимо проводить новое исследование.

Исследование №2 (затвердевание отливки с питающими элементами)

Концентрация усадочных раковин в данном варианте должна быть сосредоточена в прибылях. Анализ данного исследования по рис. 25 показывает, что некоторые дефекты ушли в питающие элементы (прибыль), но в отдельных местах отливки данный вид брака присутствует. Также в данном варианте материалоемкость литейного куста достаточно высокая, что влияет на экономичность процесса. Следовательно, было решено провести новое исследование с иными технологическими параметрами процесса.

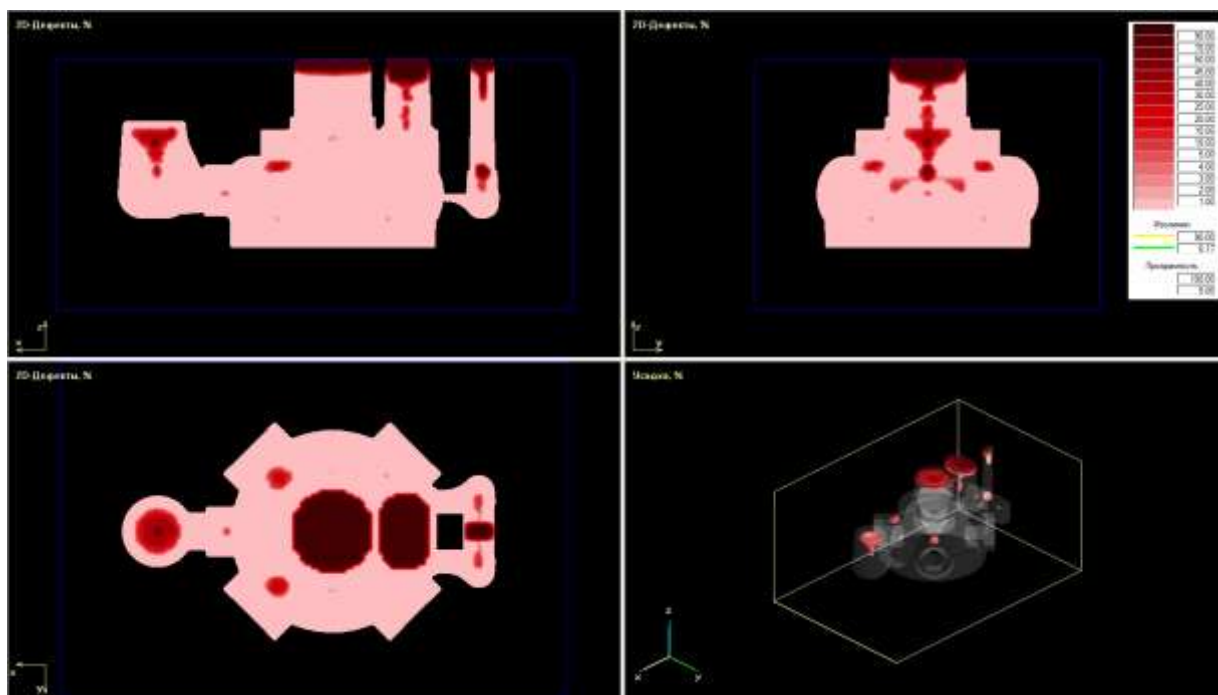


Рис. 25. Результат исследования №2 (затвердевание отливки с питающими элементами)

Исследование №3 (моделирование на пониженных температурах)

Результаты исследования (рис. 26) показали, что может возникнуть еще один вид брака – недолив. Этот результат был сразу же отбракован. На

рис. 26 можно увидеть момент образования недолива (перемерзание питания отливки от литниковой системы), численно о составил 36%. На рис. 27 показано рентгеновское изображение дефектов.

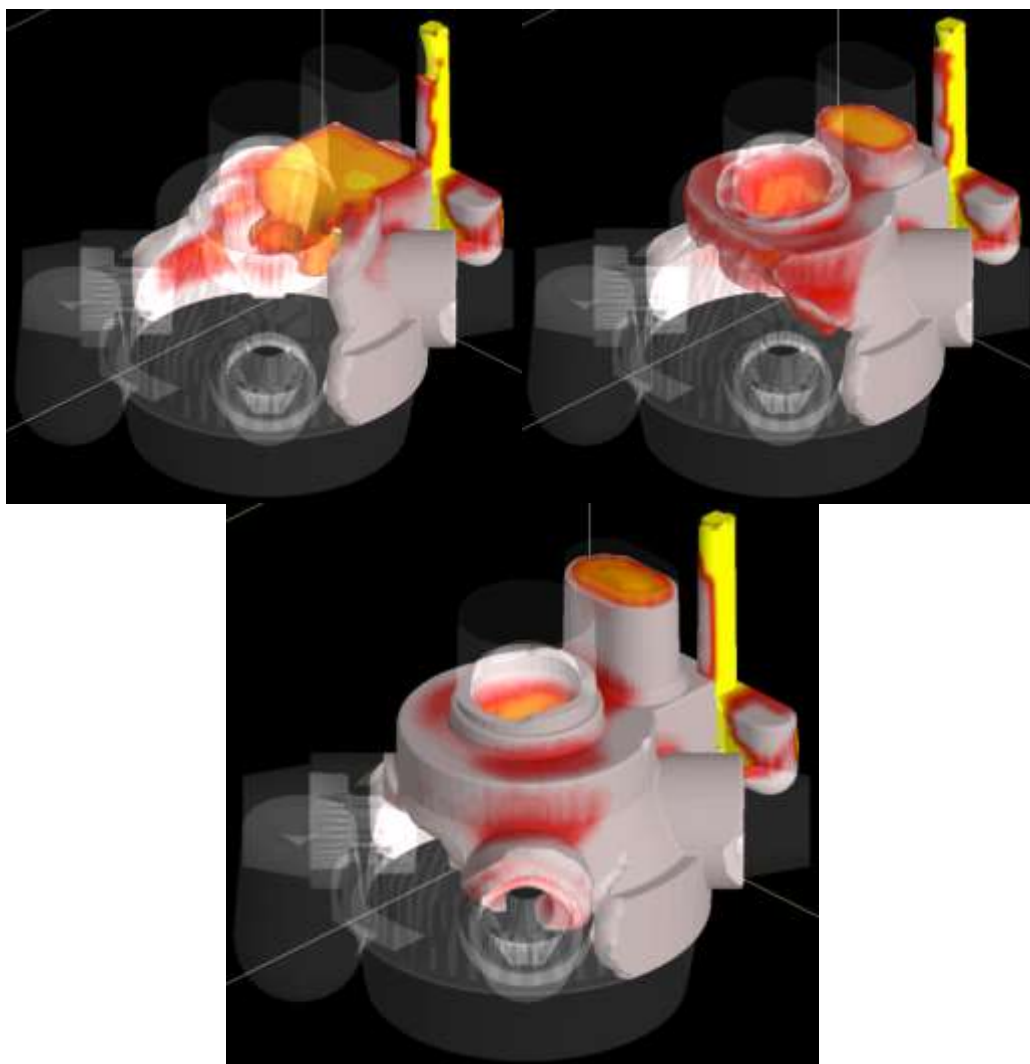


Рис. 26. Образование недолива в отливке (исследование №3)

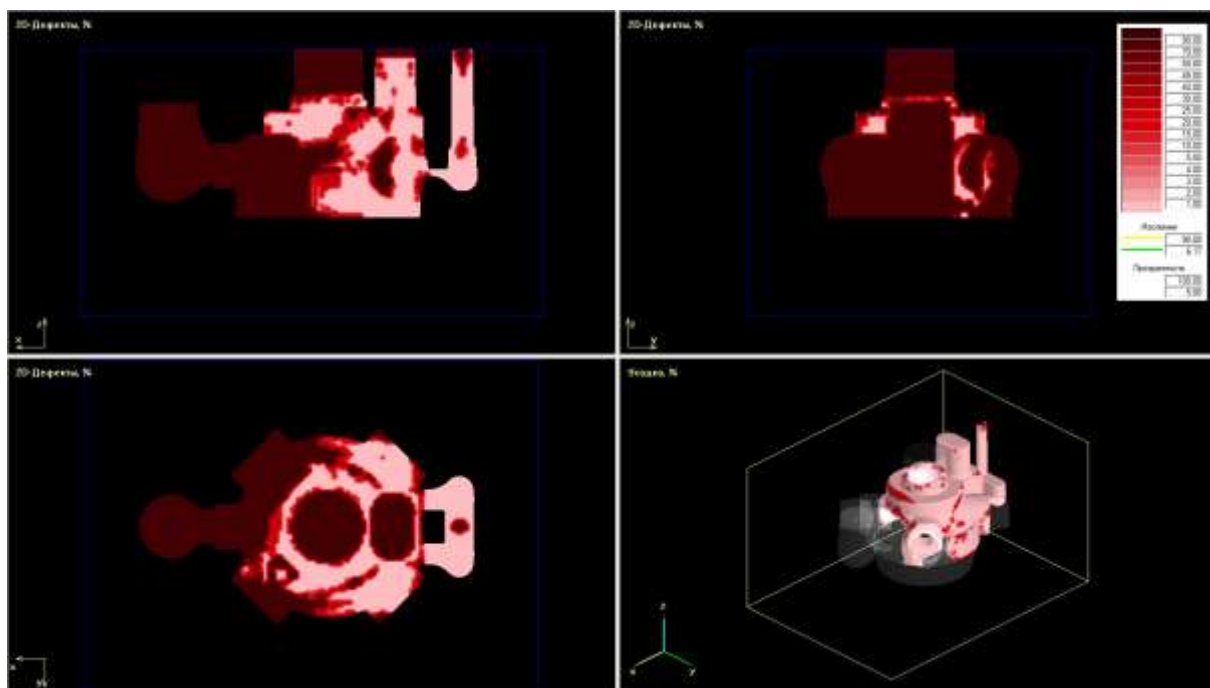


Рис. 27. Результат исследования №3 (недолив 36%)

Исследование №4 (моделирование и затвердевание отливки на грубой сетке)

Перед моделированием внесены следующие изменения в технологию литья: отливку пришлось перевернуть, более толстые, массивные стенки (тепловые узлы) отливки были размещены в нижней полуформе. Грубая сетка (большой размер конечностной ячейки) была принята для более быстрого расчета, точность данного моделирования была низкой.

Получены удовлетворительные результаты данного моделирования – образование усадочных дефектов минимальное, материалоемкость отливки невысокая. Результат данного моделирования показаны на рис. 28.

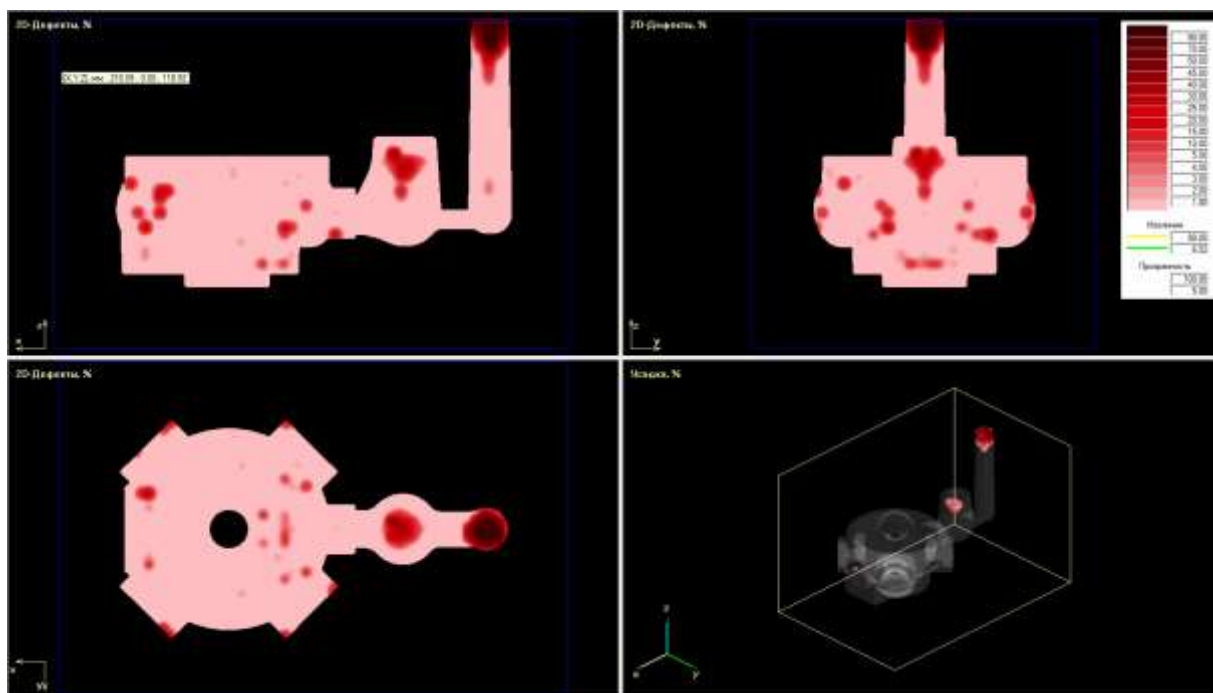


Рис. 28. Результат исследования дефектов №4

Исследование №5 (моделирование и затвердевание отливки на грубой сетке с пониженной температурой)

В исследовании №5 были использованы те же технологические параметры, что и в исследовании №4, только температура заливки была снижена. И опять же при пониженной температуре возник недолив, только в данном случае он составил 53%. Результаты расчета можно увидеть на рис. 29.

