

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ  
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Машины и технология обработки металлов давлением

(профиль)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка технологического процесса и литьевой формы для изготовления детали «Облицовка рукоятки привода замка капота»

Студент(ка)	<u>А.С. Ивашев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Т.С. Пчелинцева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>К.Ш. Нуров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., доцент В.В. Ельцов

\_\_\_\_\_

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2016

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
**Институт машиностроения**  
Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы

Утверждаю  
Зав.кафедрой

\_\_\_\_\_ д.т.н., доцент В.В. Ельцов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение бакалаврской работы

Студент Ивашев Алексей Сергеевич

1. Тема Разработка технологического процесса и литейной формы для изготовления детали «Облицовка рукоятки привода замка капота»

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 06.06.2016г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: \_

базовая технология изготовления детали, программа выпуска 400000 шт/год,  
материал: АБС пластик

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов): 1.Состояние вопроса. 2.Разработка технологического процес  
изготовления детали. 3.Выбор оборудования и средств автоматизации. 4.Разработка  
конструкции литейной формы. 5. Безопасность и экологичность проекта. 6.  
Экономическая часть.

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала:

1. Сравнительный технологический анализ. 2. Комплекс оборудования. 3. Кинематическая  
схема оборудования. 4. Цикловая диаграмма. 5. Литейная форма (план неподвижной  
полуформы). 6. Литейная форма (план подвижной полуформы). 7. Литейная форма (разрез  
А-А). 8. Литейная форма (разрез Б-Б)

6. Консультанты по разделам:

ст. преподаватель Нуров К.Ш.

к.э.н., доцент Краснопевцева И.В.

7. Дата выдачи задания « 21 » марта 2016г.

Руководитель бакалаврской работы

\_\_\_\_\_ (подпись)

Т.С. Пчелинцева  
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_ (подпись)

А.С. Ивашев  
(И.О. Фамилия)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

\_\_\_\_\_ (институт)

\_\_\_\_\_ (кафедра)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН  
выполнения бакалаврской работы**

Студента \_\_\_\_\_  
по теме \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя

Руководитель бакалаврской работы

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

В данной бакалаврской работе рассматривается изменение технологического процесса изготовления детали “облицовка рукоятки привода замка капота”. Для предлагаемого технологического процесса проведены расчеты по определению оптимальной гнздности и объема отливки, определены энергосиловые параметры литья и выбрано оборудование KUASY 100/125.

Проведена разработка литьевой формы, которая включает следующее:

- прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы;
- определение числа и расположения элементов систем литниковых и вентиляционных каналов;
- расчет системы термостатирования и системы удаления;
- определение давления в полости, необходимое для оформления изделия, толщины стенки матрицы и исполнительных размеров оформляющих деталей.

Рассмотрены меры по обеспечению безопасности и экологичности проекта, а также проведено экономическое обоснование.

Бакалаврская работа состоит из: расчетно-пояснительной записки (65 листов), приложения (5 листов), графической части (чертежи: 6 листов формата A1).

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение.....	7
1 Состояние вопроса.....	9
1.1. Анализ технологичности детали.....	9
1.2. Анализ базовой технологии изготовления детали.....	11
1.3. Выявление недостатков базовой технологии.....	13
1.4. Задачи бакалаврской работы.....	13
2 Разработка технологического процесса изготовления детали.....	14
2.1. Схема предлагаемого технологического процесса изготовления детали.....	14
2.2. Определение гнездности и объема отливки для заполнения гнезд..	16
2.3. Определение энергосиловых параметров литья.....	17
3 Выбор оборудования и средства автоматизации.....	19
3.1. Выбор типоразмера оборудования и его основные технические характеристики.....	19
3.2. Средства автоматизации, основные характеристики, описание работы.....	22
4 Разработка конструкции литейной формы.....	27
4.1. Состав, конструкция и работа литейной формы.....	27
4.2. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы.....	33
4.3. Определение числа и расположения элементов системы литейной формы.....	34
4.3.1. Система литниковых каналов.....	34
4.3.2. Система вентиляционных (газоотводящих) каналов.....	38
4.3.3. Система термостатирования (система охлаждения и регулирования температуры формы).....	39
4.4. Система удаления изделий и литника из формы.....	42
4.5. Определение толщины стенки матрицы.....	43
4.6. Определение исполнительных размеров оформляющих деталей....	44

5	Безопасность и экологичность технического объекта .....	46
6	Экономическая часть .....	53
	Заключение .....	62
	Литература .....	63
	Приложения .....	66

## ВВЕДЕНИЕ

Роль значения пластмассовой продукции в современном производстве непрерывно растет. Это связано в первую очередь с тем, что расширение спектра применения пластмассовых изделий в товарах электронной промышленности, радиотехнической, сельскохозяйственной, строительной, для упаковки и т.д. является одним из решающих факторов снижения себестоимости и улучшения качества, повышается в тоже время технический уровень этих отраслей экономики.

В большинстве случаев пластмассы используют как самостоятельный конструкционный материал; кроме того, они являются заменителем ряда дорогостоящих материалов. Глобальная техническая задача у конструкторов автомобилестроения единая – максимально заменить комплектующие автомобилей из металла на пластмассовые детали, не ухудшив их эксплуатационных характеристик. Из термопластичных материалов изготавливают детали интерьера салона, экстерьера автомобиля (молдинги и облицовка), системы отопления и вентиляции, детали подкапотного пространства.

Основным способом переработки термопластичных материалов в изделия является литье под давлением. Процесс литья ведут на литьевых машинах при температуре литьевого цилиндра 160-280°C (в зависимости от применяемого материала) впрыскиванием расплавленной пластмассы в охлаждаемую форму, где материал остывает и отвердевает. Этот способ дает возможность полностью автоматизировать процесс, изготавливать деталь с высокой степенью точности из самых различных материалов.

Обладание новейшей техникой позволяет:

- 1) получать качественные детали в необходимом объеме и следовательно производить их сборку в узлы;
- 2) увеличить не сам объем, а ассортимент перерабатываемых термопластичных материалов соответственно возможностям имеющего

оборудования (АБС, полипропилен, ПВХ, полиэтилен, полиамиды: угленаполненные, стеклонеполненные, специальные минерального наполнения, пластифицированные и т.д.);

3) за счет своего программного обеспечения термопластавтоматы работают столь точно и надежно, что от обслуживающего персонала требуется лишь четко соблюдать технологическую дисциплину.

Освоение новых материалов, создание новых машин, обновление их конструкции требует новых литьевых форм и новых деталей. Анализ эксплуатации литьевых форм показал, что качество литьевых изделий, после того как установлены их материал и конструкция, в основном определяется конструкцией формы и ее элементов. Последние влияют не только на размеры и геометрическую форму изделия, но и на характер заполнения и направление потоков расплава в оформляющей полости, время охлаждения и уровень остаточных напряжений. Эти напряжения влияют на сохранение геометрической формы и размеры при длительном хранении и эксплуатации изделий. Появление дефектов литья, производительность процесса и себестоимость изделий также определяется конструкцией литьевой формы. Таким образом, проектирование литьевых форм является важнейшим этапом подготовки и внедрения в производство изделий из термопластов, определяющим их качество и эффективность работы в процессе эксплуатации.

Целью дипломного проекта является снижение себестоимости изготовления детали за счет повышения производительности.



# 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

## 1.1 Анализ технологичности детали

Под технологичностью понимают совокупность свойств и конструктивных элементов, которые обеспечивают наиболее простое и экономичное изготовление деталей при соблюдении технологических и эксплуатационных требований к ним. Обеспечение технологичности детали (изделия) это важнейшая функция технологичной подготовки производства. Конструкция пластмассового изделия существенно влияет на конструкцию формы и качественные показатели изделия, которые в свою очередь, зависят от технологии его изготовления, так и от его конструкции. Таким образом, изделие следует конструировать одновременно с анализом технологичности.

При конструировании пластмассовых изделий необходимо стремиться к обеспечению рациональных условий течения материала в форме, повышению точности изготовления, уменьшению внутренних напряжений, коробления, цикла изготовления. Помимо точности и надежности в эксплуатации они должны обладать хорошей текучестью, однородными и изотропными свойствами, термостойкостью. В зависимости от назначения изделия они должны удовлетворять условиям окрашиваемости, металлизации и др. декоративным свойствам, необходимой эластичностью или упругостью, прозрачностью или, наоборот, отражательной способностью, склеиваемостью или свариваемостью и др.

Чтобы изделие (рисунок 1.1.) было технологичным необходимо, чтобы выполнялись следующие требования при конструировании:

1. допуски на пластмассовые изделия должны быть технически обоснованными, нельзя переносить допуски металлических деталей на пластмассовые;

2. внешняя форма изделия должна по возможности обеспечить применение неразъемных матриц и пуансонов;

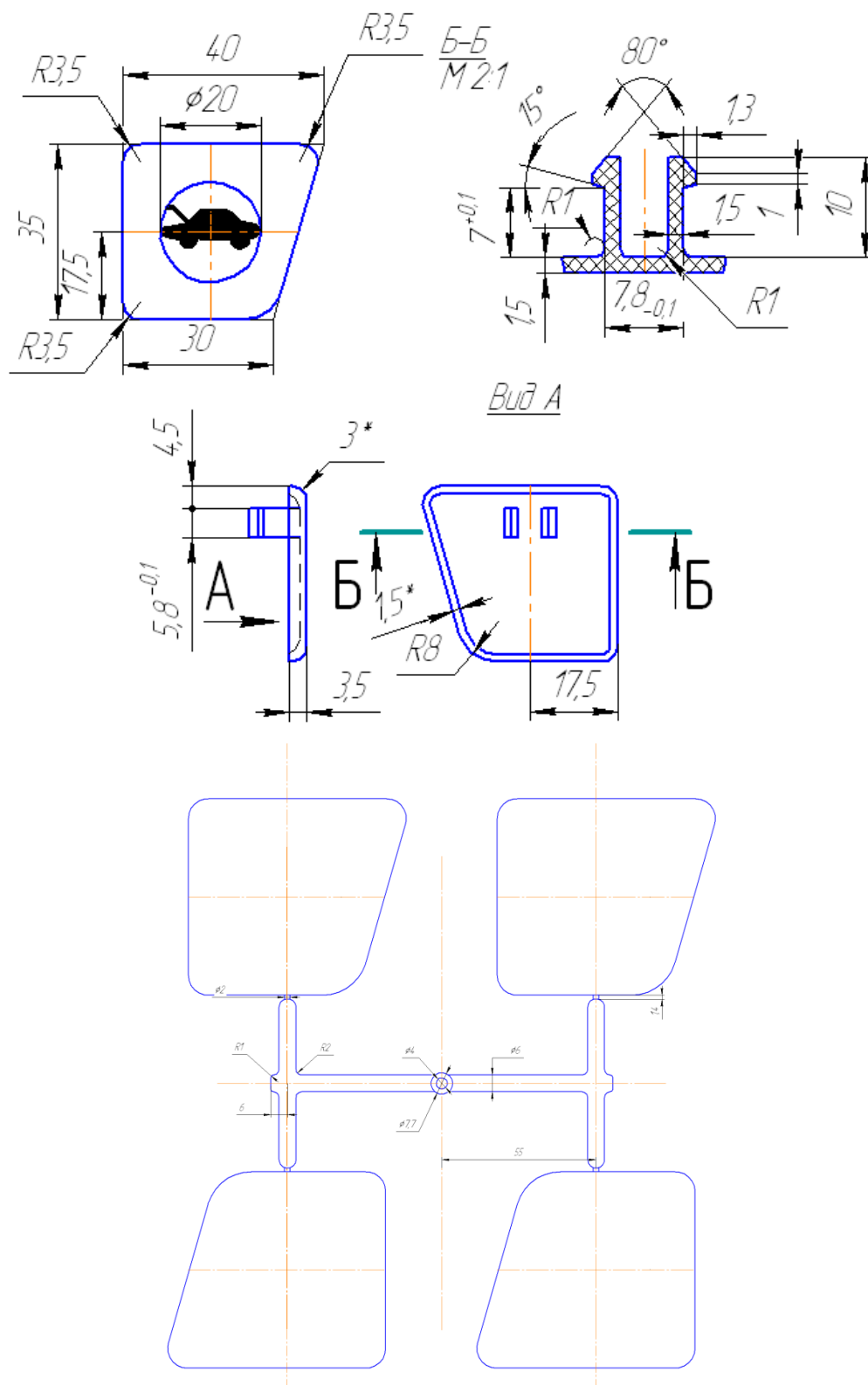


Рисунок 1.1 – Облицовка рукоятки привода замка капота

3. расположение плоскости разъема не должна препятствовать свободному удалению изделия;
4. для предотвращения утяжин опережающих потоков следует избегать местных утолщений и разностенности, максимальная толщина данной детали 1,5 мм;
5. при проектировании необходимо стремиться к упрощению формы изделия, придавая ему плавные очертания с закругленными углами для свободного течения массы при заполнении формообразующей полости.  $R_{\min}=1$  мм;
6. максимальная толщина ребер не должна превышать 1,3 толщины стенки, для ребер уклон обычно выполняют минимальным, имеем технологический уклон  $1^\circ$ ;
7. толщина стенки определяется в первую очередь конструктивными требованиями, однако большая толщина снижает ударную вязкость изделия, увеличивает внутренние напряжения и приводит к растрескиванию,  $S_{\max}=1,5$  мм.

