

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

(код и наименование направления подготовки, специальности)

(профиль)

на тему Разработка технологического процесса и элемента оборудования
«Литьевая форма» для изготовления детали «Гайка крепления заднего фонаря»

Допустить к защите

« » 20 г.

1

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»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой «СОМДиРП» _____

д-р техн.наук, доц. В.В. Ельцов

« ____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Курбанов Юрий Сергеевич

1. Тема Разработка технологического процесса и элемента оборудования «литьевая форма» для изготовления детали «Гайка крепления заднего фонаря»

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 06.06.2017г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: _____
программа выпуска 100000 шт/год, материал:
полиамид ПА66

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

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала:

1. Сравнительный технологический анализ (А1). 2. Комплекс оборудования (А1). 3. Кинематическая схема оборудования (А1). 4. Литьевая форма (разрез – А0). 6. Литьевая форма (план –А0).

6. Консультанты по разделам:

ст. преподаватель Дерябин И.В.

канд.экон.наук, доц. Краснопевцева И.В.

7. Дата выдачи задания « 24 » апреля 2017г.

Руководитель бакалаврской работы

(подпись)

П.А. Пугеев

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

Ю.С. Курбанов

(И.О. Фамилия)

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»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой «СОМДиРП»
д-р техн. наук, доц. В.В. Ельцов

«___» _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы

Студента Курбанова Юрия Сергеевича
по теме Разработка технологического процесса и элемента оборудования «литьевая форма»
для изготовления детали «Гайка крепления заднего фонаря» _____

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1.Состояние вопроса.	03.04.2017	04.04.2017	выполнено	
2.Разработка технологического процесса изготовления детали.	10.04.2017	14.04.2017	выполнено	
3.Выбор оборудования и средств автоматизации.	17.04.2017	21.04.2017	выполнено	
4.Разработка конструкции литьевой формы.	02.05.2017	04.05.2017	выполнено	
5. Безопасность и экологичность проекта.	10.05.2017	12.05.2017	выполнено	
6. Экономическая часть.	15.05.2017	14.05.2017	выполнено	
7. Разработка чертежей.	29.05.2017	05.06.2017	выполнено	
8. Подготовка доклада и презентации.	02.06.2017	07.06.2017	выполнено	

Руководитель выпускной квалификационной
работы

Задание принял к исполнению

_____	П.А. Путеев
(подпись)	(И.О. Фамилия)
_____	Ю.С. Курбанов
(подпись)	(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Бакалаврская работа посвящена проектированию нового технологического процесса изготовления детали “Гайка крепления заднего фонаря”.

В работе рассчитаны параметры технологического процесса литья: гнзедность формы, объем впрыска, усилие запирания формы, выбрано оборудование – термопластавтомат Siger Classic 90S (A).

Произведены следующие расчеты модернизации литьевой формы:

- расчеты на прочность для выбора материала деталей литьевой формы;
- расчет элементов систем формы, их количества и взаимного расположения;
- расчет системы литниковых каналов и вентиляционных каналов;
- расчет системы регулирования температуры формы и системы удаления изделий из формы;
- определение максимального давления в оформляющей полости, толщины стенок матрицы, исполнительных размеров матрицы и пуансона.

В работе уделено внимание обеспечению экологичности и безопасности технического объекта, доказана экономическая эффективность предлагаемого технологического процесса.

Рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и экологичности технического объекта, проведено экономическое обоснование работы, доказана эффективность внедрения нового техпроцесса.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
АННОТАЦИЯ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.....	9
1.1. Анализ технологичности детали.....	9
1.2. Анализ базовой технологии изготовления детали.....	10
1.3. Выявление недостатков базовой технологии.....	13
1.4. Задачи бакалаврской работы.....	14
2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ.....	15
2.1. Схема предлагаемого технологического процесса изготовления детали.....	15
2.2. Определение гнездности и объема отливки для заполнения гнезд.....	15
2.3. Определение энергосиловых параметров процесса литья.....	17
3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	19
3.1. Выбор типоразмера оборудования и его основные технические характеристики.....	19
3.2. Средства автоматизации, основные характеристики, описание работы.....	21
4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ.....	26
4.1. Состав, конструкция и работа литейной формы.....	26
4.2. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы.....	29
4.3. Определение числа и расположения элементов системы литейной формы.....	32
4.3.1. Система литниковых каналов.....	32
4.3.2. Система вентиляционных газоотводящих каналов.....	36
4.3.3. Система термостатирования (система охлаждения и регулирования температуры формы).....	37

4.3.4. Система удаления изделий и литника из формы.....	40
4.4. Определение толщины стенки матрицы	41
4.5. Определение исполнительных размеров оформляющих деталей	41
5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	43
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	56
ПРИЛОЖЕНИЕ	59

ВВЕДЕНИЕ

Потребность в использовании пластмассовых изделий возрастает с каждым годом, что способствует быстрому росту их производства. Полимерные материалы отличаются высокой прочностью, износостойкостью и одновременно малым удельным весом и простотой в изготовлении. Пластмассы применяются во всех областях промышленности.

Проектирование литьевых форм для изготовления пластмассовых изделий требует от инженеров знаний таких дисциплин, как: обработка материалов давлением, детали машин, гидравлика и пр. Глубокий анализ технологического процесса литья позволяет проектировщикам выбрать наиболее рациональную конструкцию литьевой формы, обеспечивающую изготовление изделия без наличия дефектов.

Современная литьевая форма представляет собой целый комплекс взаимосвязанных между собой систем, работающих в автоматическом режиме. Известно множество методов переработки пластмасс в изделия: экструзия, каландрирование, вакуум-формование, выдувание и др. Однако наиболее применяемым способом является литье под давлением, которое имеет ряд преимуществ перед другими способами изготовления деталей:

- 1) полимер нагревается в литьевой машине, следовательно, расплав поступает в форму уже нагретый, что обеспечивает высокую производительность процесса;
- 2) после удаления детали из формы не требуется его дальнейшая механическая обработка, кроме зачистки следов литника при необходимости; изделие получается с гладкой поверхностью и высокой точностью размеров;
- 3) в литьевой форме практически отсутствуют трущиеся поверхности, кроме направляющих колонок и втулок, что обеспечивает ее малый износ;

- 4) методом литья под давлением возможно изготовление изделий самой сложной формы и конфигурации, любой фактуры и цвета;
- 5) технологический процесс полностью автоматизирован.

К недостаткам метода литья под давлением можно отнести следующие:

- 1) долгий срок окупаемости литейных форм из-за больших начальных затрат на их изготовление;
- 2) ограничение по толщине стенки изделия.

Цель бакалаврской работы:

снизить себестоимость изготовления изделия за счет повышения ее производительности.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Анализ технологичности детали

Анализ технологичности изделия необходимо проводить для наиболее рационального проектирования литейной формы, которая должна обеспечить качество изделия, его основные показатели. Небольшие изменения, внесенные в конструкцию изделия и не влияющие на его дальнейшую эксплуатацию и прочностные показатели, могут существенно упростить конструкцию литейной формы и сделать процесс изготовления детали менее трудоемким.

Нетехнологичность детали невозможно устранить только выбором оптимальной конструкции литейной формы. Типичной ошибкой при анализе на технологичность является перенос требований к технологичности металлических изделий на пластмассовые. Полимеры резко отличаются от металлов и сплавов по своим свойствам и структуре, поэтому при анализе изделия на технологичность необходимо руководствоваться только стандартами и требованиями к производству пластмассовых изделий.

Конфигурация пластмассовых изделий должна обеспечивать рациональное течение полимера в литейной форме, точность изготовления, уменьшение остаточных напряжений, уменьшение коробления изделия и цикла его изготовления.

Соблюдение оптимальной конструкции изделия сводится к следующему:

- 1) назначать допуски, регламентируемые применительно к пластмассовым изделиям;
- 2) назначать технологические уклоны, необходимые для свободного извлечения детали из формы;
- 3) избегать любого рода поднутряющих элементов;
- 4) для облегчения заполнения формы расплавом изделия должны иметь закругления;
- 5) для увеличения прочности получаемой детали допускается введение арматуры;

6) конфигурация изделия должна обеспечивать применение неразъемных матриц и пуансонов, что не усложнять и не удорожать литевую форму;

7) при конструировании литевой формы, а именно исполнительных размеров оформляющих изделие деталей, необходимо учитывать усадку полимера;

8) спроектированная литевая форма должна удовлетворять требованиям безопасности и экологичности, надежности и долговечности; обеспечивать полную автоматизацию процесса изготовления изделия и минимальную его себестоимость.

1.2 Анализ базовой технологии изготовления детали

Базовый вариант технологического процесса изготовления детали «Гайка крепления заднего фонаря» представляет собой литье под давлением четырех изделий в форме за цикл в соответствии с рисунком 1.1 на термопластавтомате KuASY 100/25.

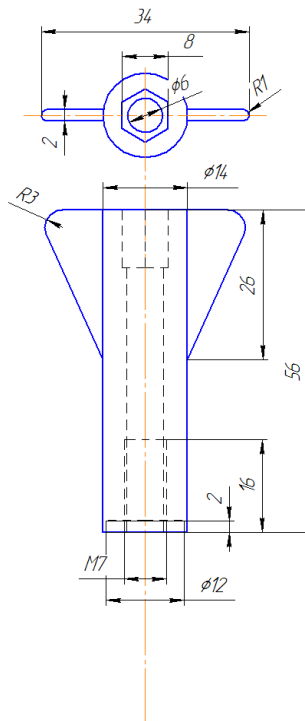


Рисунок 1.1 – Гайка крепления заднего фонаря

В литевой форме спроектирована рядная литниковая система на четыре гнезда, которая изображена на рисунке 1.2.