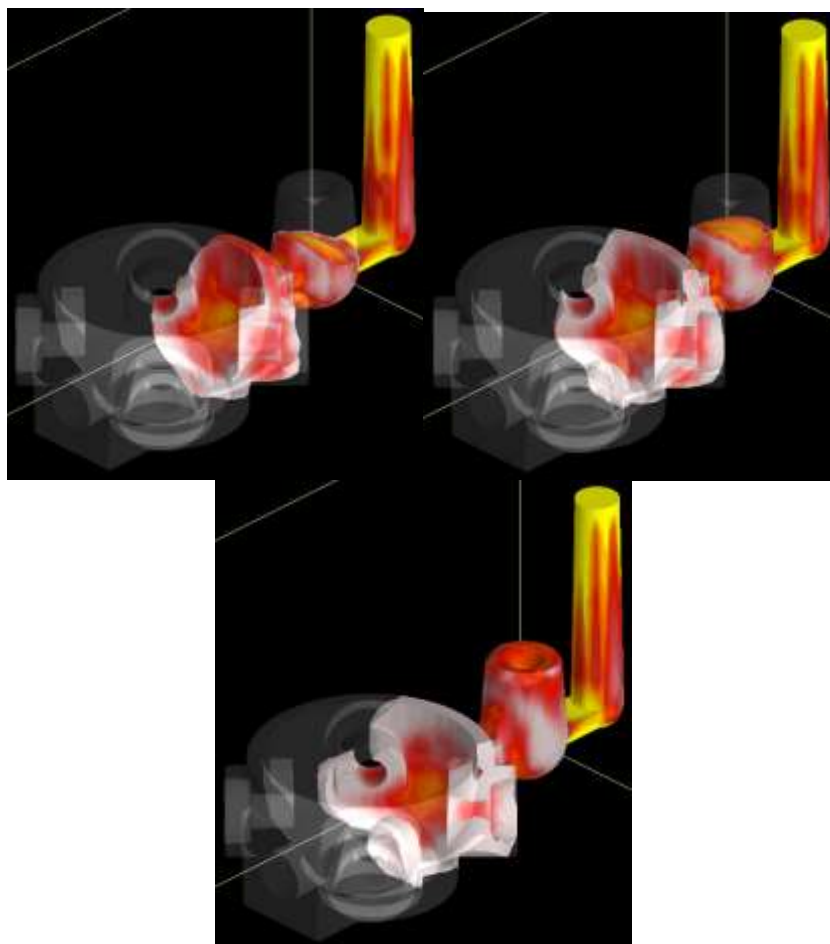


Рис. 29. Образование недолива в отливке (исследование №5)

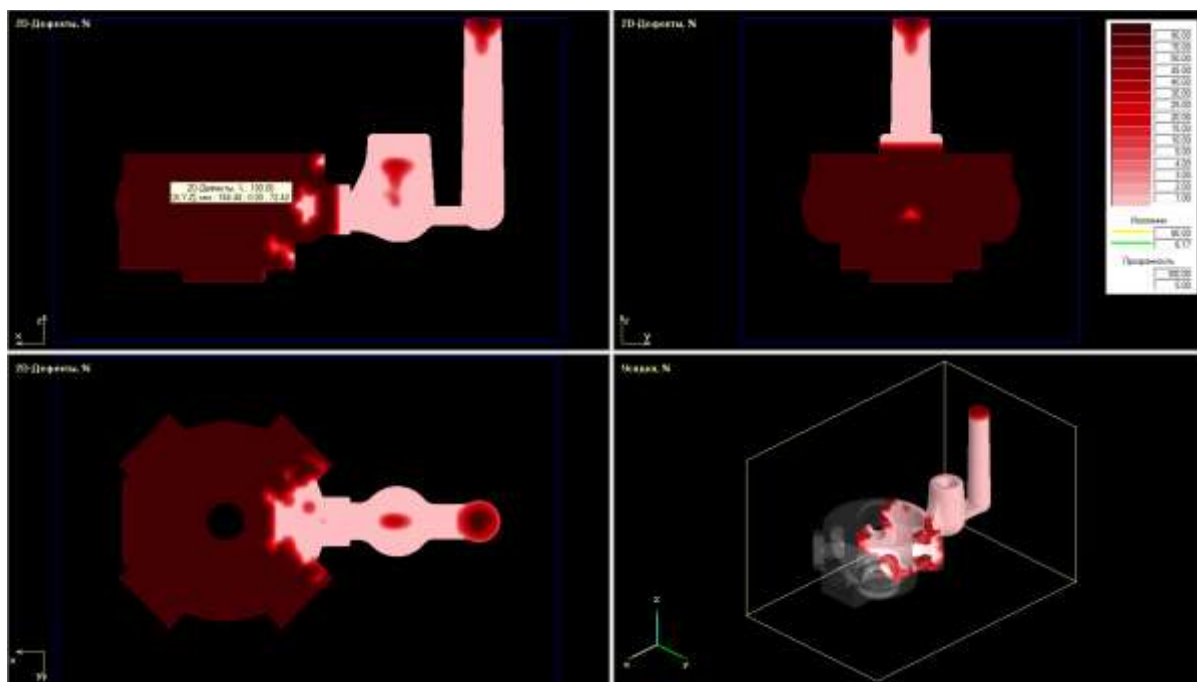


Рис. 30. Результат исследования №5 (недолив 53%)

Исходя из описанных выше результатов исследований, было решено провести еще одно **Исследование №6**, которое основывалось на исходных данных 4-ого, но параметры точности были заданы более высокими. Температура в этом случае была принята оптимальная. Результат моделирования заполнения литейной формы и образования усадочных раковин показан на рис. 31. Образование дефектов минимальное, заполнение формы проходит плавно, и кристаллизация проходит в необходимый момент времени, то есть не получается недолива и большинство усадочных дефектов уходит в прибыль. Как видно из рисунка, в отливке еще имеются дефекты, но их величина незначительна, и они не попадают в припуск на механическую обработку (при обработке дефекты не будут обнаружены). Полученный результат можно принять для дальнейшего расчета напряжений.

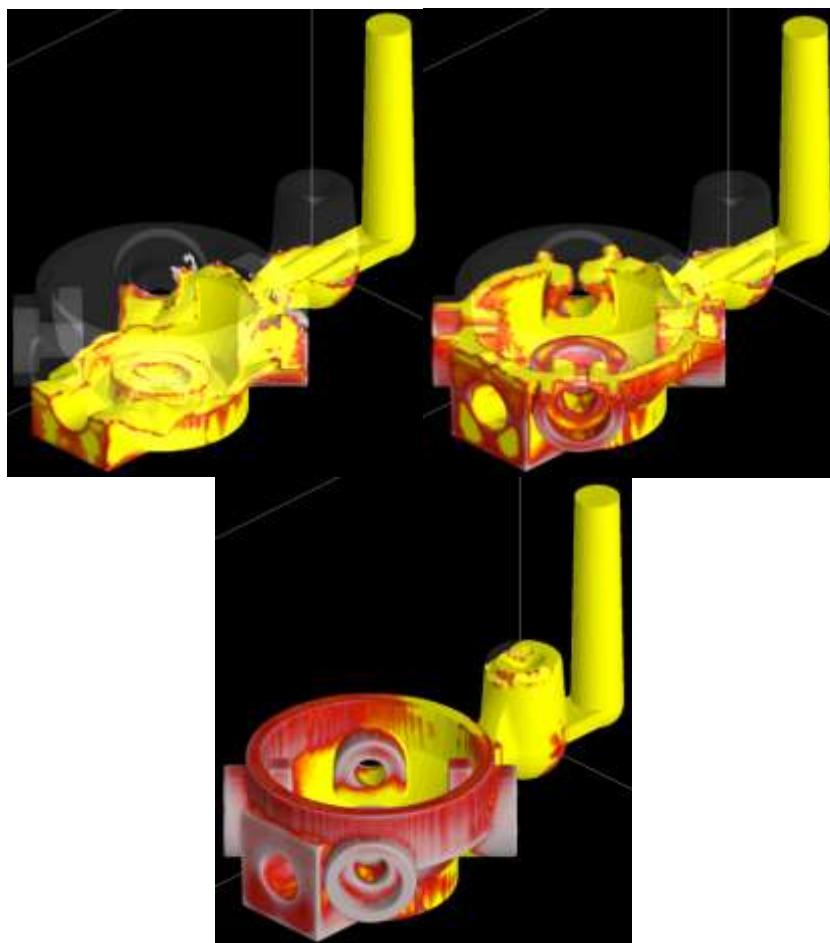


Рис. 31. Заполнение литейной формы расплавом (исследование №6)

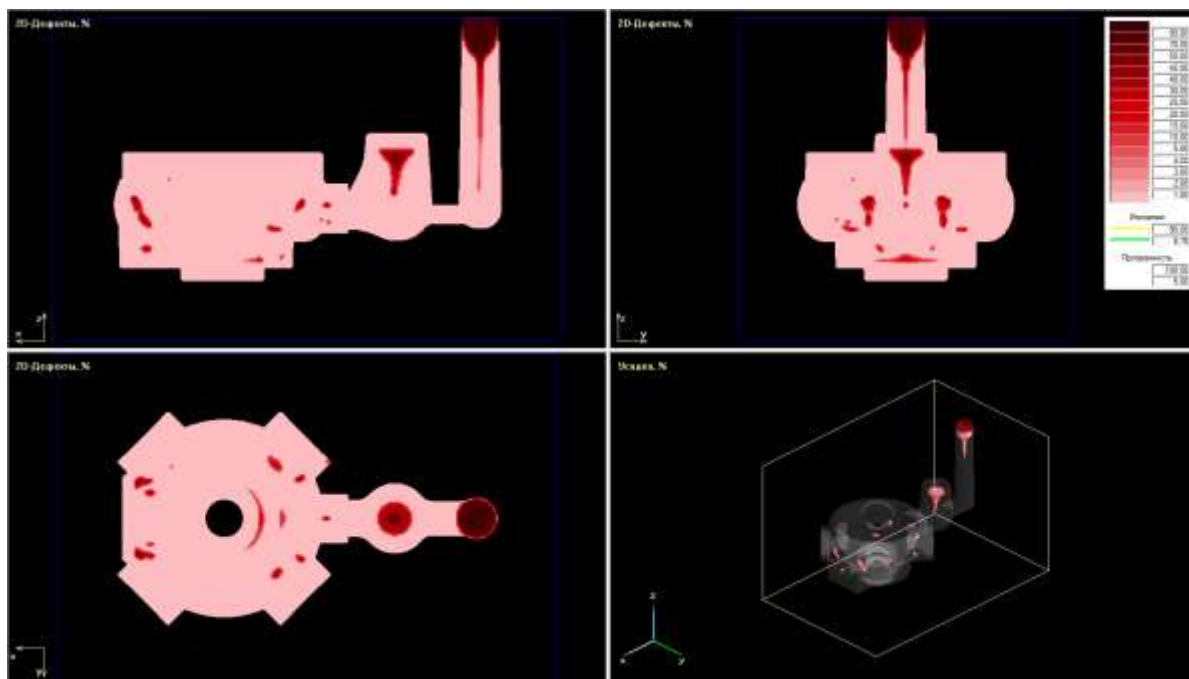


Рис. 32. Результат исследования дефектов №6

3.2.6. Анализ работы питания отливки и образования усадки

Рассмотрим процесс затвердевания в тепловых узлах, тип дефектов, их концентрацию и форму (рис. 33, 34).

Прибыль работает эффективно, так как из самого массивного теплового узла отливки усадка переходит в нее. В тех местах, где присутствует пористость, прибыль устанавливать нецелесообразно и неудобно, так как это повлечет за собой удорожание технологического процесса и себестоимости литья. Как уже было описано выше, эти дефекты незначительны и в данном случае ими можно пренебречь.