## 1.2 Анализ возможных технологических процессов изготовления детали

Технологический процесс изготовления детали «облицовка рукоятки привода замка капота» осуществляется на оборудовании – термопластавтомате KuASY100/125. За один цикл отливается 4 детали, то есть, имеется четырехгнездная литевая форма.

В цилиндр литевой машины автоматически подается материал АБС-пластик для отливки в виде гранул из бункера литевой машины. Материал нагревается в цилиндре до температуры, которая обеспечивает хорошую пластикацию материала. Когда материал перешел в вязко-текучее состояние осуществляется подвод сопла цилиндра литевой машины к форме и одновременное смыкание двух полуформ. Подвижная полуформа подходит к неподвижной полуформе, с этого начинается цикл литья.

В момент, когда литевая форма сомкнулась, и к ней подходит сопло, происходит впрыск расплавленного материала под давлением. Расплавленный материал сначала поступает в центральный литник (литниковую втулку), далее по разводящим каналам трапецеидальной формы, расположенной в полости матрицы, подходит к впускным каналам, которые соединяют оформляющую полость матрицы с литниковой системой.

Расплавленный материал, попадая в оформляющую полость, прилегает к стенкам формы и застывает, поступающие более горячие слои вызывают на их границах напряжение сдвига, и ориентацию макромолекул в направлении течения, что в свою очередь создает в расплаве ориентационное напряжение.

После заполнения оформляющей полости поступление расплава в литевую форму не прекращается, под нарастающим давлением происходит досылка в оформляющую полость дополнительных порций для выполнения уменьшающегося объема вследствие охлаждения и уплотнения отливки. При застывании материала во впускном канале поступление расплава в форму прекращается. По мере охлаждения расплава давление в форме снижается.

При охлаждении изделия без давления происходит усадка изделия, которая создает возможность беспрепятственного извлечения его из матрицы, при помощи системы выталкивания, состоящая из группы цилиндрических выталкивателей. В это время происходит отвод сопла цилиндра литевой машины от неподвижной полуформы.

После охлаждения отливки без давления происходит размыкание формы, подвижная часть отходит на расстояние 320мм. На последних секундах размыкания формы система выталкивателей начинает свою работу, происходит отрыв литника выталкивание деталей и литника.

После сталкивания деталей с литевой формы изделие помещается в тару, где происходит свободная усадка, уменьшение диаметральных и линейных размеров.

В это время происходит пауза в цикле изготовления изделия, предназначенная для обслуживания формы и переключения оборудования на новый цикл литьевой формы.

Далее детали проходят контроль качества.

### 1.3 Выявление недостатков базовой технологии

Деталь отливается на термопластавтомате KuASY 100/125. С увеличением выпуска возрастает потребность в данной детали, что требует дополнительное привлечение оборудования и рабочей силы. То есть, при повышении потребности в данной детали применение технологии ее изготовления приводит к низкой производительности.

### 1.4 Задачи бакалаврской работы

Для достижения цели работы необходимо выполнить следующие задачи:

1. разработать технологический процесс изготовления детали «облицовка рукоятки привода замка капота»;
2. спроектировать литьевую форму для изготовления данной детали;
3. определить энергосиловые параметры литья под давлением;
4. выбрать оборудование для изготовления данной детали;
5. провести экономическое обоснование разработанного технологического процесса изготовления данной детали;
6. провести анализ безопасности и экологичности данного проекта.

## 2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

### 2.1 Схема предлагаемого технологического процесса изготовления детали

В предлагаемой технологии изготавливается деталь «Облицовка рукоятки привода замка капота».

В начальной стадии литья холодная форма закрыта и отделена от цилиндра литьевой машины. Материал для отливки в виде гранул автоматически подается из бункера литьевой машины в обогреваемый цилиндр и нагревается до температуры, обеспечивающей его текучесть. Затем цилиндр подводится к форме и под давлением плунжера производится впрыскивание расплавленного материала через сопло, литниковую втулку и литниковые каналы, в оформляющую полость сомкнутой формы.

После застывания материала в оформляющей полости, сопло цилиндра отводится, форма открывается, и отлитая деталь извлекается из нее. Материал, застывший в литнике, удаляется.

Геометрическая форма, качество поверхности и размеры отлитых в форме изделий должны соответствовать заданным на чертеже. Необходимо, чтобы в отлитом изделии были оптимально сохранены физико-механические свойства исходного материала с минимальными остаточными напряжениями, а дефекты при литье соответствовали техническим условиям поставки литьевых изделий и требованиям к конструкции изделия. Изделия не должны подвергаться дополнительной обработке, за исключением отделения литника и зачистки его следов (при необходимости). Работа литьевой формы должна быть автоматизирована, долговечна, надежна и безопасна, а себестоимость изделий минимальна.

Определение литьевой формы как формирующего инструмента, отражающее взгляды на задачи литьевой формы с узкой, кинематической

точки зрения, нельзя считать достаточно правильным, так как оно не отражает всех свойственных литьевой форме функций. В литьевой форме происходит формование изделия, образование структуры материала во время заполнения оформляющей полости, уплотнение материала отливки и ее охлаждение. Способы сталкивания изделия в литьевой форме могут вызвать в нем дефекты, как при сталкивании, так и при отделении литников и его сбросе из формы в люк машины. Конструкция литьевой формы влияет не только на хранение, сборку и эксплуатацию изделия, т.е. на качество изделия, но и на производительность процесса в целом.

Изготовление изделия сопровождается процессами в инжекционном цилиндре литьевой машины, непосредственно в литьевой форме, и после извлечения изделия – вне формы. Способ пластикации термопласта в литьевых машинах влияет на однородность и вязкость расплава, что отражается на давлении литья и характере заполнения оформляющей полости формы расплавом. Эти обстоятельства учитывают при выборе конструкции литьевой формы и ее составных элементов.

Материал нагревается электронагревателями, а также вследствие трения в витках шнека, переходит при этом в вязкотекучее состояние. При нагревании объем термопласта увеличивается. Под давлением червяка или поршня расплав сжимается и нагнетается через сопло или запорный кран в литьевую форму.

При заполнении литниковых каналов и полости слои, прилегающие к охлаждаемым стенкам формы, застывают. Относительное перемещение внутренних слоев вызывает на их границах напряжения сдвига и ориентацию макромолекул в направлении течения, что, в свою очередь, создает в расплаве ориентационные напряжения. Во время течения скорость расплава уменьшается, и на определенной длине, в зависимости от давления, температуры расплава и формы, свойств материала и толщины изделия, течение может совсем остановиться.

После заполнения оформляющей полости поступление расплава в форму не прекращается. Под нарастающим давлением происходит досылка в полость дополнительных порций для восполнения уменьшающегося объема вследствие охлаждения и уплотнения отливки. Напряжения сжатия в неотвердевшей сердцевине препятствуют релаксации ориентационных напряжений и вызывают растягивающие напряжения в наружном застывшем слое.

При застывании материала во впускном канале доступ расплава в оформляющую полость прекращается. По мере охлаждения расплава в оформляющей полости давление в форме снижается. Остаточное давление вызывает в изделиях остаточные напряжения. При охлаждении без давления происходит усадка изделия по толщине, создающая возможность беспрепятственного извлечения его из матрицы, после чего изделие охлаждается с внутренней стороны вследствие контакта с охлаждаемым пуансоном и с внешней вследствие излучения теплоты в атмосферу.

После сталкивания изделия с пуансона растягивающие напряжения вызывают уменьшение линейных размеров, а охлаждение изделия до температуры окружающей среды приводит к дополнительной усадке, после чего форма и размеры изделия должны достигать заданных по чертежу.

Предлагаемый технологический проект отличается от базового проекта тем, что за один цикл изготавливается не четыре изделия, а восемь.

## 2.2 Определение гнездности и объема отливки для заполнения гнезд

Гнездность определяется исходя из массы детали.

Масса детали:

$$m = V \cdot \rho, (2.1)$$

где  $V = 0,0000066\text{ м}^3$  - объем изделия,



$\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$  - плотность АБС-пластика.

$$m = 0,0000066 \cdot 1050 = 0,007 \text{ кг}$$

Для  $m = 0,007 \text{ кг}$  задаемся первоначальной гнездностью  $n_0 = 8$ .

Находим объем отливки:

$$Q_0 = n_0 V_u \frac{k_1}{\beta_1}, \quad (2.2)$$

где  $k_1 = 1,02$  - коэффициент, учитывающий объем литниковой системы в расчете на объем одного изделия,

$\beta_1 = 0,7$  - коэффициент использования машины.

$$Q_0 = 8 \cdot 6,6 \cdot \frac{1,2}{0,7} = 91 \text{ см}^3$$

### 2.3 Определение энергосиловых параметров литья

Давление расплава на стенки полости является основным фактором влияющим на заполнение полости и на уплотнения материала отливки во время выдержки под давлением. При проектировании формы рассчитывают максимальное давление, которая развивается в полости во время уплотнения. Расчет производится для предотвращения раскрытия формы и для расчёта деталей на жёсткость и прочность с целью исключения прогибов, деформаций и других значительных дефектов.

Определяем усилие смыкания  $P_0$ , необходимое для надежного соединения полуформ:

$$P_0 = P_{\max} \cdot n_0 \cdot F_{np} \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (2.3)$$

где  $P_{\max}$  - давление расплава, определяется по формуле:

$$P_{\max} = p \cdot K_m \cdot K_l^{d_n/d_m} \cdot K_k^{A/B},$$

где  $p = 22 \text{ МПа}$  - давление литья,

$K_m = 1,05$  - коэффициент, зависящий от материала отливки,

$K_l = 1,05$  - коэффициент, учитывающий объем литниковой системы,

$d_n = 3,5\text{см}$  - диаметр пальчикового канала,

$d_m = 1,1\text{см}$  - диаметр точечного канала,

$K_k = 1,03$  - коэффициент, характеризующий конфигурацию изделия,

$A = 40\text{см}$  - длина изделия,

$B = 35\text{см}$  - ширина изделия.

$$P_{\max} = p \cdot K_m \cdot K_l^{d_n/d_m} \cdot K_k^{A/B} = 22 \cdot 1,05 \cdot 1,05^{3,5/1,1} \cdot 1,03^{40/35} = 31\text{МПа}$$

Так как форма многогнездная, то максимальное усилие увеличиваем на 10 %:

$$P_{\max} = P_{\max} + 10\% = 31 + 10\% = 34\text{МПа}$$

Тогда:

$$P_0 = 34 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 0,001225 \cdot 1,11 \cdot 1,25 = 462\text{кН}.$$

Платикационная производительность:

$$A_0 = m \cdot n_0 \cdot \frac{k_1}{\tau_{охл}}, \quad (2.4)$$

где  $\tau_{охл}$  - время охлаждения, определяется по формуле:

$$\tau_{охл} = \frac{0,405}{a} \left( \frac{\delta}{2} \right)^2 \cdot \left( \ln 1,27 - \ln \frac{t_k - t_\phi}{t_n - t_\phi} \right),$$

где  $a = 1,3 \cdot 10^{-7} \text{ М}^2/\text{с}$  - температуропроводность АБС-пластика,

$\delta = 0,003\text{м}$  - двойная толщина материала,

$t_\phi = 50^\circ\text{C}$  - температура формы,

$t_k = 25^\circ\text{C} + t_\phi = 25 + 50 = 75^\circ\text{C}$ ,

$t_n = 200^\circ\text{C}$  - начальная температура (температура расплава в зоне сопла),

$$\tau_{охл} = \frac{0,405}{1,3 \cdot 10^{-7}} \left( \frac{0,003^2}{2} \right) \cdot \left( \ln 1,27 - \ln \frac{75 - 50}{200 - 50} \right) = 17\text{с}$$

Тогда:

$$A_0 = 7 \cdot 12 \cdot \frac{1,2}{17} = 5,9 \text{ з/с}$$

## 3 Выбор оборудования и средств автоматизации

### 3.1 Выбор типоразмера оборудования и его основные технические характеристики

Выбираем термопластавтомат в зависимости по  $Q_n, P_n, W_n$ :

KuASY 100/125

$Q_n = 110 \text{ см}^3$  - объем отливки;

$P_n = 1000 \text{ кН}$  – усилие запираения формы;

$W_n = 95 \text{ см}^3/\text{с}$  - объемная скорость впрыска.

Уточняем гнездность для выбранного оборудования:

1) гнездность, обусловленная объемом впрыска:

$$n_Q = \frac{\beta_1 \cdot Q_n}{V_u \cdot k_1} = \frac{0,7 \cdot 110}{6,6 \cdot 1,02} = 11; \quad (3.1)$$

2) гнездность, обусловленная объемной скоростью впрыска:

$$n_W = \frac{W_n \cdot \rho_m \cdot \tau_{\text{охл}}}{k_1 \cdot G_u} = \frac{95 \cdot 1,05 \cdot 17}{1,02 \cdot 7} = 238; \quad (3.2)$$

3) гнездность, обусловленная усилием смыкания плит:

$$n_P = \frac{P_n}{P_{\text{max}} \cdot F_{np} \cdot k_2 \cdot k_3} = \frac{1000}{34 \cdot 10^3 \cdot 0,001225 \cdot 1,1 \cdot 1,25} = 17. \quad (3.3)$$

По расположению на рабочей плите, учитывая программу выпуска, принимаем окончательную гнездность  $n = 8$  (рисунок 3.1).

