

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 литейной формы для изготовления детали «Заглушка переднего бампера»

Студент(ка)	<u>А.В. Чапоргин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>П.Н. Шенбергер</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 Чапоргин Александр Владимирович

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

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

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: _____

программа выпуска 100000 шт/год, _____ материал:

Топлен М-122, черный 901.

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. Кинематическая схема оборудования (А1). 4. Литьевая форма (разрез – А1). 5. План подвижной полуформы (А1). 6. План неподвижной полуформы (А1).

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.Н. Шенбергер
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись) А.В. Чапоргин
(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 Чапоргина Александра Владимировича
 по теме Разработка технологического процесса и литьевой формы для изготовления детали «Заглушка переднего бампера»

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	10.04.2017	выполнено	
3. Выбор оборудования и средств автоматизации.	17.04.2017	20.04.2017	выполнено	
4. Разработка конструкции литьевой формы.	02.05.2017	08.05.2017	выполнено	
5. Безопасность и экологичность проекта.	10.05.2017	15.05.2017	выполнено	
6. Экономическая часть.	15.05.2017	20.05.2017	выполнено	
7. Разработка чертежей.	29.05.2017	01.06.2017	выполнено	
8. Подготовка доклада и презентации.	02.06.2017	08.06.2017	выполнено	

Руководитель выпускной квалификационной работы

Задание принял к исполнению

 (подпись) **П.Н. Шенбергер**
 (И.О. Фамилия)

 (подпись) **А.В. Чапоргин**
 (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Бакалаврская работа посвящена разработке технологического процесса и литейной формы для изготовления изделия «Заглушка переднего бампера».

В процессе разработки нового технологического процесса были проведены расчеты по определению количества гнезд в форме и необходимого объема впрыска, рассчитаны энергосиловые параметры процесса литья, по которым выбрано оборудование – термопластавтомат Siger Classic 60S (B). Разработка литейной формы для изготовления детали заключалась в следующем:

- 1) расчеты на прочность и выбор на основании этих расчетов материалов деталей формы;
- 2) расчет количества и проектирование расположения литниковых и газоотводящих каналов;
- 3) расчет системы охлаждения и удаления изделий с литником из формы;
- 4) расчет максимального давления в полости, которое необходимо для полного оформления детали; расчет толщины стенки матрицы и исполнительных размеров матрицы и пуансона.

Спроектированы мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности технического объекта, а также проведено его экономическое обоснование.

ANNOTATION

Bachelor's work is devoted to the development of the technological process and the mold for the production of the "Blind front bumper" product.

In the process of developing a new technological process, calculations were carried out to determine the number of nests in the form and the required injection volume, and the energy-strength parameters of the casting process were calculated, according to which the equipment was chosen – the Siger Classic 60S (B) injection molding machine. The development of the injection mold for the manufacture of the component consisted of the following:

- 1) calculations for strength and selection on the basis of these calculations of the materials of the mold parts;
- 2) calculation of the number and design of the location of the sprue and gas outlets;
- 3) calculation of the cooling system and removal of products with a sprue from the mold;
- 4) calculation of the maximum pressure in the cavity, which is necessary for the complete registration of the part; calculation of the wall thickness of the matrix and the effective dimensions of the matrix and punch.

Measures have been designed to ensure the safety and environmental compatibility of the technical facility, as well as its economic justification.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
АННОТАЦИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.....	9
1.1. Анализ технологичности детали	9
1.2. Анализ базовой технологии изготовления детали	11
1.3. Выявление недостатков базовой технологии	11
1.4. Задачи бакалаврской работы	11
2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ.....	14
2.1. Схема предлагаемого технологического процесса изготовления детали	14
2.2. Определение первоначальной гнездности и объема отливки для заполнения гнезд.....	16
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. Выбор средств автоматизации, основные характеристики, описание работы	22
4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ	26
4.1. Состав, конструкция и работа литейной формы.....	26
4.2. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы.....	30
4.3. Определение числа и расположения элементов системы литейной формы	32
4.3.1. Система литниковых каналов	32
4.3.2. Система вентиляционных каналов	35