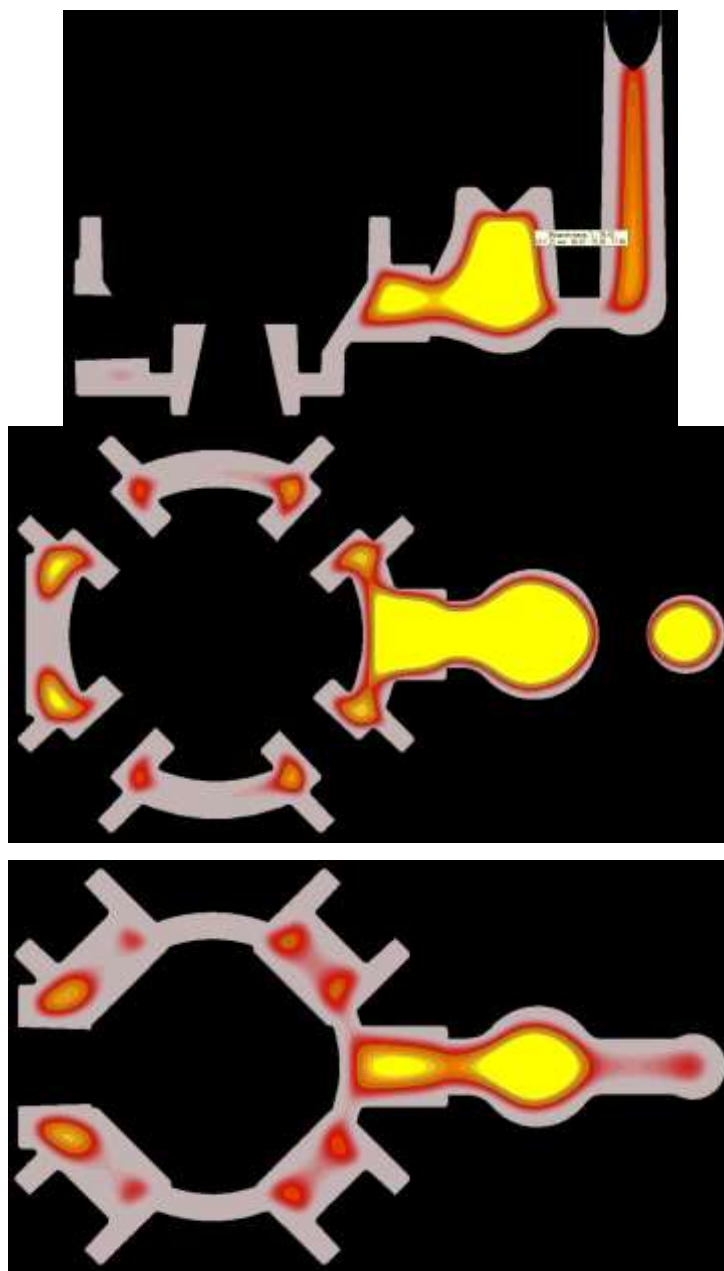


Рис. 33. Кристаллизация в тепловых узлах

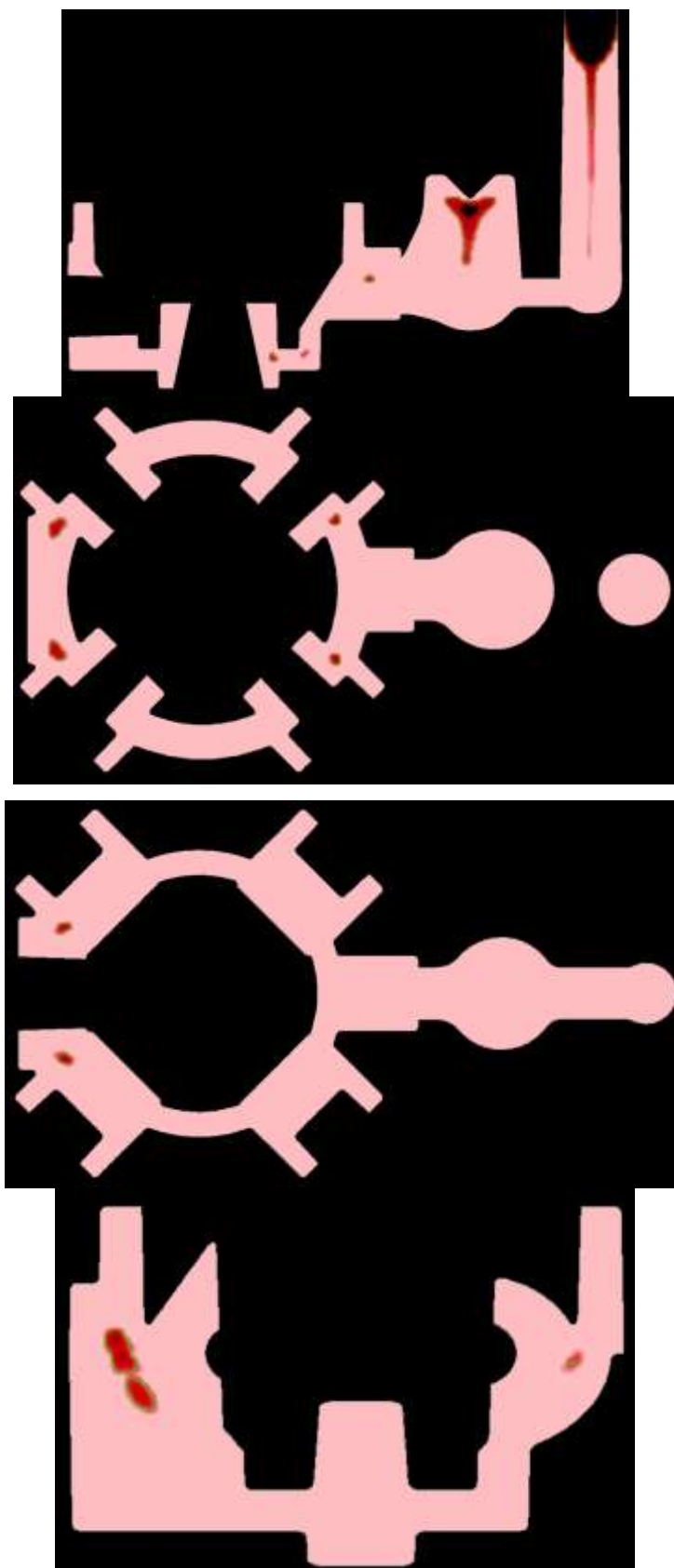


Рис. 34. Концентрация усадки в тепловых в тепловых узлах

Так как был получен удовлетворительный результат, опишем технологические параметры и параметры моделирования, которые были приняты для данного моделирования в 6-м исследовании.

1. Материал отливки: сплав SS1505_Stress (аналог Сталь 30Л)
2. Температура заливки: 1660 – 1680 °C
3. Время заполнения формы (рассчитанное LVMFlow): 1,5 с (поток 1,42 кг/с)
4. Время кристаллизации (рассчитанное LVMFlow): 16 с
5. Материал формы – чугун
6. Начальная температура формы: 250 °C
7. Материал стержня: Alfaset
8. Размер расчетной ячейки: 1 мм (расчетных узлов отливки: 206521; всего узлов: 405455)

3.2.7. Моделирование напряжений отливки после затвердевания

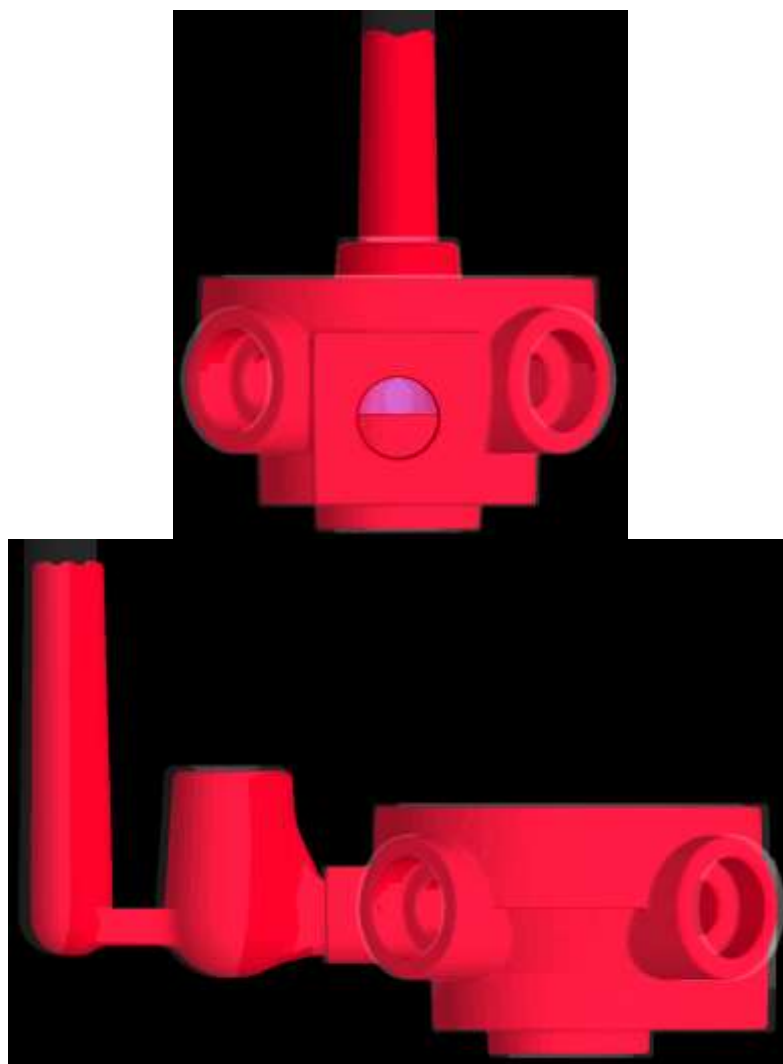
В данном разделе приведены описание и графическое исследование механических параметров, которые можно промоделировать в модуле «Напряжения» после проведения исследований с помощью модулей «Заполнение» и «Кристаллизация».

Смещения (усадка). Усадкой называется уменьшение объема и линейных размеров отливки в процессе ее формирования при охлаждении с температуры заливки до температуры окружающей среды. Усадка является одним из важнейших литейных свойств сплавов.

Для оценки усадки используют понятия: относительная усадка и коэффициент усадки в интервале температур. В зависимости от агрегатного состояния сплава различают усадку в жидком, твердо-жидком и твердом состояниях. Полная усадка является суммой этих трех слагаемых. Основу усадки составляет термическое сжатие, которое увеличивается или уменьшается в результате фазовых превращений и

изменения растворимости газов. У ряда сплавов вблизи от температуры ликвидуса наблюдается увеличение объема, называемое предсадочным расширением.

При затвердевании жидкая фаза металла переходит в твердую, соответственно при этом происходит уменьшение объема отливки при фазовом переходе. Программа дает возможность спрогнозировать, как и в какую сторону сместится поверхность отливки при данном явлении. На рис. 35 просматриваются силуэтный контур начального положения отливки и закрашенный, который соответствует положению после затвердевания. Данные смещения составляют около 0,5 – 1,8 мм. На рис. 37 это можно увидеть, сравнив цвет контура со шкалой. Средние показания смещений – 1,5 мм.



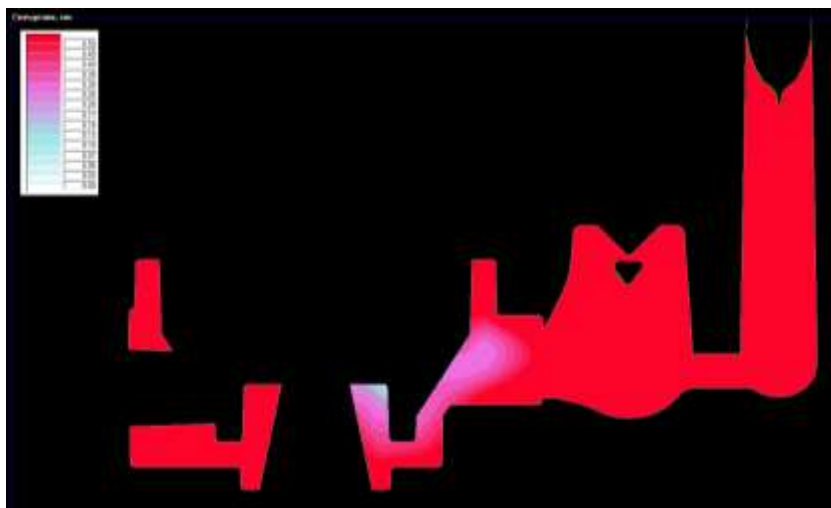


Рис. 35. Анализ «Смещений»

Горячие трещины. Горячими трещинами называют хорошо видимое нарушение сплошности отливки. Поверхность трещины грубая, окисленная со следами дендритов. Характерным признаком горячих трещин являются их неровные (рваные) края и значительная ширина.

Обычно разрушение отливок (возникновение горячих трещин) происходит под влиянием растягивающих напряжений. При этом в зависимости от схемы нагружения узла отливки причиной ее разрушения может быть недостаточная прочность сплава или недостаточная способность к деформированию. Это значит, что сплав, имеющий достаточную прочность при высоких температурах и хорошую стойкость против образования трещин при изготовлении одних отливок, не всегда пригоден для других отливок.

Имеется возможность прогнозирования горячих трещин. Как видно из рис. 38, в сечениях отливки коэффициент прогнозирования горячих трещин не переходит в красную зону, относительная разница между максимальным значением полученных результатов (2,6) и максимальным значением по шкале (10) не превышает 3,5 раз.