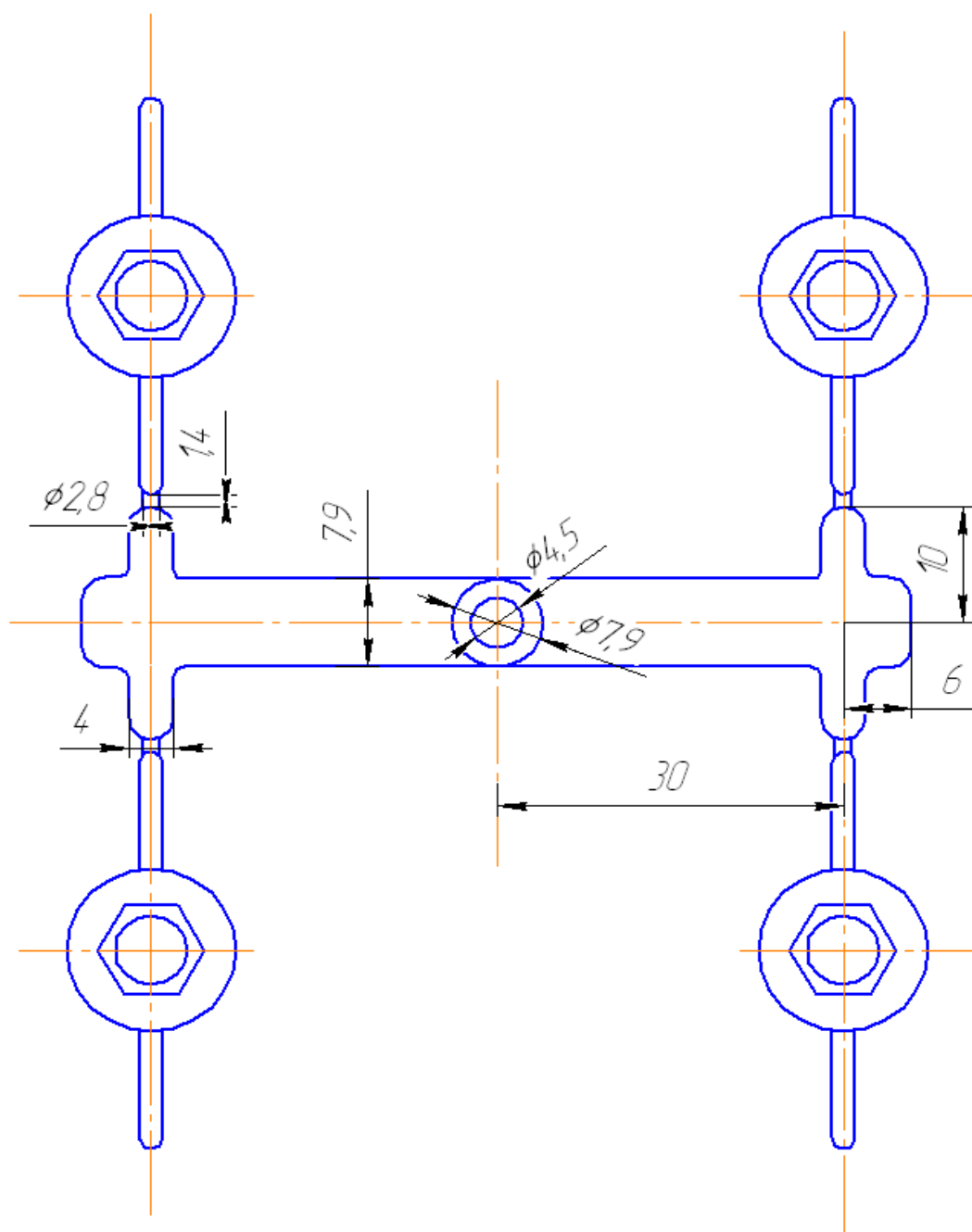


Рисунок 1.2 – Рядная литниковая система

Материал полиамид ПА66 в виде гранул или порошка загружается через бункер в цилиндр литьевой машины, где происходит его пластикация. По окончании пластикации сопло литьевой машины подводится к замкнутой форме и посредством инъекции расплав поступает в оформляющие полости формы сначала через литниковую втулку, а затем по разводящим литниковым каналам. Далее расплав заполняет гнезда, происходит охлаждение отливки.

Когда расплав затвердеет во впускном канале, сопло термопластавтомата отводится, форма размыкается и изделие с литником удаляется напровал.

При проектировании литевой формы не следует рассматривать ее только с кинематической точки зрения, как формующий инструмент и только. Литевая форма имеет достаточное количество функций, для понимания которых необходимо обратиться к самому процессу литья.

Цикл литья под давлением состоит из трех основных стадий. Первая стадия, когда расплав еще находится в цилиндре литевой машины; вторая – когда расплав поступает в форму; третья – когда изделие извлекается из нее. Каждая стадия характеризуется различными процессами, происходящими во время цикла литья.

На первой стадии происходит нагрев полимера в цилиндре машины электронагревательными элементами и вследствие трения о витки шнека. Происходит пластикация полимера – нагрев и перемешивание его до однородного состояния, как по температуре, так и по составу и вязкости расплава. Пластикация обеспечивает необходимое вязкотекучее состояние полимера, что в свою очередь влияет на давление литья и характер заполнения литниковой системы и гнезд расплавом. В процессе нагревания термопласта увеличивается в объеме и под давлением поступает через сопло в форму.

На второй стадии происходит заполнение расплавом оформляющей полости, образовывается структура материала, который в процессе охлаждения уплотняется. При заполнении литниковой системы расплавом слои, прилегающие к охлаждаемым стенкам формы, застывают, в то время как внутренние слои остаются горячими. В результате трения горячих слоев о холодные на их границе могут возникать напряжения сдвига, что приводит к появлению в изделии температурных напряжений. Кроме того застывшие слои в разводящих каналах уменьшают их эффективное сечение, происходит потеря температуры и давления литья. Неправильное (турбулентное) течение расплава в форме может привести к реструктуре ориентации молекул полимера и

возникновению в изделии ориентационных напряжений, что сразу отражается на качестве изделия.

Расплав заполняет гнезда под нарастающим давлением и после полного заполнения производится досылка материала в форму для восполнения уменьшающегося объема отливки вследствие остывания и усадки материала. Когда расплав затвердевает во впускном канале, доступ его в гнездо прекращается. Начинается охлаждение изделий. По мере охлаждения давление в форме снижается, происходит уплотнение отливки вследствие усадки полимера. Остаточное давление также может способствовать возникновению в изделии остаточных напряжений.

После окончания охлаждения изделия наступает третья стадия процесса, связанная с удалением изделия и охлаждения его на воздухе. Способы сталкивания изделий различны и все они могут способствовать возникновению дефектов в изделии. Кроме того, необходимо отделять литник от изделия и зачищать при необходимости следы от него.

Охлаждения изделия вне формы приводит к его дополнительной усадке, после которой все размеры изделия должны соответствовать заданным размерам на чертеже.

Таким образом, правильно спроектированная литевая формы с учетом конструкции изделия и анализа его технологичности обеспечивает длительное его хранение, легкую сборку, удобную эксплуатацию, высокое качество и производительность процесса.

1.3Выявление недостатков базовой технологии

Деталь изготавливается на устаревшем оборудовании термопластавтомате KuASY 100/25, которое требует частого ремонта и технического обслуживания. В базовой технологии изготавливается четыре детали за цикл, причем извлечение изделия происходит в две стадии: сначала раскрывается форма, затем детали свинчиваются механическим способом.

Механизация процесса увеличивает цикл изготовления, что говорит о низкой производительности процесса.

1.4 Задачи бакалаврской работы

Для того чтобы достигнуть цели работы, необходимо поставить и выполнить следующие задачи:

- 1) рассчитать и спроектировать новый технологический процесс изготовления изделия, устраняющий недостатки базового;
- 2) рассчитать основные параметры и спроектировать литьевую форму для изготовления изделия;
- 3) рассчитать объем впрыска и усилие смыкания формы; выбрать оборудование;
- 4) рассчитать экономическую эффективность процесса;
- 5) рассмотреть процесс на предмет экологичности и безопасности.

2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

2.1 Схема предлагаемого технологического процесса изготовления детали

Предлагаемый технологический процесс изготовления детали «Гайка крепления заднего фонаря» представляет собой литье под давлением восьми изделий за цикл.

При анализе базового технологического процесса было выявлено, что спрос на продукцию возрастает, поэтому процесс низко производительный.

В предлагаемом процессе рядную литниковую систему меняем на круглую, тем самым увеличивая производительность процесса с четырех деталей за цикл до восьми. Подобная модернизация литевой формы позволит уменьшить количество отходов и снизить потери температуры и давления. Круглая система литниковых каналов обеспечивает равномерное заполнение гнезд и их одновременное охлаждение, так как расстояние от центрального литника до всех гнезд одинаковое, в результате получаются изделия с одинаковыми свойствами, что немаловажно для их эксплуатации

Таким образом, предлагаемый технологический процесс, схематично представленный на рисунке 2.1, отличается от базового следующим:

- круглая литниковая система в матрице;
- за цикл изготавливается восемь деталей.

2.2 Определение гнездности и объема отливки для заполнения гнезд

Количество гнезд принимается в зависимости от массы изделия.

Масса изделия:

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

где $V = 0,0000082 \text{ м}^3$ - объем изделия,

$\rho = 1370 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - плотность полимера ПА66 [9].

$$m = 0,0000082 \cdot 1370 = 0,011 \text{ кг}$$

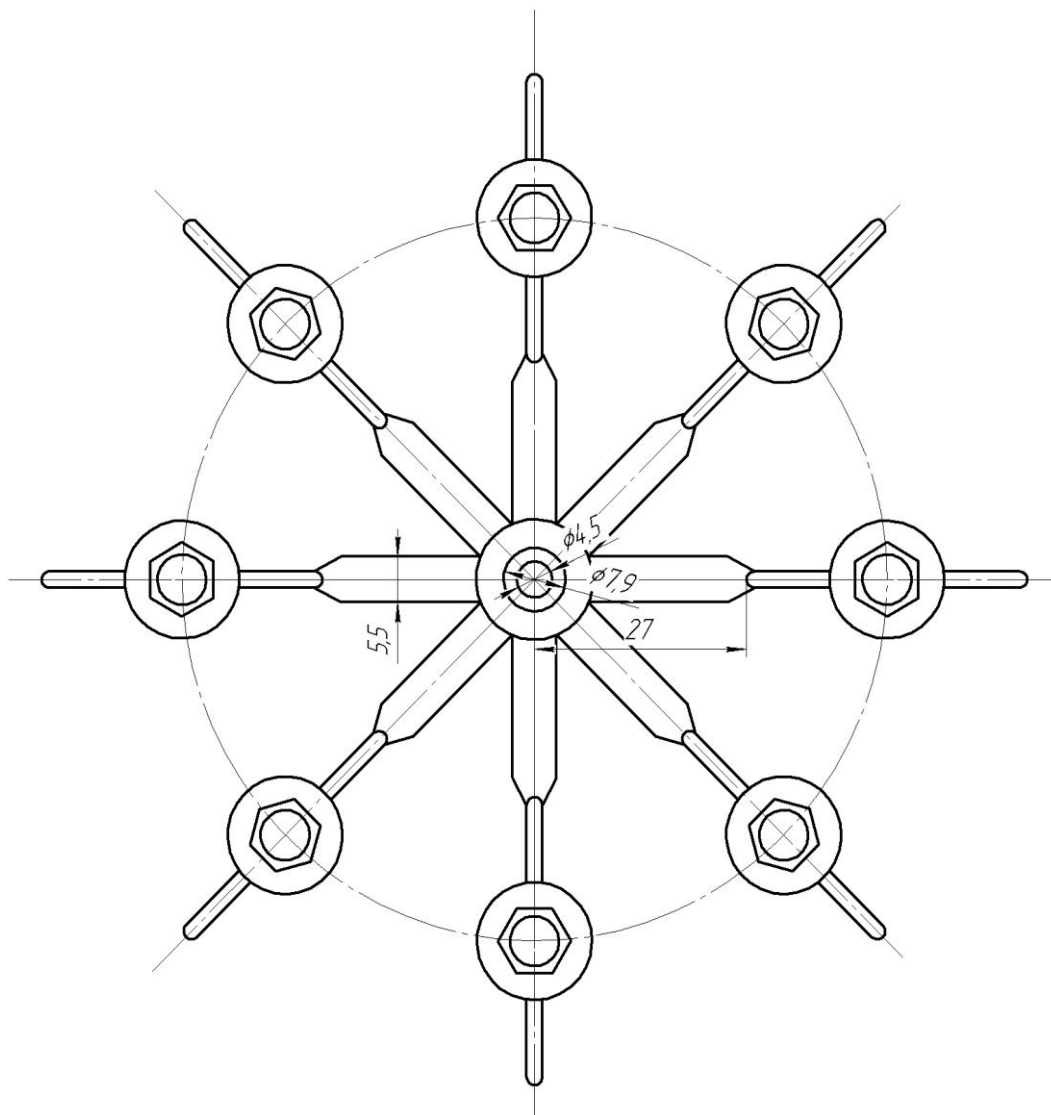


Рисунок 2.1 – Литниковая система предлагаемого технологического процесса

Для $m = 0,011 \text{ кг}$ назначаем первоначальную гнездность $n_0 = 8 [10]$.