Окончательно принимаем оборудование KuASY 100/125, общий вид которого представлен на рисунке 3.2.

Комплекс оборудования состоит из:

1. термопластавтомата;
2. загрузочного устройства;
3. литевой формы;
4. разгрузочного устройства.

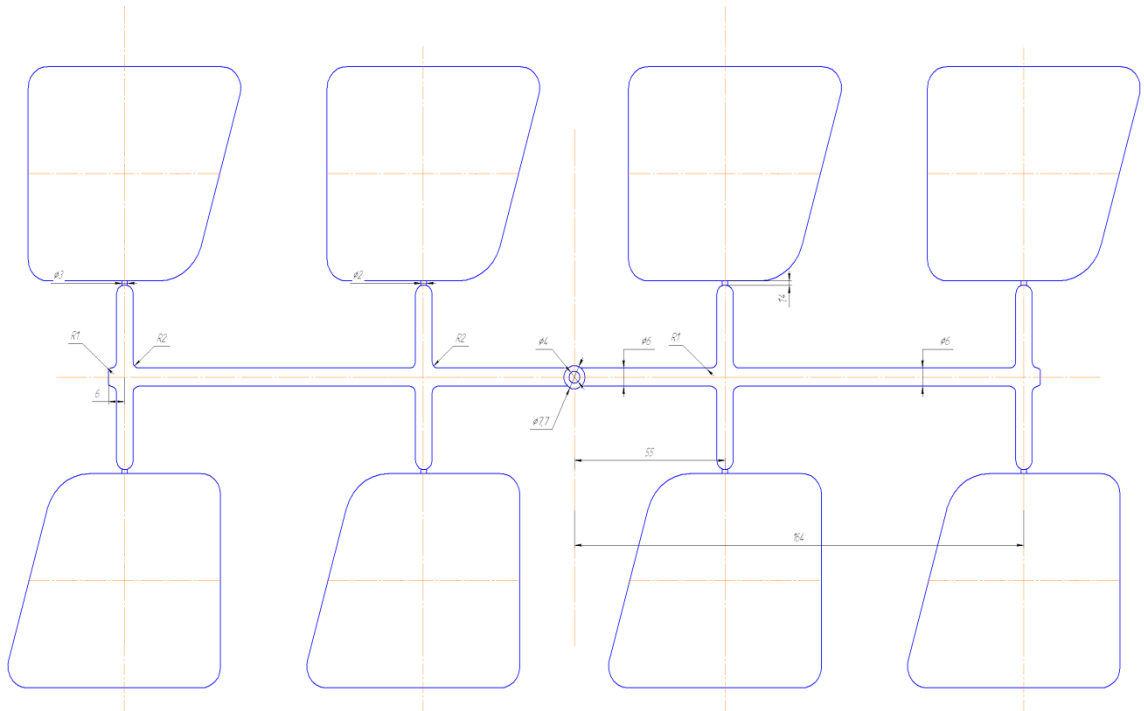


Рисунок 3.1 – Предлагаемый технологический процесс

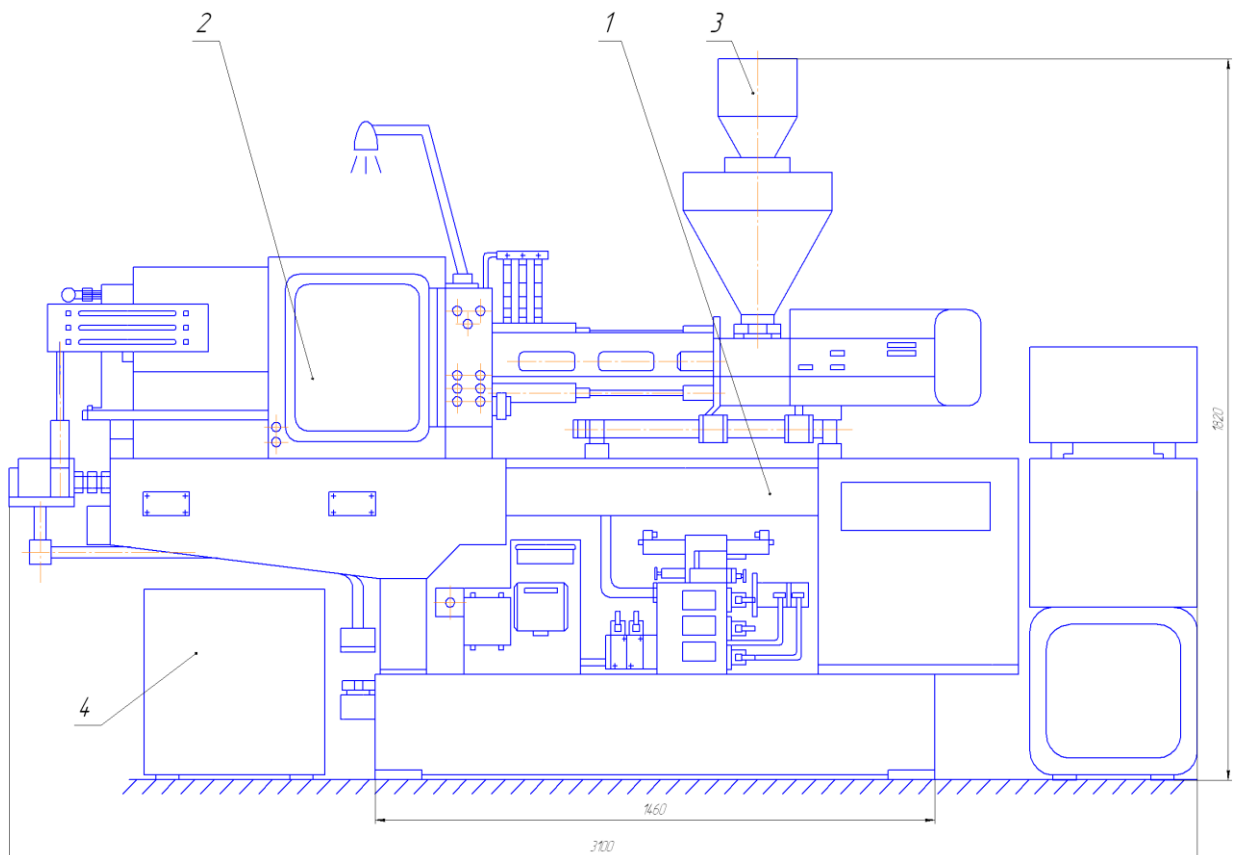


Рисунок 3.2 – Комплекс оборудования: термопластавтомат KuASY 100/125

Загрузочное устройство предназначено для загрузки термопласта, подачу его в материальный цилиндр литьевой машины, нагрева и обеспечения впрыска в литьевую форму.

Литьевая форма является основным элементом литьевой машины, так как в ней происходит формообразование изделия.

Разгрузочное устройство необходимо для удаления изделия в приемную тару.

Таблица 3.1 – Технические характеристики термопластавтомата KuASY100/125

Параметры	Единицы измерения	Значение
Рабочий объем цилиндра	см <sup>3</sup>	110
Диаметр шнека	мм	63
Давление впрыска	МПа	127
Соотношение L/D шнека	мм/мм	16
Объемная скорость впрыска	см <sup>3</sup>	308
Мощность пластикации	кг/час	116
Скорость вращения шнека	об/мин	35 ... 140
Мощность обогрева	кВт	13
Усилие замыкания пресс-формы	кН	1000
Ход подвижной плиты	мм	320
Расстояние между колоннами (Г x В)	мм	360 x 250
Высота формы мин. – макс.	мм	160 – 300
Усилие гидровыталкивателя	кН	80
Ход гидровыталкивателя	мм	80
Скорость гидровыталкивателя	мм/с	80
Общая потребляемая мощность	кВт	58

### 3.2 Средства автоматизации, основные характеристики, описание работы

К средствам автоматизации относятся система перемещения деталей форм, система центрирования формы, подвод сопла и впрыск термопласта в литьевую форму, а так же система удаления изделий.

Конструкция литьевой формы, предназначенная для работы в полном автоматическом режиме, должна полностью исключить ручные приемы, так как они препятствуют достижению установившегося режима работы. Перемещение всех деталей формы, их направление и скорость, а также необходимые усилия для их осуществления полностью зависят от конфигурации изделия. Чем проще изделие, тем больше используются обычные кинематические пары. К ним относятся направляющие колонки и втулки, системы центрирования, выталкиватели, сбрасыватели и многое другое.

Качество литьевых изделий во многом зависит от надежной конструкции системы центрирования. Она влияет не только на разностенность изделия, но и на характер заполнения полости, на создание опережающих потоков, образование спаев, коробление. Система осуществляет следующие функции: центрирование полуформ и взаимное центрирование деталей внутри каждой полуформы, предварительное и окончательное центрирование, а также центрирование для точного исполнения технологических операций при изготовлении и сборке формы. Направляющие колонки и втулки являются основными центрирующими элементами для центрирования полуформ. Для предотвращения износа на колонках предусматриваются сквозные спиральные канавки для смазки.

Назначение системы удаления изделия состоит в обеспечении беспрепятственного извлечения изделий и литниковой системы из матрицы, сталкивания их с пуансона и сброса отливок в приемную тару. В зависимости от конструкции формы и системы удаления последовательность извлечения изделия меняется. Осуществление каждого из этапов выполняется, как

правило, отдельными функциональными деталями, как, например, выталкивателями, толкателями возврата, сбрасывателями и т.д. При этом учитывается усилие, необходимое для удаления отливок из формы и их воздействия на изделие. Система включает также пневматические, гидравлические устройства, зубчатые передачи.

Группа выталкивателей является наиболее многочисленной в системе удаления изделия из формы. Расположение выталкивателей имеет первостепенное значение для предотвращения повреждения изделия при столкновении.

Технические характеристики средств автоматизации:

I. Вал.

Крутящий момент  $M = 0,94 \text{ кН} \cdot \text{м}$ .

1. Гидроцилиндр.

Усилие запираения  $P_0 = 462 \text{ кН}$ ;

Ход подвижной плиты  $H = 320 \text{ мм}$ ;

Площадь гидроцилиндра:

$$F = p / P_0, \quad (3.4)$$

где  $p = 0,4 \text{ МПа}$  – давление гидроцилиндра;

$$F = \frac{0,4 \cdot 10^6}{462 \cdot 10^3} = 0,87 \text{ м}^2$$

Диаметр гидроцилиндра:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \quad (3.5)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,87}{\pi}} = 1,05 \text{ м}$$

2. Промежуточная плита:

Ход подвижной плиты  $H = 320 \text{ мм}$

Усилие запираения  $P_0 = 462 \text{ кН}$

3. Рычажная система:

Ход подвижной плиты  $H = 320 \text{ мм}$ ;

4. Подвижная плита:

Ход подвижной плиты  $H=320$  мм

Усилие запираня  $P_0=462$  кН

5. Гидромотор МРП-Ф-250/25М-0,1:

Давление гидроцилиндра  $p=0,4$ МПа;

Крутящий момент  $M = 0,94$ кН · м

$n=480$  об/мин.

6. Подшипник 8313 ГОСТ 6874-75

7. Подшипник 7211 ГОСТ 333-71

8. Муфта

Крутящий момент  $M = 0,38$ кН · м

9. Шнек:

Объем отливки  $Q_0=91$  см<sup>3</sup>;

Давление в полости, необходимое для оформления изделия  
 $q=31$ МПа;

Объемная скорость впрыска  $W_0=308$ см<sup>3</sup>/с;

Диаметр шнека  $d=63$ мм;

$n=40 \dots 400$  об/мин;

Крутящий момент  $M = 0,38$ кН · м

Ход шнека  $H=160$ мм

10. Гидроцилиндры:

$$P_{\text{расч}} = F \cdot p \quad (3.6)$$

где  $F=\pi d^2 / 4$  - площадь контакта с соплом;

$d=100$ мм= $0,1$ м- диаметр сопла;

$$F = \pi \cdot 0,1^2 / 4 = 0,008 \text{ м}^2;$$

$$P_{\text{расч}} = 0,008 \cdot 0,4 \cdot 10^6 = 3200 \text{ Н}$$

$F_{\text{ц}}=P_{\text{расч}}/2p$ - площадь цилиндра;

$$F_{\text{ц}} = \frac{3200}{2 \cdot 0,4 \cdot 10^6} = 0,04 \text{ м}^2$$

$d_{\text{ц}}=\sqrt{4F/\pi}$  - диаметр цилиндра;

$$d_{\text{ц}}=\sqrt{4 \cdot 0,04/\pi} = 0,071 \text{ мм};$$



$$F_{\text{ш}} = \frac{P_{\text{расч}}}{2 \cdot [\sigma]} \quad - \text{ площадь штока; (3.7)}$$

$$[\sigma] = 200 \text{ МПа};$$

$$F_{\text{ш}} = \frac{3200}{2 \cdot 200 \cdot 10^6} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$d_{\text{ш}} = \sqrt{4F / \pi} \quad - \text{ диаметр штока};$$

$$d_{\text{ш}} = \sqrt{4 \cdot 810^{-6} / \pi} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3 \text{ мм};$$

Диаметр штока по конструктивным соображениям увеличиваем в 2 раза, т.е:  $d_{\text{ш}} = 6 \text{ мм}$ ;

$$F_{\text{к}} = \pi \cdot (d_{\text{ц}}^2 - d_{\text{ш}}^2) / 4 \quad - \text{ площадь контакта};$$

$$F_{\text{к}} = \pi \cdot (0,071^2 - 0,006^2) / 4 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Ход сопла:  $H = 250 \text{ мм}$

#### 11. Гидроцилиндры:

$$P_{\text{расч}} = 0,008 \cdot 0,4 \cdot 10^6 = 3200 \text{ Н}$$

$$d_{\text{ц}} = \sqrt{4 \cdot 0,04 / \pi} = 0,071 \text{ мм};$$

$$d_{\text{ш}} = 6 \text{ мм};$$

$$F_{\text{к}} = \pi \cdot (0,071^2 - 0,006^2) / 4 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Ход сопла:  $H = 250 \text{ мм}$ .

