

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 «Заглушка»

Студент(ка)	<u>В.А. Зайлер</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>А.В. Скрипачев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>И.В. Дерябин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Нормоконтроль	<u>В.Г. Виткалов</u>	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д-р техн.наук, доц. В.В. Ельцов \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

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

Тольятти 2017

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 Зайлер Виктор Александрович

1. Тема Разработка технологического процесса и литьевой формы для изготовления детали «Заглушка»

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

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: \_\_\_\_\_

программа выпуска 100000 шт/год, \_\_\_\_\_ материал: Desmoran 392

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 технического объекта. 6. Экономическая часть.

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала:

1. Сравнительный технологический анализ (А1). 2. Комплекс оборудования (А1). 3. Литьевая форма (разрезы – А0). 4. Литьевая форма (планы –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) А.В. Скрипачев (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_ (подпись) В.А. Зайлер (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 Зайлер Виктора Александровича  
 по теме Разработка технологического процесса и литьевой формы для изготовления детали «Заглушка»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Состояние вопроса.	03.04.2017	05.04.2017	выполнено	
2. Разработка технологического процесса изготовления детали.	10.04.2017	16.04.2017	выполнено	
3. Выбор оборудования и средств автоматизации.	17.04.2017	20.04.2017	выполнено	
4. Разработка конструкции литьевой формы.	02.05.2017	04.05.2017	выполнено	
5. Безопасность и экологичность проекта.	10.05.2017	11.05.2017	выполнено	
6. Экономическая часть.	15.05.2017	15.05.2017	выполнено	
7. Разработка чертежей.	29.05.2017	29.05.2017	выполнено	
8. Подготовка доклада и презентации.	02.06.2017	06.06.2017	выполнено	

Руководитель выпускной квалификационной работы

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
 (подпись) **А.В. Скрипачев**  
 (И.О. Фамилия)  
 \_\_\_\_\_  
 (подпись) **В.А. Зайлер**  
 (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Бакалаврская работа посвящена проектированию нового технологического процесса изготовления детали «Заглушка».

В работе рассчитаны параметры технологического процесса литья: гнездность формы, объем впрыска, усилие запирающей формы, выбрано оборудование – термопластавтомат LGE 50.

Произведены следующие расчеты модернизации литейной формы:

- расчеты на прочность для выбора материала деталей литейной формы;
- расчет элементов систем формы, их количества и взаимного расположения;
- расчет системы литниковых каналов и системы газоотводящих каналов;
- расчет системы охлаждения и извлечения деталей из формы;
- расчет 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 техпроцесса.

Уделено внимание организационным мероприятиям по обеспечению безопасности и экологичности технического объекта, а также доказана экономическая эффективность работы.

## ANNOTATION

Bachelor's work is devoted to the design of a new technological process for the manufacture of the "Stopper" component.

In the work the parameters of the technological process of casting are calculated: the mold cavity, the injection volume, the locking force of the mold, the equipment is chosen - the LGE 50 thermoplastic automatic machine.

The following calculations were made for the modernization of the mold:

- strength calculations for the selection of the material of mold parts;
- calculation of the elements of the form systems, their number and mutual arrangement;
- calculation of the system of sprue channels and the system of ventilation ducts;
- calculation of the thermostating system and the system for removing articles from the mold;
- calculation of the maximum pressure in the design cavity, the thickness of the walls of the matrix, the dimensions of the matrix and the punch.

The work has paid attention to ensuring the ecological compatibility and safety of the technical object, the economic efficiency of the new technological process has been proved.

Measures to ensure the safety and environmental friendliness of the project are considered, as well as an economic justification for the work.

# СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
АННОТАЦИЯ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.....	10
1.1. Анализ технологичности детали.....	10
1.2. Анализ базовой технологии изготовления детали.....	12
1.3. Выявление недостатков базовой технологии.....	14
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 первоначальной 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 технологические характеристики.....	19
3.2. Выбор средств автоматизации, основные характеристики, описание работы.....	20
4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ.....	25
4.1. Состав, конструкция и работа литейной формы.....	25
4.2. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы.....	27
4.3. Определение числа и расположения элементов системы литейной формы.....	29
4.3.1. Система литниковых каналов.....	29
4.3.2. Система вентиляционных каналов.....	31
4.3.3. Система термостатирования.....	32

4.3.4. Система удаления изделий и литника из формы.....	35
4.4. Определение толщины стенки матрицы .....	36
4.5. Определение исполнительных размеров оформляющих деталей ....	37
5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА .....	39
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	51
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	54

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, при повышенном спросе на литьевую продукцию из полимерных материалов и возрастающих требованиях к ее качеству, ключевым вопросом для ее производителей является наличие литьевых форм с оптимальным для переработчика соотношением «цена/качество».

Решить такой вопрос производитель способен только при условии тщательного контроля технологического процесса, соответствии геометрии изделия особенностям полимерного материала и способа его переработки, а также точного воспроизведения размеров и качества поверхности.

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 литевой 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 литевых форм из-за больших начальных затрат на их изготовление;
- 2) ограничение по толщине стенки изделия.

Целью работы является снижение себестоимости изготовления изделия за счет перехода на горячеканальное литье.

# 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.

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 по возможности должна обеспечивать применение неразъемных оформляющих деталей, таких как матрицы и пуансоны, чтобы не усложнять и не удорожать литейную форму;

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

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

В базовом технологическом процессе изготавливается деталь «Заглушка», представленная на рисунке 1.1, из термопластичного полиуретана «Термоэластопласт полиуретановый ТТМ 192 1039-2006»

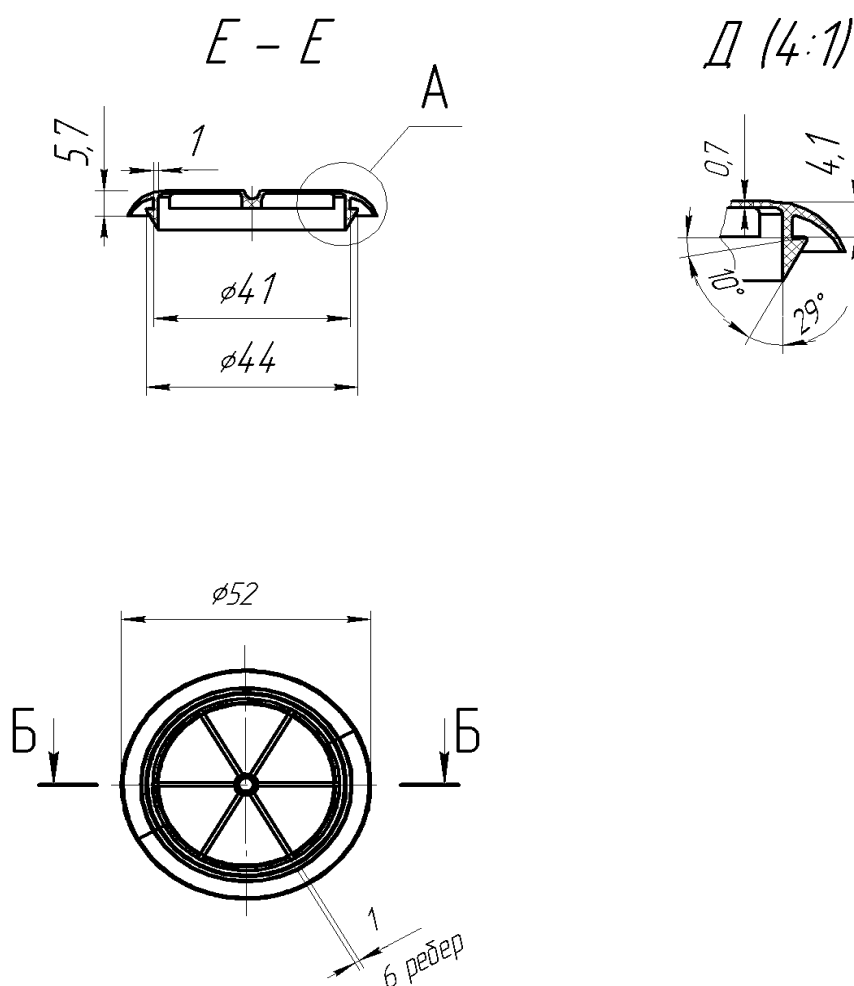


Рисунок 1.1 – Деталь «Заглушка»

Анализ технологичности детали:

- 1) изделие имеет технологические уклоны, облегчающие съем изделия;
- 2) изделие имеет конструктивное поднутрение, необходимое для его эксплуатации;
- 3) изделие имеет необходимые закругления и ребра жесткости, которые повышают прочность, облегчают формование и улучшают его внешний вид;
- 4) стенки изделия имеют небольшую разнотолщинность по сечению;
- 5) конструкция изделия не включает металлическую или другую арматуру;
- б) при выборе пластмассы учтены условия эксплуатации.

Проанализировав изделие «Заглушка» на технологичность, можно сделать вывод, что оно технологично.

## 1.2 Анализ базовой технологии изготовления детали

Типовые требования к проектам технологических процессов:

- 1) независимо от назначения (производство, ремонт или совершенствование выпускаемой продукции) технологический процесс должен разрабатываться в соответствии с современными достижениями науки и техники;
- 2) технологический процесс должен быть прогрессивным согласно отраслевым системам аттестации, т. е. обеспечивать повышение качества изделий и производительности труда, сокращать трудовые и материально-технические затраты на его реализацию, снижать вредные воздействия на окружающую среду;
- 3) разработка технологического процесса должна начинаться после обработки конструкции изделия на технологичность, так как технологический процесс должен обеспечивать реализацию уровня

базовых показателей технологичности конструкций изготавливаемого или ремонтируемого изделия;

- 4) «технологический процесс должен соответствовать требованиям техники безопасности и промышленной санитарии» [5],
- 5) технологический процесс должен гарантировать изготовление (ремонт) изделий с себестоимостью, обеспечивающей не только рентабельность производства, но и конкурентоспособность этих изделий на рынке сбыта.
- 6) повышать эффективность производства и увеличивать прибыль.

«Литье под давлением термопластов является основным способом переработки термопластичных материалов в изделия. Он позволяет изготавливать высококачественные изделия с высокой степенью точности из самых различных материалов» [4].