Объем впрыска:

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

где $k_1 = 1,02$ - коэффициент, учитывающий литниковую систему,

$\beta_1 = 0,7$ - коэф.исп. машины.

$$Q_0 = 8 \cdot 8,2 \cdot \frac{1,02}{0,7} = 95 \text{ см}^3.$$

2.3 Определение энергосиловых параметров литья

Основным фактором, который влияет на заполнение гнезд расплавом и усадку полимера на стадии выдержки под давлением, является давление расплава в оформляющей полости. При проектировании литьевых форм рассчитывают максимальное давление, которое может развиваться в гнезде в процессе уплотнения материала. Расчет также необходим и для предотвращения распирающей формы и для дальнейшего расчета оформляющих деталей на прочность и жесткость с целью предотвращения их деформации.

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 F_{np} - площадь проекции детали на плоскость разъема; $F_{np} = 0,00018 \text{ м}^2$;

k_2 - коэффициент, учитывающий площадь литников в плане, $k_2 = 1,1$;

k_3 - коэффициент максимального усилия смыкания, $k_3 = 1,2$;

$P_{\max}$ - давление расплава.

Давление расплава:

$$P_{\max} = p \cdot K_m \cdot K_l^{d_n/d_m} \cdot K_k^{A/B}, \quad (2.4)$$

где $p = 49 \text{ МПа}$ - давление литья,

$K_m = 1,05$ - коэффициент материала изделия,

$K_l = 1,05$ - коэффициент, учитывающий объем литников в плане,

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

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

$K_k = 1,03$ - коэффициент конфигурации изделия,

$A = 56 \text{ см}$ - длина детали,

$B = 32 \text{ см}$ - ширина детали.

$$P_{\max} = p \cdot K_M \cdot K_L^{d_n/d_m} \cdot K_K^{A/B} = 49 \cdot 1,05 \cdot 1,05^{3,5/1,1} \cdot 1^{56/32} = 60 \text{ МПа}.$$

Форма многогнездная, поэтому максимальное давление увеличивается на 20 %:

$$P_{\max} = P_{\max} + 20\% = 60 + 20\% = 72 \text{ МПа}$$

Следовательно:

$$P_0 = 72 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 0,00018 \cdot 1,11 \cdot 1,2 = 138 \text{ кН}.$$

Пластиковая производительность:

$$A_0 = m \cdot n_0 \cdot \frac{k_1}{\tau_{\text{охл}}}, \quad (2.5)$$

где $\tau_{\text{охл}}$ - время охлаждения:

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{0,405}{a} \left(\frac{\delta}{2} \right)^2 \cdot \left(\ln 1,27 - \ln \frac{t_K - t_\phi}{t_n - t_\phi} \right), \quad (2.6)$$

где $a = 1,08 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ - температуропроводность материала,

$\delta = 0,006 \text{ м}$ - двойная толщина изделия,

$t_\phi = 100^\circ \text{C}$ - температура формы,

$t_K = 25^\circ \text{C} + t_\phi = 25 + 100 = 125^\circ \text{C}$,

$t_n = 295^\circ \text{C}$ - начальная температура,

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{0,405}{1,08 \cdot 10^{-7}} \left(\frac{0,006^2}{4} \right) \cdot \left(\ln 1,27 - \ln \frac{125 - 100}{295 - 100} \right) = 77 \text{ с}$$

Пластиковая производительность:

$$A_0 = 11 \cdot 8 \cdot \frac{1,02}{77} = 1,2 \text{ с/с} \quad (2.7)$$

3 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1 Выбор типоразмера оборудования и его основные технические характеристики

Выбираем термопластавтомат в зависимости от Q_o, P_o, W_o :

Siger Classic 90S (A)

$Q_n = 122 \text{ см}^3$ - объем отливки;

$P_n = 900 \text{ кН}$ – усилие смыкания полуформ;

Расчет гнездности:

1) гнездность, обусловленная объемом впрыска:

$$n_Q = \frac{\beta_1 \cdot Q_n}{V_n \cdot k_1} = \frac{0,7 \cdot 122}{8,2 \cdot 1,02} = 10;$$

2) гнездность, обусловленная объемной скоростью впрыска:

$$n_W = \frac{W_n \cdot \rho_m \cdot \tau_{охл}}{k_1 \cdot G_n} = \frac{105 \cdot 1,37 \cdot 77}{1,02 \cdot 11} = 987;$$

3) гнездность, обусловленная усилием запираания формы:

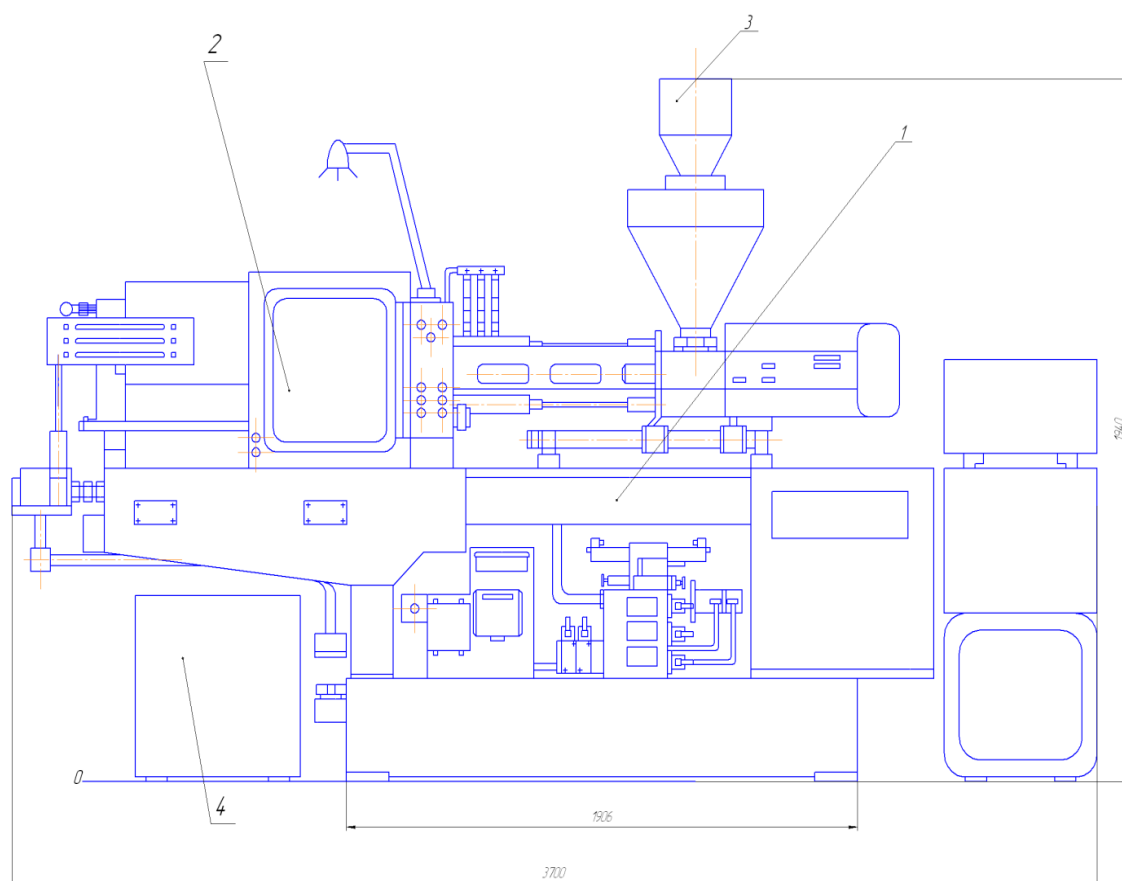
$$n_P = \frac{P_n}{P_{max} \cdot F_{пр} \cdot k_2 \cdot k_3} = \frac{900 \cdot 10^3}{72 \cdot 10^6 \cdot 0,00018 \cdot 1,11 \cdot 1,2} = 52.$$

Принимаем гнездность по расположению на плите $n = 8$.

Общий вид оборудования, термопластавтомата Siger Classic 90S (A), представлен на рисунке 3.1.

Комплекс оборудования состоит из (см. приложение А):

1. непосредственно ТПА;
2. устройства для загрузки материала;
3. литевой формы;
4. устройства для разгрузки, удаления деталей и отходов.



1 – термопластавтомат; 2 – загрузочное устройство; 3 – литьевая форма;
4 - разгрузочное устройство

Рисунок 3.1 – Комплекс оборудования ТПА Siger Classic 90S (A)

Через загрузочное устройство полиамид ПА66 в виде гранул или порошка поступает в цилиндр литьевой машины, где происходит его пластикация. Литьевая форма является центральной частью оборудования, его инструментом. В ней происходит непосредственно процесс получения изделия, а именно формование его и охлаждение. разгрузочное устройство предназначено для удаления деталей с литником из матрицы в приемную тару напровал.

Технические характеристики термопластавтомата Siger Classic 90S (A) представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики термопластавтомата
Siger Classic 90S (A)

Параметр	Значение
Объем отливки, см ³	122
Давление литья в цилиндре, МПа	236
Скорость впрыска, см ³ /с	105
Усилие смыкания полуформ, кН	900
Высота формы, мм:	
максимальная	280
минимальная	130
Максимальное расстояние между плитами, мм	690
Ход подвижной плиты, мм	330
Максимальный ход выталкивателя, мм	100
Расстояние между колонками, мм:	
по горизонтали	360
по вертикали	360

3.2 Средства автоматизации, основные характеристики, описание работы

К средствам автоматизации оборудования относятся: система перемещения деталей формы, система центрирования формы, механизм подвода сопла, механизм впрыска полимера в форму и система удаления деталей из формы.

Работа оборудования должна быть полностью автоматизирована, а значит исключить ручные приемы. Все перемещения деталей, направление перемещений, скорость зависят, прежде всего, от конфигурации самого изделия. Следовательно, чем проще изделия, тем проще подобрать необходимые кинематические пары.

К деталям системы перемещения формы относят: направляющие и центрирующие колонки и втулки, колонки возврата, выталкиватели, толкатели, контртолкатели, сбрасыватели, сталкивающие плиты и др.

Система центрирования, ее надежная конструкция оказывают огромное влияние на качество получаемых при литье изделий. При неправильно спроектированной системе центрирования можно наблюдать такие дефекты, как: разнотолщинность изделия, образование спаев и коробление вследствие появления опережающих потоков и пр.

Назначение системы центрирования заключается в: центрировании подвижной полуформы относительно неподвижной; центрирование деталей непосредственно внутри каждой полуформы; центрирование при изготовлении литейной формы и ее сборке. Основными центрирующими элементами системы центрирования являются колонки и втулки, для наименьшего износа которых предусмотрены несквозные канавки для смазки.

Система удаления деталей с литником предназначена для свободного, беспрепятственного извлечения изделий с литником из матрицы, снятия их с пуансонов и сброса на провал в приемную тару. При расчете системы удаления необходимо учитывать усилие сталкивания для предотвращения негативного воздействия на изделия. Выталкиватели и сбрасыватели могут оставить нежелательные следы на поверхности изделий или даже деформировать их при сталкивании.

Расчет основных технических характеристик средств автоматизации.