#### Описание работы средств автоматизации

От гидроцилиндра 1 (рисунок 3.3), который составляет винтовую пару с гайкой, закрепленной к задней неподвижной плите (чем достигается регулировка межштампового расстояния), промежуточную плиту 2 и рычажную систему 3 движение передается подвижной плите 4.

Вращение от гидромотора 5 через шлицевое соединение передается на вал I, установленный в подшипниках 6 и 7, а далее через муфту 8 – шнеку 9. Подвод механизма впрыска (подвод сопла к литниковой втулке) осуществляют гидроцилиндры 10, впрыск – гидроцилиндры 11.

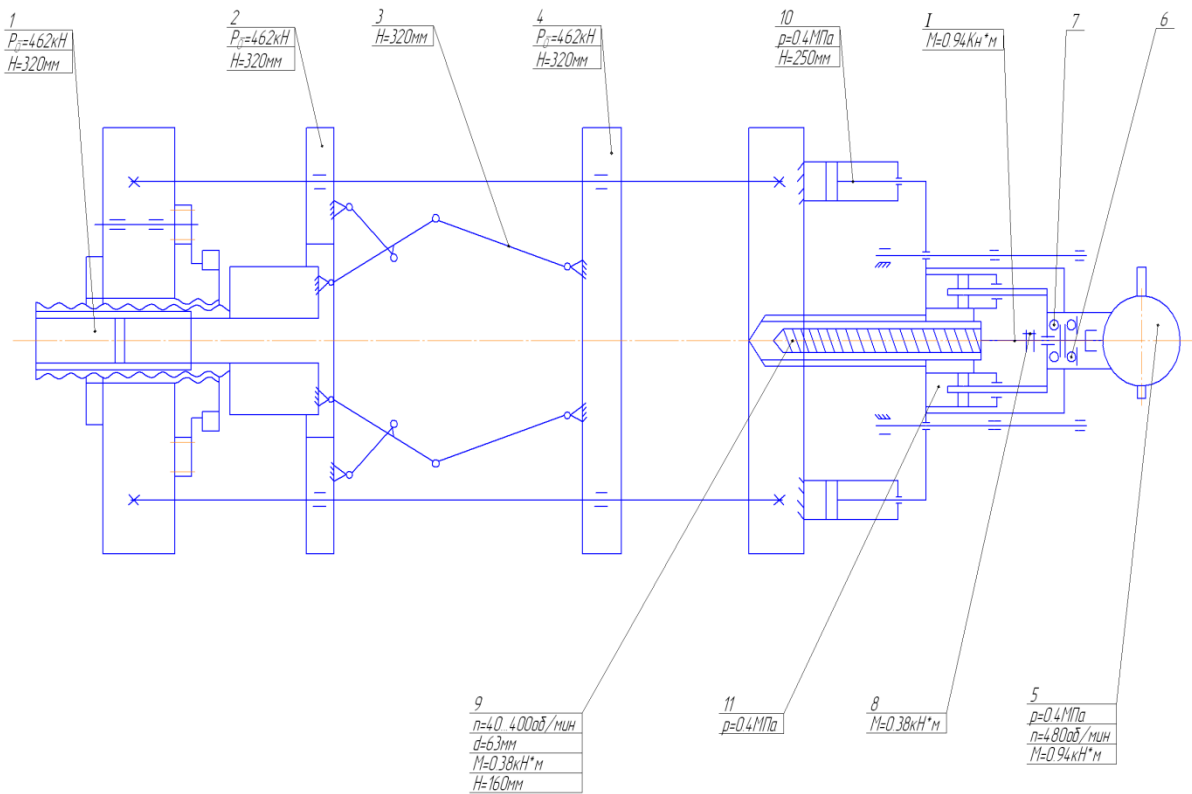


Рисунок 3.3 – Кинематическая схема комплекса оборудования

## 4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ

### 4.1 Состав, конструкция и работа литевой формы

Основные системы литевой формы состоят из функциональных групп или деталей, а в ряде случаев из элементов деталей форм. Конструкцию литевой формы можно разделить на следующие основные системы: система размещения, установки и крепления литевых форм; система литниковых и газоотводящих каналов; система оформляющих деталей; система центрирования; система охлаждения и регулирования температуры формы; система удаления изделий из форм; система перемещения деталей. Это разделение является условным. В некоторых случаях объединяют несколько функциональных групп деталей формы в одну систему, например детали питания формы расплавом, обогреватели, распределители, запорные краны, литниковую систему и систему газоотводящих каналов; систему каналов охлаждения и систему регулирования температуры оформляющих поверхностей формы. В некоторых случаях отдельные элементы одной и той же детали формы могут одновременно принадлежать двум и более системам. Например, пуансоны и матрицы имеют оформляющие поверхности и причисляются к системе оформляющих деталей. В то же время в них расположены литниковые каналы и каналы для охлаждающей жидкости. Первые относятся к системе литниковых и газоотводящих каналов, а вторые - к системе охлаждения и регулирования температуры формы. Разделение формы на перечисленные системы дает возможность проследить за усовершенствованием каждой системы. Анализ преимуществ и недостатков конструктивных разновидностей каждой системы позволит определить закономерности поиска новых конструктивных решений.

Отсутствие удовлетворительной классификации литевых форм и форм для других методов переработки объясняется большим разнообразием конструкций изделий из различных полимерных материалов и множеством конструкций литевых форм. Разделение литевых форм на системы

позволяет классифицировать конструктивные разновидности каждой из них и компоновать общую конструкцию формы из различных конструктивных разновидностей системы.

*Система размещения, установки и крепления форм* включает несущие и крепежные детали формы и элементы взаимного крепления ее деталей, учитывая максимальные размеры плит и формы по площади и толщине. Эта система определяет конструктивную взаимосвязь формы и машины. От ее конструкции зависят возможность настройки частей полуформ в соответствующие полости плит машин, перемещение и установку сопел, запорных кранов и системы удаления изделий, способы установки форм с максимально допустимыми размерами, конструкции элементов, обеспечивающих безопасный подъем и крепление форм к плитам машин различных конструкций.

*Система литниковых и газоотводящих каналов* включает типы каналов для перекачивания расплава из инжекционного цилиндра литейной машины в оформляющую полость литейной формы, сопла, запорные краны, распределители, нагреватели, терморегуляторы, литниковые втулки и литниковые и газоотводящие каналы, расположенные в различных деталях других систем литейной формы.

*Система оформляющих деталей* охватывает детали форм, на которых расположены оформляющие поверхности, приходящие в соприкосновение с расплавом: пуансоны, матрицы, стационарные и перемещающиеся, съемные и вставные детали, оформляющие поверхности выталкивателей, сталкивающих плит и др.

*Система центрирования* предназначена для предотвращения смещения осей оформляющих деталей формы. Она включает элементы центрирования полуформ, центрирующие выступы на фланцах, направляющие колонки и втулки оформляющих деталей и деталей системы удаления и отверстия под них, конические выступы, центрирующие штифты и отверстия для них, отверстия и пазы под вставные пуансоны, матрицы и оформляющие знаки,

посадочные, центрирующие и опорные поверхности стационарных, перемещающихся и съемных оформляющих деталей, отверстия под литниковую втулку в матрице и переднем фланце, фиксирующие конические, цилиндрические и плоские опоры для удлиненных пуансонов и др.

*Система охлаждения и регулирования температуры литейной формы*, предназначенная для равномерного охлаждения изделий в форме до заданной температуры, учитывает теплофизические свойства материалов деталей формы и хладагентов, а также рациональное направление их течения по каналам. Она охватывает каналы охлаждения на деталях формы и специальных деталях, служащих для расположения каналов охлаждения и подсоединения шлангов, уплотняющие детали и канавки для их размещения, обеспечивающие герметизацию каналов, а также специальные устройства для подогрева и терморегулирования охлаждающей жидкости внутри и вне формы.

*Система удаления отливок из литейной формы* предназначена для извлечения изделий и литников из матриц и литниковых каналов, сталкивания их с пуансонов и из литниковых каналов и сброса отливки через люк машины в приемную тару. При этом учитываются усилия, необходимые для удаления отливок из формы и их воздействие на изделия. Система включает поверхности, образующие камеру для деталей, соединительные планки, выталкиватели, шток, тяги, сталкивающие плиты, сбрасыватели и пружины, обеспечивающие выталкивание и сброс изделий, а также детали и узлы, возвращающие систему в исходное положение. Она охватывает пневматические, гидравлические, электрические и другие устройства и зубчатые передачи, обеспечивающие удаление отливок и свертывание изделий с резьбооформляющих деталей.

*Система перемещения деталей формы* предназначена для перемещения подвижных относительно корпуса формы оформляющих деталей. Она обеспечивает перемещение деталей, совпадающие и не совпадающие по направлению с рабочим движением литейной машины. Система включает

кроме наклонных поводков, кулис и пружин, относящихся к механическому типу привода, пневматические, гидравлические и другие устройства в совокупности с зубчатыми, винтовыми, червячными, клиновыми, блочными передачами. В кассетных, съемных и разъемных формах возможны ручные операции по установке и снятию кассет, съемных знаков и матриц, разборке и сборке разъемных матриц и др.

#### Работа литьевой формы

Литьевая форма (рисунок 4.1, 4.2) состоит из неподвижной и подвижной полуформ. В неподвижной полуформе расположены: плита неподвижная 3, плита матриц 11, вставки матриц 1, литниковая втулка 9, колонки направляющие 45. В подвижной полуформе расположены: плита подвижная 8, хвостовик 13, брус 7, плита опорная 4, плита толкателей 5, выталкиватели 16, плита пуансонов 12, вставки пуансонов 2, а также центрирующие втулки 43, 44.

Перемещение подвижной плиты к неподвижной плите осуществляется по направляющим колонкам 45 и центрирующим втулкам 44. После смыкания полуформ между оформляющими поверхностями матрицы и пуансона образуется полость, где оформляется изделие. Расплав термопласта подается шнеком литьевой машины через литниковую втулку 9, а затем растекается по разводящим каналам в оформляющие гнезда. Далее происходят процессы выдержки под давлением и охлаждения, во время которых оформляется изделие. Охлаждение осуществляется подачей хладагента по охлаждающим каналам. Обратный ход подвижной плиты осуществляет размыкание полуформ. При размыкании полуформ плита матриц 11 неподвижна, тогда как опорная плита 4, брус 7 и плита подвижная 8 перемещаются. Выталкиватели 16 и 17, оставаясь неподвижными во время размыкания, снимают изделие с пуансона и прижимают его к матрице. Затем плита выталкивателей 5 увлекается бруском 4 и изделие удаляется на провал в разгрузочное устройство термопластавтомата.