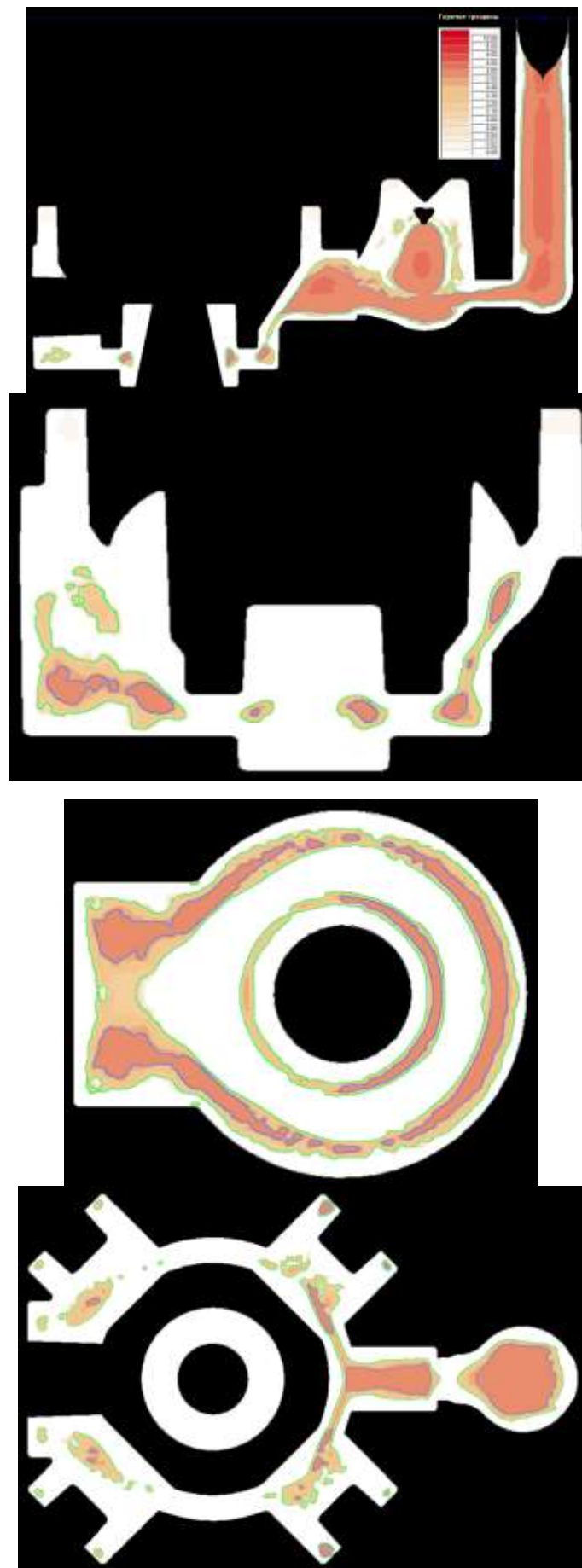


Рис. 36. Анализ «Горячих трещин»

Параметры «Смещения» и «Горячие трещины» являются основными и существенно влияют на качество литья. К остальным параметрам, которые имеются в данном модуле, относятся: работа пластической деформации, максимальное главное напряжение, напряжение сжатия, интенсивность пластической деформации.

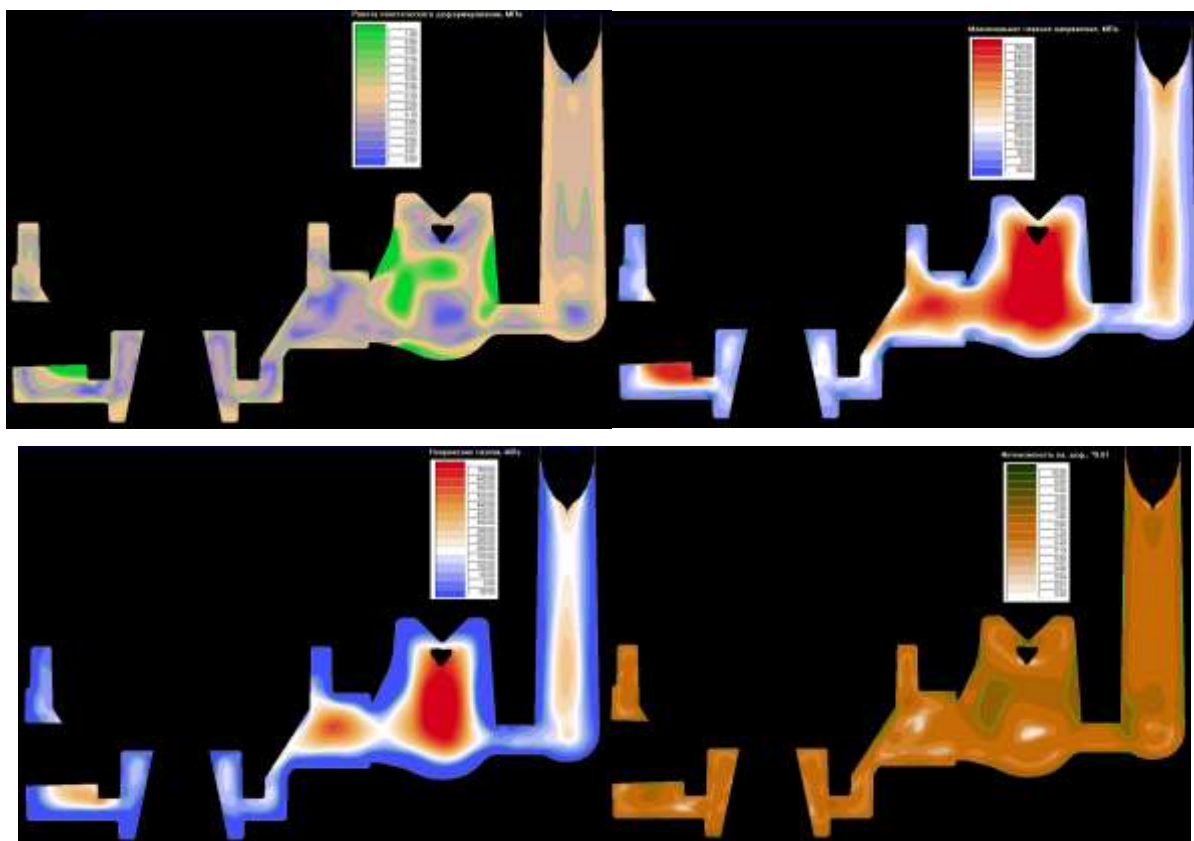


Рис. 37. Остальные результаты модуля «Напряжения»

Наблюдение за развитием процессов и четкое хронометрирование образования дефектов дает возможность понять, когда и в какой области дефекты могут возникнуть, открывает возможности для быстрого реагирования и внесения изменений в конструкцию.

3.3. Разработка кокильной оснастки

Завершающим этапом данной работы является разработка кокиля для изготовления отливки.

Изготовление отливок в кокили по сравнению с литьем их в песчаные разовые формы имеет несомненные достоинства и экономические преимущества:

- существенно повышается размерная точность и уменьшается шероховатость поверхностей отливки, что снижает припуски на ее механическую обработку. Последняя иногда полностью исключается, что повышает прочность отливки, так как литая поверхность всегда лучше сопротивляется изнашиванию и коррозии;
- практически все отливки имеют плотную и мелкозернистую структуру, что повышает их механические свойства и гидроплотность;
- улучшаются условия труда и повышается производительность; уменьшается брак отливок;
- создаются благоприятные предпосылки для комплексной механизации и автоматизации производства отливок, а также уменьшения их себестоимости.

После принятия решения о целесообразности изготовления отливок в кокиле разрабатывается технология производства отливки по схеме, представленной на рис. 38 [3, стр. 57]. Следует отметить, что в зависимости от сложности отливки, конструкции кокиля, наличия песчаных или металлических стержней, вида сплава отливки и качества ее изготовления ряд операций, показанных на рис. 38, может не выполняться, например, изготовление разового стержня, постановка стержня в кокиль, удаление стержня из кокиля, исправление дефектов отливки, термическая обработка отливки и ее грунтование.

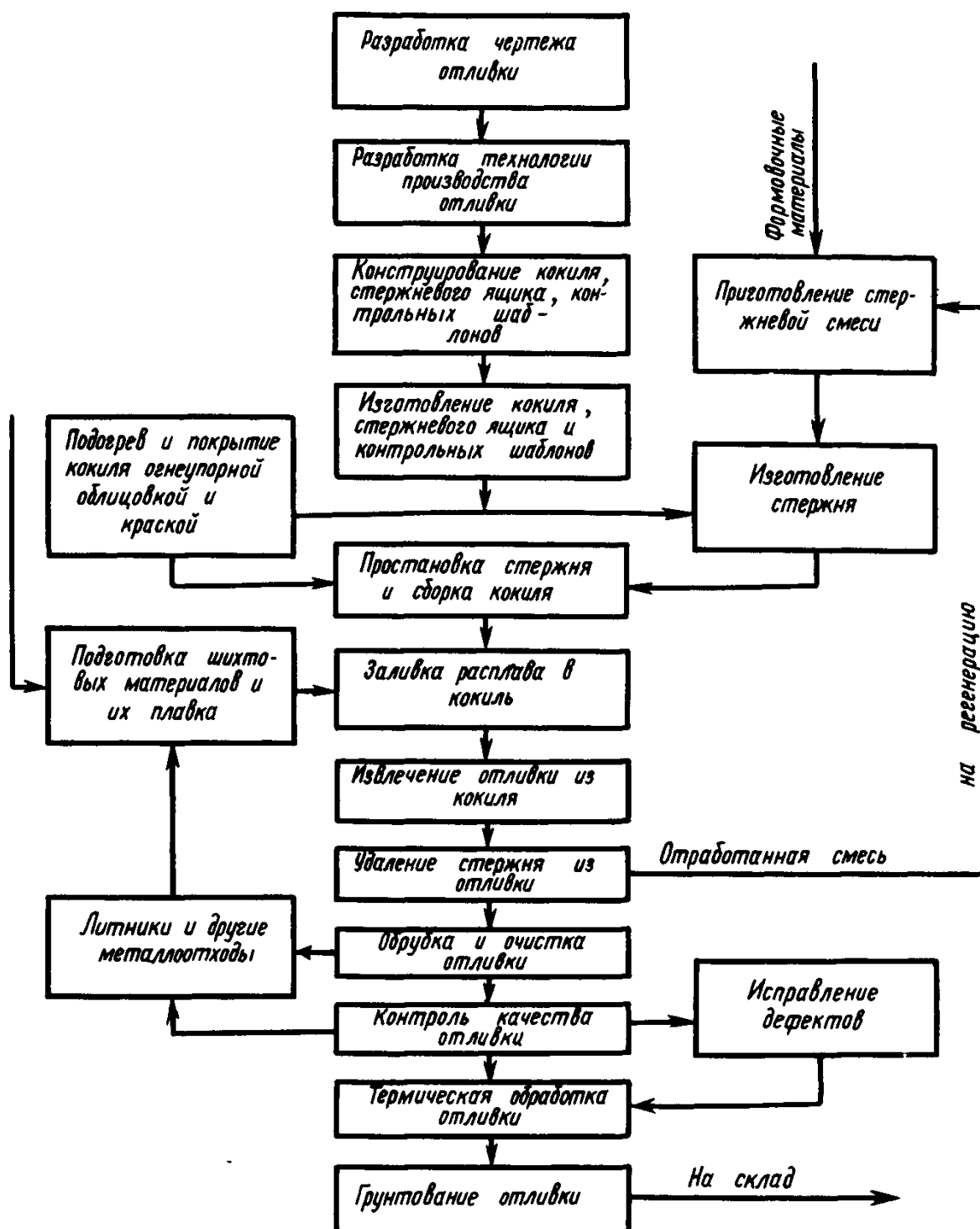


Рис. 38. Схема технологического процесса изготовления отливок в кокилях

3.3.1. Классификация кокилей

Классификация кокилей в зависимости от плоскости разъема и конструкции приведена в [3, стр. 248-250, табл. 149]. Существуют определённые требования к конструкции литейной формы (кокиля),

которым необходимо следовать при проектировании:

- Конструкция литниковой системы должна обеспечивать спокойное и равномерное поступление металла в форму без образования брызг. Если это трудно осуществить, следует принимать меры к тому, чтобы удар металла воспринимался самой литниковой системой или стержнем. При изготовлении стальных отливок обязательно устраивать литниковую систему в песчаной части формы.
- Во всех случаях необходимо избегать попадания струи жидкого металла на выступающие части металлической формы.
- При изготовлении кокилей следует добиваться точного соединения частей формы, чтобы по время ее эксплуатации металл не попадал в места сочленения.
- Конструкция кокиля должна обеспечивать свободную усадку и выбивку отливки.

Для получения внутренней полости в отливке, а иногда для выполнения и наружных частей применяются сухие или сырые стержни. В отдельных случаях их заменяют металлическими вкладышами или металлическими стержнями. Сырые стержни применяются в тех случаях, когда от них требуется большая податливость.

Для отливок из алюминиевых и магниевых сплавов кокильная форма и стержни делаются металлическими; для отливок из черных металлов форма делается металлической, а стержни, как правило, песчаными.

Способ крепления стержней в кокиле определяется конструкцией стержневых знаков. На фиг. 123, [3, стр. 253] показана конструкция таких знаков для сухих стержней. Сырые стержни и способы крепления их в кокили показаны на фиг. 124, [3, стр. 256].