Диаметр гидроцилиндров определяем, исходя из формулы:

$$P_0 = \frac{P}{F}, \quad (3.1)$$

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

F - площадь сечения цилиндра, $F = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$;

P_0 - усилие смыкания расчетное, $P_0 = 138 \text{ кН}$.

$$d = \frac{\overline{4F}}{\pi} = \frac{\overline{4p}}{P_0 \cdot \pi} = \frac{\overline{4 \cdot 0,4 \cdot 10^6}}{138 \cdot 10^3 \cdot \pi} = 1,92\text{м} = 1920\text{мм}.$$

Усилие перемещения сопла:

$$P_{\text{расч}} = F_c \cdot p, \quad (3.2)$$

где F_c - площадь контакта:

$$F_c = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} \quad (3.3)$$

здесь d_c - диаметр сопла, $d_c = 100\text{мм} = 0,1\text{м}$.

$$F_c = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} = 0,0079\text{м}^2.$$

Таким образом:

$$P_{\text{расч}} = 0,0079 \cdot 0,4 \cdot 10^6 = 3,16\text{кН}.$$

Расчетное усилие

$$P_{\text{расч}} = p \cdot 2 \cdot F_{\text{ц}}, \quad (3.4)$$

где $F_{\text{ц}}$ - площадь сечения гидроцилиндров, $F_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ц}}^2}{4}$.

Отсюда

$$d = \frac{\overline{4F_{\text{ц}}}}{\pi} = \frac{\overline{4P_{\text{расч}}}}{2 \cdot p \cdot \pi} = \frac{\overline{4 \cdot 3,16 \cdot 10^3}}{2 \cdot 0,4 \cdot 10^3 \cdot \pi} = 2,243\text{м}.$$

Учитывая, что:

$$\sigma = P_{\text{расч}} \cdot 2 \cdot F_{\text{ш}}, \quad (3.5)$$

где $F_{\text{ш}}$ - площадь сечения штока гидроцилиндра, $F_{\text{ш}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ш}}^2}{4}$.

$[\sigma]$ - допускаемое напряжение, $[\sigma] = 200\text{МПа}$,

Диаметр штока гидроцилиндра:

$$d = \frac{\overline{4F_{\text{ш}}}}{\pi} = \frac{\overline{4P_{\text{расч}}}}{2 \cdot \sigma \cdot \pi} = \frac{\overline{4 \cdot 3,16 \cdot 10^3}}{2 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot \pi} = 0,0032\text{м} = 3,2\text{мм}.$$

Принимаем диаметр штока равным 6мм.

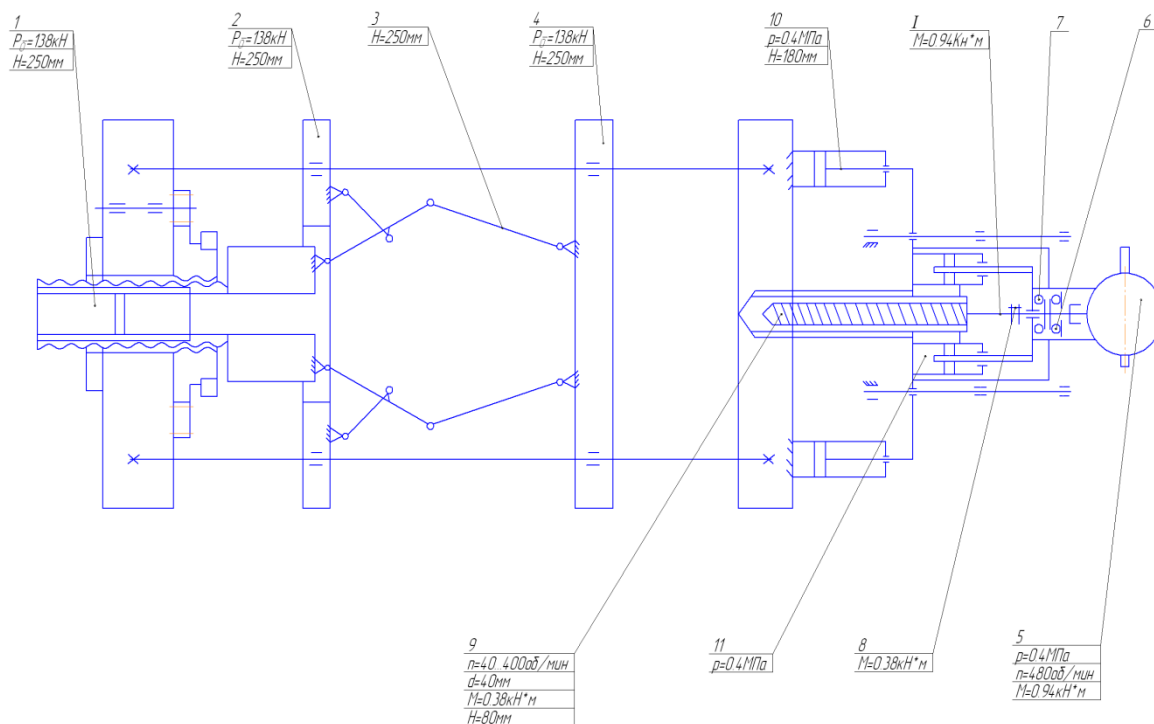
Площадь поперечного сечения гидроцилиндра:

$$F_K = \frac{\pi(d_y^2 - d_w^2)}{4} = \frac{\pi(2,243^2 - 0,006^2)}{4} = 4,4 \text{ м}^2.$$

Описание работы средств автоматизации, представленных на рисунке 3.2.

«От гидроцилиндра 1, 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» [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.» [4].
«Подвод механизма впрыска (подвод сопла к литниковой втулке) осуществляют гидроцилиндры 10, впрыск – гидроцилиндры 11» [4].



I – вал; 1 – гидроцилиндр; 2 – промежуточная плита; 3 – рычажная система;
 4 – подвижная плита; 5 – гидромотор; 6, 7 – подшипники; 8 – муфта; 9 – шнек;
 10, 11 – гидроцилиндры

Рисунок 3.3 – Кинематическая схема комплекса оборудования

4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ

4.1 Состав, конструкция и работа литевой формы

Все основные системы формы состоят из отдельных деталей или из групп деталей, связанных между собой по функциональному признаку. «Литевая форма состоит из следующих основных систем:

- система размещения, установки и крепления форм;
- система литниковых каналов;
- система вентиляционных (газоотводящих каналов);
- система оформляющих деталей формы;
- система центрирования полуформ;
- система термостатирования;
- система удаления деталей;
- система перемещения деталей» [4].

Такое разделение структуры литевой формы на системы деталей является условным, так как детали, относящиеся к одной системе, в то же время могут принадлежать и другой. Так, например, матрица относится к системе оформляющих деталей, но, если в ней расположены каналы охлаждения, то она будет относиться и к системе регулирования температуры формы. Часто системы объединяют по общему функциональному признаку. Например, систему литниковых каналов объединяют с системой газоотводящих, а систему регулирования температуры формы с системой охлаждения. Тем не менее, разделение структуры литевой формы на системы необходимо для последующего усовершенствование каждой как в отдельности, так и совместно, а также конструктивного поиска новых решений. Кроме того такое разделение на системы позволяет классифицировать литевые формы, отличающиеся большим разнообразием.

«Система размещения, установки и крепления форм включает все несущие, крепежные детали, элементы их взаимного крепления» [13]. При расчете и выборе данной системы необходимо учитывать прежде всего

размеры плит термопластавтомата и размеры формы как по площади, так и по толщине. Данная система определяет конструктивную взаимосвязь литейной формы и литейной машины.

«Система литниковых и вентиляционных каналов включает различные типы каналов для передавливания полимера из цилиндра машины в оформляющие гнезда, сопло, краны, распределители и нагреватели, терморегуляторы, литниковые втулки, литниковые и вентиляционные каналы, которые могут располагаться в деталях других систем формы» [13].

К системе оформляющих деталей относятся детали форм, поверхности которых приходят в непосредственный контакт с материалом. Это, прежде всего, матрицы и пуансоны, а также: оформляющие поверхности вставок, толкателей, съемников, резьбовых элементов, знаков и др.

Система центрирования предназначена для предотвращения смещения оси пуансона и матрицы. «К ней относятся все элементы центрирования литейной формы: конические выступы; направляющие колонки и втулки; центрирующие штифты и отверстия для них; отверстия под пуансоны, матрицы и оформляющие знаки; посадочные и опорные поверхности деталей (и стационарных, и перемещающихся); отверстия под литниковую и центральную втулки; фиксирующие опоры (конические, цилиндрические, плоские) и др.» [13].

Система термостатирования предназначена для равномерного охлаждения деталей в литейной форме до необходимой конечной температуры. При расчете элементов данной системы необходимо учитывать теплофизические характеристики материалов деталей литейной формы и хладагентов, а также проектировать рациональное их течение по каналам. «К системе относятся все каналы охлаждения на деталях формы и специальных съемных деталях; элементы, служащие для подсоединения шлангов, уплотняющие элементы и канавки для их размещения, а также специальные устройства для регулирования и поддержания температуры охлаждающей жидкости внутри и вне формы» [13].

«Система удаления предназначена для извлечения отливок из матрицы и литниковых каналов, снятия их с пуансонов и выталкивания из литниковых каналов, а также сброса через люк машины в приемную тару» [13]. При этом обязательно рассчитываются усилия, необходимые для удаления изделий и их возможное негативное воздействие на изделия. Система включает: выталкиватели, толкатели, штоки, тяги, сталкивающие плиты, пружинные сбрасыватели, то есть все элементы, обеспечивающие выталкивание изделий и их сброс. В эту систему также входят детали и узлы, которые возвращают всю систему в исходное положение. Это разного рода устройства (пневматические, гидравлические, электрические), передачи (зубчатые, ременные, цепные), обеспечивающие не только удаление отливок, но и свертывание изделий в случае наличия резьбовых поверхностей.

Назначение системы перемещения заключается в перемещении всех подвижных деталей относительно корпуса литейной формы. «Система включает: наклонные поводки, кулисы, пружины, а также различные типы их привода (пневматические, гидравлические и другие устройства в совокупности с зубчатыми, винтовыми, червячными и другими передачами)» [13].

Нежелательным, но возможным считается наличие некоторых ручных операций, касающихся установки или съема кассет, знаков, разъемных матриц и пуансонов, арматуры.

Работа литейной формы

Литейная форма, представленная на рисунке 4.1, состоит из подвижной и неподвижной полуформ. В подвижной полуформе расположены (см. приложение Б): плита подвижная 1, корпус 40, кольцо опорное 35, опора 34, плита пуансонов 38, пуансоны 18, шпиндель 11, хвостовик 10, плита толкателей 2, выталкиватели 20, 28, колонки возврата 29, направляющие втулки 26, а также привод механизма скручивания резьбовых знаков 23. В неподвижной полуформе расположены: плита неподвижная 36, прижимное кольцо 22, плита

матриц 37, оформляющие знаки 19, литниковая 24 и центральная 25 втулки, колонки возврата 30, направляющие колонки 59.