4.3.3. Система термостатирования.....	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.....	45
5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	44
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	62
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	65

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. Особое внимание уделяется надежности и стабильности литьевых форм, которые должны окупаться длительным сроком службы. Надежность и долговечность в свою очередь зависят как от конструкции самой формы и режима ее обслуживания, так и от материалов, из которых изготовлены ее элементы, а также их термической и механической обработки. «Многообразие изделий из пластмасс чрезвычайно велико, только, в нашей стране их ассортимент включает в себя более миллиона наименований; их потребители – практически все отрасли народного хозяйства и каждый человек в отдельности. В последние десятилетия переработка пластмасс в изделия интенсивно развивается не только в химической промышленности, но и в других отраслях. В связи с этим уже возникла, и еще очень долго будет сохраняться, большая потребность в квалифицированных специалистах – конструкторах изделий и формующего инструмента для их изготовления. В изделия сосредоточены результаты усилий конструкторов, материаловедов, технологов, механиков, метрологов, организаторов производства» [4]. Бакалаврская работа посвящена разработке технологического процесса и проектированию литьевой формы для изготовления детали «Заглушка переднего бампера». Целью бакалаврской работы является снижение себестоимости изготовления изделия за счет экономии материала.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Анализ технологичности детали

Форма и размеры полимерных изделий оказывают большое влияние на конструкцию литейной формы, от которой в свою очередь зависят качественные показатели изделий. Следовательно, конструировать изделие необходимо одновременно с анализом его на технологичность.

Требования к технологическому процессу литья сводятся к следующим:

- необходимо стремиться к такому заполнению полости расплавом, чтобы обеспечить его равномерное течение;
- проектировать процесс, обеспечивающий точность изготовления деталей;
- уменьшать внутренние напряжения в изделиях, их коробление;
- стремиться к снижению цикла изготовления детали.

Требования к конфигурации пластмассовых изделий:

- 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 усложняет и не удорожает 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.

Деталь «Заглушка переднего бампера», представленная на рисунке 1.1 отвечает выше перечисленным требованиям. Таким образом, проведя анализ геометрии детали «Заглушка переднего бампера», можно сделать вывод о том, что деталь технологична.