Базовый технологический процесс, соответствующий рисунку 1.2, представляет собой литье под давлением четырех деталей «Заглушка» из термопластичного полиуретана «Термоэластопласт полиуретановый ТТМ 192 1039-2006». Процесс изготовления детали осуществляется на термопластавтомате LGE 50.

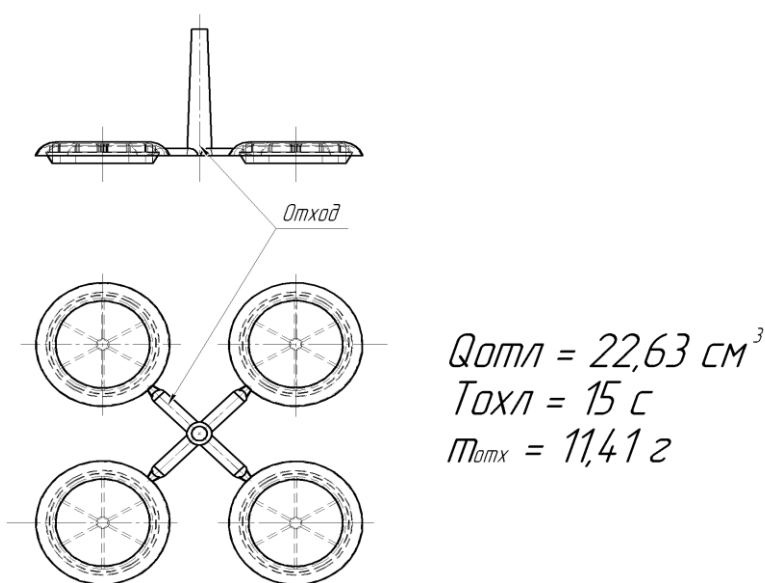


Рисунок 1.2 – Литниковая система базового технологического процесса

### 1.3 Выявление недостатков базовой технологии

Базовая технология имеет следующие недостатки:

- 1) большое время цикла изготовления детали;
- 2) большое количество отходов;
- 3) неравномерное охлаждение изделия по сечению и как следствие высокая вероятность остаточных напряжений;
- 4) высокая стоимость изделия.

### 1.4 Задачи бакалаврской работы

В соответствии с анализом базовой технологии и поставленной целью в данной бакалаврской работе необходимо решить следующие задачи:

- 1) спроектировать новый техпроцесс изготовления изделия;
- 2) выбрать оборудование для нового технологического процесса;
- 3) разработать конструкцию горячеканальной литейной формы;
- 4) рассмотреть экологичность и безопасность технического объекта;
- 5) рассчитать экономическую эффективность предлагаемого технологического процесса в сравнении с базовым.

## 2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

### 2.1 Схема предлагаемого технологического процесса изготовления детали

В предлагаемом технологическом процессе для изготовления детали используется литевая форма с горячеканальной литниковой системой.

Горячеканальная литниковая система (ГКС) обеспечивает транспортировку расплава термопласта от литевой машины к оформляющим полостям литевой формы с минимальными потерями. Она объединена с литевой формой и является ее частью. В отличие от традиционных затвердевающих литников в ГКС расплав остается внутри системы в рабочем состоянии в течение, по крайней мере, одного цикла литья. Этот способ литья известен как «безлитниковое литье».

Горячеканальная литниковая система действует по принципу сообщающихся сосудов: независимо от поперечного сечения литникового канала и его длины расплав всегда подается непосредственно к впускному литниковому отверстию. Поэтому система обеспечивает возможность заполнять все гнезда в форме одновременно и делает технологический процесс безотходным, как показано на рисунке 2.1.

ГКС состоит из двух частей: обогреваемого коллектора, который представлен на рисунке 2.2, и инжектора с индивидуальным подогревом.

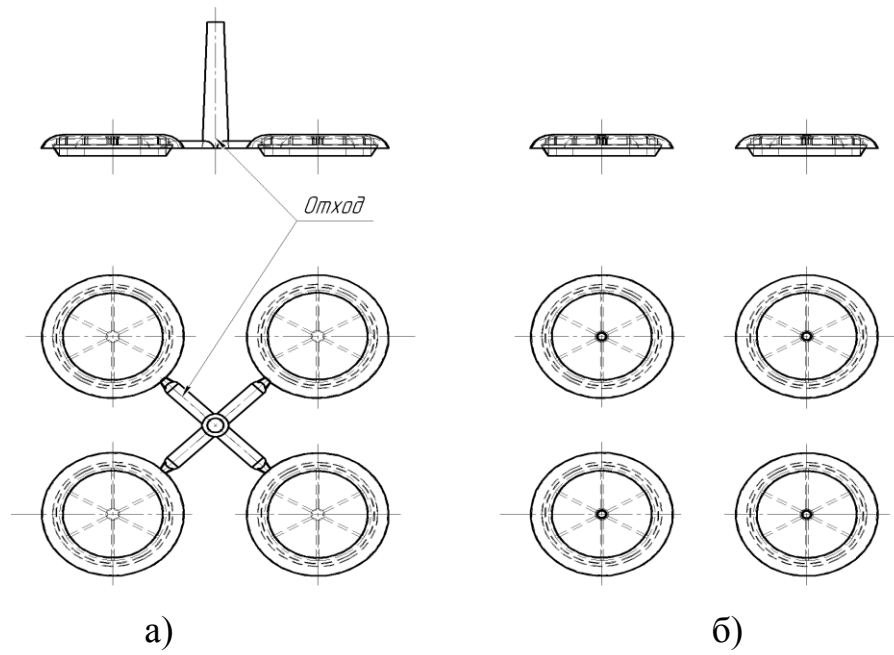
### 2.2 Определение первоначальной гнздности и объема отливки для заполнения гнзд

Количество гнзд определяем, исходя из массы изготавливаемого изделия.

Объем изделия:

$$V_{изд} = \frac{m}{\rho}, \quad (2.1)$$

где  $m = 0,004кг$  – масса изделия;



а) отливка базового технологического процесса; б) отливка предлагаемого технологического процесса

Рисунок 2.1 – Сравнительный анализ технологических процессов

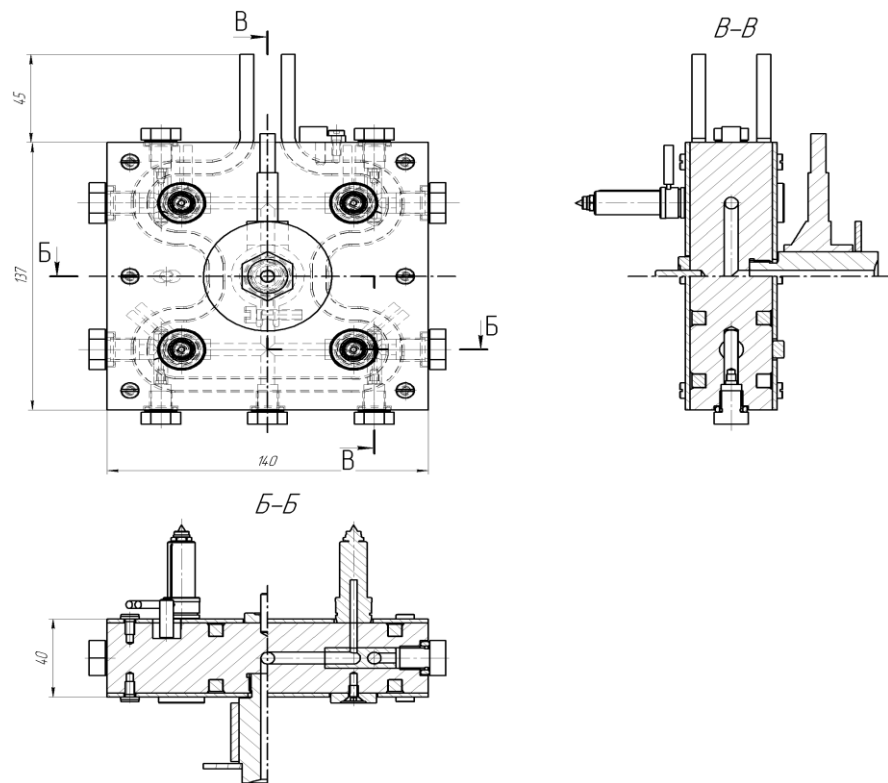


Рисунок 2.2 – Горячеканальный блок



$\rho$  - плотность материала отливки;

$\rho = 1210 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  – для материала Desmoran 392.

$$V_{\text{изд}} = \frac{0,004}{1210} = 0,0000033 \text{ м}^3 = 3,3 \text{ см}^3.$$

$$m_{\text{изд}} = G_{\text{изд}} = 4 \text{ г} \Rightarrow n_0 = 8.$$

Учитывая расположение литниковой системы на плите литьевой формы, конструктивно назначаем число гнезд  $n_0 = 4$ .

Объем отливки проектной технологии  $Q^0$ :

$$Q_0 = n_0 \cdot V_{\text{изд}}, \quad (2.2)$$

где  $V_{\text{изд}}$  – объем изделия,  $\text{см}^3$ ;

$n_0 = 4$  – число гнезд;

$$Q_0 = 4 \cdot 3,3 \approx 13,2 \text{ см}^3.$$

### 2.3 Определение энергосиловых параметров процесса литья

К энергосиловым параметрам процесса литья относятся пластикационная производительность и усилие смыкание литьевой формы.