Перемещение подвижной плиты к неподвижной плите осуществляется по колонкам возврата 29, 30 и направляющим колонкам 59 и втулкам 58. После смыкания полуформ между оформляющими поверхностями матриц и пуансонов образуются полости, где оформляются изделия. Расплав с помощью шнека поступает в оформляющие гнезда через литниковую втулку 24 и литниковые разводящие каналы. Затем производится оформление изделий, выдержка изделий под давлением и последующее их охлаждение. По охлаждающим каналам, которые расположены в плите матриц 37 и плите пуансонов 38, подается хладагент, который и осуществляет охлаждение изделий, циркулируя в форме и поддерживая определенную температуру. Размыкание полуформ осуществляется посредством подвижной плиты. При размыкании формы плита матриц 37 остается неподвижной, а плита пуансонов 38, плита опорная 39, кольцо опорное 35, корпус 40 и плита 1 перемещаются. Посредством цепной передачи вращение от двигателя 57 передается на зубчатое колесо 7, затем на шестерню 14, которая находится в шпоночном соединении с резьбовым знаком 23. После скручивания резьбовых знаков выталкиватели 20 и 28, оставаясь неподвижными во время размыкания, сталкивают изделия с пуансонов и выталкивают изделия с литником из матрицы соответственно.

4.2 Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы

Усилие выталкивания определяется по формуле:

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

где q - давление литья, $q = 49 \text{ МПа}$,

F - площадь кольцевой поверхности выталкивателей, контактирующих с деталью:

$$F = \frac{\pi(d_1^2 - d_2^2)}{4}, \quad (4.2)$$

$$F = \frac{3,14(0,014^2 - 0,004^2)}{4} = 0,00014 \text{ м}^2;$$

n - количество толкателей, $n = 8$.

Усилие на выталкиватели от давления литья::

$$P_q = 49 \cdot 10^6 \cdot 0,00014 \cdot 8 = 55 \text{ кН}$$

Усилие размыкания:

$$P_{\text{разм}} = 0,1 \cdot P_H = 0,1 \cdot 900 = 90 \text{ кН} \quad (4.3)$$

Считаем по усилию $P_{\text{разм}}$, так как оно максимальное.

1) Расчет выталкивателей на смятие:

$$\sigma = \frac{P_{\text{max}}}{F_1 \cdot m_1 + F_2 \cdot m_2} \leq \sigma_{\text{см}}, \quad (4.4)$$

где σ - напряжение сжатия;

F_1 - контактная площадь толкателя, диаметром 6,6 мм:

$$F_1 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,0066)^2}{4} = 0,000034 \text{ м}^2;$$

m_1 - количество толкателей, диаметром 6,6 мм, $m_1 = 1$;

F_2 - кольцевая контактная площадь выталкивателя детали:

$$F_2 = \frac{\pi(d_1^2 - d_2^2)}{4} = \frac{3,14(0,012^2 - 0,009^2)}{4} = 0,000049 \text{ м}^2;$$

m_2 - количество толкателей детали, $m_2 = 8$;

$[\sigma_{\text{см}}]$ - допускаемое напряжение сжатия, $[\sigma_{\text{сж}}] = 230 \text{ МПа}$;

$$\sigma = \frac{90000}{0,000034 \cdot 1 + 0,000049 \cdot 8} = 211 \text{ МПа.}$$

$211 < 230$. Условие выполняется.

2) Расчет толкателей на контактную прочность:

$$\sigma_k = \frac{P_{\text{max}}}{F_2 \cdot m_2} \leq \sigma_k, \quad (4.5)$$

$$\sigma_k = \frac{90000}{0,000049 \cdot 8} = 229,5 \text{ МПа.}$$

229,5МПа<230МПа. Условие выполняется.

3) Расчет толкателей на устойчивость.

$$P_k = \frac{\pi^2 \cdot E}{\mu^2 \cdot l_{max}^2} \cdot \frac{J_1}{n_1^2} + \frac{J_2}{n_2^2}, \quad (4.6)$$

где J - момент инерции;

n - количество толкателей;

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

μ - коэффициент длины стержня, $\mu = \frac{1}{2}$.

Выражаем из формулы (4.6) длину толкателей:

$$l_{max} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{\mu^2 \cdot P_{max}} \cdot \frac{J_1}{n_1^2} + \frac{J_2}{n_2^2}}, \quad (4.7)$$

$$J_1 = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,0066^4}{64} = 93,09 \cdot 10^{-12} \text{ м}^4;$$

$$J_2 = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,0012^4 - 0,0009^4}{64} = 695 \cdot 10^{-12} \text{ м}^4;$$

$$l_{max} = \sqrt{\frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{\frac{1^2}{2} \cdot 90000} \cdot \frac{93,09 \cdot 10^{-12}}{1^2} + \frac{695 \cdot 10^{-12}}{8^2}} = 0,174 \text{ м} = 174 \text{ мм}.$$

По конструктивным соображениям назначаем длину толкателя, диаметром 6,6 мм – 152 мм; толкателя, сталкивающего изделие – 87 мм.

Для оформляющих деталей (матриц и пуансонов), направляющих колонок и втулок назначаем марку материала – «сталь 4Х5МФС с твердостью 50HRC» [13]. Остальные детали литейной формы из стали 40Х с твердостью 60HRC.

4.3 Определение числа и расположение элементов систем литейной формы

4.3.1 Система литниковых каналов

«Литниковая система – это система литейной формы, которая служит для подачи полимера в оформляющие полости формы через сопло термопластавтомата» [4]. Затвердевший в литниковом канале материал называется литником. Назначение литниковой системы заключается в

обеспечении поступление расплава в форму с минимальными потерями температуры и давления. Таким образом конструкция и размеры литниковых каналов существенно влияют на качество получаемых изделий, расход полимера, производительность технологического процесса и пр.

При неправильном проектировании литниковых каналов в изделия появляются повышенные напряжения, которые приводят к короблению. Следы течения материала на поверхности изделия, неполное заполнение гнезд, неравномерная усадка – все это причины ошибок, допущенных при проектировании литниковой системы.

«В общем виде литниковая система включает три основных элемента:

- 1) центральный канал, по которому расплав из цилиндра литейной машины подается в форму;
- 2) разводящий канал, соединяющие центральный и впускной;
- 3) впускной канал, по которому полимер поступает непосредственно в оформляющее гнездо»[4].

Наличие всех трех элементов необязательно. Все зависит от конфигурации изделия и литейной формы. Одногнездная литейная форма, например, имеет только один центральный литник. В нашем случае необходимо наличие всех трех элементов литниковой системы, поэтому расчет проводится по всем трем каналам.

Центральный литник.

Диаметр литниковой втулки:

$$d_1 = 2 \sqrt{\frac{Q_0}{\pi \nu \tau}}, \quad (4.8)$$

$$Q_0 = 95 \text{ см}^3 : \quad \nu = 300 \text{ см/с}, \quad \tau = 2 \text{ с} \quad [14].$$

$$d_1 = 2 \sqrt{\frac{95}{3,14 \cdot 300 \cdot 2}} = 0,45 \text{ см} = 4,5 \text{ мм}$$

Выбираем d_2 и L , рекомендуемый угол $\alpha = 3^\circ$:

$$d_2 = 7,9 \text{ мм}$$

$$L = 55 \text{ мм}$$

ГОСТ 1435-74 $L = 55 \text{ мм}$, $D = 20 \text{ мм}$ [13].

Разводящие каналы соединяют оформляющие полости с центральным литниковым каналом. При проектировании данного элемента литниковой системы всегда необходимо стремиться укорачивать разводящие каналы, чтобы снизить расход материала, потери давления и температуры, а также возможность появления ориентационных напряжений в будущем изделии.

В данной работе спроектирована трапецеидальная форма сечения канала, чертеж которого представлен на рисунке 4.3, следовательно, размеры разводящего канала находятся по определенному значению d_3 :

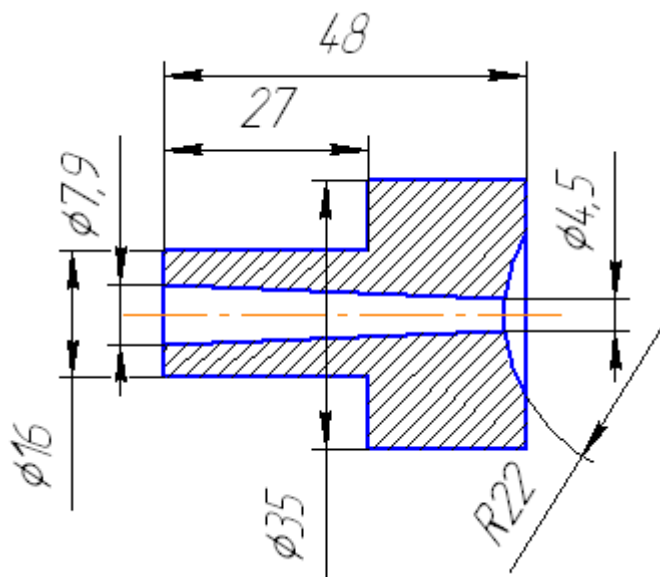


Рисунок 4.2 – Втулка литниковая

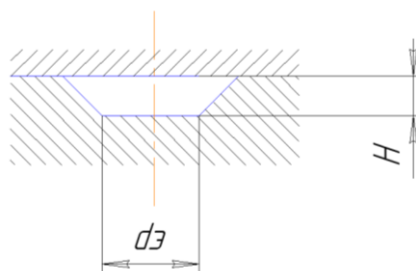


Рисунок 4.3 – Разводящий канал (форма сечения)

$$H = 0,5 \cdot d_{\text{э}} \cdot \sqrt[3]{\frac{\pi (1 + \sin \alpha + R \cos \alpha)}{R + \operatorname{tg} \alpha^2 \cdot \cos \alpha}} \quad (4.9)$$

при $\alpha = 10^\circ$, $R = 1$, $d_{\text{э}} = 4 \text{ мм}$:

$$H = 0,5 \cdot 4 \cdot \sqrt[3]{\frac{3,14 (1 + \sin 10 + 1 \cos 10)}{1 + \operatorname{tg} 10^2 \cdot \cos 10}} = 3,4 \text{ мм}.$$

Расчет впускных каналов.

Питатели (впускные каналы) представляют собой последнее звено в литниковой системе. Они подводят материал непосредственно к оформляющему гнезду, в значительной степени определяя качества получаемых изделий. Весьма важной и ответственной задачей инженера является правильный расчет размеров и числа питателей, а также проектирование их месторасположения.

Для эффективного решения данной задачи необходимо руководствоваться следующими требованиями, предъявляемыми к проектированию литниковых каналов:

- длину впускных каналов проектировать довольно малой величины для уменьшения потерь давления при прохождении материала через канал;

- площадь сечения каналов проектировать достаточно малой для обеспечения беспрепятственного автоматического отделения литника от изделия без необходимости зачистки места от его следов;

- площадь сечения каналов не должна быть слишком малой, чтобы не было затруднено заполнение полости, что приведет к возникновению внутренних напряжений в изделии, появлению усадочных раковин и складок в зоне впуска.

Назначаем впускной канал круглого сечения.

Характеристический размер изделия:

$$H = \frac{2V_{\text{изд}}}{S_{\text{изд}}} = \frac{2 \cdot 0,0000082}{0,0035} = 4,7 \text{ мм} \quad (4.10)$$

В зависимости от размера H , определяем диаметр и длину впускного:

$H > 3,3 \text{ мм}$, тогда $d_{\text{э}} = 2,8 \text{ мм}$ и $l = 1,4 \text{ мм}$ [14].

4.3.2 Система вентиляционных газоотводящих каналов

В оформляющей полости всегда есть воздух и газы, которые выделились из полимера. При поступлении расплава в оформляющее гнездо, воздух и газы сжимаются, препятствуя полному его заполнению. Температура этих газов может в момент подачи в форму материала может достигать 300—400 °С. В результате на изделии могут появиться такие дефекты, как: пережоги; спаи в результате раздвоения потоков; недоливы в местах скопления воздуха и газов. Если газ растворится в отливке, то в изделии можно будет наблюдать пористость, что приводит к уменьшению прочности и деформации изделия.