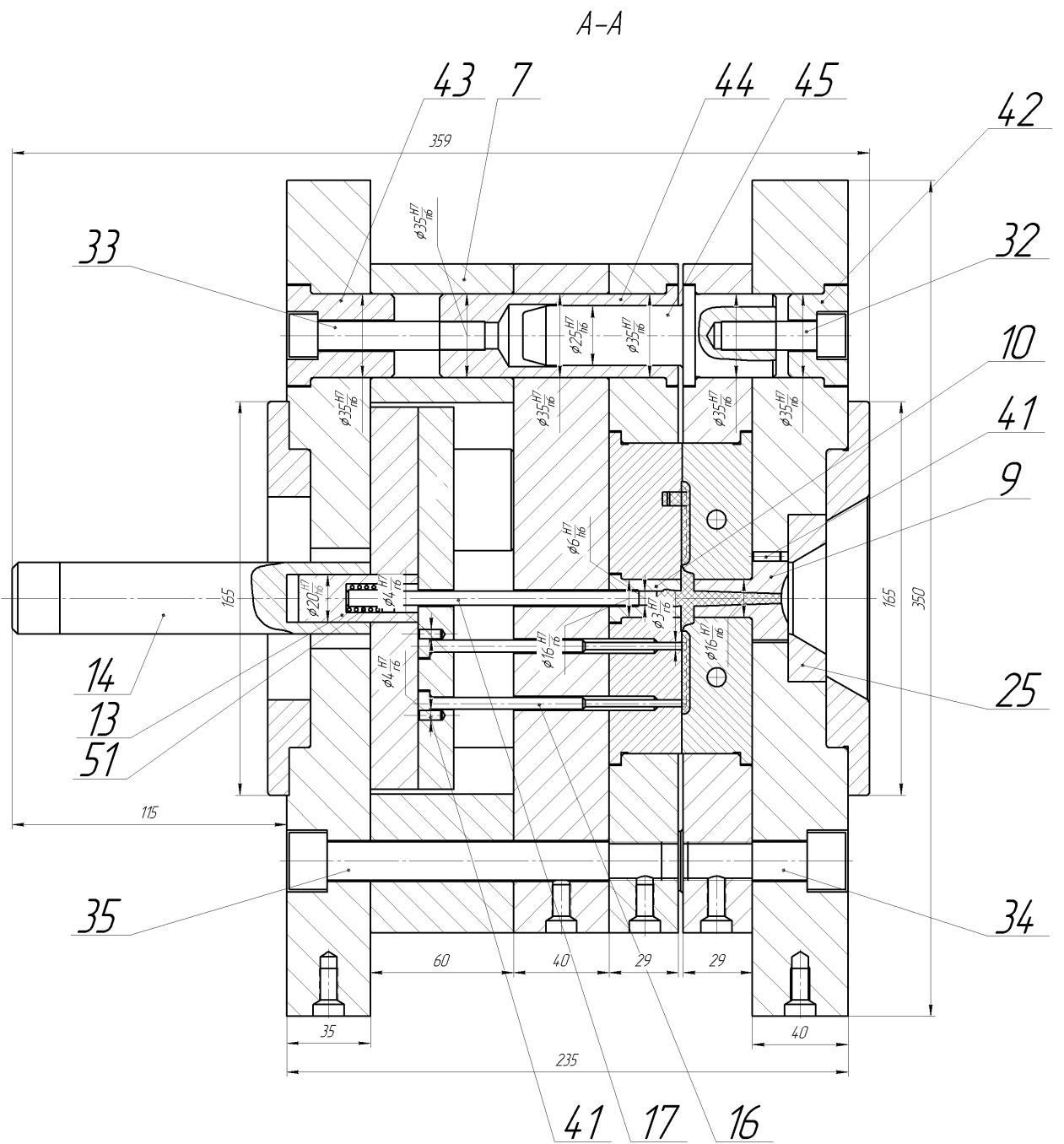


Рисунок 4.1 – Литевая форма (разрез А-А)

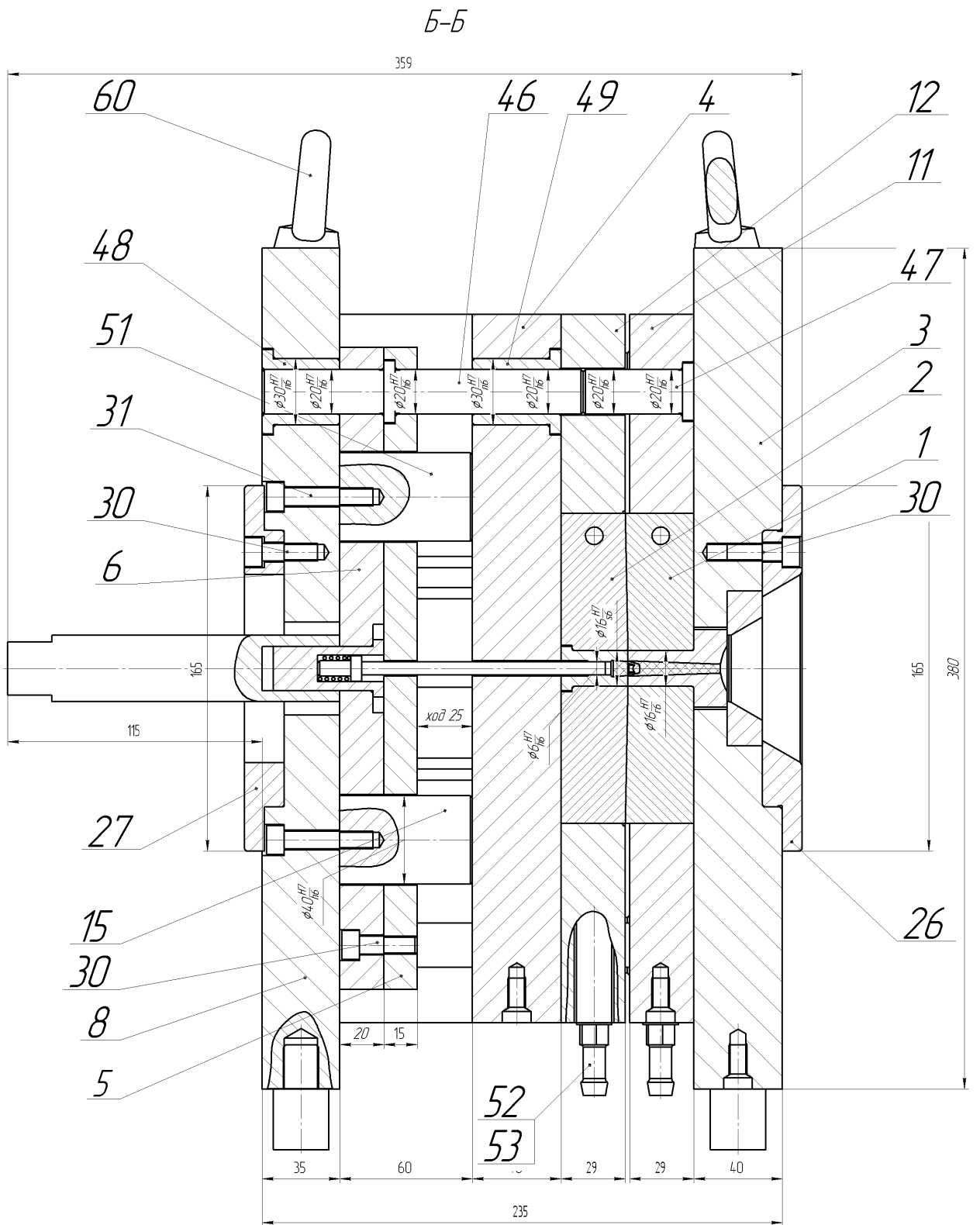


Рисунок 4.2 – Литевая форма (разрез Б-Б)



## 4.2 Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы

Усилие, действующее на выталкиватели и создаваемое давлением литья, определяется по формуле:

$$P_q = q \cdot F \quad (4.1)$$

где  $q=22\text{МПа}$ ,  $F= \pi d^2 / 4$ .

$$P_q = 22 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,003^2 / 4 = 155,4\text{Н}$$

Усилие размыкания:

$$P_q = 0,1 \cdot P_0 \quad (4.2)$$

$$P_q = 0,1 \cdot 462000 = 46200\text{Н}$$

Выбираем  $P_{\text{разм}}$ , так как оно максимальное.

1) Расчет выталкивателей на смятие:

$$\sigma = \frac{P_{\text{max}}}{F \cdot m} \leq [\sigma_{\text{сж}}]$$

$$\sigma = \frac{46200}{\pi \cdot 0,003^2 \cdot 32 / 4} = 204\text{МПа}$$

$$\sigma_{\text{сж}} = 230\text{МПа}$$

$$204\text{МПа} \leq 230\text{МПа}$$

Условие выполняется.

2) Расчет выталкивателей на устойчивость.

$$P_K = \frac{\pi^2 \cdot E}{\mu^2 \cdot l_{\text{max}}^2} \cdot \left( \frac{J}{n^2} \right), \quad (4.3)$$

где  $J$  - момент инерции для каждого выталкивателя соответственно;

$n$  - количество выталкивателей соответствующего диаметра;

$E$  - модуль упругости,  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{МПа}$ ;

$\mu$  - коэффициент длины стержня, для стержня с защемленными концами  $\mu = \frac{1}{2}$ .

Выражаем из формулы (4.3) максимальную длину выталкивателей:

$$l_{\text{max}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{\mu^2 \cdot P_{\text{max}}} \cdot \left( \frac{J}{n^2} \right)} \quad (4.4)$$

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64};$$

$$J = \frac{3,14 \cdot 0,003^4}{64} = 4 \cdot 10^{-12} \text{ м}^4;$$

$$l_{\max} = \sqrt{\frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{\frac{1}{2} \cdot 46200} \cdot \left( \frac{4 \cdot 10^{-12}}{32^2} \right)} = 0,785 \text{ м} = 785 \text{ мм}$$

По конструктивным соображениям назначаем длину выталкивателя, диаметром 45мм, что меньше расчетной максимальной длины.

Рекомендуемая марка материала для матриц и пуансонов, колонок и втулок направляющих – сталь 4Х5МФС с твердостью 50HRC. Для всех остальных деталей формы – сталь 40Х с твердостью 60HRC.

## 4.3 Определение числа и расположение элементов систем литейной формы

### 4.3.1 Система литниковых каналов

Литниковая система – это система каналов формы, служащая для передачи материала из сопла литейной машины в оформляющие гнезда формы. Застывший в литниковых каналах полимер называется литником.

Литниковая система должна обеспечивать поступление расплава полимера в формообразующую полость формы с минимальными потерями температуры и давления после пластицирующего цилиндра литейной машины. Литниковая система решающим образом влияет на качество изготавливаемого изделия, расход материала, производительность процесса и др. Неправильно спроектированная литниковая система является причиной повышенных напряжений в изделии, его коробления, образования на поверхности изделия следов течения материала, неполного заполнения формообразующей полости, неравномерной усадки материала.

В общем виде литниковая система включает три основных элемента: центральный литниковый канал, по которому расплав из цилиндра поступает в форму; разводящий канал, ответвляющийся от основного; впускной канал,

по которому расплав непосредственно поступает в оформляющую полость. Наличие всех трех элементов литниковой системы или отсутствие каких-либо из них связано как с конфигурацией отливаемого изделия, так и с конструкцией формы. Так, литниковая система одногнездной формы часто состоит из одного литникового канала.

#### **Расчет центрального литника:**

Определяем диаметр на входе  $d$ :

$$d_2 = 2\sqrt{\frac{Q_0}{\pi v \tau}}, \quad (4.5)$$

$$Q_0 = 91 \text{ см}^3$$

$$v = 300 \text{ см/с} \text{ при } Q_0 < 500 \text{ см}^3$$

$$\tau = 2 \text{ с} \text{ при } Q_0 < 400 \text{ см}^3$$

$$d_2 = 2\sqrt{\frac{91}{\pi \cdot 300 \cdot 2}} = 0,45 \text{ см} = 4,5 \text{ мм}$$

Выбираем  $d_2$  и  $L$ , рекомендуемый угол  $\alpha = 3^\circ$  [15]

$$d_2 = 7,9 \text{ мм}$$

$$L = 55 \text{ мм}$$

По полученным данным выбираем литниковую втулку:

ГОСТ 1435-74  $L = 55 \text{ мм}$ ,  $D = 20 \text{ мм}$

#### **Расчет разводящего канала:**

Разводящие каналы являются частью литниковой системы, соединяющей оформляющие полости формы с центральным литником. Во всех случаях надо укорачивать разводящие каналы, так как увеличение длины канала ведет к возрастанию расхода материала, потерь давления, а также ориентационных напряжений в изделиях.

Поверхность разводящих каналов для большей части перерабатываемых полимерных материалов не полируют для удержания на стенках затвердевшего слоя полимера и предотвращения уноса затвердевших частиц в оформляющую полость формы.