Пластикационная производительность  $A_0$ :

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

где  $G_u = 0,004 \text{ кг}$  – масса детали;

$n_0 = 4$  – количество гнезд;

$k_1 = 1,2$  – коэффициент литниковой системы;

$\tau_{\text{охл}}$  – продолжительность охлаждения детали,  $\text{с}$ :

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{0,405}{a} \cdot \left(\frac{\delta}{2}\right)^2 \cdot \left(\ln 1,27 - \ln \frac{t_k - t_\phi}{t_n - t_\phi}\right), \quad (2.5)$$

где  $a$  – «температуропроводность,  $\frac{\text{М}^2}{\text{с}}$ ;  $a = 1,38 \cdot 10^{-7} \frac{\text{М}^2}{\text{с}}$ » [13];

$\delta = 0,0025 \text{ м}$  – толщина детали;

$t_{\phi}$  – тем-ра формы,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\phi} = 50^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{н}$  – тем-ра полимера,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{н} = 200^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\kappa} = (8...25)^{\circ}\text{C} + t_{\phi}$ ;

$t_{\kappa} = (8...25)^{\circ}\text{C} + 50^{\circ}\text{C} = 60^{\circ}\text{C}$ ;

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{0,405}{1,38 \cdot 10^{-7}} \left( \frac{0,0025}{2} \right)^2 \cdot \left( \ln 1,27 - \ln \frac{60-50}{200-50} \right) \approx 9(\text{с})$$

$$A_0 = \frac{0,004 \cdot 4 \cdot 1,2}{9} \approx 0,0038 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Объемная скорость впрыска:

$$W_0 = \frac{A_0}{\rho}, \quad (2.7)$$

$$W_0 = \frac{0,0038}{1210} = 3,2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 3,2 \frac{\text{см}^3}{\text{с}}.$$

Усилие запираения полуформ  $P_0$ :

$$P_0 = q \cdot F_{np} \cdot n_0 \cdot k_2 \cdot k_3, \text{кН}; \quad (2.8)$$

где  $q = 32 \text{МПа}$  – давление полимера в оформляющей полости;

$F_{np}$  – площадь проекции детали на плоскость разъема литьевой формы,  $\text{м}^2$ ;

$$F_{np} = 2123 \text{мм}^2 = 2123 \cdot 10^{-6} \text{м}^2$$

$k_3 = 1,25...1,11$  – коэффициент запираения полуформ.

Следовательно:

$$P_0 = 32 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 2123 \cdot 10^{-6} \cdot 1,11 \approx 302 \text{кН}.$$

### 3 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

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

Термопластавтомат выбирается по следующим параметрам: объем отливки и усилие смыкания. Для полученных расчетов принимается термопластавтомат LGE 50, технические характеристики которого приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Технические характеристики термопластавтоматат LGE 50

Параметры	Значение параметра
Диаметр инжектора, мм	25
Объем отливки, см <sup>3</sup>	54
Давление литья в цилиндре литьевой машины, МПа	196
Скорость впрыска полимера в форму, см <sup>3</sup> /с	78
Усилие смыкания литьевой формы, кН	500
Высота формы, мм:	
– максимальная	350
– минимальная	185
Расстояние между плитами литьевой машины, мм	620
Ход плиты	270
Максимальный ход толкателей, мм	65
Расстояние между колоннами, мм:	
– горизонт	335
– вертикаль	335
Размеры плиты машины, мм	360×260

Расчет гнездности с учетом выбранного оборудования:

1. гнездность, обусловленная объемом отливки:

$$n_Q = \frac{\beta_1 \cdot Q_n}{V_u \cdot k_1} = \frac{0,7 \cdot 54}{3,3 \cdot 1,2} = 9 \quad (3.1)$$

2. гнездность, обусловленная пластикационной производительностью:

$$n_A = \frac{W_n \cdot \rho_m \cdot \tau_{oxl}}{k_1 \cdot G_u} = \frac{78 \cdot 10^{-6} \cdot 1210 \cdot 9}{1,2 \cdot 0,004} = 176 \quad (3.2)$$

3. гнездность, обусловленная усилием смыкания плит:

$$n_P = \frac{P_n}{q \cdot F_{np} \cdot k_2 \cdot k_3} = \frac{500 \cdot 10^3}{32 \cdot 10^6 \cdot 2123 \cdot 10^{-6} \cdot 1,11} = 5, \quad (3.3)$$

Принимаем минимальное четное значение гнездности:  $n_0 = 4$ .

$$n_{\min} \leq n_F = \frac{0,5 \cdot F_{nl}}{F_{np}} = \frac{0,5 \cdot 0,360 \cdot 0,260}{2123 \cdot 10^{-6}} = 22 - \text{условие выполняется.}$$

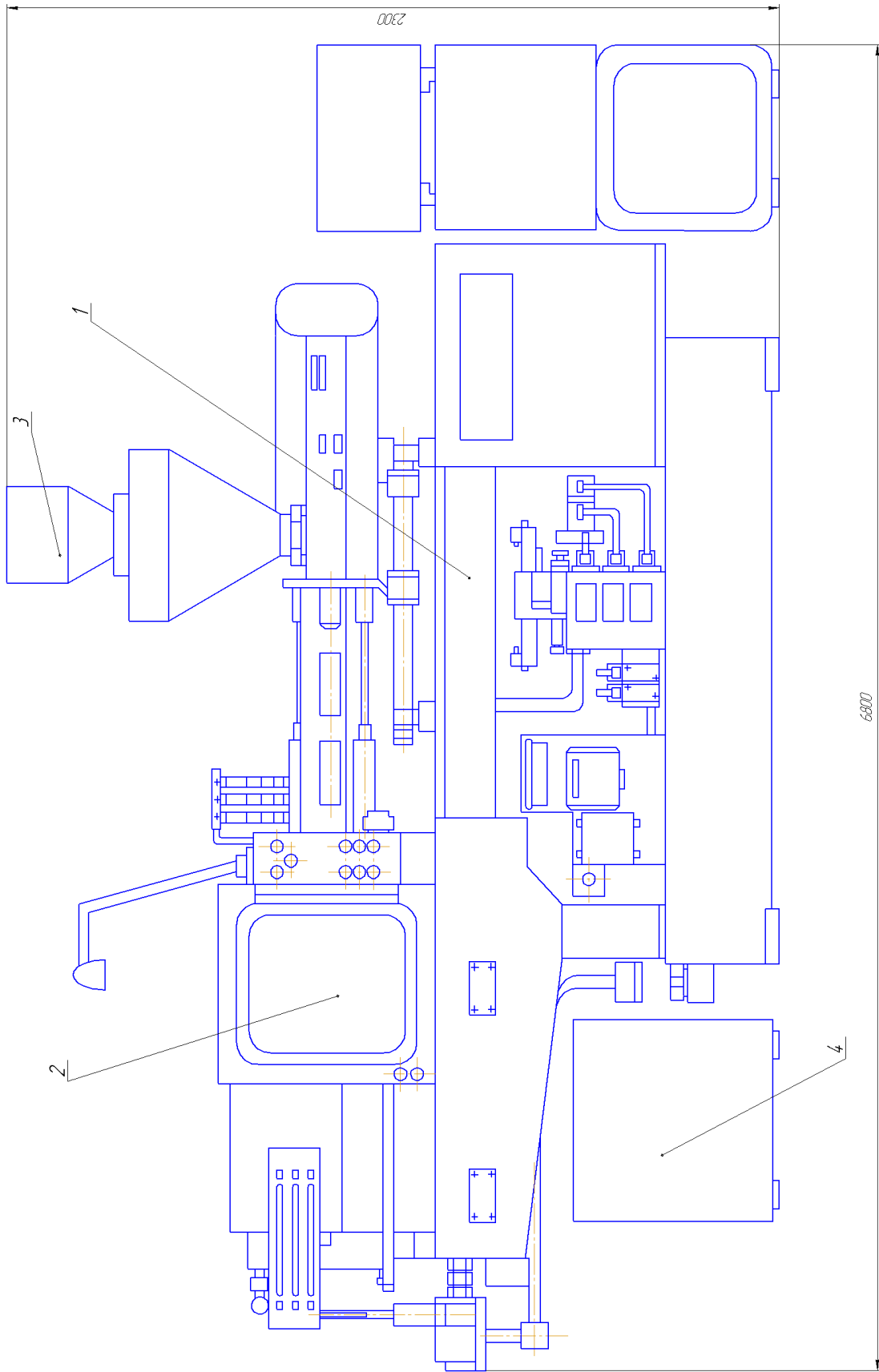
Литьевая машина, представленная на рисунке 3.1, состоит из:

- 1) термопластавтомата;
- 2) литьевой формы;
- 3) загрузочный бункер;
- 4) разгрузочное устройство.

### 3.2 Выбор средств 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» [4].

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.



1 – термопластавтомат, 2 – литевая форма, 3 – загрузочный бункер, 4 – разгрузочное устройство

Рисунок 3.1 – Термопластавтомат LGE 50

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

### Расчет основных технических характеристик

Диаметр гидроцилиндра:

$$P_0 = \frac{p}{F}, \quad (3.4)$$

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

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

$P_0$  - расчетное усилие смыкания,  $P_0=412\text{кН}$ .

Отсюда:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4p}{P_0\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,4 \cdot 10^6}{412 \cdot 10^3 \cdot \pi}} = 1,10\text{м} = 110\text{см}.$$

Усилие перемещения сопла к форме:

$$P_{расч} = F_c \cdot p,$$

где  $F_c$  - площадь контакта сопла с формой:

$$F_c = \frac{\pi d_c^2}{4},$$

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

Следовательно:

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

Тогда:

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

Расчетное усилие:

$$P_{расч} = p \cdot 2F_u,$$

где  $F_u$  - площадь сечения цилиндров,  $F_u = \frac{\pi d_u^2}{4}$ .

Следовательно:

$$d_u = \sqrt{\frac{4F_u}{\pi}} = \sqrt{\frac{4P_{расч}}{2p\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,13 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,4 \cdot 10^3 \cdot \pi}} = 0,071 м = 710 мм.$$

Допускаемое напряжение:

$$[\sigma] = P_{расч} \cdot 2F_u,$$

где  $F_u$  - площадь сечения штока,  $F_u = \frac{\pi d_u^2}{4}$ ;

«Для стали 20Х,  $[\sigma] = 200$  МПа» [15].

Диаметр штока гидроцилиндра:

$$d_u = \sqrt{\frac{4F_u}{\pi}} = \sqrt{\frac{4P_{расч}}{2[\sigma]\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,13 \cdot 10^3}{2 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot \pi}} = 0,0032 м = 3,2 мм.$$

Конструктивно принимаем диаметр штока гидроцилиндра равным 6 мм.