Для предотвращения появления выше описанных дефектов в литевой форме предусматривают вентиляционные (газоотводящие) каналы, которые располагают в местах, наиболее удаленных от места впуска, где происходит их защемление и сжатие. Именно в эти места полости, имеющие максимальное сопротивление течению материала, расплав гонит воздух и выделяющиеся газы.

Площадь сечения газоотводящих каналов f принимают в зависимости от времени впрыска τ по графику [14]:

$$\tau = 2\text{с}; f = 6 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2 \text{ см}^3.$$

Площадь сечения газоотводящего канала одного гнезда:

$$F = f \cdot V_{\Gamma}, \quad (4.11)$$

где V_{Γ} – объем гнезда:

$$V_{\Gamma} = V \left(1 + \frac{x_{\text{ср}}}{100} \right) = 8,2 \left(1 + \frac{0,5}{100} \right) = 8,24 \text{ см}^3, \quad (4.12)$$

где $x_{\text{ср}} = 0,5\%$ - усадка полимера.

Тогда:

$$F = f \cdot V_{\Gamma} = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 8,24 = 0,05 \text{ мм}^2$$

Суммарная величина газоотводящих каналов:

$$B = \frac{F}{e}, \quad (4.13)$$

где e - максимальная глубина газоотводящего канала:

$$e = 0,05_{\text{мм}} [14].$$

$$B = \frac{0,05}{0,05} = 1_{\text{мм}}$$

$$\text{Ширина канала } b = \frac{B}{n} = \frac{1}{3} = 0,33_{\text{мм}}.$$

Ширина канала позволяет не проектировать их отдельно, воздух и газы будут вытесняться расплавом через зазоры между оформляющими деталями формы.

4.3.3 Система термостатирования (система охлаждения и регулирования температуры формы)

Для того чтобы полимер затвердел в оформляющей полости, необходимо отвести от него определенное количество теплоты.

От того насколько эффективно происходит отвод тепла в значительной степени зависит продолжительность цикла литья. На качество изделия огромное влияние оказывает режим литья.

Настраивая высокую температуру формы можно достичь:

- высоких механических показателей полимеров;
- качественную блестящую поверхность изделия;
- правильно ориентированную в направлении течения структуру полимера и как следствие меньшие внутренние напряжения;
- отсутствие растрескивания изделия и стабильность размеров в процессе эксплуатации и под действием агрессивных сред;

Слишком низкая температура формы приведет к рассеиванию размеров изделия, усадке, короблению, увеличению цикла литья.

Быстрое охлаждение изделий тем не менее имеет свои недостатки. В первую очередь это температурные напряжения, в результате появления которых при эксплуатации изделия при повышенных температурах возможно появление вторичной усадки и коробления. На быстро охлаждаемых стенках

формы может конденсироваться влага, которая отрицательно повлияет на качество поверхности изделия.

Правильный расчет и проектирование системы термостатирования, обеспечивающей поддержание требуемого теплового режима, заключается в составлении теплового баланса и определении площади поперечного сечения и длины охлаждающих каналов.

Расчет охлаждающих каналов.

Количество теплоты, которое отдает материал в течение цикла:

$$Q_M = C_M \cdot m \cdot t_H - t_{cp} \quad , \quad (4.14)$$

где C_M – удельная теплоемкость материала,

для полиамида 66: $C_M = 1970 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ [13];

t_{cp} – средняя температура детали после охлаждения:

$$\frac{t_{cp} - t_{\phi}}{t_H - t_{\phi}} = \frac{8}{\pi^2} \exp \frac{-\frac{\pi^2}{4} \cdot a \cdot \tau_{охл}}{\delta^2} \quad (4.15)$$

$$\frac{t_{cp} - 100}{295 - 100} = \frac{8}{3,14^2} \exp \left(-\frac{3,14^2}{4} \cdot \frac{1,08 \cdot 10^{-7} \cdot 77}{0,006^2} \right)$$

$$t_{cp} = 262^\circ\text{C} .$$

$$Q_M = 1,97 \cdot 10^3 \cdot 0,011 \cdot (295 - 262) = 715 \text{ Дж}$$

Количество теплоты, которое отводит хладагент:

$$Q_X = C_X \cdot g_X (t_{\text{ввых}} - t_{\text{вх}}) , \quad (4.16)$$

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

$t_{\text{ввых}}$ – температура при выходе хладагента из формы;

$t_{\text{вх}}$ – температура при входе хладагента в форму, $(t_{\text{ввых}} - t_{\text{вх}}) = 5^\circ\text{C}$;

g_x – расход воды.

Тепловой баланс:

$$Q_M = Q_X , \quad (4.17)$$

$$c_M \cdot G_M \cdot t_H - t_{\phi} = c_X \cdot g_X \cdot t_{\text{ввых}} - t_{\text{вх}} . \quad (4.18)$$

Следовательно:

$$g_x = \frac{Q_M}{c_x \cdot t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}}} \quad (4.19)$$

$$g_x = \frac{715}{4180 \cdot 5} = 0,034 \text{ кг.}$$

Расход хладагента через матрицу:

$$g_X^{M(n)} = g_X \cdot \frac{F_{M(n)}}{F_{\text{общ}}}, \quad (4.20)$$

где F^M – площадь матрицы,

$$F^M = 0,00349 \text{ м}^2;$$

$$g_X^M = 0,034 \cdot \frac{0,00349}{0,0035} = 0,034 \text{ кг.}$$

Площадь сечения каналов:

$$f_{\kappa}^M = \frac{g_X^M}{\rho_X \cdot \tau_y \cdot \omega}, \quad (4.21)$$

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

τ_y – время цикла, $\tau_y = 87 \text{ с}$;

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

Следовательно, площадь поперечного сечения:

$$f_{\kappa}^M = \frac{0,034}{1000 \cdot 87 \cdot 1} = 0,00000039 \text{ (м}^2\text{)}$$

Диаметр канала охлаждения:

$$d_{\kappa} = 1,13 \sqrt{f_{\kappa}} \quad (4.22)$$

Тогда:

$$d_{\kappa}^M = 1,13 \sqrt{0,00000039} = 0,001 \text{ м} = 1 \text{ мм.}$$

Общая длина каналов:

$$l_{\kappa} \geq \frac{F_M}{\pi \cdot d_{\kappa}} = \frac{0,00349}{3,14 \cdot 0,001} = 1,11 \text{ м.} \quad (4.23)$$

Конструктивно принимаем охлаждающий канал диаметром, равным 8 мм.

4.3.4 Система удаления изделий и литника из формы

Система удаления должна обеспечивать беспрепятственное извлечение изделий с литником из матрицы, снятие их с пуансонов и сброс в приемную тару. Функцию системы выполняют узлы и детали, составляющие эту систему. Для их перемещения применяется возвратно-поступательное перемещение литьевой полуформы, либо специальные приводы. В данной работе для удаления изделий используется выталкиватели.

Усадке изделия в литьевой форме препятствуют оформляющие детали, что вызывает в изделии напряжения сжатия и напряжения. Нормальные силы, которые прижимают изделия к пуансону, препятствуют сталкиванию. При расчете усилия сталкивания учитывается не только наличие этих нормальных сил от усадки, но и шероховатость поверхности оформляющих деталей, коэффициента трения пластмассы о сталь, температура изделия в момент сталкивания.

Усилие, необходимое для выталкивания одного изделия:

$$P = \pi \cdot d \cdot a \cdot m \cdot [\tau] \leq P_{разм}, \quad (4.24)$$

где d - диаметр толкателя,

a - толщина детали, $a = 3\text{мм}$;

m - количество толкателей;

$[\tau]$ - допускаемое напряжение сдвига;

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

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

$$P_{разм} = 0,1 \cdot P_o = 0,1 \cdot 138 = 13,8\text{кН}.$$

В системе имеется восемь выталкивателей, имеющих кольцевую контактную поверхность с изделиями (средний диаметр $d=10,5\text{мм}$), и один выталкиватель литника, диаметром $d=6\text{мм}$. Следовательно:

$$P_1 = 3,14 \cdot 0,0105 \cdot 0,003 \cdot 8 \cdot 16 = 12,7\text{кН},$$

$$P_2 = 3,14 \cdot 0,006 \cdot 0,003 \cdot 1 \cdot 16 = 0,9\text{кН},$$

$$P = P_1 + P_2 = 12,7 + 0,9 = 13,6\text{кН}.$$

13,6 кН < 13,8 кН.

Условие выполняется.

4.4 Определение толщины стенки матрицы

Давление в полости литейной формы изменяется от нуля до своего максимального значения. Слишком большое давление при высокой температуре стенок формы может привести к деформации оформляющих деталей. Для предотвращения этого производят расчет толщины стенки матрицы по максимальному давлению в полости.

Для круглой матрицы толщина стенки:

$$a = \frac{P_{\max} \cdot r}{[\sigma]}, \text{ м}, \quad (4.25)$$

где r - радиус детали, м;

$[\sigma]$ – напряжение, зависящее от материала оформляющей детали

$$[\sigma] = 3 \cdot 10^8 \text{ Па}$$

$P_{\max}$ - максимальное давление в оформляющем гнезде, МПа .

$$a = \frac{72 \cdot 10^6 \cdot 0,007}{3 \cdot 10^8} = 0,002 \text{ м}.$$

4.5 Определение исполнительных размеров оформляющих деталей

В процессе оформления изделия в форме оно приобретает размеры и конфигурацию оформляющего гнезда.

Исполнительные размеры матрицы и пуансона необходимо рассчитывать в зависимости от допуска на изготовление изделия и усадки.

Исполнительные размеры матрицы:

$$L_{\text{м}} = \left[L \left(1 + \frac{X_{\text{сп}}}{100} \right) - \Delta_{\text{изн}} \right]^{+\Delta_{\text{изг}}}$$
$$H_{\text{м}} = \left[H \left(1 + \frac{X_{\text{сп}}}{100} \right) - \Delta_{\text{изн}} \right]^{+\Delta_{\text{изг}}}.$$

$$l_n = \left[l \left(1 + \frac{X_{cp}}{100} \right) + \Delta_{изн} \right]_{-\Delta_{изг}}$$

$$h_n = \left[h \left(1 + \frac{X_{cp}}{100} \right) + \Delta_{изн} \right]_{-\Delta_{изг}}.$$

где L, H – наибольшие размеры детали, $L=56\text{мм}$, $H=34\text{мм}$; l, h – наименьшие размеры детали, $l=56\text{мм}$, $h=6\text{мм}$;

X_{cp} – усадка полимера, $X_{cp}=0,5\%$;

$\Delta_{изг}$ – допуск на изготовление;

$$L_m = \left[56 \left(1 + \frac{0,5}{100} \right) - 0,2 \right]^{+0,03} = 56,48^{+0,03} \text{ мм.}$$

$$H_m = \left[34 \left(1 + \frac{0,5}{100} \right) - 0,2 \right]^{+0,025} = 34,3^{+0,025} \text{ мм.}$$

$$l_n = \left[56 \left(1 + \frac{0,5}{100} \right) + 0,2 \right]_{-0,019} = 56,48_{-0,019} \text{ мм.}$$

$$h_n = \left[6 \left(1 + \frac{0,5}{100} \right) + 0,2 \right]_{-0,009} = 6,23_{-0,009} \text{ мм.}$$