Зазоры между направляющими частями металлических стержней и отверстиями для них в кокиле принимаются по табл. 152, [3, стр. 257].

Зазоры между знаками песчаных стержней и гнездами для них в кокиле принимаются, как и в песчаных формах при литье по-сырому (см. табл. 74, [3, стр. 131]).

Допуски на размеры знаков в кокилях и стержневых ящиках можно брать, как для металлических моделей и стержневых ящиков (см. табл. 73, [3, стр. 130]),

Длина горизонтальных и вертикальных знаков, а также уклоны вертикальных знаков выбираются по табл. 69—72, [3, стр. 123-126].

При изготовлении разъемных кокилей необходимо обеспечивать достаточную чистоту поверхностей разъема во избежание образования больших заливов. Для точных отливок простой конфигурации применяются кокили с полной обработкой рабочих поверхностей и мест сопряжений. Для отливок средней точности производится частичная обработка кокилей, главным образом знаков стержней и мест соединения частей формы. При производстве отливок сложной конфигурации, когда их обработка сопряжена с трудностями, а также в тех случаях, когда не требуется высокая точность отливок, кокили механически не обрабатываются.

3.3.2. Стойкость кокилей

В табл. 141 и 142, [2, стр. 236-237] приведены данные о стойкости кокилей изготовленных из чугуна и стали.

Причинами выхода из строя кокилей являются:

- выгорание рабочих поверхностей от теплового воздействия жидкого металла;
- трещины на рабочих поверхностях, образующиеся от многократного одностороннего нагрева и охлаждения стенок формы;
- коробление с потерей первоначальных размеров (преимущественно крупных и сложных форм);

- механические повреждения при плохом обращении с кокилями во время их эксплуатации;
- грубая механическая обработка рабочих поверхностей.

Стойкость металлических форм зависит от свойств отливаемого металла и металла формы; от конструкции литниковой системы; от конструкции и размеров формы; от качества изготовления формы и правильной ее эксплуатации.

Для мелких отливок из стали при температуре плавления 1450°С с песчаными стержнями, стойкость кокилей составляет 400-600 заливок.

3.3.3. Материал кокилей

Поверхность рабочей части кокиля при его эксплуатации претерпевает резкие температурные изменения, так как при заливке жидким металлом кокиль подвергается быстрому нагреву, а после удаления отливки — охлаждению. Поэтому материал кокилей должен обладать достаточной теплостойкостью, противостоять выгоранию, росту и короблению. Этим требованиям больше всего удовлетворяет серый чугун (табл. 143, [3, стр. 238]). Сталь применяется реже. Перед заливкой рабочая поверхность кокиля опрыскивается защитной жидкостью, например суспензией силиманита Al_2SiO_5 .

Кокили изготавливаются различными методами. Заготовки кокилей несложной конфигурации отливаются в сырые формы или на металлическую плиту (литье в металлические формы производится при серийном производстве заготовок кокилей, причем для улучшения их качества применяется метод кристаллизации под прессовым давлением). Заготовки кокилей более сложной конфигурации изготавливаются литьем в сухие формы, а при очень сложной конфигурации заготовки отливаются в стержнях.

Так как отливка из стали сложной конфигурации, по табл. 143 [3, стр. 238] выбираем материал для полуформ кокиля — это чугун со

следующим химическим составом.

Табл.3. Химический состав чугуна для изготовления кокиля

Углерод C, %	Кремний Si, %	Марганец Mn, %	Фосфор P, %	Сера S, %
3,3-3,7	1,8-2,8	0,6-0,7	0,1-0,2	≤0,12

Таким образом, после разработки кокильной оснастки, выбора материала кокиля и моделирования процесса литья проектируется 3D-модель кокиля для изготовления подшипникового щита (рис.39).

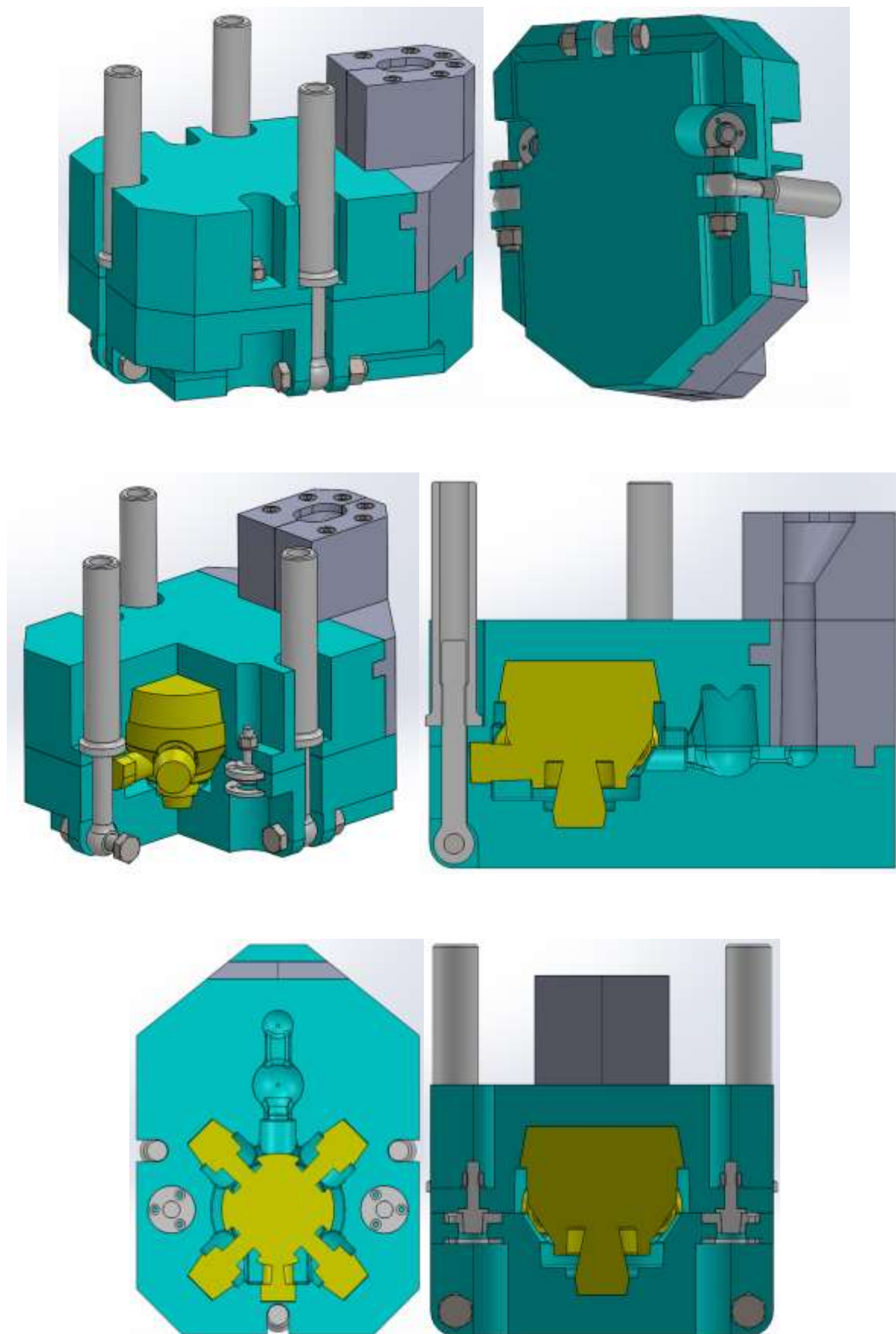


рис.39. 3D-модель кокиля для изготовления подшипникового щита

Конструкция спроектированного кокиля удовлетворяет необходимым требованиям:

- равномерное поступление металла в форму без образования брызг;
- точное соединение частей формы;
- обеспечение свободной усадки и выбивки отливки.

Таким образом, данная кокильная оснастка соответствует всем техническим требованиям.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ41	Комарь Сергей Андреевич

Институт	Кибернетики	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет стоимости материалов Расчет заработной платы Отчисления на социальные нужды Накладные расходы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30%
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Анализ конкурентных технических решений
2. Разработка устава научно-технического проекта	Цели и результаты проекта Организационная структура проекта Ограничения и допущения проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	План проекта Бюджет проекта Риски проекта
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Оценка конкурентоспособности технических решений 3. Матрица SWOT 4. График проведения и бюджет НТИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ 6. Потенциальные риски	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Юлия Игоревна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Комарь Сергей Андреевич		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В современном мире перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Необходимым условием оценки коммерческой ценности разработки является поиск источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. С помощью этой оценки ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

4.1 Описание предприятия

Заказчиком моделирования литейной формы, расчет дефектов напряжения и деформации с помощью пакета LVMFlow является

предприятие ООО «Гусиноозерское литье», которое занимается производством различных деталей и сборочных единиц для энергетической, золотодобывающей, угольной промышленности.

4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 5.1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Конкурент 1 – ООО «Улан-Удэнский приборный завод».

Конкурент 2 – ООО «Литейщик».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя

Таблица 4.1

Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
3. Помехоустойчивость	0,04	5	5	5	0,2	0,2	0,2
4. Энергоэкономичность	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
5. Надежность	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
6. Уровень шума	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
7. Безопасность	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
8. Потребность в ресурсах памяти	0,04	5	5	4	0,2	0,2	0,16
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
10. Простота эксплуатации	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	5	5	3	0,2	0,2	0,12
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,07	5	5	2	0,35	0,35	0,14
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	5	5	4	0,3	0,3	0,24
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
3. Цена	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
5. Послепродажное обслуживание	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
6. Финансирование научной разработки	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
7. Срок выхода на рынок	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
8. Наличие сертификации разработки	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
Итого	1	91	89	76	4,54	4,45	3,76

Из таблицы 5.1 видно, что преимущество разработки дает возможность использование пакета LVMFlow, а это ведет к повышению

производительности и качества. Так же данная САПР является простой и удобной в эксплуатации и имеет долгий срок работы.

4.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 4.2 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие современного оборудования С2. Достаточная доля рынка С3. Наличие эффективных каналов распределения ГП С4. Продукция хорошего качества С5. Высокая квалификация сотрудников С6. Наличие стратегии развития предприятия	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Низкое качество системы управления персоналом Сл2. Отсутствие эффективной системы мотивации и стимулирования Сл3. Низкий уровень маркетинговых исследований
Возможности: В1. Высокая потребность промышленной сферы в обработке винтовых поверхностей В2. Преимущества при выплатах по долгосрочным займам В3. Расширение перспектив развития бизнеса В4. Появление новых технологий	1) Внедрение долгосрочных проектов 2) Использование новых технологий 3) Поддержание каналов распределения 4) Нарботка и укрепление КП	1) Создание эффективной системы мотивации и стимулирования 2) Разработка системы карьерного роста 3) Внедрение новых технологий
Угрозы: У1. Жесткая конкуренция У2. Нестабильные поставки материалов У3. Угроза снижения доли рынка У4. Экономический кризис	1) Нарботка и укрепление КП 2) Поиск новых, более выгодных поставщиков 3) Вложение денежных средств в материалы 4) Удержание имеющейся	1) Разработка системы карьерного роста 2) Использование маркетинговых стратегий 3) Поддержание каналов распределения 4) Дополнительная

в стране	доли рынка 5) Производство продукта с конкурентным преимуществом 6) Усиление продвижения	мотивация сотрудников маркетинга 5) Вложение денежных средств в материалы
----------	--	--

4.4 Инициация проекта

4.4.1 Цели и результат проекта

В данном разделе приведена информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Информация по заинтересованным сторонам проекта представить в табл. 4.3.

Таблица 4.3 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Магистрант	Магистерская диссертация
Руководитель проекта	Получение проекта моделирования литейной формы, расчет дефектов напряжения и деформаций.

В табл. 4.4 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.4 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Моделирование литейной формы подшипникового щита
Ожидаемые результаты проекта:	Расчет дефектов напряжения и деформации
Критерии приемки результата проекта:	Минимизация дефектов, допустимых для эксплуатации детали
Требования к результату проекта:	Требование:
	Разработка литниковой системы
	Выбор литейной формы

	Выбор режимов и параметров литья
	Оформленная техническая документация
	Оформленная магистерская диссертация

4.4.2. Организационная структура проекта

На данном этапе работы решены следующие вопросы: кто входит в рабочую группу данного проекта, определена роль каждого участника в данном проекте, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информация представлена в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1.	Инженер (магистрант)	Исполнитель проекта	Выполнение отдельных работ по проекту, выполнение расчетов, чертежей, проведение экспериментов	2232
2.	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта	Координирует деятельность участников проекта	124
ИТОГО:				2356

4.4.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же

«границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 4.6 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	612134
3.1.1. Источник финансирования	ООО «Гусиноозерское литье»
3.2. Сроки проекта:	22.01.2015-06.06.2016
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	18.02.2016
3.2.2. Дата завершения проекта	20.06.2016
3.3. Прочие ограничения и допущения*	-

4.5 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Составления технологического задания	2	22.01.2015	24.01.2015	Шамина О.Б.
2	Выбор направления исследования	2	22.01.2015	24.01.2015	Шамина О.Б.
3	Изучение литературы	42	26.01.2015	14.03.2015	Комарь С.А.
4	Проектирование литниковой системы	48	16.03.2015	11.05.2015	Комарь С.А.
5	Выбор литейной формы	26	14.05.2015	13.06.2015	Комарь С.А.
6	Проведение	24	15.06.2015	13.07.2015	Комарь С.А.