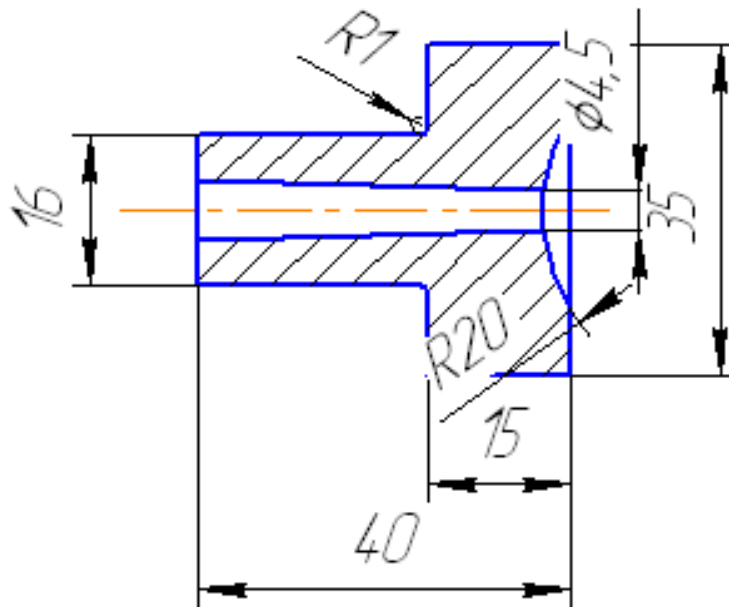


Рисунок 4.2 – Литниковая втулка

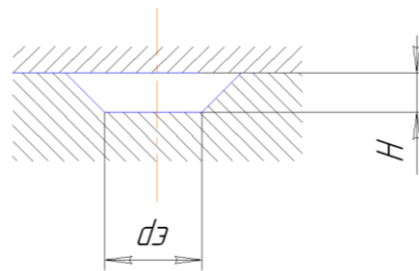


Рисунок 4.3 – Форма сечения разводящего канала

В данной работе применяется трапециевидальная форма сечения разводящего канала. Поэтому размеры разводящего канала находят по определенному значению  $d_3$ :

$$h = 0,5 \cdot d_3 \sqrt[3]{\frac{\pi \cdot (1 + \sin \alpha + R \cos \alpha)}{(R + \operatorname{tg} \alpha)^2 \cdot \cos \alpha}} \quad (4.6)$$

при  $\alpha = 10^\circ$  и  $R=1$ ,  $h=0,85 \cdot d_3$

$d_3$  определяем по диаграмме [14, с.81]

$d_3=4\text{мм}$

$$h = 0,5 \cdot 4 \cdot 0,85 \sqrt[3]{\frac{\pi \cdot (1 + \sin 10 + 1 \cos 10)}{(1 + \operatorname{tg} 10)^2 \cdot \cos 10}} = 8\text{мм}$$

#### Расчет впускного канала:

Впускные каналы (питатели) имеют особое значение при литье под давлением. Они представляют собой последнее звено в системе литниковых

каналов, подводящих материал к оформляющей полости формы. От их размеров и расположения в значительной степени зависит качество отливаемых изделий, поэтому определение оптимальных размеров впускных каналов, их числа и расположения является весьма ответственной задачей.

В данной работе используется впускной канал с круглым сечением.

Для определения размеров впускного канала необходимо рассчитать характеристический размер изделия:

$$H = \frac{2V_{изд}}{S_{изд}} = \frac{2 \cdot 0,0000066}{0,00102} = 0,013 \text{ мм}$$

В зависимости от размера  $H$ , определяем  $d_6, l$

$H < 0,6$  , тогда  $d_6 = 2 \text{ мм}$  и  $l = 0,6 \text{ мм}$

Балансировка впускных каналов.

$$d_1 = d_6,$$

$$d_2 = \frac{d_1 \cdot k_1 \cdot \sqrt{L_2}}{\sqrt{L_1}}, \quad (4.7)$$

$$d_3 = \frac{d_2 \cdot k_2 \cdot \sqrt{L_3}}{\sqrt{L_2}}, \text{ и т.д.,}$$

где  $d_1, d_2, d_3, \dots$  - диаметры впускных каналов, мм;

$L_1, L_2, L_3, \dots$  - расстояние от оси центрального литника (либо от произвольно проведенной оси, параллельной оси центрально литника) до оси каналов соответственно  $d_1, d_2, d_3, \dots$ ;

$L_1 = 55 \text{ мм}, L_2 = 164 \text{ мм},$  ( рисунок 3.1)

$k_1 = 0,86; k_2 = 0,89; k_3 = 0,95; k_4 = 0,98; k_5 = 1; k_6 = 1; k_7 = 1; \dots$  .

$d_1 = d_6 = 2 \text{ мм};$

$$d_2 = \frac{d_1 \cdot k_1 \cdot \sqrt{L_2}}{\sqrt{L_1}} = \frac{2 \cdot 0,86 \cdot \sqrt{164}}{\sqrt{55}} = 3 \text{ мм} .$$

### 4.3.2 Система вентиляционных газоотводящих каналов

При заполнении оформляющей полости находящийся в ней воздух, а также выделяющиеся из полимера газы (особенно из поливинилхлорида, полиметилметакрилата, сополимеров формальдегида и др.) сжимаются, препятствуя заполнению формы. При этом температура газа может достигнуть 300—400 °С. На изделии могут появиться дефекты в виде резко выраженных спаев в местах встречи потоков расплава, недоливов, пережогов (при литье толстостенных изделий). Кроме того, происходит растворение газа в отливке, приводящее к уменьшению прочности и к деформации изделий. В связи с этим, для отвода газов из оформляющего гнезда в форме предусматривают вентиляционные (газоотводящие) каналы в местах, заполняемых расплавом в последнюю очередь. Это, как правило, наиболее удаленные от места впуска участки полости с максимальным сопротивлением течению, где происходят защемление и сжатие газа.

Площадь удельного сечения вентиляционных каналов  $f$  выбирают в зависимости от времени впрыска  $\tau$  по графику [15, с. 110]

$$\tau = 2c$$

$$f = 6 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2 / \text{см}^3$$

Площадь сечения вентиляционного канала одного гнезда:

$$X_{\text{ср}} = 0,5\% \text{ - среднее значение усадки для АБС пластика;}$$

Объем одного гнезда:

$$V_2 = V \left(1 + \frac{X_{\text{ср}}}{100}\right) = 6,6 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100}\right) = 6,633 \text{ см}^3$$

$$F = f \cdot V_2 = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 6,6 = 0,04 \text{ мм}^2$$

Суммарная величина каналов:

$$B = \frac{F}{e}, \quad (4.8)$$

где  $e$  - максимальная глубина вентиляционного канала, для полиамида 66:

$$e = 0,05 \text{ мм}.$$

$$B = \frac{0,04}{0,05} = 0,08 \text{ мм}$$

$$\text{Ширина канала } b = \frac{B}{n} = \frac{6}{6} = 1 \text{ мм}.$$

При такой расчетной толщине роль вентиляционных каналов могут играть зазоры между деталями формы.

#### 4.3.3 Система термостатирования (система охлаждения и регулирования температуры формы)

Отверждение полимера в форме требует отвода большого количества теплоты. В связи с этим продолжительность цикла литья в значительной степени зависит от эффективности отвода теплоты и от достигаемой при этом температуры отливки. Кроме того, режим охлаждения существенно влияет на качество изделий. Так, более высокая температура формы позволяет получить:

- более высокие механические показатели кристаллических полимеров -  $\sigma_p$ ,  $E$ ,  $HV$  и т. д. (у аморфных полимеров эти показатели меняются незначительно);
- качественную поверхность, блеск изделия;
- менее ориентированную структуру полимера и меньшие внутренние напряжения;
- меньшую склонность к растрескиванию в напряженном состоянии и при воздействии агрессивных сред;
- большую стабильность размеров в процессе эксплуатации, особенно при повышенных температурах.

Низкая температура формы позволяет уменьшить: рассеяние размеров отливаемых изделий, усадку и коробление, цикл литья.

Вместе с тем необходимо помнить, что при быстром охлаждении в отливке возникают большие внутренние напряжения, и, если изделие эксплуатируется при повышенных температурах, неизбежны вторичная

усадка и коробление. На переохлажденных стенках формы может конденсироваться влага, отрицательно влияющая на качество поверхности отливки. Задача конструктора состоит в правильном расчете и проектировании системы термостатирующих каналов формы, которая обеспечит поддержание требуемого теплового режима. Прежде всего, рассчитывают площадь поперечного сечения каналов, затем — длину каналов.

Расчет каналов.

Количество теплоты, которое может быть отведено охлаждающей жидкостью (хладагентом) в течение цикла:

$$Q_M = C_M \cdot m \cdot (t_n - t_{cp}) \quad (4.9)$$

где  $C_M$  — удельная теплоемкость материала,

для АБС пластика  $C_M = 1330 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  ;

$t_{cp}$  — средняя по объему температура изделия после охлаждения, определяется из формулы:

$$\frac{t_{cp} - t_\phi}{t_n - t_\phi} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(\frac{-\frac{\pi^2}{4} \cdot a \cdot \tau_{охл}}{\delta^2}\right), \quad (4.10)$$

$$\frac{t_{cp} - 50}{200 - 50} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(\frac{-\frac{3,14^2}{4} \cdot 1,3 \cdot 10^{-7} \cdot 17}{0,0015^2}\right),$$

$$t_{cp} = 61^\circ\text{C}.$$

$$Q_M = 1330 \cdot 0,007 \cdot (200 - 61) = 1294 \text{ Дж}$$

Количество теплоты, отводимое хладагентом:

$$Q_x = c_x \cdot g_x \cdot (t_{вых} - t_{вх}), \quad (4.11)$$

где  $c_x$  — удельная теплоемкость хладагента (воды),  $c_x = 4180 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  ;

$t_{вых}$  — температура на выходе из формы;

$t_{вх}$  — температура на входе в формы,  $(t_{вых} - t_{вх}) = 5^\circ\text{C}$ ;



$g_x$  – расход хладагента, определим из теплового баланса.

В тепловых расчетах литьевой формы теплообменом с окружающей средой можно пренебречь без большой погрешности.

$$Q_M = Q_X, \quad (4.12)$$

$$C_M \cdot G_u \cdot (t_n - t_\phi) = c_x \cdot g_x \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}).$$

Отсюда найдем,

$$g_x = \frac{Q_M}{c_x \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})} \quad (4.13)$$

$$g_x = \frac{1294}{4180 \cdot 5} = 0,062 \text{ кг/с}.$$

Расход хладагента через матрицу и пуансон принимают пропорциональным площадям оформляющих их поверхностей:

$$g_X^M = g_x \cdot \frac{F^M}{F_{\text{общ}}}, \quad (4.14)$$

где  $F^M$  – оформляющая площадь матрицы,

$$F^M = 0,005 \text{ м}^2;$$

$$g_X^M = 0,062 \cdot \frac{0,005}{0,00102} = 0,304 \text{ кг/с}$$

Площадь поперечного сечения каналов в матрице:

$$f_K = \frac{g_X^M}{\rho_x \cdot \tau_y \cdot \omega}, \quad (4.15)$$

где  $\rho_x$  – плотность хладагента,  $\rho_x = 1000 \text{ кг/м}^3$ ;

$\tau_y$  – продолжительность цикла,  $\tau_y = 36 \text{ с}$ ;

$\omega$  – скорость течения хладагента,  $\omega = 1 \text{ м/с}$ .

Тогда

$$f_K^M = \frac{0,304}{1000 \cdot 36 \cdot 1} = 0,0000084 \text{ м}^2.$$

Диаметр охлаждающего канала определяется по формуле:

$$d_K = 1,13 \cdot \sqrt{f_K}.$$

Таким образом,

$$d_K = 1,13 \cdot \sqrt{0,0000084} = 0,0033\text{ м} = 3,3\text{ мм}.$$

Суммарная длина каналов:

$$l_K \geq \frac{F^M}{\pi \cdot d_K} = \frac{0,005}{\pi \cdot 0,0033} = 0,483\text{ м}.$$

По конструктивным соображениям  $d_K$  принимаем равным 8мм.

#### 4.4 Система удаления изделий и литника из формы

Назначение системы состоит в обеспечении беспрепятственного извлечения изделий и литниковой системы из матрицы, их сталкивания с пуансонов, сброса через люк машины, очень часто - отрыва литниковой системы от изделий. Эти функции выполняют отдельные детали или узлы системы, для перемещения которых используется возвратно-поступательное передвижение подвижной части литейной формы или специальный привод. В данном проекте эти функции выполняют выталкиватели.

До сталкивания изделия свободной усадке по диаметральным и линейным размерам препятствует матрица, что вызывает в изделии растягивающие напряжения. При этом нормальные усилия, прижимающие изделие к матрице, препятствуют сталкиванию. Усилие сталкивания зависит также от шероховатости поверхности матрицы, уклона, жесткости материала изделия и его коэффициента трения по материалу пуансона при их температуре перед сталкиванием. При выталкивании из матрицы в изделии возникают напряжения, зависящие от конструкции системы удаления, жесткости и прочности материала, а также конфигурации изделия.

Усилие, необходимое для выталкивания одного изделия:

$$P_n = \pi \cdot d \cdot a \cdot m \cdot [\tau], \quad (4.16)$$

где

$d$ - диаметр выталкивателя;

$a$ - толщина изделия;  $a=1,5\text{ мм}$

m- число выталкивателей;

$[\tau]$ - допускаемое напряжение сдвига;

$$[\tau] = (0,5 - 0,6)[\sigma]$$

$$[\sigma] = 32 \text{ МПа}; [\tau] = 16 \text{ МПа}$$

$P_{\text{разм}} \leq 0,1 P_n$ , где

n-число гнезд,  $P_n$ - номинальное усилие запираия  $P_n = 1000 \text{ кН}$ .

$$P_n = \pi \cdot 0,003 \cdot 0,0015 \cdot 4 \cdot 16 \text{ МПа} = 0,9 \text{ кН}$$

$$0,9 \cdot 8 \leq 0,1 \cdot 1000$$

$$7,2 \text{ кН} \leq 100 \text{ кН}$$

Условие выполняется.

#### 4.5 Определение толщины стенки матрицы

В литьевых формах давление изменяется от 0 до  $P_{\text{max}}$  в замкнутом положении формы, что требует расчета толщины стенок. Исходными данными для него является:  $P_{\text{max}}$ , конфигурация полости и материал матрицы.