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

5.1 Характеристика технического объекта

Таблица 5.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция	Наименование должности работника,	Оборудование	Материалы
Изготовление пластмассового изделия	Литье под давлением	Оператор ТПА	Термопластавтомат, литьевая форма	Полиамид ПА66

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков

Операция	Вредные и опасные факторы	Источники факторов
	Физические	
Литье пластмассы под давлением	«Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы» [5].	«Термопластавтомат, литьевая форма» [14]
«Литье пластмассы под давлением» [14]	«Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов» [5].	«Расплавленный полимер, нагретая поверхность оборудования и формы» [14]
	Химические	
«Литье пластмассы под давлением» [14]	«Токсические через органы дыхания» [5]	«Нагретый до температуры плавления полимер» [14]

5.3 Методы и средства снижения рисков

Таблица 5.3 –Методы и средства устранения опасных и вредных факторов

Вредные и опасные факторы	Методы и средства защиты	Средства защиты
«Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы» [5].	«Инструктаж по технике безопасности, ограждение литьевой формы в термопластавтомате» [5]	«Головной убор, нарукавники» [5].
«Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов» [14].	«Инструктаж по технике безопасности, тепловая изоляция нагретого оборудования (минеральная вата, стеклоткань, асбест), осуществление техпроцесса в герметично закрытом оборудовании» [5].	«Халат, костюм, сорочка х/б, тапочки кожаные, перчатки вязанные» [5].
«Токсические через органы дыхания» [5]	«Приточно-вытяжная вентиляция, совмещенная с воздушной системой отопления» [5]	«Респираторы, полумаски» [5]

5.4 Пожарная безопасность

5.4.1 Идентификация опасных факторов

Таблица 5.4.1 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие факторы
«Участок литья пластмасс под давлением» [14]	«Термопласт-автомат» [14]	В	«Повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму» [5]	«Образующиеся токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром грузочных и разгрузочных устройств» [5]

5.4.2 Разработка средств и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Таблица 5.4.2 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	«Огнетушители (ОП-100, ОУ-80); песок, кошма» [5]
Мобильные средства пожаротушения	«Пожарные автомобили мотопомпы; приспособленные технические средства (тягачи, прицепы и тракторы)» [5]
Стационарные установки системы пожаротушения	«Водяные, газовые и порошковые установки систем пожаротушения» [5] .
Средства пожарной автоматики	«Дымовые и тепловые датчики; приемно-контрольный приборы» [5].
Пожарное оборудование	«Пожарные рукава; пожарный инвентарь; пожарные колонки» [5].
Средства индивидуальной защиты	«Противогазы (ГП-7); носилки; защитные костюмы» [5].
Пожарный инструмент	«Пожарные багры, топоры; штыковые лопаты» [5].
Пожарные сигнализация, связь и оповещение	«Оповещатели о пожаре (звуковые, речевые); световые указатели «ВЫХОД»; ручные пожарные извещатели» [5].

5.4.3 Мероприятия по предотвращению пожара

Таблица 5.4.3 – Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Технологический процесс	Мероприятия	Нормативные требования
«Литье под давлением» [14]	«- обучение персонала требованиям ПБ; - соблюдение техники безопасности; - соблюдение последовательности и алгоритма технологического процесса; - наличие первичных средств пожаротушения; - своевременная уборка промасленной ветоши с рабочего места; - ограничение взрывоопасных материалов и компонентов на рабочем месте; - хранение взрывоопасных материалов и компонентов в соответствии с требованиями ПБ» [5].	«Требования согласно: 1. <u>Федеральному закону от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"</u> .Статья 93.1. Требования пожарной безопасности к технологическому оборудованию с обращением пожароопасных, пожаровзрывоопасных и взрывоопасных технологических сред. 2. «ГОСТ 12.1.004-91. Межгосударственный стандарт. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования»» [5]

5.5 Экологическая безопасность технического объекта

5.5.1 Анализ негативных экологических факторов

Таблица 5.5.1 – Идентификация негативных экологических факторов

Технический объект	Составляющие	Воздействие на атмосферу	Воздействие на гидросферу	Воздействие на литосферу
«Литье пластмасс под давлением» [14]	«Термопласт-автомат, сушильный шкаф» [14]	«Пыли пластмасс, фенол, формальдегид, углерода оксид, стирол, органические кислоты, аммиак» [5]	«Сброс в водоемы промышленных неочищенных сточных вод» [5].	«Загрязнение почвы токсичными отходами производства» [5]

5.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду

Таблица 5.5.2 – Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия

Технический объект	«Литье пластмасс под давлением» [14]
Мероприятия по снижению воздействия на атмосферу	«Пылегазоочистные установки: аппараты мокрой очистки; пылеосадительные камеры; циклоны; центробежные скрубберы; мокрые аппараты ударно-инерционного действия; установки каталитического дожигания растворителей» [5]
Мероприятия по снижению воздействия на гидросферу	«- уменьшение объема сточных вод, за счет организации малоотходных и безотходных технологий; - внедрение системы замкнутого оборотного водоснабжения; - принудительная очистка сточных производственных вод» [5].
Мероприятия по снижению воздействия на литосферу	«Совершенствование технологии производства, заключающееся в переработке отходов - повторной переплавке пластика» [5].

5.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

1. «В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса литья пластмасс под давлением, перечислены должность работников, инженерно-техническое оборудование, расходные материалы (таблица 5.1)» [5].

2. «Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу литья под давлением. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: травматизм, ожоги, токсичность» [5].

3. «Разработаны организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов, а именно: инструктажи по технике безопасности, ограждение литейной формы в термопластавтомате, тепловая изоляция нагретого оборудования; приточно-вытяжная вентиляция. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 5.3)» [5].

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 5.4.1). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.4.2). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 5.4.3)» [5].

5. «Идентифицированы негативные экологические факторы (таблица 5.5.1) и разработаны организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду (таблица 5.5.2)» [5].

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Базовый вариант – деталь «Гайка крепления заднего фонаря» изготавливается методом литья под давлением в четырехгнездной литейной форме на оборудовании – термопластавтомате KuASY100/25.

Предлагаемый вариант – деталь «Гайка крепления заднего фонаря» изготавливается методом литья под давлением в восьмигнездной литейной форме на оборудовании – термопластавтомате Siger Classic 90S (A).

Таблица 6.1 – Калькуляция

Наименование	Обозначение	Сумма, руб.	Змод	Примечание
Затраты на материал	М	5315,54	150,9	
Транспортные и заготовительные затраты	ТЗР	70,7	2,01	1,33% от М
Заработная плата рабочих	$З_{пл}^{осн.}$	138434,18	9004,74	Тн/ч=897,35 н/ч Тн/ч=58,37 н/ч Ст =154,27 р/ч
Налог на социальные нужды	Сс	47759,79	3106,64	34,5% от $З_{пл}^{осн.}$
Затраты на содержание оборудования	РСО	297495,05	19351,19	214,9% от $З_{пл}^{осн.}$
Цеховые расходы	Рцех	197822,44	12867,77	142,9% от $З_{пл}^{осн.}$
Итого: себестоимость	Сцех	686898	44483	
Итого себестоимость проектная		731381		

Масса отливки с литником:

$$M_{\text{з}}^{\text{баз}} = Q_0 \cdot \rho = 48 \cdot 10^{-6} \cdot 1350 = 0,065 \text{ кг};$$

$$M_{\text{з}}^{\text{пр}} = Q_0 \cdot \rho = 96 \cdot 10^{-6} \cdot 1350 = 0,13 \text{ кг}.$$

Масса отхода:

$$M_{\text{отх}}^{\text{баз}} = M_{\text{ЗАГ}} - M_{\text{ДЕТ.}} \cdot n = 0,065 - 0,011 \cdot 4 = 0,021 \text{ кг};$$

$$M_{\text{отх}}^{\text{пр}} = M_{\text{ЗАГ}} - M_{\text{ДЕТ.}} \cdot n = 0,13 - 0,011 \cdot 8 = 0,042 \text{ кг}.$$

Эксплуатационные данные оборудования:

Время цикла: $\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{см}} + \tau_{\text{впр}} + \tau_{\text{внд}} + \tau_{\text{охл}} + \tau_{\text{разм}} + \tau_{\text{обсл}},$

где $\tau_{см}$ - время смыкания формы, $\tau_{впр}$ - время впрыска расплава,

$\tau_{внд}$ - время выдержки под давлением, $\tau_{охл}$ - время охлаждения, $\tau_{разм}$ - время размыкания формы, $\tau_{обсл}$ - время на обслуживание.

Время машинное:

$$\tau_{маш}^{баз} = \tau_{см} + \tau_{впр} + \tau_{охл} + \tau_{разм} = 3 + 1 + 77 + 5 = 86с / 60 = 1,44 \text{ мин};$$

$$\tau_{маш}^{np} = \tau_{см} + \tau_{впр} + \tau_{охл} + \tau_{разм} = 3 + 2 + 77 + 5 = 87с / 60 = 1,45 \text{ мин}.$$

Время штучное:

$$\tau_{шт}^{баз} = \tau_{маш} + \tau_{впр} + \tau_{обсл} = 86 + 5 + 5 = 96с / 60 = 1,6 \text{ мин};$$

$$\tau_{шт}^{np} = \tau_{маш} + \tau_{впр} + \tau_{обсл} = 87 + 5 + 5 = 97с / 60 = 1,62 \text{ мин}.$$

Таблица 6.2 – Характеристики оборудования

Наименование оборудования	Норма времени, мин.		Мощность M_y , кВт	Площадь S_y , м ²	Цена, руб.	Норма обслуживания по БС
	Тшт, мин.	Тмаш, мин.				
KuASY 100/25	1,6	1,44	17	3,352	350000	6
Siger Classic 90S (A)	1,62	1,45	19	4,18	480000	6

Таблица 6.3 – Исходные данные об оснастке

Наименование литейной формы	Стоимость формы $T_{шт.}$, ударов	Цена формы $C_{шт.}$, руб.
4 ^{-х} гнездная пресс-форма	1200000	686898
8 ^{-ми} гнездная пресс-форма	1200000	731381

Таблица 6.4 – Определение количества оборудования, коэффициента его загрузки, численности рабочих-операторов и числа инструмента

Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
		Базов.	Проект
Количество необходимого оборудования, шт.	$n_{об} = t_{ум} \cdot N_{Г} / (\Phi_{Э} \cdot k_{BH} \cdot 60)$ $n_{об}^{баз} = 1,6 \cdot 100000 / (3395 \cdot 1,2 \cdot 60) = 0,71$ $n_{об}^{np} = 1,62 \cdot 100000 / (3395 \cdot 1,2 \cdot 60) = 0,726$	1	1
Коэффициент загрузки оборудования	$k_3 = n_{об}^{Расч} / n_{об}^{Прин}$ $k_3^{баз} = 0,71 / 1 = 0,71$ $k_3^{np} = 0,72 / 1 = 0,726$	0,71	0,72
Численность рабочих, чел.	$P_{ОП} = [t_{ум} \cdot N_{Г} \cdot (1 + k_o / 100) / (\Phi_{Эр} \cdot k_{MH} \cdot 60)]$ $P_{ОП}^{баз} = [1,6 \cdot 100000 \cdot (1 + 11,8 / 100) / (1731 \cdot 1 \cdot 60)] = 1 \cdot 2 смены = 2$ $P_{ОП}^{np} = [1,62 \cdot 100000 \cdot (1 + 11,8 / 100) / (1731 \cdot 1 \cdot 60)] = 1 \cdot 2 смены = 2$	2	2
Число литьевых форм, шт.	$n_{штамп} = N_{Г} / T_{л.шт.}$ $n_{штамп}^{баз} = 100000 / 1200000 = 0,08$ $n_{штамп}^{np} = 100000 / 1200000 = 0,08$	1	1