Расчет площади сечения кольца цилиндра:

$$F_k = \frac{\pi(d_u^2 - d_u^2)}{4} = \frac{\pi(0,071^2 - 0,006^2)}{4} = 0,004 м^2 = 4000 мм^2.$$

### Описание работы средств автоматизации

Средства автоматизации комплекса оборудования, кинематическая схема представлена на рисунке 3.2, работают от гидроцилиндра 1, который в свою очередь составляет винтовую пару с гайкой, расположенной в неподвижной плите. Так регулируется расстояние между плитами.

Промежуточная плита 2 через рычажную систему 3 передает движение подвижной плите 4. Гидромотор 5 через шлицевое соединение передает вращение валу I, установленному в подшипниках 6 и 7. Затем вращение передается шнеку 9 посредством муфты 8.

Перемещение сопла к литейной форме осуществляется с помощью гидроцилиндров 10, а сам впрыск полимера – с помощью гидроцилиндров 11.

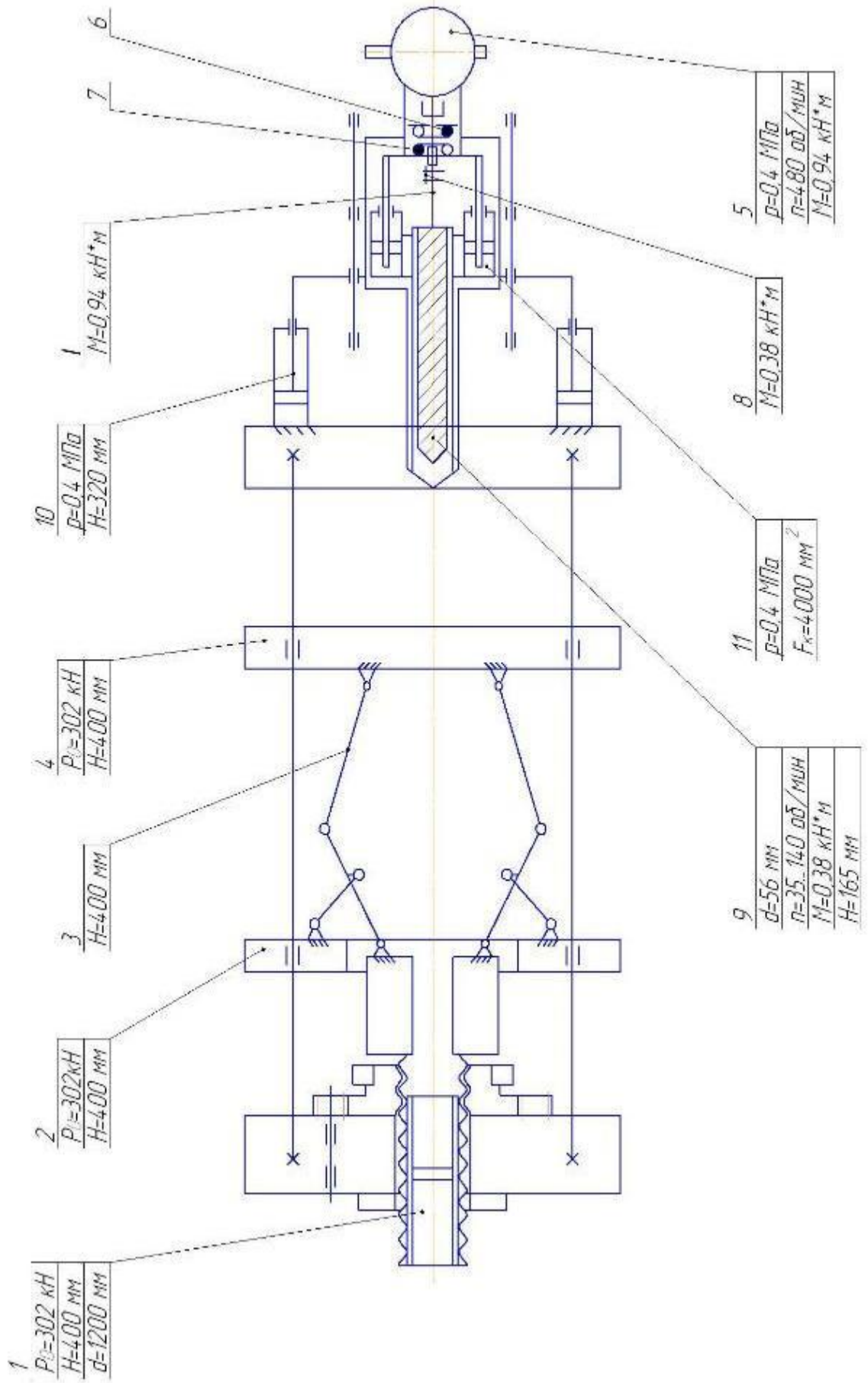


Рисунок 3.2 – Кинематическая схема



## 4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ

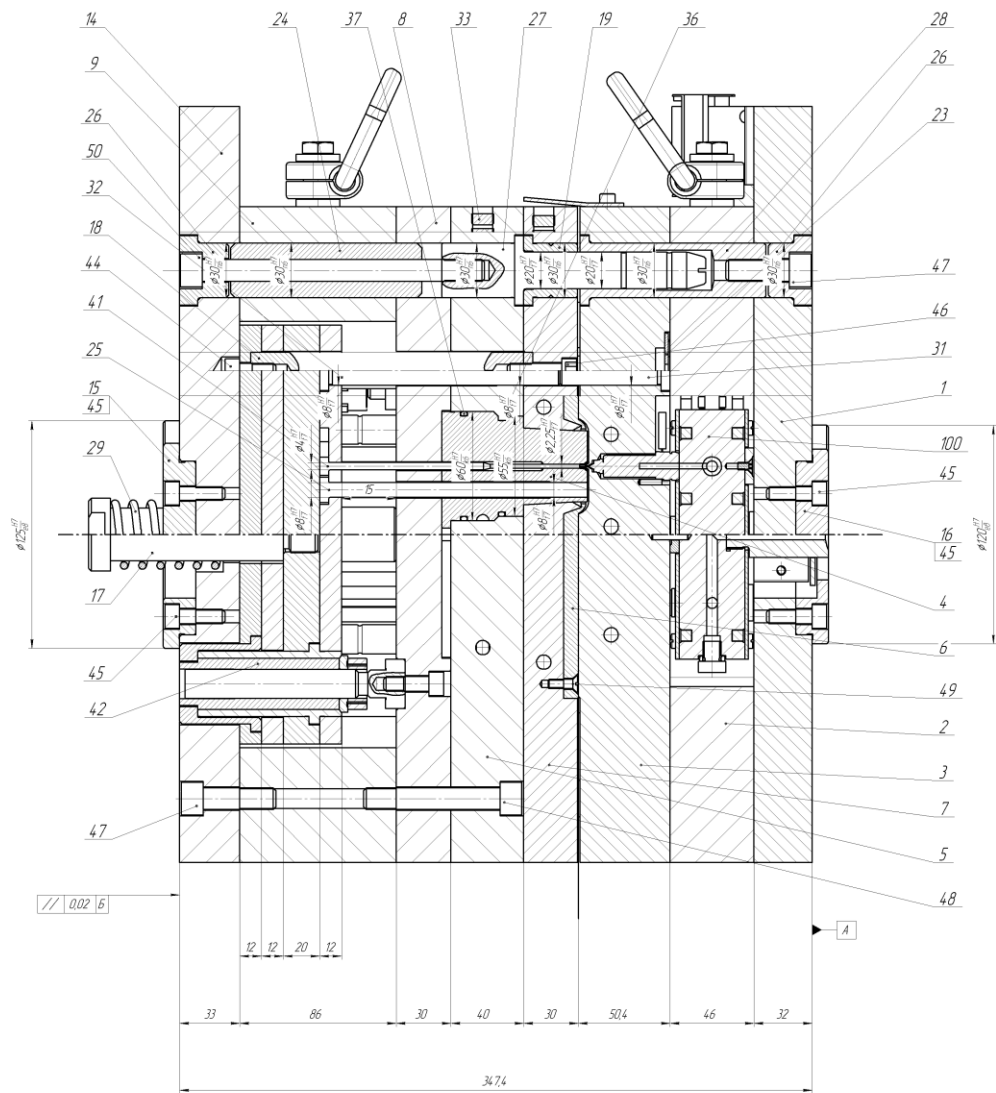
### 4.1 Состав, конструкция и работа литейной формы

Литейная форма, представленная на рисунке 4.1, состоит из подвижной и неподвижной полуформ.

Неподвижная часть литейной формы включает следующие детали (см. приложение А): фланец неподвижный 1, плита коллектора 2, матрица 3, кольцо 16, планка прижимная 22, 23, шайба 26, втулка центрирующая 28, колонка возврата 31. Подвижная часть литейной формы включает следующие детали: пуансон 4, обойма пуансонов 5, вставка 6, плита подвижная 7, плита опорная 8, брус 9, плита шпинделя 10, плита толкателей 11, плита средняя 12, плита тяг 13, фланец подвижный 14, кольцо подвижное 15, шпиндель 17, тяга 18, втулка направляющая 19, втулка 20, втулка 21, планка прижимная 22, выталкиватель 25, колонка направляющая 27, колонка направляющая 30, колонка возврата 32, пробка 33, колонка конусная 38, втулка конусная 39, опора 40, выталкиватель 41, двухступенчатый толкатель 42, штуцер 34, грузовая петля 35, кольцо уплотнительное 36 и 37.

Подвижная опорная плита литейной машины толкает подвижный фланец 14. Подвижная часть формы смыкается с неподвижной. В оформляющую полость, образуемую матрицей 3, пуансоном 4 и вставкой 6, подается расплав из горячеканального блока 100. После затвердевания полимера подвижная часть отходит назад. Система сталкивания состоит из: плиты шпинделя 10, плиты толкателей 11, плиты средней 12, плиты тяг 13, плиты подвижной 7, толкателей 25 и 41. Все элементы системы сталкивания движутся одновременно. Когда сухарь в двухступенчатом толкатели входит в пазы, нижняя часть системы сталкивания: плита тяг 15, плита средняя 12, тяга 18, плита подвижная 7 и вставка 6 останавливаются. Плита шпинделя 10, плита толкателей 11, толкатели 25 и 41 продолжают движение до полного удаления изделия. Для возврата системы сталкивания используются колонки возврата 31 и 32.