	экспериментов с помощью пакета LVMFlow				
7	Проектирование литейной формы	14	14.07.2015	29.07.2015	Комарь С.А.
8	Построение графиков	136	31.08.2015	13.02.2016	Комарь С.А.
9	Консультирование	62	22.01.2015	06.06.2016	Шамина О.Б.
10	Разработка чертежей	60	15.02.2016	23.04.2016	Комарь С.А.
11	Оформление магистерской диссертации	37	25.04.2016	06.06.2016	Комарь С.А.
12	Итоговая проверка работы	3	03.06.2016	06.06.2016	Шамина О.Б.
Итого		391	22.01. 2015	06.06. 2016	

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде табл. 5.8 с разбивкой по месяцам за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4.8 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Ко д раб от ы	Вид работы	Исполнит ель	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ																
				янв.	фев.	март	апр.	май	июнь	июль	сен.	окт.	нояб.	дек.	янв.	фев.	март	апр.	май	июнь
1	Составление тех- го задания	Шамина О.Б.	2	■																
2	Выбор направления исследования	Шамина О.Б.	2	■																
3	Изучение литературы	Комарь С.А.	42		▨	▨														
4	Проектирование литниковой системы	Комарь С.А.	48			▨	▨													
5	Выбор литейной формы	Комарь С.А.	26					▨												
6	Проведение экспериментов с помощью пакета LVMFlow	Комарь С.А.	24						▨											
7	Проектирование литейной формы	Комарь С.А.	14							▨										
8	Построение графиков	Комарь С.А.	136								▨	▨	▨	▨	▨	▨				
9	Консультирован ие	Шамина О.Б.	62	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10	Разработка чертежей	Комарь С.А.	60														▨	▨		
11	Оформление магистерской диссертации	Комарь С.А.	37															▨	▨	▨
12	Итоговая проверка работы	Шамина О.Б.	3																	■



- руководитель



- инженер

4.6 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

1) Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Таблица 4.9 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Пакет САПР LVMFlow	LVMFlow	1	184134	184134
Сталь	Сталь 45	18,38	36	661,68
Сталь	Сталь 30Л	0,71	33	23,43
Чугун	АЧВ-2	15,71	160	2513,6
Всего за материалы				187332,03
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				5668,69
Итого по статье C_M				194625,04

2) Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя и инженера (магистранта) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. $F_{\text{д}}=1790$ раб.дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 4.9.

Таблица 4.10 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	23264,86	1,2	1,1	1,3	69561,75	404,15	62	25057
Инженер	14583,32	1,2	1,1	1,3	43604,13	253,34	372	94242,48

3) Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 4.11 – Зарботная плата исполнителей НТИ

Зарботная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	25057	94242,48
Дополнительная зарплата	2505,7	9424,24
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	131229,42	

4) Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot 131229,42 = 39368,83 \text{ руб.}$$

5) Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,7 \cdot 131229,42 = 91860,59 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости разработки технологии изготовления литейной формы. Все данные сведены в табл. 4.12.

Таблица 4.12 – Группировка затрат по статьям

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	194625,04
Основная заработная плата	119299,48
Дополнительная заработная плата	11929,94
Отчисления на социальные нужды	39368,83
Накладные расходы	91860,59
Итоговая плановая себестоимость	457083,82

4.7 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (табл. 4.13).

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О)– лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Таблица 4.13 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Инженер (магистрант)	Руководитель проекта
1. Составление технологического задания	И	О
2. Выбор направления исследования	И	О
3. Изучение литературы	И	У
4. Проектирование литниковой системы	И	У
5. Выбор литейной формы	И	У
6. Проведение экспериментов с помощью пакета LVMFlow	И	У
7. Проектирование литейной формы	И	У
8. Построение графиков	И	У
9. Консультирования	И	О
10. Разработка чертежей	И	У
11. Оформление магистерской диссертации	И	У
12. Итоговая проверка работы	И	О

4.8 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 4.14 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Поставки и материала	Срыв поставки материала	3	3	Средний	Найти надежных постав	Истечение срока договора

						щиков	
2	Экономический	Снижение финансирования	4	4	Средний	Найти материалы по низкой цене	Экономический кризис
3	Технический	Изменение технологии обработки	2	2	Низкий	Применение более универсального оборудования	Изменение параметров шнека

4.9 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

- 1) Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}},$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

2) Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где I_a – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;
 a_i – весовой коэффициент i-го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i-го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 4.15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3
4. Энергосбережение	0,20	3	3
5. Надежность	0,25	4	2
6. Материалоемкость	0,15	4	4
ИТОГО	1	26	19

$$I_{\text{ТП}} = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,2$$

$$I_{\text{Аналог}} = 0,1 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 + 0,25 \cdot 2 + 0,15 \cdot 4 = 3,05$$

3) Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

Таблица 4.16 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1,02	0,83
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,02	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	2,96	5,06
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,7	

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах, т.к. значение меньше единицы, но больше нуля.

При сравнение значений интегральных показателей эффективности разработки и аналога, можно сказать, что более эффективным решением является разработка специального приспособления для фрезерования винтов с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ41	Комарь С.А.

Институт	Кибернетики	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:
 - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)
 - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)
 - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)
 - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)

2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

3. Охрана окружающей среды:

- защита селитебной зоны

– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовойтова Марина Игоревна	кхн		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Комарь Сергей Андреевич		

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Данный раздел дипломной работы посвящен анализу и разработке мер по обеспечению благоприятных и безопасных для творческой работы инженера-технолога условий труда. Здесь рассмотрены вопросы производственной безопасности, эргономики, пожарной безопасности и охраны окружающей среды.

5.1 Анализ опасных и вредных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием некоторых опасных и вредных факторов (ГОСТ 12.0.002-80 «ССБТ. Основные понятия. Термины и определения»), которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизиологические (ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные факторы. Классификация»).

На работающего за ЭВМ инженера-технолога могут негативно действовать опасные и вредные производственные факторы, которые приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Работа инженера-технолога на ЭВМ	1.Физические: повышенные уровни электромагнитного, рентгеновского, ультрафиолетового и инфракрасного излучения, повышенная температура поверхностей ПК, отсутствие или недостаток	1.Физические: опасность поражения электрически м током	1. ГОСТ 12.0.002-80 «ССБТ. Основные понятия.

	естественного света, недостаточная искусственная освещенность рабочей зоны, повышенная яркость света, повышенная контрастность, прямая и отраженная блескость, чрезмерная запыленность и загазованность воздуха, опасность поражения электрическим током, шум от работы оборудования. 2. Психофизические: напряжение зрения и внимания; интеллектуальные, эмоциональные и длительные статические нагрузки; монотонность труда; большой объем информации, обрабатываемый в единицу времени; нерациональная организация рабочего места.		Термины и определения» 2. ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные факторы. Классификация»
--	---	--	---

При работе на ЭВМ к концу рабочего дня возникают типичные ощущения: переутомление глаз, головная боль, тянущие боли в мышцах шеи, рук и спины, снижение концентрации внимания.

5.1.1 Производственный шум

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость,

понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума [выше 80 дБ(А)] на слух человека приводит к его частичной или полной потере.

Основным источником шума в кабинете являются вентиляторы блоков питания ЭВМ. Уровень шума колеблется от 35 до 40дБА. По СанПиН 2.2.2.542-96 при выполнении основной работы на ЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50дБА. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами.

5.1.2 Электромагнитное и ионизирующее излучения

Большинство ученых считают, что как кратковременное, так и длительное воздействие всех видов излучения от экрана монитора не опасно для здоровья персонала, обслуживающего компьютеры. Однако исчерпывающих данных относительно опасности воздействия излучения от мониторов на работающих с компьютерами не существует и исследования в этом направлении продолжаются.

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера представлены в табл. 5.2.

Максимальный уровень рентгеновского излучения на рабочем месте оператора компьютера обычно не превышает 10 мкбэр/ч, а

интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучений от экрана монитора лежит в пределах 10...100 мВт/м².

Таблица 5.2 - Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений (в соответствии с СанПиН 2.2.2.542-96)

Наименование параметра	Допустимые значения
Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора	10В/м
Напряженность магнитной составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора	0,3А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать: для взрослых пользователей для детей дошкольных учреждений и учащихся средних специальных и высших учебных заведений	20 кВ/м 15 кВ/м

Для снижения воздействия этих видов излучения рекомендуется применять мониторы с пониженным уровнем излучения (MPR-II, TCO-92, TCO-99), устанавливать защитные экраны, а также соблюдать регламентированные режимы труда и отдыха.

5.1.3 Поражение электрическим током

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц.[3] По опасности электропоражения кабинет относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с

имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования.

При нормальном режиме работы оборудования опасность электропоражения невелика, однако, возможны режимы, называемые аварийными, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током или электрической дугой может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;
- при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

5.2. Эргономический анализ трудового процесса

5.2.1 Микроклимат

Параметры микроклимата могут меняться в широких пределах, в то время как необходимым условием жизнедеятельности человека является поддержание постоянства температуры тела благодаря терморегуляции, т.е. способности организма регулировать отдачу тепла в окружающую среду. Принцип нормирования микроклимата – создание оптимальных условий для теплообмена тела человека с окружающей средой.

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. В санитарных нормах СН-245-71 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения (см. табл. 6.3).

Объем помещений, в которых размещены работники вычислительных центров, не должен быть меньше $19,5 \text{ м}^3/\text{человека}$ с учетом максимального числа одновременно работающих в смену. Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры, приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.3 - Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры

Период	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении	22...24 °С
	Относительная влажность	40...60 %
	Скорость движения воздуха	до 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23...25 °С
	Относительная влажность	40...60 %
	Скорость движения воздуха	0,1...0,2 м/с

*Таблица 5.4 - Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где
расположены компьютеры*

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
Объем до 20 м ³ на человека 20...40 м ³ на человека Более 40 м ³ на человека	Не менее 30 Не менее 20 Естественная вентиляция

Для обеспечения комфортных условий используются как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и технические средства (вентиляция, кондиционирование воздуха, отопительная система).

5.2.2 Освещение

Расчет освещенности рабочего места сводится к выбору системы освещения, определению необходимого числа светильников, их типа и размещения. Исходя из этого, рассчитаем параметры искусственного освещения.

Обычно искусственное освещение выполняется посредством электрических источников света двух видов: ламп накаливания и люминесцентных ламп. Будем использовать люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют ряд существенных преимуществ:

- по спектральному составу света они близки к дневному, естественному свету;
- обладают более высоким КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД ламп накаливания);

- обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания);
- более длительный срок службы.

Помещение имеет размеры: длина $A=4\text{м}$, ширина $B=3\text{м}$, высота $H=3,5\text{м}$.

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес);

$h_n = H - h_c$ – высота светильника над полом, высота подвеса;

$h_p=0,9\text{ м}$ - высота рабочей поверхности над полом [Должностная инструкция инженера-технолога, п. II];

$h = h_n - h_p$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью.

l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

L – расстояние между соседними светильниками или рядами.

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3$.

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

$H=3,5\text{ м}$; $h_c=0,5\text{ м}$; $h_n=3\text{ м}$.

Найдем расчетную высоту: $h = h_n - h_p = 3 - 0,9 = 2,1\text{ м}$.

Расстояние между светильниками L определяется как:

$$L = \lambda \cdot h$$

$$L = 1,1 \cdot 2,1 = 2,3\text{ м}$$

$$L/3 = 0,7\text{ м}$$

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина $\lambda = L/h$, уменьшение которой удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведёт к резкой неравномерности освещённости.

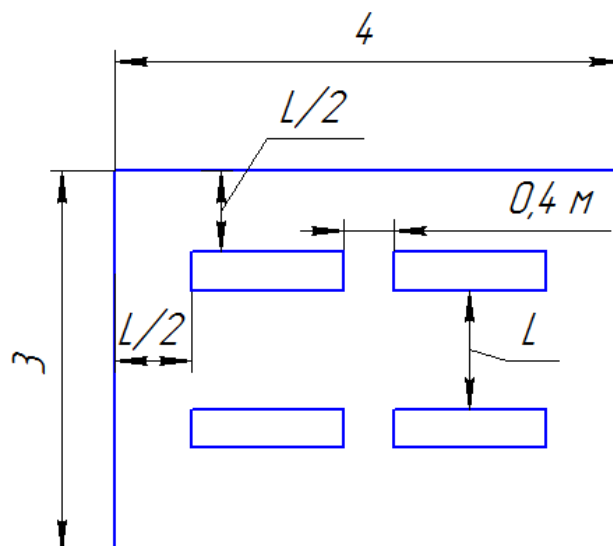


Рисунок 5.1 - План размещения светильников с люминесцентными лампами

Размещаем светильники в два ряда. В ряду можно установить 2 светильников типа ПВЛ мощностью 40 Вт (с размерами 1.23x0.266x0.158), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 0.4 м. Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $n = 8$.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = S / h(A+B)$$

Подставим значения:

$$i = 12 / 2,1 * (4 + 3) = 0,8$$

Расчет общего равномерного освещения.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K \cdot Z / n \cdot \eta,$$

где E_n – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, лк;

$E_n=300$ лк; (работа высокой точности, светлый фон, разряд зрительной работы III)

S – площадь освещаемого помещения, m^2 ;

K – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли

$K=1,5$;

Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение $E_{ср.} / E_{min.}$.
Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

n – число ламп;

η - коэффициент использования светового потока.