Для прямоугольной матрицы:

$$\frac{4 \cdot [\sigma] \cdot a^2}{P_{\text{max}}} - 2 \cdot l_2 \cdot a - l_1^2 = 0, \quad (4.17)$$

$$\frac{4 \cdot 300 \cdot a^2}{31} - 2 \cdot 0,035 \cdot a - 0,04^2 = 0$$

$$38,7a^2 - 0,07 \cdot a - 0,0016 = 0$$

$$D = 0,07^2 + 4 \cdot 38,7 \cdot 0,0016 = 0,25$$

$$a = 0,0074 \text{ (м)}$$

где  $[\sigma]$  – напряжение, зависящее от материала матрицы;

$[\sigma] = 300 \text{ (МПа)}$  – для легированных и термообработанных сталей;

$P_{\text{max}}$  – максимальное давление в полости, (МПа)

#### 4.6 Определение исполнительных размеров оформляющих деталей

В процессе литья, изделие в форме принимает очертания и размеры полости. Исполнительные размеры формообразующих элементов рассчитываются в зависимости от допуска на размеры изготовления изделия и усадки формуемого термопласта.

Исполнительные размеры, оформляющие наружные поверхности изделия (матрица):

$$L = \left[ L \cdot \left( 1 + \frac{X_{CP}}{100} - \Delta_{ИЗН} \right) \right]^{+\Delta_{ИЗГ}}, \quad (4.18)$$

$$H = \left[ H \cdot \left( 1 + \frac{X_{CP}}{100} \right) - \Delta_{ИЗН} \right]^{+\Delta_{ИЗГ}}, \quad (4.19)$$

$$l = \left[ l \cdot \left( 1 + \frac{X_{CP}}{100} \right) + \Delta_{ИЗН} \right]_{-\Delta_{ИЗН}}, \quad (4.20)$$

$$h = \left[ h \cdot \left( 1 + \frac{X_{CP}}{100} \right) + \Delta_{ИЗН} \right]_{-\Delta_{ИЗН}}, \quad (4.21)$$

где  $L, H$  – наибольшие предельные размеры изделия,  $L=40$ мм,  $H=30$ мм;  $l, h$  – наименьшие предельные размеры изделия,  $l=37$ мм,  $h=27$ мм;

$X_{CP}$  – среднее значение усадки,  $X_{CP}=0,5\%$ ;

$\Delta_{ИЗГ}$  – допуск на изготовление элемента оформляющей полости;

$$L = \left[ 40 \cdot \left( 1 + \frac{0,5}{100} \right) - 0,2 \right]^{+0,190} = 40^{+0,190} \text{ мм};$$

$$H = \left[ 30 \cdot \left( 1 + \frac{0,5}{100} \right) - 0,2 \right]^{+0,160} = 29,95^{+0,160} \text{ мм};$$

$$l = \left[ 37 \cdot \left( 1 + \frac{0,5}{100} \right) + 0,2 \right]_{-0,160} = 37,39_{-0,160} \text{ мм};$$

$$h = \left[ 27 \cdot \left( 1 + \frac{0,5}{100} \right) + 0,2 \right]_{-0,130} = 27,34_{-0,130} \text{ мм}.$$

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

### 5.1 Технологическая характеристика объекта

Таблица 5.1 – Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Изготовление пластмассового изделия	Литье под давлением	Оператор ТПА	Термопластавтомат, литьевая форма	АБС - пластик

### 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	Работа на термопластавтомате	Травматизм	Движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части
2	Работа с	Ожоги	Повышенная температура

	расплавленным материалом или рабочими частями ТПА		поверхностей оборудования, пластика
3	Литье пластмассы под давлением	Токсичность	Нагретый до температуры плавления АБС-пластика

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Травматизм	Инструктаж по технике безопасности, ограждение литьевой формы в термопластавтомате	Головной убор, нарукавники.
2	Ожоги	Инструктаж по технике безопасности, тепловая изоляция нагретого оборудования (минеральная вата, стеклоткань, асбест), осуществление техпроцесса в герметично закрытом оборудовании.	Халат, костюм, сорочка х/б, тапочки кожаные, перчатки вязанные
3	Токсичность	Приточно-вытяжная вентиляция, совмещенная с воздушной системой отопления	Респираторы, полумаски

## 5.4. Обеспечение пожарной безопасности

### 5.4.1. Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Участок литья пластмасс под давлением	Термопластавтомат	В	Повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	Образующиеся токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром загрузочных и разгрузочных устройств

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
огнетушители	пожарные автомобили	Водяные установки и систем пожаротушения	Дымовые датчики	Рукава пожарные	противогазы	Пожарные багры	Оповещатели о пожаре (звуковые, речевые)
песок	пожарные мотопомпы	газовые установки и систем пожаротушения	Тепловые датчики	Пожарный инвентарь	носилки	Пожарные топоры	Световые указатели «ВЫХОД»
кошма	приспособленные технические средства (тягачи, прицепы и трактора).	порошковые установки и систем пожаротушения	Приемные контрольные приборы	Колонка пожарная	Костюмы защитные	Лопаты штыковые	Ручные пожарные извещатели



Таблица 5.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Литье под давлением	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучение персонала требованиям ПБ;</li> <li>- соблюдение техники безопасности;</li> <li>- соблюдение последовательности и алгоритма технологического процесса;</li> <li>- наличие первичных средств пожаротушения;</li> <li>- своевременная уборка промасленной ветоши с рабочего места;</li> <li>- ограничение взрывоопасных материалов и компонентов на рабочем месте;</li> <li>- хранение взрывоопасных материалов и компонентов в</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- квалифицированный персонал;</li> <li>- обеспечение защиты помещений системами обнаружения пожара, оповещения и эвакуации;</li> <li>- наличие систем пожаротушения.</li> </ul>

	соответствии с требованиями ПБ.	
--	---------------------------------	--

## 5.5 Обеспечение экологической безопасности проекта

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие технического объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
Литье пластмасс под давлением	Термопластавтомат, сушильный шкаф	Пыли пластмасс, фенол, формальдегид, углерода оксид, стирол, органические кислоты, аммиак	-	-

Таблица 5.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Литье пластмасс под давлением
Мероприятия по снижению негативного	Спроектированы пылегазоочистные установки: аппараты мокрой очистки; пылеосадительные камеры;

антропогенного воздействия на атмосферу	циклоны; центробежные скрубберы; мокрые аппараты ударно-инерционного действия; установки каталитического дожигания растворителей.
---	--

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность проекта».

1. В разделе «Безопасность и экологичность проекта» приведена характеристика технологического процесса литья пластмасс под давлением, перечислены должности работников, инженерно-техническое оборудование, расходные материалы (таблица 5.1).

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу литья под давлением. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: травматизм, ожоги, токсичность.

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно: инструктажи по технике безопасности, ограждение литьевой формы в термопластавтомате, тепловая изоляция нагретого оборудования; приточно-вытяжная вентиляция. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 5.3).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 5.6).

5. Идентифицированы экологические факторы (таблица 5.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 5.8).

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 6.1 Характеристики сравниваемых вариантов

В базовом варианте происходит процесс получения детали “облицовка рукоятки привода замка капота”. Данный процесс осуществляется на термопластавтомате KuASY 100/125 методом литья под давлением. За один цикл изготовления получается 4 детали.

В проектном варианте предлагается новый процесс изготовления детали на том же оборудовании, но 8 деталей за цикл.

### 6.2 Калькуляция изготовления литьевой формы.

Таблица 6.1

№	Наименование	Обозначение	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты	М	4916,72	
2	Транспортно-заготовительные расходы	ТЗР	67,85	1,38% от М
3	Основная зарплата рабочих	$З_{пл}^{осн.}$	108113,17	$T_{н/ч}=760,45$ н/ч $Ст=142,17$ руб.
4	Единый соц.налог	Сс	38920,74	36% от $З_{пл}^{осн.}$
5	Расходы на содержание оборудования	РСО	232335,2	214,9% от $З_{пл}^{осн.}$
6	Цеховые расходы	Рцех	154493,71	142,9% от $З_{пл}^{осн.}$
	Итого цеховая себестоимость	Сцех	538847	

6.3 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

Исходные данные для расчета себестоимости продукции

Таблица 6.2 – Общие исходные данные

№	Показатель	Обозначение	Значение	
1	2	3	4	
1.	Годовая программа выпуска, шт	Ng	400000	
2.	Эффективный фонд времени, час: - оборудования - рабочего	Фэ Фэ.р.	3972 1986	
3.	Коэффициент выполнения норм	Квн	1,2	
4.	Коэффициент многостаночного обслуживания	Кмн	1,0	
5.	Коэффициент потерь времени на отпуск работников, %	Ко	11,8	
6.	Коэффициент монтажа: - в расчете себестоимости - в капитальных вложениях	Кмонт	1,1 – 1,25 0,1 – 0,25	
7.	Цена материала, руб./кг.	Цм	93,5	
8.	Цена отходов, руб./кг	Цотх	2	
9.	Масса заготовки, кг	Мз	0,048	0,096
10.	Масса отходов, кг	Мотх	0,02	0,04
11.	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	Ктз	1,0133	
12.	Коэффициенты доплат по заработной плате:			
А)	До часового фонда зарплаты	Кдоп	1,08	
Б)	За профессиональное мастерство	Кпф	1,14	

В)	За условия труда	К <sub>у</sub>	1,12
Г)	За вечерние и ночные часы	К <sub>н</sub>	1,1

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4
Д)	Премиальные	К <sub>пр</sub>	1,1
Е)	На социальное страхование	К <sub>с</sub>	1,34
	Итого общий коэф-нт доплат $K_{зпл} = K_d \cdot K_{пф} \cdot K_u \cdot K_n \cdot K_{пр} \cdot K_c$	К <sub>зпл</sub>	2,24
13.	Коэффициент загрузки оборудования по мощности	К <sub>м</sub>	0,8
14.	Коэффициент загрузки оборудования по времени	К <sub>в</sub>	0,7
15.	Коэффициент потерь в сети	К <sub>п</sub>	1,03
16.	Коэффициент одновременной работы электродвигателей	К <sub>од</sub>	0,8 - 1
17.	Выручка от реализации, %:от Ц: - изношенного оборудования - изношенной пресс-формы	В <sub>р</sub> В <sub>р.и.</sub>	5 15
18.	Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	К <sub>цех</sub>	1,5
19.	Часовая тарифная ставка, руб./час: - рабочего - наладчика - инструментальщика	С <sub>т</sub> С <sub>т</sub> С <sub>т</sub>	34,84 45,00 142,17
20.	Цена электроэнергии, руб./кВт	Ц <sub>э</sub>	3,0
21.	Цена площади, руб./м <sup>2</sup>	Ц <sub>пл</sub>	4500
22.	Норматив экономической эффективности	Е <sub>н</sub>	0,33

Таблица 6.3 – Эксплуатационные данные оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Норма времени, мин.		Мощность Му, кВт	Площадь, Су, м <sup>2</sup>	Цена, руб.
		Тшт	Тмаш			
1.	Базовый вариант					
	Термопластавтомат KuASY 100/125	0,546	0,433	17	3,82	320000
2.	Проектный вариант					
	Термопластавтомат KuASY 100/125	0,546	0,433	17	3,82	320000

Таблица 6.4 – Исходные данные об оснастке

№	Наименование инструмента	Стойкость инструмента Т <sub>и</sub> <sup>шт.</sup> , ударов	Цена инструмента Ц <sub>шт</sub> , руб.
1.	Базовый вариант		
	Литьевая форма	1200000	498700
	Проектный вариант		
1	Литьевая форма	1200000	538847

6.4 Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента его загрузки, численность рабочих-операторов и необходимое число инструмента

Таблица 6.5

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Знач. показателя	
			Базовый	Проектн.
1	2	3	4	5
1	Количество оборудования, необходимое для	$\text{поб.} = t_{шт} \cdot N_{г} / (\Phi_{э} \cdot K_{вн} \cdot 60)$ $\text{поб.} = 0,546 \cdot 400000 / (3972 \cdot 1,2 \cdot 60) = 0,76$	1	

	производства годовой программы выпуска, шт.		
--	---	--	--

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3	4	5
2	Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции	$K_3 = n_{об.Расч.} / n_{об.Прин.}$ $K_3 = 0,76/1 = 0,76$	0,76	
3	Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.	$R_{оп} = [t_{шт} \cdot N_{Г} \cdot (1 + K_0/100)] / (\Phi_{Эр} \cdot K_{МН} \cdot 60)$ $R_{оп.} = (0,546 \cdot 400000 \cdot (1 + 11,8/100)) / (1986 \cdot 1 \cdot 60) = 2 \cdot 2 \text{ смены} = 4$	4	
4	Число инструмента для выпуска годовой программы, шт.	$n = N_{Г} / T_{и.шт.}$ $n = 400000 / 1200000 = 0,33$	1	

### 6.5 Расчет сравнительной себестоимости расхода на инструмент

Таблица 6.6

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базовый [4]	Проектн. [8]
1	2	3	4	5
1	Материальные затраты, руб.	$M = (M_3 \cdot Ц_М \cdot K_{ТЗ}) - (M_{отх} \cdot Ц_{отх})$ $M_б. = (0,048 \cdot 93,5 \cdot 1,0133) - (0,02 \cdot 2) = 4,51$ $M_{пр.} = (0,096 \cdot 93,5 \cdot 1,0133) - (0,04 \cdot 2) = 9,02$	4,51	9,02
2	Зарплата рабочих-	$З_{пл} = P \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.р.} \cdot K_{Зпл} \cdot K_3 / N_{Г}$ $З_{пл.} = 4 \cdot 34,84 \cdot 1986 \cdot 2,24 \cdot 0,76 / 400000 =$	1,18	