A-A



B-B

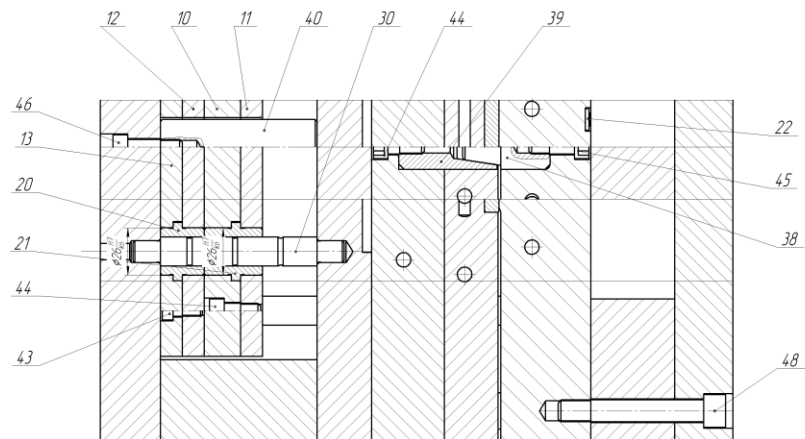


Рисунок 4.1 Литьевая форма

## 4.2 Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы

«Литьевые формы должны надежно и стабильно работать, выдерживая в процессе эксплуатации предельные нагрузки с длительным сроком службы. Надежность и долговечность литьевой формы зависят не только от конструкции и режима обслуживания, но в первую очередь от материалов, из которых она изготовлена, их термической и механической обработки» [4].

Литьевая форма, как правило, состоит из набора отдельных элементов. Специфика работы каждого из них требует соответствующего выбора материала. Формообразующие элементы (матрица и пуансон) отвечают за правильную конфигурацию изделия и текстуру поверхности. Ясно, что выбор материала и методов его обработки для изготовления формообразующих деталей требует особого внимания и определенного опыта.

«Выбор материала для матрицы и пуансона определяется несколькими факторами. В них учитываются экономические показатели, внешний вид и размер изделия, и специальные свойства перерабатываемого материала (термоустойчивость и т.д.). Отсюда определяются такие параметры, как минимальные размеры матрицы, допустимый износ литьевой формы в условиях производства, качество отливаемого изделия в зависимости от изменений размеров и внешнего вида. К экономическим показателям относятся необходимый объем производства и, следовательно, срок службы формы, а также допустимые затраты на ее изготовление. Из этих параметров, в свою очередь, складываются требования к материалу, из которого изготовлена литьевая форма, к его термическим, механическим и специальным свойствам.

Обычно сталь является единственным материалом, который гарантирует надежную работу формы в течение длительного срока службы. Марка стали должна быть правильно подобрана из ассортимента, а ее обработкой должна обеспечиваться структура, необходимая для получения желаемого внешнего вида отливаемого изделия» [13].

## Расчет выталкивателей на прочность

Максимальное усилие  $P_{\max}$  находится путем сравнения усилия от давления пластмассы  $P_q$  и давления размыкания формы  $P_{\text{разм}}$ .

Давление пластмассы:

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

где  $q$  – давление оформления изделия,  $q = 32 \text{ МПа}$ ;

$F$  – площадь сечения толкателей:

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot m_1}{4} + \frac{\pi \cdot d_2^2 \cdot m_2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,008^2 \cdot 12}{4} + \frac{\pi \cdot 0,00225^2 \cdot 4}{4} = 0,000619 \text{ м}^2. \quad (4.2)$$

Следовательно:  $P_q = 32 \cdot 10^6 \cdot 0,000619 = 19,8 \text{ кН}$ .

Усилие размыкания, действующее на выталкиватели с опорной стороны:

$$P_{\text{разм}} = 0,1 \cdot P_H = 0,1 \cdot 500 = 50 \text{ кН}. \quad (4.3)$$

$$P_q < P_{\text{разм}}$$

Отсюда:  $P_{\max} = P_{\text{разм}} = 50 \text{ кН} = 0,05 \text{ МН}$ .

Расчет толкателей на сжатие:

$$\sigma = \frac{P_{\text{MAX}}}{F} \leq [\sigma_{\text{сж}}], \quad (4.4)$$

где  $F$  – площадь сечения толкателей;

« $[\sigma_{\text{сж}}]$  – допускаемое напряжение сжатие выталкивателей; для материала 40Х:  $[\sigma_{\text{сж}}] = 200 \text{ МПа}$ » [14].

Следовательно:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{0,05}{0,000619} = 80,8 \text{ МПа} < 200 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.

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

## 4.3 Определение числа и расположения элементов системы литьевой формы

### 4.3.1 Система литниковых каналов

«Литниковая система – это система литьевой 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 поступления 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 литьевой 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 литьевой формы. Одногнездная литьевая форма, например, имеет только один центральный литник. В нашем случае необходимо наличие всех трех элементов литниковой системы, поэтому расчет проводится по всем трем каналам.

Расчет впускного канала.

Расчету впускного канала предшествует расчет характеристического размера изделия:

$$H = \frac{2V_u}{S_u}, \quad (4.5)$$

где  $S_u$  – площадь всей поверхности детали,  $S_u = 77,1 \text{ см}^2$ ;

$$H = \frac{2 \cdot 3,3}{77,1} = 0,086 \text{ см} \approx 1 \text{ мм}.$$

Глубина впускного канала:

$$h = a \cdot H, \quad (4.6)$$

где  $a$  – постоянная, зависящая от материала [8];  $a = 0,7$  – Desmoran 392;

$$h = 0,7 \cdot 1 = 0,7 \text{ мм}.$$

Ширину и длину канала принимаем исходя из значения глубины:

1) ширина канала:  $b = 1,5 \text{ мм}$ .

2) длина канала:  $l = 6 \text{ мм}$ .

Расчет литниковой втулки.

Диаметр на входе полимера во втулку:

$$d_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q_0}{\pi \cdot v \cdot \tau}}, \quad (4.7)$$

где  $Q_0$  – объем отливки,  $\text{см}^3$ ;

$v$  – скорость течения полимера во втулке,  $\frac{\text{см}}{\text{с}}$  [10];

$$v = 300 \left( \frac{\text{см}}{\text{с}} \right);$$

$\tau$  – продолжительность впрыска,  $\text{с}$  [10];  $\tau = 1(\text{с})$ .

$$d_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{13,2}{3,14 \cdot 300 \cdot 1}} = 0,3 \text{ см} = 3 \text{ мм}.$$

В зависимости от  $d_1$  выбираем максимально допустимую длину втулки  $L$ , [10]:

$$L = 55 \text{ мм}.$$

Выбираем горячеканальный блок по каталогу фирмы HASCO [8]:

- 1) втулка z1055:  
 $L = 56\text{мм}, D = 25\text{мм}, d = 16\text{мм}, d_1 = 6\text{мм};$
- 2) инжектор z3310;
- 3) электронагреватель z1134;
- 4) трубчатый нагревательный элемент z11381;
- 5) кабель z1164;
- 6) термопара z1295.

Расчет разводящих каналов.

Диаметр  $d_1$  канала, расположенного перед впускным, определяют по диаграмме в зависимости от массы и от пути течения материала [10].

$$d_1 = 3\text{мм}.$$

#### 4.3.2 Система вентиляционных 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 литейной 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 газоотводящего канала на одном гнезде:

$$F = f \cdot V_z, \quad (4.9)$$

где  $f$  – коэффициент продолжительности впрыска [10];

$$f = 8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{мм}^2}{\text{см}^3};$$

$V_z$  – объем оформляющей полости с учетом усадки материала,  $\text{см}^3$ :

$$V_z = V_u \left( 1 + \frac{X_{cp}}{100} \right), \quad (4.10)$$

$X_{cp}$  – усадка полимера, % [10];  $X_{cp} = 0,8\%$ .

$$V_z = 3,3 \left( 1 + \frac{0,8}{100} \right) = 3,33 \text{ см}^3;$$

$$F = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 3,33 = 0,026 \text{ мм}^2.$$

Общая ширина канала на одном гнезде:

$$B = \frac{F}{e}, \quad (4.11)$$

где  $e$  – глубина канала,  $\text{мм}$ ,  $e = 0,05 \text{ мм}$ .

$$B = \frac{0,026}{0,05} = 0,52 \text{ мм}.$$

Число каналов на одном гнезде:

$$b = \frac{B}{n}, \quad (4.12)$$

где  $n$  – количество гнезд.

$$b = \frac{0,52}{2} \approx 0,26 \text{ мм}.$$

Так как  $b < 2 \text{ мм}$ , то роль вентиляционных каналов играют зазоры между пуансоном и матрицей, между матрицей и выталкивателем.