Значения коэффициента использования светового потока η светильников с люминесцентными лампами для наиболее часто встречающихся сочетаний коэффициентов отражения и индексов помещения приведены в таблице 8[12]. Для данного примера $\eta=0,22$, так как индекс помещения $i=0,8$, тип светильника ПВЛ, значение коэффициентов отражения стен и потолка $p_n=50\%$ (Чистый бетонный) $p_c=30\%$ (Оклеенные светлыми обоями)

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен p_c и потолка p_n .

$$\Phi = \frac{300 \cdot 12 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{8 \cdot 0,22} \approx 3375 \text{ Лм}$$

Определяем световой поток ламп:

Рассчитав световой поток Φ , зная тип лампы, по таблице 7 [12] выбирается ближайшая стандартная лампа и определяется электрическая мощность всей осветительной системы.

Ближайшая стандартная лампа – ЛБ потоком 3200 Лм.

Основные характеристики:

Мощность- 40 Вт;

Напряжение сети-220В;

Определяем электрическую мощность осветительной установки.

$$P = 40 \cdot 8 = 320 \text{ Вт}$$

Проверка:

Сделаем проверку произведенных расчетов, используя формулу

$$0.9 \cdot E_H < E_{\text{расч}} < 1.2 \cdot E_H$$

Найдем $E_{\text{расч}}$:

$$E_{\text{расч}} = \Phi \cdot n \cdot \eta / S \cdot K \cdot Z,$$

$$E_{\text{расч}} = 3200 \cdot 8 \cdot 0.22 / 12 \cdot 1,5 \cdot 1.1 = 284 \text{ лк.}$$

Таким образом, получается, что данные расчеты произведены, верно, условие $0.9 \cdot E_H < E_{\text{расч}} < 1.2 \cdot E_H$ выполняется $270 < 284 < 360$.

5.2.3 Эргономические требования к рабочему месту

Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важных проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники.

Рабочее место и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места инженера-технолога должны быть соблюдены следующие основные условия: оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места и достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Главными элементами рабочего места инженера-технолога являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя.

Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление инженера-технолога. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Моторное поле - пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук - это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона - часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

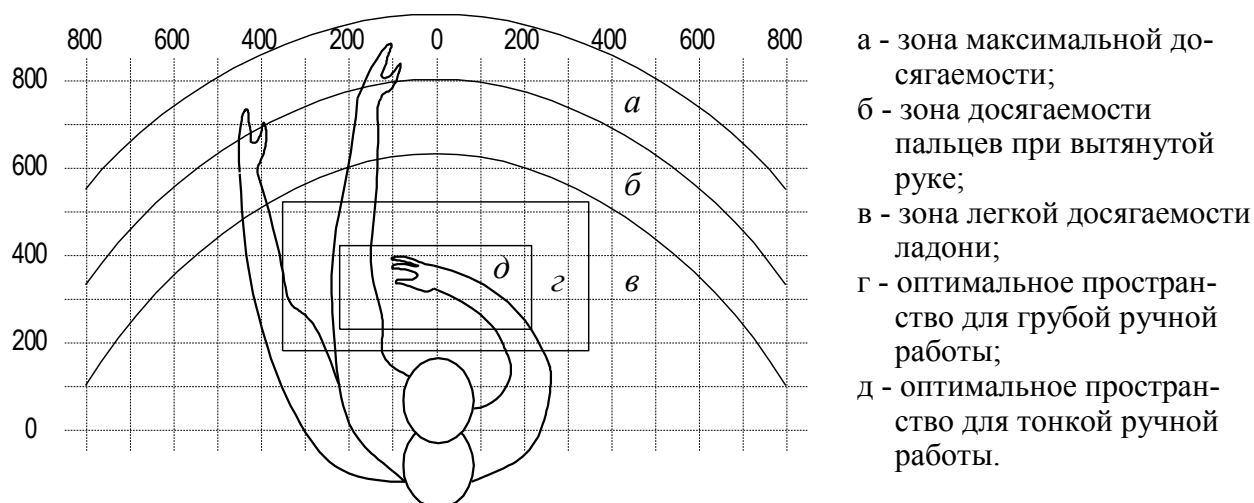


Рисунок 5.2 - Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости
Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах

досягаемости:

ДИСПЛЕЙ размещается в зоне а (в центре);

СИСТЕМНЫЙ БЛОК размещается в предусмотренной нише стола;

КЛАВИАТУРА - в зоне г/д;

«МЫШЬ» - в зоне в справа;

СКАНЕР в зоне а/б (слева);

ПРИНТЕР находится в зоне а (справа);

ДОКУМЕНТАЦИЯ: необходимая при работе - в зоне легкой досягаемости

ладони – в, а в выдвижных ящиках стола - литература, неиспользуемая постоянно.

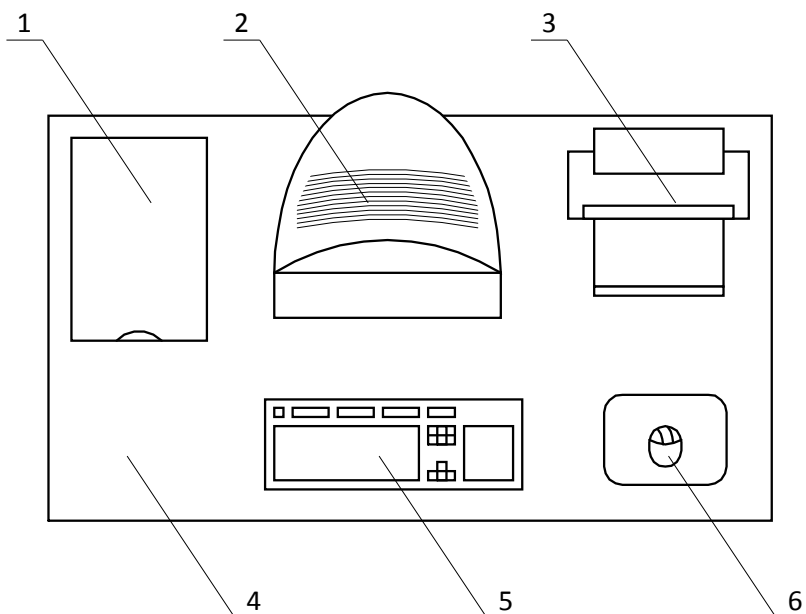


Рисунок 5.3 - Размещение основных и периферийных составляющих

На рис. 5.3 показан пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе программиста.

1 – сканер, 2 – монитор, 3 – принтер, 4 – поверхность рабочего стола,
5 – клавиатура, 6 – манипулятор типа «мышь».

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы программист мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения программиста;

- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцелярских принадлежностей).
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680-760 мм. Высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650 мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Так, рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 420-550 мм. Поверхность сиденья мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки - регулируемый.

Необходимо предусматривать при проектировании возможность различного размещения документов: сбоку от видеотерминала, между монитором и клавиатурой и т.п. Кроме того, в случаях, когда видеотерминал имеет низкое качество изображения, например заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700 мм), чем расстояние от глаза до документа (300-450 мм). Вообще при высоком качестве изображения на видеотерминале расстояние от глаз пользователя до экрана, документа и клавиатуры может быть равным.

Положение экрана определяется:

- расстоянием считывания (0,6...0,7 м);
- углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от -10° до $+20^\circ$ относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в

мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20° ,
- плечи должны быть расслаблены,
- локти - под углом $80^{\circ}\dots100^{\circ}$,
- предплечья и кисти рук - в горизонтальном положении.

Причина неправильной позы пользователей обусловлена следующими факторами: нет хорошей подставки для документов, клавиатура находится слишком высоко, а документы - низко, некуда положить руки и кисти, недостаточно пространство для ног.

В целях преодоления указанных недостатков даются общие рекомендации: лучше передвижная клавиатура; должны быть предусмотрены специальные приспособления для регулирования высоты стола, клавиатуры и экрана, а также подставка для рук.

Существенное значение для производительной и качественной работы на компьютере имеют размеры знаков, плотность их размещения, контраст и соотношение яркостей символов и фона экрана. Если расстояние от глаз оператора до экрана дисплея составляет 60...80 см, то высота знака должна быть не менее 3 мм, оптимальное соотношение ширины и высоты знака составляет 3:4, а расстояние между знаками – 15...20% их высоты. Соотношение яркости фона экрана и символов - от 1:2 до 1:15.

Во время пользования компьютером медики советуют устанавливать монитор на расстоянии 50-60 см от глаз. Специалисты также считают, что верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже. Когда человек смотрит прямо перед собой, его глаза открываются шире, чем когда он смотрит вниз. За счет этого площадь обзора значительно увеличивается, вызывая обезвоживание глаз. К тому же если экран установлен высоко, а глаза широко открыты, нарушается

функция моргания. Это значит, что глаза не закрываются полностью, не омываются слезной жидкостью, не получают достаточного увлажнения, что приводит к их быстрой утомляемости.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

5.3. Разработка мер защиты от опасных и вредных факторов

В качестве мер по снижению шума можно предложить следующее:

1. Облицовка потолка и стен звукопоглощающим материалом (снижает шум на 6-8 дБ);
2. Экранирование рабочего места (постановкой перегородок, диафрагм);
3. Установка в компьютерных помещениях оборудования, производящего минимальный шум;
4. Рациональная планировка помещения.

Защиту от шума следует выполнять в соответствии с ГОСТ 12.1.003-76, а звукоизоляция ограждающих конструкций должна отвечать требованиям главы СНиП 11-12-77 «Защита от шума. Нормы проектирования».

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

1. Согласно СанПиН 2.2.2.542-96 для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы –при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;

2. Дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;
3. Должны использоваться дисплеи со встроенными защитными экранами.

Обеспечение электробезопасности техническими способами и средствами:

Так как все токоведущие части ЭВМ изолированы, то случайное прикосновение к токоведущим частям исключено.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, рекомендуется применять защитное заземление.

Заземление корпуса ЭВМ обеспечено подведением заземляющей жилы к питающим розеткам. Сопротивление заземления 4 Ом, согласно (ПУЭ) для электроустановок с напряжением до 1000 В.

Организационные мероприятия по обеспечению электробезопасности:

Основным организационным мероприятием является инструктаж и обучение безопасным методам труда, а так же проверка знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе.

При проведении незапланированного и планового ремонта вычислительной техники выполняются следующие действия:

- Отключение компьютера от сети
- Проверка отсутствия напряжения

После выполнения этих действий проводится ремонт неисправного оборудования.

Если ремонт проводится на токоведущих частях, находящихся под напряжением, то выполнение работы проводится не менее чем двумя лицами с применением электрозащитных средств.

5.4 Пожарная безопасность

5.4.1 Причины возникновения пожара

Пожар в кабинете, может привести к очень неблагоприятным последствиям (потеря ценной информации, порча имущества, гибель людей и т.д.), поэтому необходимо: выявить и устранить все причины возникновения пожара; разработать план мер по ликвидации пожара в здании; план эвакуации людей из здания.

Причинами возникновения пожара могут быть:

- неисправности электропроводки, розеток и выключателей которые могут привести к короткому замыканию или пробое изоляции;
- использование поврежденных (неисправных) электроприборов;
- использование в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами;
- возникновение пожара вследствие попадания молнии в здание;
- возгорание здания вследствие внешних воздействий;
- неаккуратное обращение с огнем и несоблюдение мер пожарной безопасности.

5.4.2 Профилактика пожара

Пожарная профилактика представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращении пожара,

ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара. Для профилактики пожара чрезвычайно важна правильная оценка пожароопасности здания, определение опасных факторов и обоснование способов и средств пожаропредупреждения и защиты.

Одно из условий обеспечения пожаробезопасности - ликвидация возможных источников воспламенения.

В кабинете источниками воспламенения могут быть:

- неисправное электрооборудование, неисправности в электропроводке, электрических розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неисправности, проводить плановый осмотр и своевременно устранять все неисправности;
- неисправные электроприборы. Необходимые меры для исключения пожара включают в себя своевременный ремонт электроприборов, качественное исправление поломок, не использование неисправных электроприборов;
- обогревание помещения электронагревательными приборами с открытыми нагревательными элементами. Открытые нагревательные поверхности могут привести к пожару, так как в помещении находятся бумажные документы и справочная литература в виде книг, пособий, а бумага – легковоспламеняющийся предмет. В целях профилактики пожара рекомендуется не использовать открытые обогревательные приборы в помещении;
- короткое замыкание в электропроводке. В целях уменьшения вероятности возникновения пожара вследствие короткого замыкания необходимо, чтобы электропроводка была скрытой.