Таблица 6.5 – Капитальные вложения

Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
		Базовый (4)	Проектный (8)
Прямые кап. вложения в оборудование, руб.	$k_{об} = n_{об} \cdot \Pi_{об} \cdot k_3$ $k_{об}^{баз} = 1 \cdot 350000 \cdot 0,71 = 248500$ $k_{об}^{нр} = 1 \cdot 480000 \cdot 0,726 = 345600$	248500	345600
Сопутствующие кап. вложения, руб.:			
Затраты на доставку и монтаж термопластавтомата, руб.	$k_M = k_{об} \cdot k_{МОНТ}$ $k_M^{баз} = 248500 \cdot 0,1 = 24850$ $k_M^{нр} = 345600 \cdot 0,1 = 34560$	24850	34560
Расходы на специальную оснастку, руб.	$k_{II} = \Pi_{ум} \cdot n_{ум}$ $k_{II}^{баз} = 686898 \cdot 1 = 686898$ $k_{II}^{нр} = 731381 \cdot 1 = 731381$	686898	731381
Расходы на производственную площадь, руб.	$k_{Пл} = n_{об} \cdot S_y \cdot \Pi_{Пл} \cdot k_3$ $k_{Пл}^{баз} = 1 \cdot 3,352 \cdot 4500 \cdot 0,71 = 10710$ $k_{Пл}^{нр} = 1 \cdot 4,18 \cdot 4500 \cdot 0,726 = 13656$	10710	13656
Итого	$k_{СОП} = k_M + k_{II} + k_{Пл}$ $k_{СОП}^{баз} = 24850 + 686898 + 10710 =$ $= 722458$ $k_{СОП}^{нр} = 34560 + 731381 + 13656 =$ $= 779599$	722458	779599
Общие капю вложения, руб.	$k_{ОБЩ} = k_{об} + k_{СОП}$ $k_{ОБЩ}^{баз} = 248500 + 722458 = 970958$ $k_{ОБЩ}^{нр} = 345600 + 779599 = 1125199$	970958	1125199
Удельные кап.вложения, руб.	$k_{уд} = k_{ОБЩ} / N_{Г}$ $k_{уд}^{баз} = 970958 / 100000 = 9,71$ $k_{уд}^{нр} = 1125199 / 100000 = 11,25$	9,71/4= =2,43	11,25/8= =1,41

Таблица 6.6 – Сравнительная себестоимость

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
		Базов	Проектн
1	2	3	4
Расходы на материал, руб.	$M = (M_3 \cdot \Pi_M \cdot k_{ТЗ}) - (M_{ОТХ} \cdot \Pi_{ОТХ})$ $M^{баз} = (0,065 \cdot 87 \cdot 1,014) -$ $- (0,021 \cdot 2,78) = 5,68$ $M^{np} = (0,13 \cdot 87 \cdot 1,014) -$ $- (0,042 \cdot 2,78) = 11,35$	5,68	11,35
Заработная плата рабочих, руб.	$z_{пл} = \frac{P \cdot C_T \cdot \Phi_{э.р} \cdot k_{зпл} \cdot k_3}{N_r}$ $z_{пл}^{баз} = \frac{2 \cdot 57,26 \cdot 1731 \cdot 2,679 \cdot 0,71}{100000} = 3,77$ $z_{пл}^{np} = \frac{2 \cdot 57,26 \cdot 1731 \cdot 2,679 \cdot 0,726}{100000} =$ $= 3,86$	3,77	3,86
Затраты на амортизацию и текущий ремонт термопластавтомата, руб.	$P_A = \frac{[(\Pi_{об} \cdot (1 - B_p)) \cdot H_A \cdot t_{ум} \cdot 1,3]}{\Phi_{э} \cdot k_{BH} \cdot 60 \cdot 100}$ $P_A^{баз} = \frac{[(350000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 8 \cdot 1,6 \cdot 1,3]}{3395 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100} =$ $= 0,25$ $P_A^{np} = \frac{[(480000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 8 \cdot 1,62 \cdot 1,3]}{3395 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100} =$ $= 0,34$	0,25	0,34
Затраты на электроэнергию, руб.	$P_{э} = \frac{(M_v \cdot t_{маш} \cdot k_{од} \cdot k_M \cdot k_B \cdot k_{II} \cdot \Pi_{э})}{КПД \cdot 60}$ $P_{э}^{баз} = \frac{(17 \cdot 1,44 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,73)}{0,8 \cdot 60} =$ $= 0,64$ $P_{э}^{np} = \frac{(19 \cdot 1,45 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,73)}{0,8 \cdot 60} =$ $= 0,72$	0,64	0,72

Продолжение таблицы 6.6

1	2	3	4
Расходы на инструмент, руб.	$P_{II} = \frac{(U_{um} \cdot [1 - B_{P.II}])}{T_{II.um.}}$ $P_{II}^{баз} = \frac{(686898 \cdot [1 - 0,15])}{1200000} = 0,49$ $P_{II}^{np} = \frac{(731381 \cdot [1 - 0,15])}{1200000} = 0,52$	0,49	0,52
Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{III} = \frac{S_y \cdot n_{OB} \cdot U_{III} \cdot k_3}{N_{\Gamma}}$ $P_{III}^{баз} = \frac{3,352 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,71}{100000} = 0,11$ $P_{III}^{np} = \frac{4,18 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,726}{100000} = 0,14$	0,11	0,14
Расходы на заработную плату наладчика, руб.	$3_{HAJI} = \frac{(n_{OB} \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.Р.} \cdot k_{3III} \cdot k_3)}{(n_{OBC} \cdot N_{\Gamma})}$ $3_{HAJI}^{баз} = \frac{(1 \cdot 68,57 \cdot 1731 \cdot 2,679 \cdot 0,71)}{(6 \cdot 100000)} =$ $= 0,37$ $3_{HAJI}^{np} = \frac{(1 \cdot 68,57 \cdot 1731 \cdot 2,679 \cdot 0,726)}{(6 \cdot 100000)} =$ $= 0,38$	0,38	0,37
Итого: Технологическая себестоимость, руб.	$C_{TEX} = M + 3_{III} + P_A + P_{\Theta} + P_{II} + P_{III} + 3_{HAJI}$ $C_{TEX}^{баз} = 5,68 + 3,77 + 0,25 + 0,64 + 0,49 +$ $+ 0,11 + 0,37 = 11,31$ $C_{TEX}^{np} = 11,35 + 3,86 + 0,34 + 0,72 + 0,52 +$ $+ 0,14 + 0,38 = 17,31$	11,31	17,31
Цеховые расходы, руб.	$P_{ЦEX} = 3_{III} \cdot k_{ЦEX}$ $P_{ЦEX}^{баз} = 3,77 \cdot 1,43 = 5,39$ $P_{ЦEX}^{np} = 3,86 \cdot 1,43 = 5,52$	5,39	5,52
Всего: себестоимость, руб.	$C_{ЦEX} = P_{ЦEX} + C_{TEX}$ $C_{ЦEX}^{баз} = 5,39 + 11,31 = 16,7$ $C_{ЦEX}^{np} = 5,52 + 17,31 = 22,83$	16,7/4 ==4,1 8	22,83/8= =2,85

Таблица 6.7 – Показатели экономической эффективности

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
Годовая экономия от снедрения, руб.	$\mathcal{E}_{y\Gamma} = (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{баз}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{нр}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\mathcal{E}_{y\Gamma} = (4,18 - 2,85) \cdot 100000 = 133000$	133000	
Приведенные затраты, руб.	$З_{\text{ПР}} = C_{\text{ЦЕХ}} + E_H \cdot k_{y\Gamma}$ $З_{\text{ПР}}^{\text{баз}} = 4,18 + 0,33 \cdot 2,43 = 4,98$ $З_{\text{ПР}}^{\text{нр}} = 2,85 + 0,33 \cdot 1,41 = 3,31$	4,98	3,31
Годовой экономический эффект, руб.	$\mathcal{E}_e = (З_{\text{ПР}}^{\text{баз}} - З_{\text{ПР}}^{\text{нр}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\mathcal{E}_e = (4,98 - 3,31) \cdot 100000 = 167000$	167000	
Срок окупаемости кап.вложений, год	$T_{\text{OK}} = \frac{k_{\text{BB}}}{\mathcal{E}_{y\Gamma}}$ $T_{\text{OK}} = \frac{44483}{133000} = 0,33 \approx 1$	1	

Вывод: новый технологический процесс изготовления детали «Гайка крепления заднего фонаря» позволит снизить себестоимость изделия с 4,18 руб. до 2,85 руб., т.е. на 1,33 руб. (32%) за счет:

- повышения производительности;
- уменьшения трудоемкости;
- снижения производственных затрат;
- уменьшения численности рабочих.

Годовой экономический эффект от снижения себестоимости изготовления детали составил 167000 руб. при сроке окупаемости затрат на модернизацию в течение одного года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе были рассчитаны: гнездность, объем впрыска и усилие смыкания формы, на основании которых было выбрано оборудование – термопластавтомат Siger Classic 90S (A).

Модернизация литейной формы заключалась в следующем:

1. проведены прочностные расчеты, на основании которых выбраны материалы деталей формы;
2. проведен расчет систем литниковых каналов и газоотводящих каналов;
3. проведен расчет системы охлаждения и системы удаления;
4. проведен расчет максимального давления в полости, которое необходимо для оформления изделия;
5. рассчитана толщина стенки оформляющих деталей и их исполнительные размеры.

В работе разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и экологичности технического объекта, проведено экономическое обоснование, доказана экономическая эффективность. Годовой экономический эффект от внедрения нового техпроцесса составил 167000 руб. при сроке окупаемости – один год.

Таким образом, работа по решению задач 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 литевых 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.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

[illegible]

Рисунок А.1 – Спецификация на оборудование

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Спецификация на литьевую форму

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Перв. примен.					Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		22	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.022	Кольцо	1	
		23	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.023	Знак резьбовой	8	
		24	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.024	Втулка литниковая	1	
				4x16x48		
		25	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.025	Втулка центральная	1	
				6x7.2x53		
		26	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.026	Втулка направляющая	3	
				12x32		
		27	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.027	Втулка центрирующая	3	
				12x25		
		28	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.028	Выталкиватель	1	
				6x170		
		29	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.029	Колонка возврата	3	
				12x193		
		30	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.030	Колонка возврата	3	
				12x65		
		31	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.031	Заглушка M10x1	12	
		32	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.032	Прокладка 10x16	9	
		33	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.033	Прокладка 8x14	6	
		34	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.034	Опора 20x85	6	
		35	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.035	Кольцо опорное	1	
		36	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.036	Плита неподвижная	1	
		37	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.037	Плита матриц	1	
		38	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.038	Плита пуансонов	1	
		39	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.039	Плита опорная	1	
		40	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.040	Корпус	1	
				Стандартные изделия		
		41		Винт М6-6qx16.109.05 ГОСТ 11738-84	9	
		42		Винт М6-6qx30.109.05 ГОСТ 11738-84	4	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	17.БР.СОМДиРП.595.61.02.000	
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист 2	

Копировал

Формат А4

Рисунок Б.2 – Второй лист спецификации

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

[illegible]

Рисунок Б.3 – Третий лист спецификации