### 4.3.3 Система термостатирования

Количество теплоты, которое расплав должен отдать хладагенту:

$$Q_m = C_m \cdot G_u (t_n - t_{cp}), \quad (4.13)$$

где  $C_m$  – теплоемкость полимера,  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  [10];

$$C_m = 2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}};$$



$G_u$  – масса детали;

$t_n$  – тем-ра полимера,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_n = 200^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\phi}$  – тем-ра формы,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\phi} = 50^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{cp}$  – средняя температура детали после охлаждения,  $^{\circ}\text{C}$ :

$$\frac{t_{cp} - t_{\phi}}{t_n - t_{\phi}} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{a \cdot \tau_{охл}}{\delta^2}\right) \quad (4.14)$$

$$\frac{t_{cp} - 50}{200 - 50} = \frac{8}{3,14^2} \exp\left(-\frac{3,14^2}{4} \cdot \frac{1,38 \cdot 10^{-7} \cdot 9}{0,002^2}\right);$$

$$\frac{t_{cp} - 50}{150} = 0,38;$$

$$t_{cp} = 150 \cdot 0,38 + 50 = 107^{\circ}\text{C}.$$

$$Q_m = 2 \cdot 10^3 \cdot 0,004 \cdot (200 - 107) = 1301 \text{ Дж}.$$

Количество теплоты, которое хладагент должен забрать от полимера:

$$Q_X = C_X \cdot g_X (t_{ВЫХ} - t_{ВХ}) \quad (4.15)$$

где  $C_X$  – теплоемкость воды,  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$  [10];

$$C_X = 4,18 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}};$$

$(t_{ВЫХ} - t_{ВХ})$  – разница между температурой охлаждающей жидкости на входе в форму и выходе из нее,  $(3 \dots 4^{\circ}\text{C})$ ;

$g_X$  – расход воды,  $\text{кг}$ ;

$$Q_X = 4,18 \cdot 10^3 \cdot g_X \cdot 3 = 12540 g_X$$

Тепловой баланс:  $Q_m = Q_X$

$$1301 = 12540 g_X \Rightarrow g_X = 0,10 \text{ кг}$$

Расход воды, проходящей через матрицу:

$$g_X^m = g_X \cdot \frac{F_m}{F_{общ}} \quad (4.16)$$

где  $F_{общ}$  – площадь поверхностей оформляющих деталей;  $F_{общ} = 308,4 \text{ см}^2$ ;

$$F_m = 101,1 \text{ см}^2;$$

$$g_X^M = 0,101 \cdot \frac{101,1}{308,4} = 0,43 \text{ кг.}$$

Диаметр охлаждающего канала:

$$d_\kappa = 1,13 \sqrt{f_\kappa} \quad (4.17)$$

где  $f_\kappa$  – площадь сечения канала,  $\text{м}^2$ :

$$f_\kappa = \frac{g_X^M}{\rho_X \cdot \tau_\psi \cdot \omega} \quad (4.18)$$

где  $\rho_X$  – плотность воды,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;  $\rho_X = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$\tau_\psi$  – продолжительность цикла,  $\text{с}$ :

$$\tau_\psi = \tau_{\text{зан}} + \tau_{\text{охл}} + \tau_{\text{разм}} + \tau_n + \tau, \quad (4.19)$$

где  $\tau_{\text{зан}}$  – время замыкания формы,  $\text{с}$ ;  $\tau_{\text{зан}} = 3 \text{ с}$ ;

$\tau_{\text{разм}}$  – продолжительность размыкания формы,  $\text{с}$ ;  $\tau_{\text{разм}} = 5 \text{ с}$ ;

$\tau_n$  – продолжительность пластикации,  $\text{с}$ ;  $\tau_n = 5 \text{ с}$ ;

$\tau_\psi = 3 + 1 + 9 + 5 + 5 = 23 \text{ с}$ .

$\omega$  – скорость течения хладагента,  $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $\omega = 0,5 \dots 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

$$f_\kappa = \frac{0,43}{1000 \cdot 23 \cdot 1} = 0,000031 \text{ м}^2;$$

$$d_\kappa = 1,13 \sqrt{0,000031} = 0,0063 \text{ м} = 6,3 \text{ мм}.$$

Принимаем охлаждающие каналы в матрице  $d_\kappa = 8 \text{ мм}$ .

Расход хладагента через пуансон:

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

$$F_\Pi = 165,8 \text{ см}^2;$$

$$g_X^M = 0,101 \cdot \frac{165,8}{308,4} = 0,52 \text{ кг.}$$

$$f_\kappa = \frac{0,52}{1000 \cdot 19 \cdot 1} = 0,00002 \text{ м}^2;$$

Диаметр охлаждающего канала:

$$d_k = 1,13\sqrt{0,00002} = 0,005\text{ м} = 5\text{ мм}.$$

Принимаем охлаждающие каналы в пуансоне  $d_k = 8\text{ мм}$ .

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

Система удаления предназначена для беспрепятственного извлечения 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.

В предлагаемом варианте техпроцесса для удаления деталей применяются двенадцать выталкивателей диаметром 8мм и 4 выталкивателя диаметром 2,25мм.

Усилие сталкивания детали:

$$P_n = \pi \cdot d \cdot \delta \cdot m \cdot [\tau], \text{ кН}; \quad (4.21)$$

где  $d$  – диаметр толкателя, м;

$\delta$  – толщина детали, м;

$m$  – кол-во толкателей;

$[\tau]$  –напряжение сдвига, МПа;  $[\tau] = (0,5 - 0,6) \cdot [\sigma] = (0,5 - 0,6) \cdot 200 = 100\text{ МПа}$ .

$$P_{n1} = 3,14 \cdot 0,008 \cdot 0,0025 \cdot 12 \cdot 100 \cdot 10^3 = 75,36\text{ кН};$$

$$P_{n2} = 3,14 \cdot 0,00225 \cdot 0,0025 \cdot 4 \cdot 100 \cdot 10^3 = 7,1\text{ кН};$$

$$P_n = P_{n1} + P_{n2} = 75,36 + 7,1 = 82,46 \text{ кН}.$$

$$P_{\text{разм}} = 0,2 \cdot P_H = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ кН}.$$

$$82,46 \text{ кН} < 100 \text{ кН}$$

Условие выполняется.

#### 4. 4 Определение толщины стенки матрицы

Давление в полости литевой 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 матрицы круглого сечения:

$$a = \frac{P_{\text{max}} \cdot r}{[\sigma]}, \text{ м}; \quad (4.22)$$

где  $[\sigma]$  – «напряжение, зависящее от материала матрицы; для легированных и термообработанных сталей  $[\sigma] = 3 \cdot 10^8 \text{ Па}$ » [13];

$P_{\text{max}}$  – давление расплава в полости, МПа;

$$a = \frac{28,6 \cdot 10^6 \cdot 0,08}{3 \cdot 10^8} = 0,0025 \text{ м} = 2,5 \text{ мм}.$$

Максимальное давление:

$$P_{\text{max}} = p_m \cdot K_m \cdot K_L^{\frac{d_n}{d_m}} \cdot K_K^{\frac{A}{B}}, \text{ МПа}; \quad (4.23)$$

$$P_{\text{max}} = 20 \cdot 1,1 \cdot 1,03^{\frac{52}{9}} = 25 \text{ МПа}.$$

где  $p_m$  – «давление, определяемое в зависимости от толщины изделия  $S$  и отношения  $\frac{L}{S}$  наибольшего размера изделия к толщине, МПа;  $p_m = 20 \text{ МПа}$ »

[13];

$K_m = 1,1$  – коэффициент материала полимера, [10];

$K_K = 1,03$  – коэффициент конфигурацию детали;

$A$  – длина детали, мм;  $A = 52$  мм;

$B$  – ширина детали, мм;  $B = 9$  мм.

#### 4.5 Определение исполнительных размеров оформляющих деталей

«В процессе литья, изделие в форме принимает очертания и размеры полости» [4]. «Во время и после заливки и уплотнения происходит охлаждения изделия, объем изделия уменьшается, и с течением времени изделие должно приобрести определенную форму и размеры в заданных чертежах» [4].

«Исполнительные размеры формообразующих элементов назначают в зависимости от допуска на размеры изделия и усадки формуемого материала» [4].

Для матрицы, которая оформляет наружную поверхность детали:

$$L_m = \left[ L \left( 1 + \frac{X_{cp}}{100} \right) - \Delta_{изн} \right]^{+\Delta_{изз}}. \quad (4.24)$$

$$H_m = \left[ H \left( 1 + \frac{X_{cp}}{100} \right) - \Delta_{изн} \right]^{+\Delta_{изз}}. \quad (4.25)$$

$$M_m = \left[ M \left( 1 + \frac{X_{cp}}{100} \right) - \Delta_{изн} \right]^{+\Delta_{изз}}. \quad (4.26)$$

$\Delta_{изн}$  – износ матрицы за время эксплуатации формы, мм;

$\Delta_{изз}$  – допуск на изготовление матрицы.

$$L_m = \left[ 5,7 \left( 1 + \frac{0,8}{100} \right) - 0,2 \right]^{+0,018} = 5,547^{+0,018} \text{ мм.}$$

$$H_m = \left[ 52 \left( 1 + \frac{0,8}{100} \right) - 2 \right]^{+0,046} = 52,216^{+0,046} \text{ мм.}$$

$$M_m = \left[ 44,1 \left( 1 + \frac{0,8}{100} \right) - 0,2 \right]^{+0,039} = 44,253^{+0,039} \text{ мм.}$$

Для пуансона, который оформляет внутреннюю поверхность детали:

$$L_n = \left[ l \left( 1 + \frac{X_{cp}}{100} \right) + \Delta_{изн} \right]_{-\Delta_{изз}}, \quad (4.27)$$

$$H_n = \left[ h \left( 1 + \frac{X_{cp}}{100} \right) + \Delta_{u3H} \right]_{-\Delta_{u3z}} . \quad (4.28)$$

$$L_n = \left[ 39 \left( 1 + \frac{0,8}{100} \right) + 0,2 \right]_{-0,039} = 39,112_{-0,087} \text{ мм},$$

$$H_n = \left[ 8,3 \left( 1 + \frac{0,8}{100} \right) + 0,2 \right]_{-0,022} = 8,566_{-0,022} \text{ мм}.$$

## 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
Производство полимерных материалов	Литье пластмасс под давлением	Рабочий -оператор термопластавтомата	Литьевая машина, пресс- форма	Desmoran 392 (полиуретан)

### 5.2 Выявление профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Выявление 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 загрузочных 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» [5]	«Огнетушители (ОП-100, ОУ-80); песок, кошма» [5]
«Мобильные средства пожаротушения» [5]	«Пожарные автомобили мотопомпы; приспособленные технические средства (тягачи, прицепы и тракторы)» [5]
«Стационарные установки системы пожаротушения» [5]	«Водяные, газовые и порошковые установки систем пожаротушения» [5].
«Средства пожарной автоматики» [5]	«Дымовые и тепловые датчики; приемно-контрольные 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 пожаробезопасности

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.»» [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	Негативное влияние на гидросферу	Негативное влияние 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 антропогенного воздействия

Технический объект	«Литье пластмасс под давлением» [14]
Мероприятия по снижению воздействия на атмосферу	«Пылегазоочистные установки: аппараты мокрой очистки; пылесадительные камеры; циклоны; центробежные скрубберы; мокрые аппараты ударно-инерционного действия; установки каталитического дожигания растворителей» [5]
Мероприятия по снижению негативного влияния 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 негативного влияния 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 должности 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. Спроектированы мероприятия по обеспечению пожаробезопасности. Идентифицирован класс пожара, опасные факторы пожара, разработаны средства, методы и меры обеспечения пожаробезопасности (таблица 5.4.1, 5.4.2, 5.4.3).