- попадание в здание молнии. В летний период во время грозы возможно попадание молнии вследствие чего возможен пожар. Во избежание этого рекомендуется установить на крыше здания молниеотвод;
- несоблюдение мер пожарной безопасности и курение в помещении также может привести к пожару. Для устранения возгорания в результате курения в помещении рекомендуется категорически запретить курение, а разрешить только в строго отведенном для этого месте.

В целях предотвращения пожара проводить с инженерами, работающими в помещении, противопожарный инструктаж, на котором ознакомить работников с правилами противопожарной безопасности, а также обучить использованию первичных средств пожаротушения.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации (рис. 5.4), и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.



Рисунок 5.4 - План эвакуации

5.4 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды является по-настоящему важным и значимым процессом. Именно поэтому этим вопросам уделяют достаточно много времени и внимания. Охраной окружающей среды называется комплекс мер, направленных на предупреждение отрицательного влияния человеческой деятельности на природу, обеспечение благоприятных и безопасных условий жизнедеятельности человека.

Создание условий для улучшения экологической обстановки - процесс долгий, требует согласованности и последовательности действий. Приоритетными в экологической политике РФ сегодня следующие вопросы:

- обеспечение экологически безопасных условий для проживания;
- рациональное использование и охрана природных ресурсов;
- обеспечение экологической и радиационной безопасности (пдв);

- экологизация промышленности;
- повышение экологической культуры общества и формирование экологического сознания у людей.

Немаловажную роль в защите окружающей среды отводится мероприятиям по рациональному размещению источников загрязнений. К ним относятся:

- 1) вынесение промышленных предприятий из крупных городов и сооружение новых в малонаселенных районах с непригодными и малопригодными для сельскохозяйственного использования землями;
- 2) оптимальное расположение промышленных предприятий с учетом топографии местности и розы ветров;
- 3) установление санитарных охранных зон вокруг промышленных предприятий;
- 4) рациональная планировка городской застройки, обеспечивающая оптимальные экологические условия для человека и растений.

В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести систематизированные наблюдения за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды. Полученная информация о загрязнениях позволяет быстро выявлять причины повышения концентраций вредных веществ в окружающей среде и активно их устранять.

Защита окружающей среды - это комплексная проблема, требующая усилий ученых многих специальностей. Особое значение имеет количественная оценка последствий загрязнения окружающей среды и, в первую очередь, ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением атмосферы. Защита окружающей среды от загрязнений на современном этапе помимо экономической задачи - повышения общественной производительности труда - включает также и социально-

экономическую задачу - улучшение условий жизни человека, сохранение его здоровья.

Чтобы максимально снизить уровень загрязнений, выбрасываемых предприятиями, необходимо производить следующие обязательные меры по охране окружающей природной среды (ООС). Мероприятия по охране окружающей среды заключаются в:

1. Выявлении, оценке, постоянном контроле и ограничении вредных выбросов в окружающую среду, создании природоохранных и ресурсосберегающих технологий и техники.

2. Разработке юридических законов, правовых актов по охране окружающей природной среды, а также материальном стимулировании выполнения требований данных законов и природоохранных мероприятий.

3. Предупреждении ухудшения экологической обстановки и охраны окружающей среды от вредных и опасных факторов путем создания специально выделенных территорий (СЗЗ).

Безотходная технология является наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий. Под понятием «безотходная технология» следует понимать комплекс мероприятий в технологических процессах от обработки сырья до использования готовой продукции, в результате чего сокращается до минимума количество вредных выбросов и уменьшается воздействие отходов на окружающую среду до приемлемого уровня. В этот комплекс мероприятий входят:

1) создание и внедрение новых процессов получения продукции с образованием наименьшего количества отходов;

2) разработка различных типов бессточных технологических систем и водооборотных циклов на базе способов очистки сточных вод;

3) разработка систем переработки отходов производства во вторичные материальные ресурсы;

4) создание территориально-промышленных комплексов, имеющих замкнутую структуру материальных потоков сырья и отходов внутри комплекса.

До всестороннего внедрения безотходной технологии важными направлениями экологизации промышленного производства следует считать:

1) совершенствование технологических процессов и разработку нового оборудования с меньшим уровнем выбросов примесей и отходов в окружающую среду;

2) замена токсичных отходов на нетоксичные;

3) замена не утилизируемых отходов на утилизируемые;

4) применение пассивных методов защиты окружающей среды.

Пассивные методы защиты окружающей среды включают комплекс мероприятий по ограничению выбросов промышленного производства с последующей утилизацией или захоронением отходов. К их числу относятся:

- очистка сточных вод от примесей;
- очистка газовых выбросов от вредных примесей;
- рассеивание вредных выбросов в атмосфере;
- глушение шума на путях его распространения;
- мероприятия по снижению уровней инфразвука, ультразвука и вибраций на путях их распространения;
- экранирование источников энергетического загрязнения окружающей среды;
- захоронение токсичных и радиоактивных отходов.

Предприятия, их отдельные здания и сооружения с технологическими процессами, являющиеся источниками негативного воздействия на среду обитания и здоровье человека, необходимо отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами.

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) отделяет территорию промышленной площадки от жилой застройки, ландшафтно-рекреационной зоны, зоны отдыха, курорта с обязательным обозначением границ специальными информационными знаками

Устанавливаем следующие размеры санитарно-защитной зоны:

- предприятия четвертого класса - 100 м (Машиностроительные предприятия с металлообработкой, покраской без литья.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для разработки технологии изготовления литейной формы для отливки детали «Щит подшипниковый» наиболее пригодной САПР является LVMFlow, поскольку обладает широким спектром возможностей и процессов моделирования литья, которые являются неотъемлемой частью в реальной работе.

В данной работе применяется сплав SS1505 из базы данных программы, который относится к шведскому стандарту литейных сплавов и является аналогом стали 30Л.

При проектировании литниковой системы были учтены линейная усадка стали 30Л (2,2 - 2,3%), припуски на механическую обработку (0,5 – 1,5 мм), тепловое расширение полости формы. Из-за сложной конфигурации детали «щит подшипниковый» отливка в литейной форме должна располагаться базовой поверхностью «вверх», чтобы форма целиком заполнилась жидким металлом при нормальном технологическом режиме. У отливки нет резких переходов от толстых стенок к тонким, большого количества выступающих частей, углублений и острых внутренних углов. Внешний контур получается за счет внутренней поверхности полуформ кокиля, внутренний с помощью клееных песчано-глинистых стержней. Отливка имеет питающие элементы (прибыли).

Прежде, чем получить удовлетворительный результат, провели 6 исследований. Были определены следующие параметры: температура заливки, время заполнения формы, время кристаллизации, материал формы, начальная температура формы, материал стержня. Показания средних смещений при затвердевании составляет 1,5мм, коэффициент прогнозирования горячих трещин – 2,6, что не превышает допустимую

норму. Таким образом, все вышеперечисленные параметры, характеристики и конфигурации верны. Наблюдение за развитием процессов и четкое хронометрирование образования дефектов в программе LVMFlow дает возможность понять, когда и в какой области дефекты могут возникнуть, открывает возможность для быстрого реагирования и внесения изменений в конструкцию.

Завершающим этапом данной работы является разработка литейной формы для изготовления отливки. В качестве литейной формы был выбран кокиль, т.к. имеет несомненные достоинства и экономические преимущества перед литьем в песчаные формы. Материалом для полуформ кокиля был выбран антифрикционный чугун АЧВ-2.

Конструкция спроектированного кокиля удовлетворяет необходимым требованиям:

- равномерное поступление металла в форму без образования брызг;
- точное соединение частей формы;
- обеспечение свободной усадки и выбивки отливки.

Таким образом, выполненная работа соответствует требованиям технического задания.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Литье в кокиль / Бураков С.Л., Вейник А.И., Дубинин Н.П. [и др.]. - М.: Машиностроение, 1980. - 415 с.
2. Справочник по литейной оснастке / Ю. И. Чернов, А. И. Кизилов . – М. : Машгиз, 1961 . – 407 с. : ил.
3. Производство отливок в кокили : учебник для ПТУ / Б.К. Святкин, М.Б. Егорова. М. : Высшая школа, 1989. 224 с. : ил. ISBN 5-06-000328-0.
4. Баландин Г.Ф. Теория формирования отливки - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998. - 360 с.
5. Баландин Г.Ф. Формирование кристаллического строения отливок. М.: Машиностроение, 1973.-288 с.
6. Вейник А.И. Расчет отливки. - М.: Машиностроение, 1967. - 404 с.
7. Вейник А.И. Теория затвердевания отливки. - М.: Машгиз, 1960. - 436с.
8. Великанов Г.Ф., Примаков И.Н., Десницкий В.В., Русинов А.П. Автоматизированное проектирование оптимальной технологии изготовления отливок/Литейное производство. 1985. №11. -С. 31 -51.
9. Воробьев И.Л. Математическая теория кристаллизации отливок // Проблемы автоматизированного производства отливок. — М.: Труды МВТУ, 1980.Ж330. - С.31-51.
10. Галдин Н.М., Чистяков В.В., Шатульский А.А. Литниковые системы и прибыли для фасонных отливок. - М.: Машиностроение, 1992. - 256 с.
11. Гуляев Б.Б. Литейные процессы. М. - Л.: Машгиз, 1960. - 416 с.
12. Гуляев Б.Б. Теория литейных процессов. Л.: Машиностроение, 1976. -216с.
13. Десницкий В.В. Автоматизированное проектирование технологии изготовления отливок-Д.: Ленинградский университет, 1987. - 164 с.

14. Дубицкий Г.М. Литниковые системы. —М.: Машгиз, 1962. - 156 с.
15. Дударева Н.Ю. Самоучитель. SolidWorks 2008 / Н.Ю. Дударева, С.А. Загайка. – БХВ-Петербург, 2008. - 384 с.
16. Тику Ш. Эффективная работа: SolidWorks 2004. — СПб.: Питер, 2005. — 768 с.: ил. ISBN 5-94723-841-1
17. Алямовский А. А. и др. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике /Авторы: Алямовский А. А., Собачкин А. А., Одинцов Е. В., Харитонович А. И., Пономарев Н. Б. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 800 с.: ил. ISBN 5-94157-558-0
18. Прохоренко В.П. SolidWorks. Практическое руководство. — М.: ООО «Бином-Пресс», 2004 г. — 448 с.: ил.
19. Моделирование литья деталей аэрокосмического назначения в ProCast: / :
20. электрон. учеб. пособие / Д.Г. Черников, В.Г. Смелов, Р.А. Вдовин, А.Г. Шляпугин Минобрнауки России. Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон, текстовые и граф. дан. (16,7 Мбайт). - Самара, 2012. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
21. Современные технологии в литье под низким давлением [Электронный ресурс] / В.В. Турищев, А.С. Леднев С.В., Несветаев, М.А. Чернова – Режим доступа: [http://lityo.com.ua/ статьи /650-sovremennyye-tekhnologii-v-lite-pod-nizkim-davleniem](http://lityo.com.ua/статьи/650-sovremennyye-tekhnologii-v-lite-pod-nizkim-davleniem)
22. Разработка технологии изготовления модельной оснастки для отливки корпуса привода пластового крана [Электронный ресурс] / Степанов А. И., Мастюгин А. А. // Конкурсная работа на премию Delcam PLC. – Пенза, Пензенский государственный университет, 2005. – 16 с. – Режим доступа: http://education.delcam.ru/university/competitions/competition_2005.files/2005_5.pdf

23. Моделирование в LVMFlow – затвердевание стальной отливки в песчано-глинистой форме [Электронный ресурс] / О. М. Огородникова // Учебно-исследовательская работа студентов. Компьютерный практикум. Практическая работа. – Екатеринбург, УГТУ-УПИ, 2009. – 31 с. – Режим доступа: <http://cae.ustu.ru/download/lvm1.pdf>
24. Пример оптимизации технологии и моделирование литья в программном комплексе SOLIDCast [Электронный ресурс] // Файл презентации Microsoft PowerPoint. – Екатеринбург, Делкам-Урал. – 16 с. – Режим доступа: <http://www.i-engineer.ru/sites/default/files/OptimizeExample.ppt>
25. К вопросу о компьютерном моделировании литейных процессов [Электронный ресурс] / К.В. Абрамов, Т.Г. Сабирзянов // Сборник научных работ КНТУ. Техника в сельскохозяйственном производстве, отраслевое машиностроение, автоматизация. - Кировоград, КНТУ, 2009. - №22. - С. 6. - Режим доступа: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/znpkntu/2009_22/stat_09/10.pdf
26. SolidWorks 2008. Справка SolidWorks. - Dassault Systemes. - 2007.
27. LVMFlow 2.92r12. Тексты справки. - ЗАО НПО МКМ. - 2005.
28. ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.
29. ГОСТ 16247-70. Формы металлические (кокили). Приспособления для выталкивания отливок. Конструкция и размеры.
30. ГОСТ 977-88. Отливки стальные. Общие технические условия.
31. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.