	операторов, руб.	=1,18		
--	------------------	-------	--	--

Продолжение таблицы 6.6

1	2	3	4	5
3	Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования, руб.	$P_A = Ц_{об} \cdot (1 - B_p) \cdot N_A \cdot t_{шт} \cdot 1,3] /$ $/ \Phi_{\text{Э}} \cdot K_{BH} \cdot 60 \cdot 100$ $P_{a.} = 320000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,546 \cdot 1,3 /$ $/ 3972 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100 = 0,06$	0,06	
4	Расходы на электроэнергию, руб.	$P_{\text{Э}} = M_{\text{у}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot K_{\text{од}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} \cdot Ц_{\text{Э}}$ $/ K_{\text{ПД}} \cdot 60$ $P_{\text{Э}} = 17 \cdot 0,433 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3 / 0,75 \cdot$ $\cdot 60 = 0,23$	0,23	
5	Расходы на амортизацию инструмента, руб.	$P_{\text{и}} = Ц \cdot [1 - B_{\text{р.и.}}] / T_{\text{и}}$ $P_{\text{и.б.}} = 498700(1 - 0,15) / 1200000 = 0,35$ $P_{\text{и.пр.}} = 538847(1 - 0,15) / 1200000 = 0,38$	0,35	0,38
6	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{\text{пл}} = S_{\text{у}} \cdot n_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{пл}} \cdot K_3 / N_{\Gamma}$ $P_{\text{пл}} = 3,82 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,76 / 400000 =$ $= 0,03$	0,03	
7	Расходы на зарплату наладчика, руб.	$З_{\text{нал}} = n_{\text{об}} \cdot C_{\Gamma} \cdot \Phi_{\text{Э.р.}} \cdot K_{3\text{пл}} \cdot K_3 /$ $/ n_{\text{обс}} \cdot N_{\Gamma}$ $З_{\text{нал.}} = 1 \cdot 45 \cdot 1986 \cdot 2,24 \cdot 0,76 / 6 \cdot$ $\cdot 400000 = 0,06$	0,06	
	Итого: Технологическая себестоимость, руб.	$C_{\text{тех}} = M + 3_{\text{пл}} + P_A + P_{\text{Э}} + P_{\text{и}} + P_{\text{пл}} + 3_{\text{нал}}$ $C_{\text{тех.б.}} = 4,51 + 1,18 + 0,06 + 0,23 + 0,35 +$ $+ 0,03 + 0,06 = 6,42$ $C_{\text{тех.пр.}} = 9,02 + 1,18 + 0,06 + 0,23 + 0,38 +$ $+ 0,03 + 0,06 = 10,96$	6,42	10,96
8	Общепроизводственные расходы, руб.	$P_{\text{цех}} = 3_{\text{пл}} \cdot K_{\text{цех}}$ $P_{\text{цех.}} = 1,18 \cdot 1,5 = 1,77$	1,77	

	Всего:Цеховая себестоимость, руб.	$S_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ}$ $S_{цех.б.}=1,77+6,42=8,19$ $S_{цех.пр.}=1,77+10,96=12,73$	8,19	12,73
--	-----------------------------------	--	------	-------

Продолжение таблицы 6.6

1	2	3	4	5
	Цеховая себестоимость на единицу изделия, руб.	$Сед.изд.б.=8,19:4=2,05$ $Сед.изд.пр.=12,73:8=1,59$	2,05	1,59

Примечание: расходы на техническую воду, сжатый воздух, смазочную жидкость для обеспечения режимов механической обработки учтены в цеховых расходах, так как обслуживания рабочего места обеспечивается центральными или цикловыми процессами.

#### 6.6 Структура себестоимости продукция сравниваемых вариантов

Таблица 6.7

№	Наименование затрат	Сумма, руб.				Доля, %	
		Базовый		Проектный		Базовый	Проектный
		[4]	[1]	[8]	[1]		
1.	Материалы	4,51	1,13	9,02	1,12	55	70
2.	Основная зарплата	1,24	0,31	1,24	0,15	15	9
3.	Расходы на содержание оборудования	0,06	0,02	0,06	0,01	1	1
4.	Расходы на электроэнергию	0,23	0,06	0,23	0,03	3	2
5.	Расходы на произв. площадь	0,03	0,01	0,03	0,01	1	1
6.	Расходы на литьевую форму	0,35	0,09	0,38	0,05	4	3
7.	Цеховые расходы	1,77	0,43	1,77	0,22	21	14
	Цеховая себестоимость	8,19	2,05	12,73	1,59	100	100

## 6.7 Расчет капитальных вложений

Таблица 6.8

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проект
1	2	3	4	5
1	Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{\text{Об.}} = \text{пОб.} \cdot \text{ЦОб.} \cdot K_3$ $K_{\text{Об.б.}} = 1 \cdot 320000 \cdot 0,76 = 243200$	243200	
2	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
	Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_{\text{М}} = K_{\text{Об.}} \cdot K_{\text{МОНТ}}$ $K_{\text{М.б.}} = 243200 \cdot 0,15 = 36480$	36480	
	Затраты на спец. оснастку, руб.	$K_{\text{И}} = \text{ЦШТ} \cdot \text{пШТ}$ $K_{\text{И.б.}} = 498700 \cdot 1 = 498700$ $K_{\text{И.пр.}} = 538847 \cdot 1 = 538847$	498700	538847
	Затраты на производственную площадь, руб.	$K_{\text{Пл.}} = \text{пОб.} \cdot S_y \cdot \text{ЦПл.} \cdot K_3$ $K_{\text{Пл.б.}} = 1 \cdot 3,82 \cdot 4500 \cdot 0,76 = 13064$	13064	
	Итого	$K_{\text{Соп.}} = K_{\text{М}} + K_{\text{И}} + K_{\text{Пл.}}$ $K_{\text{Соп.б.}} = 36480 + 498700 + 13064 = 548244$ $K_{\text{Соп.пр.}} = 36480 + 538847 + 13064 = 588391$	548244	588391
3	Общие капитальные вложения, руб.	$K_{\text{Общ.}} = K_{\text{Об.}} + K_{\text{Соп.}}$ $K_{\text{Общ.б.}} = 243200 + 548244 = 791444$ $K_{\text{Общ.пр.}} = 243200 + 588391 = 831591$	791444	831591
4	Удельные капвложения, руб.	$K_{\text{уд.}} = K_{\text{Общ.}} / N_{\Gamma}$ $K_{\text{уд.б.}} = 791444 / 400000 = 1,98$	1,98	2,08

		Куд.пр.= 831591/400000=2,08		
--	--	-----------------------------	--	--

## 6.8 Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта

Таблица 6.9

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
1	Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\Delta_{УГ} = (C_{ЦЕХ}^{Баз} - C_{ЦЕХ}^{Проект}) \cdot N_{Г}$ $\Delta_{УГ} = (2,05 - 1,59) \cdot 400000 = 184000$	184000	
2	Приведенные затраты, руб.	$Z_{пр} = C_{ЦЕХ} + E_n \cdot K_{уд}$ $Z_{пр.б} = 2,05 + 0,33 \cdot 1,98 = 2,7$ $Z_{пр.пр.} = 1,59 + 0,33 \cdot 2,08 = 2,28$	2,7	2,28
3	Срок окупаемости кап.вложений, год	$T_{ок} = K_{вв} / \Delta_{УГ}$ $T_{ок} = 538847 / 184000 = 2,9 = 3$	3	
4	Годовой экономический эффект, руб.	$\Delta_{Г} = (Z_{пр}^{Баз.} - Z_{пр}^{Проект}) \cdot N_{Г}$ $\Delta_{Г} = (2,7 - 2,28) \cdot 400000 = 168000$	168000	

Вывод: При внедрении нового технологического процесса произошло уменьшение себестоимости изготовления изделия с 2,05 руб. до 1,59 руб. ( $\Delta = 0,46$ ), за счет повышения производительности посредством увеличения гнезд с четырех до восьми.

При этом годовой экономический эффект составил 168000 руб. при сроке окупаемости в течение трех лет.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе были определены: оптимальная гнездность литейной формы, объем отливки и энергосиловые параметры литья, на основании которых выбрано оборудование KUASY 100/125.

При разработке литейной формы было выполнено следующее:

1. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы.
2. Расчет систем литниковых и вентиляционных каналов.
3. Расчет системы термостатирования и системы удаления.
4. Расчет давления в полости, необходимое для оформления изделия.
5. Расчет толщины стенки матрицы и исполнительных размеров оформляющих деталей.

Кроме того, были рассмотрены меры по обеспечению безопасности и экологичности проекта, а также проведено экономическое обоснование. Экономические расчеты показали целесообразность применения предлагаемого технологического процесса. Годовой экономический эффект составил 168000 руб. со сроком окупаемости в течение трех лет.

Таким образом, работа по решению задач выпускной бакалаврской работы выполнена, цель работы – снижение себестоимости изготовления изделия за счет повышения производительности – достигнута.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александрова, Н.В. Экономика машиностроительного производства: Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы [Текст] / Н.В. Александрова. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 26 с.
2. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1. – 8-е изд., перераб. и доп. [Текст] / В.И. Анурьев. – М. : Машиностроение, 2001. – 920 с.
3. Белкин, И.М. Справочник по допускам и посадкам для рабочего машиностроителя [Текст] / И.М. Белкин. – М. : Машиностроение, 1985. – 320 с.
4. Видгоф, Н.Б. Основы конструирования литьевых форм для термопластов [Текст] / Н.Б. Видгоф. – М. : Машиностроение, 1979. – 264 с.
5. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие [Текст] / Л.Н. Горина. – Тольятти : ТГУ, 2016. – 22 с.
6. Егоров, А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова. – Тольятти, 2012. – 135 с.
7. Казаков, С.И. Производство пресс-форм и штампов [Текст] / С.И. Казаков, А.А. Холмов. – Тольятти: Ника, 2004г. – 27 с.
8. Калинин, Э.Л. Высокие технологии в полимерных материалах: модифицирующие концентраты [Текст] / Э.Л. Калинин, М.Б. Саковцева // Международные новости мира пластмасс. – 2005. – Вып. 7–8. – С. 48–51.

9. Крыжановский, В.К. Производство изделий из полимерных материалов [Текст] / В.К. Крыжановский. – СПб. : Профессия, 2008. – 465 с.
10. Кулезнев, В.Н. Смеси и сплавы полимеров [Текст] / В.Н. Кулезнев. – СПб. : Научные основы и технологии, 2013. – 216 с.
11. Мэллой, Р.А. Конструирование пластмассовых изделий для литья под давлением [Текст] / Р.А. Мэллой. – СПб. : Профессия, 2006. – 512 с.
12. Освальд, Т. Литье пластмасс под давлением [Текст] / Т. Освальд, Л.-Ш. Тунг, П.Дж. Грэмманн. – СПб. : Профессия, 2006. – 712 с.
13. Пантелеев, А.П. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс [Текст] / А.П. Пантелеев, Ю.М. Шевцов, И.А. Горячев. – М. : Машиностроение, 1986. – 400 с.
14. Фетисова, Т.С. Изготовление пластмассовых изделий: Учебно-метод. пособие к выполнению курсового проектирования [Текст] / Т.С. Фетисова. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 62 с.
15. Фетисова, Т.С. Проектирование литьевых форм для изготовления пластмассовых изделий Учебное пособие по дисциплине «Изготовление пластмассовых изделий» [Текст] / Т.С. Фетисова. – Тольятти : ТГУ, 2012. – 113 с.
16. Чалая, Н.М. Модификация свойств и крашение пластмасс при литье под давлением [Текст] / Н.М. Чалая // Пластические массы. – 2003. – Вып. 4. – С. 3–6.
17. Forstner, R. A novel dilatometer for PVT measurements of polymers at high cooling – and shear rates / R. Forstner, G.W.M. Peters, H.E.H. Meijer // Int. Polym. Proc. – 2009. – V. 24, № 2. – P. 114–121.
18. Isayev, A.I. Volumetric and anisotropic shrinkage in injection molding of thermoplastics / A.I. Isayev, K. Kwon // Injection molding: Technology and fundamentals. – 2009. – P. 779–808.
19. Osswald, T. A. Polymer processing: Modelling and simulation / T. A. Osswald, J. P. Hernandez-Ortiz. – Munich, Cincinnati : Hanser Publishers, Hanser Gardner Publications, 2006. 633 p.

20. Patcharaphun, S. The effect of thickness on the weldline strength of injectionmolded thermoplastic composites / S. Patcharaphun, P. Jariyatammanukul // Polymer Plast. Tech. Eng. – 2010. – V. 49. – P. 1305–1309.
21. Utracki, L.A. Pressure-volume-temperature dependencies of polystyrenes / L.A. Utracki // Polymer. – 2005. – V. 46. – P. 11548–11556.