5. Определены негативные факторы (таблица 5.5.1) и разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду (таблица 5.5.2).

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 6.1 Сравнительный анализ вариантов технологического процесса

Базовый вариант – изделие изготавливается методом литья под давлением в четырехгнездной литейной форме на оборудовании – термопластавтомате KuASY150/50.

Проектный вариант – изделие изготавливается методом литья под давлением в горячканальной литейной форме на оборудовании – термопластавтомате LGE 50.

### 6.2 Калькуляция на изготовление литейной формы

Таблица 6.1 – Калькуляция

Наименование	Обозначение	Сумма, руб.	Змод	Примечание
Затраты на материалы	М	5315,54	150,9	
Заготовительные и транспортные расходы	ТЗР	70,7	2,01	1,33% от М
Заработная плата рабочих	$Z_{\text{ПЛ}}^{\text{ОСН.}}$	138434,18	9004,74	$T_{\text{н/ч}}=897,35$ н/ч $T_{\text{н/ч}}=58,37$ н/ч $C_{\text{т}}=154,27$ р/ч
Социальные нужды	Сс	47759,79	3106,64	34,5% от $Z_{\text{ПЛ}}^{\text{ОСН.}}$
Затраты на оборудование	РСО	297495,05	19351,19	214,9% от $Z_{\text{ПЛ}}^{\text{ОСН.}}$
Расходы цеха	Рцех	197822,44	12867,77	142,9% от $Z_{\text{ПЛ}}^{\text{ОСН.}}$
Итого: себестоимость	Сцех	686898	44483	
Итого:		731381		

Масса заготовки:

$$M_3^{\text{баз}} = Q_0 \cdot \rho = 22,6 \cdot 10^{-6} \cdot 1210 = 0,0273 \text{ кг};$$

$$M_3^{\text{np}} = Q_0 \cdot \rho = 13,2 \cdot 10^{-6} \cdot 1210 = 0,016 \text{ кг}.$$

Масса отходов:

$$M_{\text{отх}}^{\text{баз}} = M_{\text{ЗАГ}} - M_{\text{ДЕТ.}} \cdot n = 0,0273 - 0,004 \cdot 4 = 0,0114 \text{ кг};$$

$$M_{\text{отх}}^{\text{np}} = M_{\text{ЗАГ}} - M_{\text{ДЕТ.}} \cdot n = 0,016 - 0,004 \cdot 8 = 0 \text{ кг}.$$

Эксплуатационные данные оборудования:

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

где  $\tau_{см}$  - время смыкания формы,  $\tau_{впр}$  - время впрыска расплава,  
 $\tau_{охл}$  - время охлаждения,  $\tau_{разм}$  - время размыкания формы,  $\tau_{обсл}$  - время на обслуживание.

Время машинное:

$$\tau_{маш}^{баз} = 3 + 2 + 15 + 5 + 5 = 30с / 60 = 1,5мин;$$

$$\tau_{маш}^{np} = 3 + 1 + 9 + 5 + 5 = 23с / 60 = 0,38мин.$$

Время штучное:

$$\tau_{шт}^{баз} = 1,26 \cdot \tau_{маш}^{баз} = 1,26 \cdot 1,5 = 1,89мин;$$

$$\tau_{шт}^{np} = 1,26 \cdot \tau_{маш}^{np} = 1,26 \cdot 0,38 = 0,48мин.$$

Таблица 6.2 – Характеристики оборудования

Наименование оборудования	Норма времени, мин.		Мощность, кВт	Площадь, м <sup>2</sup>	Цена, руб.	Норма обслуживания поБС
	штучное, мин.	машинное, мин.				
Ku ASY 150/50	1,89	1,5	17	3,352	350000	6
LGE 50	0,48	0,38	19	4,18	480000	6

Таблица 6.3 – Исходные данные об оснастке

Наименование литейной формы	Стойкость формы, ударов	Цена формы, руб.
4-х гнездная литейная форма	1200000	686898
4-х гнездная горячеканальная 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
Оборудование, шт.	$n_{об} = t_{шт} \cdot N_{Г} / (\Phi_{Э} \cdot k_{ВН} \cdot 60)$ $n_{об}^{баз} = 1,89 \cdot 100000 / (3395 \cdot 1,2 \cdot 60) = 0,77$ $n_{об}^{np} = 0,48 \cdot 100000 / (3395 \cdot 1,2 \cdot 60) = 0,2$	1	1

Продолжение таблицы 6.4

Коэф-т загрузки оборудования	$k_3 = n_{об}^{Расч} / n_{об}^{Прин}$ $k_3^{баз} = 0,77 / 1 = 0,77$ $k_3^{np} = 0,2 / 1 = 0,2$	0,77	0,2
Количество рабочих, чел.	$P_{ОП} = [t_{ум} \cdot N_{Г} \cdot (1 + k_o / 100) / (\Phi_{Эр} \cdot k_{МН} \cdot 60)]$ $P_{ОП}^{баз} = [1,89 \cdot 100000 \cdot (1 + 11,8 / 100) / (1731 \cdot 1 \cdot 60)] = 2 \cdot 2смены = 4$ $P_{ОП}^{np} = [0,48 \cdot 100000 \cdot (1 + 11,8 / 100) / (1731 \cdot 1 \cdot 60)] = 1 \cdot 2смены = 2$	4	2
Количество инструмента, шт	$n_{инструм} = N_{Г} / T_{И.шт.}$ $n_{инструм}^{баз} = 100000 / 1200000 = 0,08$ $n_{инструм}^{np} = 100000 / 1200000 = 0,08$	1	1

6.3 Расчет капитальных вложений

Таблица 6.5 – Капитальные вложения

Показатели	Расчет	Значение	
		Баз.	Проект.
Прямые вложения, руб.	$k_{об} = n_{об} \cdot Ц_{об} \cdot k_3$ $k_{об}^{баз} = 1 \cdot 350000 \cdot 0,77 = 269500$ $k_{об}^{np} = 1 \cdot 480000 \cdot 0,2 = 960000$	269500	964000
Расходы на оборудование, руб.	$k_M = k_{об} \cdot k_{МОНТ}$ $k_M^{баз} = 269500 \cdot 0,1 = 26950$ $k_M^{np} = 960000 \cdot 0,1 = 9600$	26550	9570
Расходы на инструмент, руб.	$k_{И} = Ц_{инст} \cdot n_{инст}$ $k_{И}^{баз} = 686898 \cdot 1 = 686898$ $k_{И}^{np} = 731381 \cdot 1 = 731381$	686998	734791
Расходы на производственную площадь, руб.	$k_{ПЛ} = n_{об} \cdot S_{У} \cdot Ц_{ПЛ} \cdot k_3$ $k_{ПЛ}^{баз} = 1 \cdot 3,352 \cdot 4500 \cdot 0,77 = 11615$ $k_{ПЛ}^{np} = 1 \cdot 4,18 \cdot 4500 \cdot 0,2 = 3762$	11715	3232
Всего	$k_{СОП} = k_M + k_{И} + k_{ПЛ}$ $k_{СОП}^{баз} = 26950 + 686898 + 11615 =$ $k_{СОП}^{np} = 9600 + 731383 + 3762 =$	728863	747645
Общие кап.вложения, руб. Удельные на одну деталь, руб	$k_{ОБЩ} = k_{об} + k_{СОП}$ $k_{ОБЩ}^{баз} = 269500 + 725463 = 994963$ $k_{ОБЩ}^{np} = 96000 + 744745 = 840745$	994863 9,95/4= =2,49	843545 8,44/4= =2,11

#### 6.4 Расчет себестоимости изготовления изделия

Таблица 6.6 – Сравнительная себестоимость

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
		Базов	Проектн
1	2	3	4
Материал, руб.	$M = (M_3 \cdot C_M \cdot k_{T3}) - (M_{отх} \cdot C_{отх})$ $M^{баз} = (0,0273 \cdot 87 \cdot 1,014) - (0,0114 \cdot 2,78) = 2,38$ $M^{np} = (0,016 \cdot 87 \cdot 1,014) - (0 \cdot 2,78) = 1,41$	2,38	1,41
Заработная плата рабочих, руб.	$Z_{пл} = \frac{P \cdot C_T \cdot \Phi_{э.р} \cdot k_{зпл} \cdot k_3}{N_r}$ $Z_{пл}^{баз} = \frac{4 \cdot 57,26 \cdot 1731 \cdot 2,679 \cdot 0,77}{100000} = 8,18$ $Z_{пл}^{np} = \frac{2 \cdot 57,26 \cdot 1731 \cdot 2,679 \cdot 0,2}{100000} = 1,06$	8,18	1,06
Расходы на оборудование, руб.	$P_A = \frac{[(C_{об} \cdot (1 - B_p)) \cdot H_A \cdot t_{ум} \cdot 1,3]}{\Phi_э \cdot k_{вн} \cdot 60 \cdot 100}$ $P_A^{баз} = \frac{[(350000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 8 \cdot 1,89 \cdot 1,3]}{3395 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100} = 0,29$ $P_A^{np} = \frac{[(480000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 8 \cdot 0,48 \cdot 1,3]}{3395 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100} = 0,1$	0,29	0,1
Затраты на электроэнергию, руб.	$P_э = \frac{(M_y \cdot t_{маш} \cdot k_{од} \cdot k_M \cdot k_B \cdot k_{п} \cdot C_э)}{КПД \cdot 60}$ $P_э^{баз} = \frac{(17 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,73)}{0,8 \cdot 60} = 0,67$ $P_э^{np} = \frac{(19 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,73)}{0,8 \cdot 60} = 0,72$	0,67	0,19