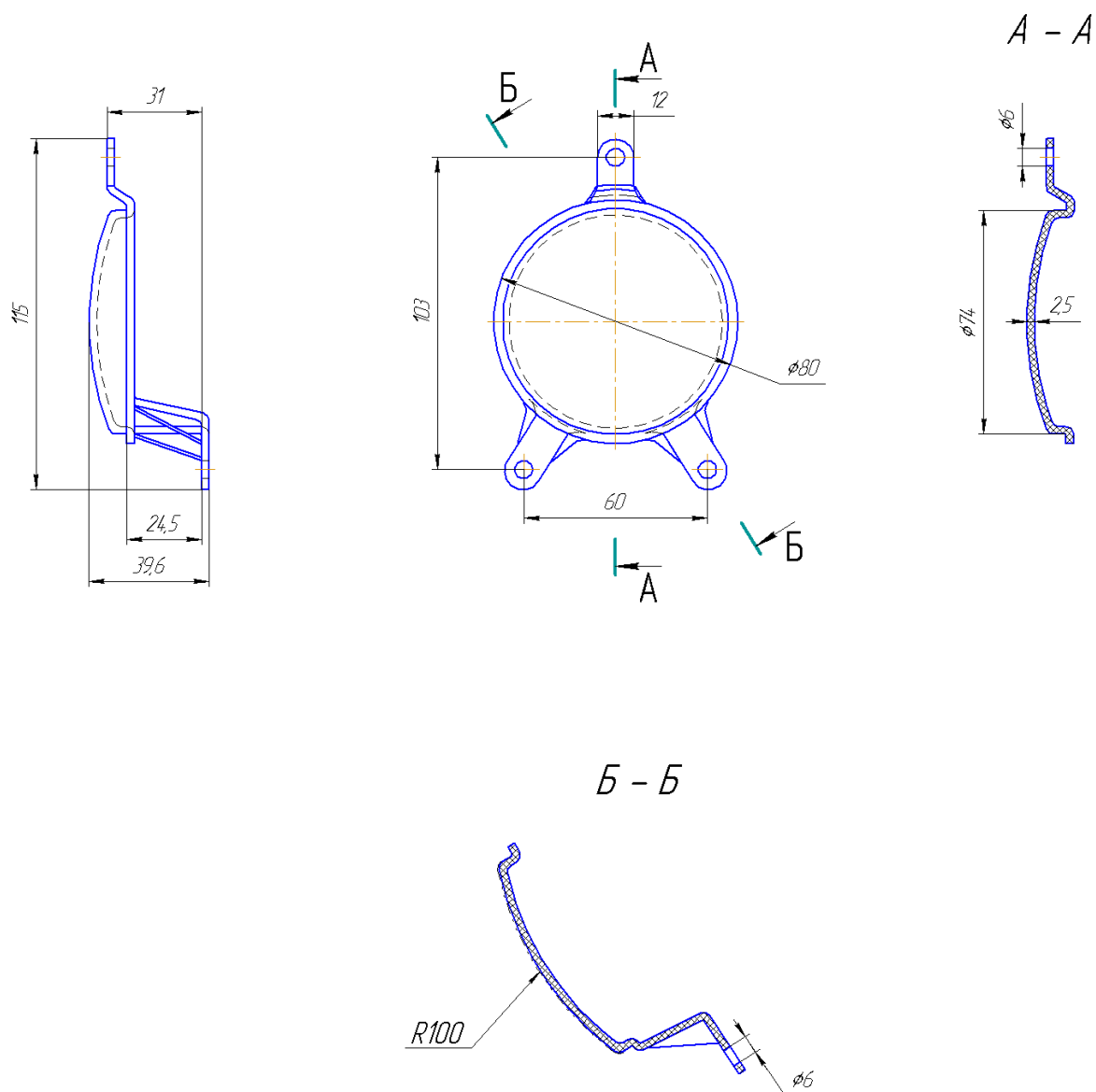


Рисунок 1.1 – Заглушка переднего бампера

1.2 Анализ базовой технологии изготовления детали

В базовом варианте технологический процесс представляет собой литье под давлением двух деталей «Заглушка переднего бампера» толщиной 3 мм за цикл, что соответствует рисунку 1.2, на оборудовании KuASY 630/160.

Схема базового варианта техпроцесса представлена на рисунке 1.3.

1.3 Выявление недостатков базовой технологии

Базовый вариант технологического процесса имеет недостаток: нерациональное использование материала в условиях отсутствия динамических и статических нагрузок на деталь и, как следствие, увеличенное время цикла литья. Кроме того, литье под давлением деталей, толщиной 3 мм и более, приводит к возникновению в изделиях остаточных температурных напряжений, и в дальнейшем – к растрескиванию изделий при эксплуатации.

1.4 Задачи бакалаврской работы

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

- 1) разработать технологический процесс изготовления детали «Заглушка переднего бампера»;
- 2) рассчитать основные параметры и элементы систем литьевой формы;
- 3) рассчитать энергосиловые параметры процесса литья;
- 4) на основании расчетов выбрать оптимальное оборудование для изготовления изделия;
- 5) экономически обосновать разработанный технологический процесс изготовления изделия;

б) проанализировать технический объект на предмет безопасности и экологичности.