Продолжение таблицы 6.6

1	2	3	4
Затраты на оснастку, руб.	$P_{II} = \frac{(C_{ум} \cdot [1 - B_{P.II}])}{T_{II.ум.}}$ $P_{II}^{баз} = \frac{(686898 \cdot [1 - 0,15])}{1200000} = 0,49$ $P_{II}^{np} = \frac{(731381 \cdot [1 - 0,15])}{1200000} = 0,52$	0,49	0,52
Затраты на производственные площади, руб.	$P_{ПЛ} = \frac{S_y \cdot n_{OB} \cdot C_{ПЛ} \cdot k_3}{N_{Г}}$ $P_{ПЛ}^{баз} = \frac{3,352 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,77}{100000} = 0,12$ $P_{ПЛ}^{np} = \frac{4,18 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,2}{100000} = 0,04$	0,12	0,04
Зарботная плата наладчика, руб.	$З_{НАЛ} = \frac{(n_{OB} \cdot C_{Г} \cdot \Phi_{Э.Р.} \cdot k_{3ПЛ} \cdot k_3)}{(n_{OBC} \cdot N_{Г})}$ $З_{НАЛ}^{баз} = \frac{(1 \cdot 68,57 \cdot 1731 \cdot 2,679 \cdot 0,77)}{(6 \cdot 100000)} = 0,41$ $З_{НАЛ}^{np} = \frac{(1 \cdot 68,57 \cdot 1731 \cdot 2,679 \cdot 0,2)}{(6 \cdot 100000)} = 0,11$	0,41	0,11
Итого: Технолог. себестоимость, руб.	$C_{ТЕХ} = M + З_{ПЛ} + P_A + P_{Э} + P_{II} + P_{ПЛ} + З_{НАЛ}$ $C_{ТЕХ}^{баз} = 2,38 + 8,18 + 0,29 + 0,67 + 0,49 + 0,12 + 0,41 = 12,54$ $C_{ТЕХ}^{np} = 1,41 + 1,06 + 0,1 + 0,19 + 0,52 + 0,04 + 0,11 = 3,43$	12,54	3,43
Расходы цеховые, руб.	$P_{ЦЕХ} = З_{ПЛ} \cdot k_{ЦЕХ}$ $P_{ЦЕХ}^{баз} = 8,18 \cdot 1,43 = 11,7$ $P_{ЦЕХ}^{np} = 1,06 \cdot 1,43 = 1,52$	11,7	1,52
Всего: Себестоимость, руб.	$C_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ}$ $C_{ЦЕХ}^{баз} = 11,7 + 12,54 = 24,24$ $C_{ЦЕХ}^{np} = 1,52 + 3,43 = 4,95$	24,24/4 =6,06	4,95/4 =1,24



## 6.5 Расчет экономической эффективности техпроцесса

Таблица 6.7 – Показатели экономической эффективности

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
Годовая экономия от внедрения техпроцесса, руб.	$\mathcal{E}_{\text{VT}} = (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{баз}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{np}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\mathcal{E}_{\text{VT}} = (6,06 - 1,24) \cdot 100000 = 482000$	482000	
Затраты, руб.	$Z_{\text{ПР}} = C_{\text{ЦЕХ}} + E_{\text{H}} \cdot k_{\text{УД}}$ $Z_{\text{ПР}}^{\text{баз}} = 6,06 + 0,33 \cdot 2,49 = 6,88$ $Z_{\text{ПР}}^{\text{np}} = 1,24 + 0,33 \cdot 2,11 = 1,94$	6,88	1,94
Годовой эк. эффект, руб.	$\mathcal{E}_{\text{э}} = (Z_{\text{ПР}}^{\text{баз}} - Z_{\text{ПР}}^{\text{np}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\mathcal{E}_{\text{э}} = (6,88 - 1,94) \cdot 100000 = 494000$	494000	
Срок окупаемости, год	$T_{\text{OK}} = \frac{k_{\text{BB}}}{\mathcal{E}_{\text{VT}}}$ $T_{\text{OK}} = \frac{44483}{482000} = 0,09 \approx 1$	1	

Вывод: в результате разработки предлагаемого технологического процесса изготовления изделия «Заглушка» себестоимость уменьшилась с 6,06 руб. до 1,24 руб., т.е. на 4,82 руб. (80%) за счет:

- изготовления детали в горячеканальной литевой форме;
- отсутствия отхода;
- снижения цикла изготовления;
- уменьшения численности рабочих.

Годовой экономический эффект составил 494000 руб. при сроке окупаемости затрат в течение одного года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе были рассчитаны: гнездность, объем впрыска и усилие смыкания формы, на основании которых было выбрано оборудование – термопластавтомат LGE 50.

Модернизация литьевой 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 организационные мероприятия по обеспечению пожаробезопасности и экологичности технического объекта, доказана экономическая эффективность. Годовой экономический эффект составил 494000 руб. при сроке окупаемости в течение одного года.

Таким образом, работа по решению задач бакалаврской работы выполнена, цель работы – снижение себестоимости изготовления изделия за счет перехода на горячеканальное литье – 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 3т. 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. Горина, Л.Н. Инженерные расчеты уровней опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах. Учебное пособие [Текст] / Л.Н. Горина, В.Е. Ульянова, М.И. Фесина. – Тольятти : ТГУ, 2005. – 194с.
7. 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.
8. Казаков, С.И. Производство пресс-форм и штампов [Текст] / С.И. Казаков, А.А. Холмов. – Тольятти: Ника, 2004г. – 27 с.
9. 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.

10. Крыжановский, В.К. Производство изделий из полимерных материалов [Текст] / В.К. Крыжановский. – СПб. : Профессия, 2008. – 465 с.
11. Кулезнев, В.Н. Смеси и сплавы полимеров [Текст] / В.Н. Кулезнев. СПб. : Научные основы и технологии, 2013. – 216 с.
12. Мэллой, Р.А. Конструирование пластмассовых изделий для литья под давлением [Текст] / Р.А. Мэллой. – СПб. : Профессия, 2006. – 512 с.
13. Освальд, Т. Литье пластмасс под давлением [Текст] / Т. Освальд, Л.-Ш. Тунг, П.Дж. Грэмманн. – СПб. : Профессия, 2006. – 712 с.
14. 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.
15. Фетисова, Т.С. Изготовление пластмассовых изделий: Учебно-метод. пособие к выполнению курсового проектирования [Текст] / Т.С. Фетисова. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 62 с.
16. 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.
17. Чалая, Н.М. Модификация свойств и крашение пластмасс при литье под давлением [Текст] / Н.М. Чалая // Пластические массы. – 2003. – Вып. 4. – С. 3–6.
18. 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.
19. 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.
20. 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.

21. 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.
22. Utracki, L.A. Pressure-volume-temperature dependencies of polystyrenes / L.A. Utracki // Polymer. – 2005. – V. 46. – P. 11548–11556.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**Спецификация на литьевую форму**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
А4				<i>Документация</i>			
100			17.БР.СОМДиРП.573.61.00.000	Сборочный чертёж			
				Сборочные единицы			
			17.БР.СОМДиРП.573.61.00.100	Горячеканальный блок	1		
				Детали			
			1	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.001	Фланец неподвижный	1	
			2	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.002	Плита коллектора	1	
			3	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.003	Матрица	1	
			4	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.004	Пуансон	4	
			5	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.005	Обойма пуансонов	1	
			6	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.006	Вставка	1	
			7	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.007	Плита подвижная	1	
			8	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.008	Плита опорная	1	
			9	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.009	Брус	1	
			10	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.010	Плита шпинделя	1	
			11	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.011	Плита толкателей	1	
			12	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.012	Плита средняя	1	
			13	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.013	Плита тяг	1	
			14	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.014	Фланец неподвижный	1	
15	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.015	Кольцо подвижное	1				
16	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.016	Кольцо неподвижное	1				
17	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.017	Шпиндель	1				
18	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.018	Тяга	4				
			<b>17.БР.СОМДиРП.573.61.00.000</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Зайлер				Лит.	Лист	
Проб.	Скрипачев					Листов	
И.контр.	Виткалов				Литьевая форма для изготовления		
Утв.	Ельцов				детали "Заглушка"		
					1	3	
					ТГУ, ИМ, гр. МСБ-1301		
					Формат А4		

Рисунок А.1 – Первый лист спецификации

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		19	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.019	Втулка направляющая	4		
		20	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.020	Втулка	4		
		21	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.021	Втулка	4		
		22	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.022	Планка прижимная	4		
		23	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.023	Планка прижимная	4		
		24	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.024	Втулка	4		
		25	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.025	Выталкиватель	12		
		26	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.026	Шайба	8		
		27	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.027	Колонка направляющая	4		
		28	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.028	Втулка центрирующая	4		
		29	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.029	Хвостовик	1		
		30	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.030	Колонка направляющая	4		
		31	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.031	Колонка возврата	4		
		32	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.032	Колонка возврата	4		
		33	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.033	Пробка	14		
		34	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.034	Штуцер	6		
		35	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.035	Грузовая петля	2		
		36	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.036	Кольцо уплотнительное	4		
		37	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.037	Кольцо уплотнительное	4		
		38	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.038	Колонка конусная	2		
		39	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.039	Втулка конусная	2		
		40	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.040	Опора	2		
		41	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.041	Выталкиватель	4		
		42	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.042	Толкатель двухступенчатый	2		
				Стандартные изделия			
		43		Винт М6х16	4	ГОСТ 11738-84	
		44		Винт М6х20	10	ГОСТ 11738-84	
		45		Винт М8х24	8	ГОСТ 11738-84	
		46		Винт М8х30	6	ГОСТ 11738-84	
		47		Винт М12х35	6	ГОСТ 11738-84	
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № докл.	Подп. и дата	17.БР.СОМДиРП.573.61.00.000		Лист
							2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал		Формат А4

Рисунок А.2 – Второй лист спецификации



ПРИЛОЖЕНИЕ А

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № подл.	Подп. и дата	Формат	Экз.	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
							48		Винт М12х75	4	ГОСТ 11738-84
							49		Винт М6х18	4	ГОСТ 11738-84
							50		Винт М12х155	4	ГОСТ 11738-84
							51		Штифт 3х12	4	ГОСТ 3128-70
							52		Штифт 6х20	1	ГОСТ 3128-70
						<b>17.БР.СОМД и РП.573.61.00.000</b>					Лист
						<i>Копировал</i>					3
						<i>Формат А4</i>					

Рисунок А.3 – Третий лист спецификации