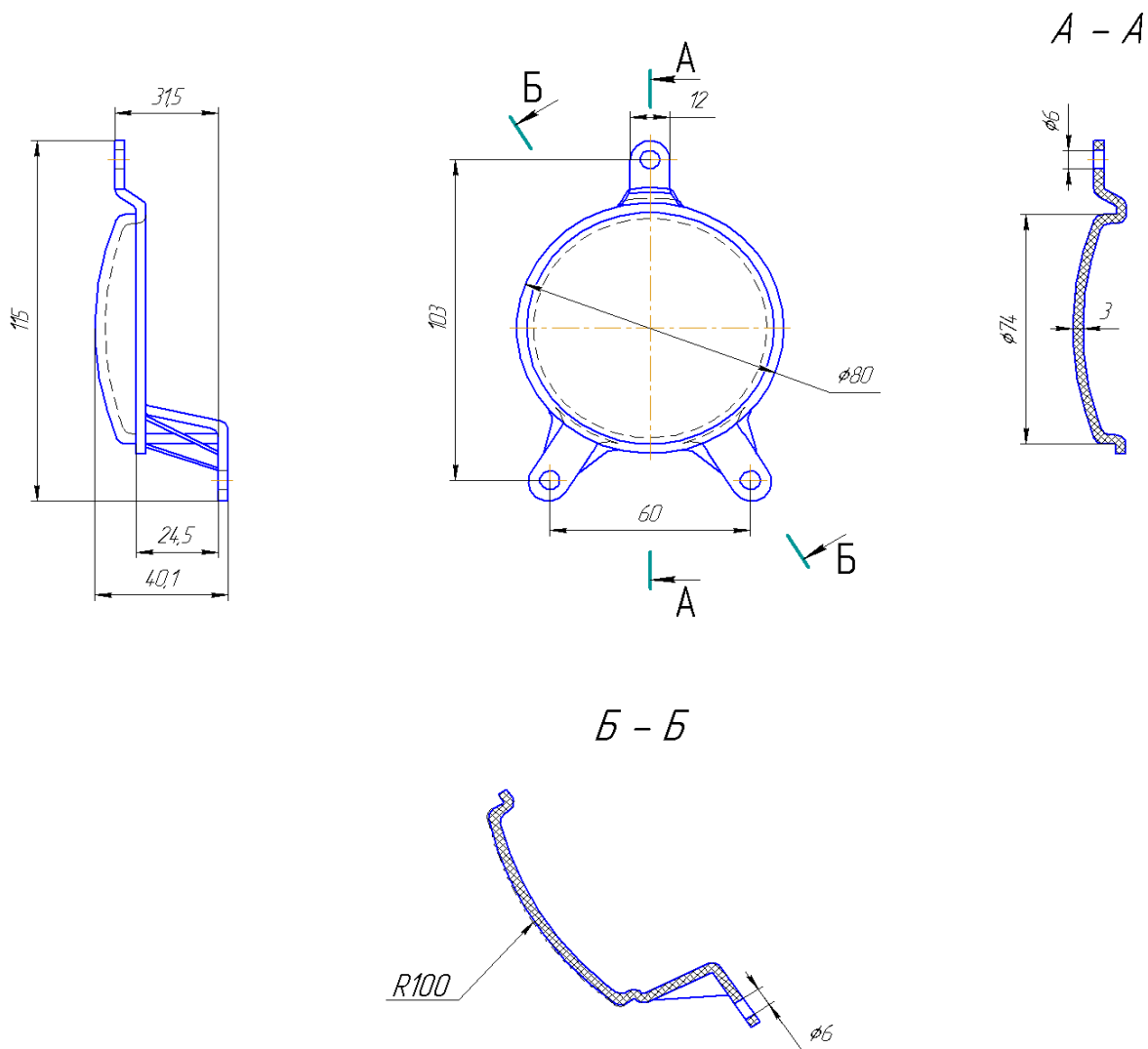


Рисунок 1.2 – Чертеж базовой детали «Заглушка переднего бампера»

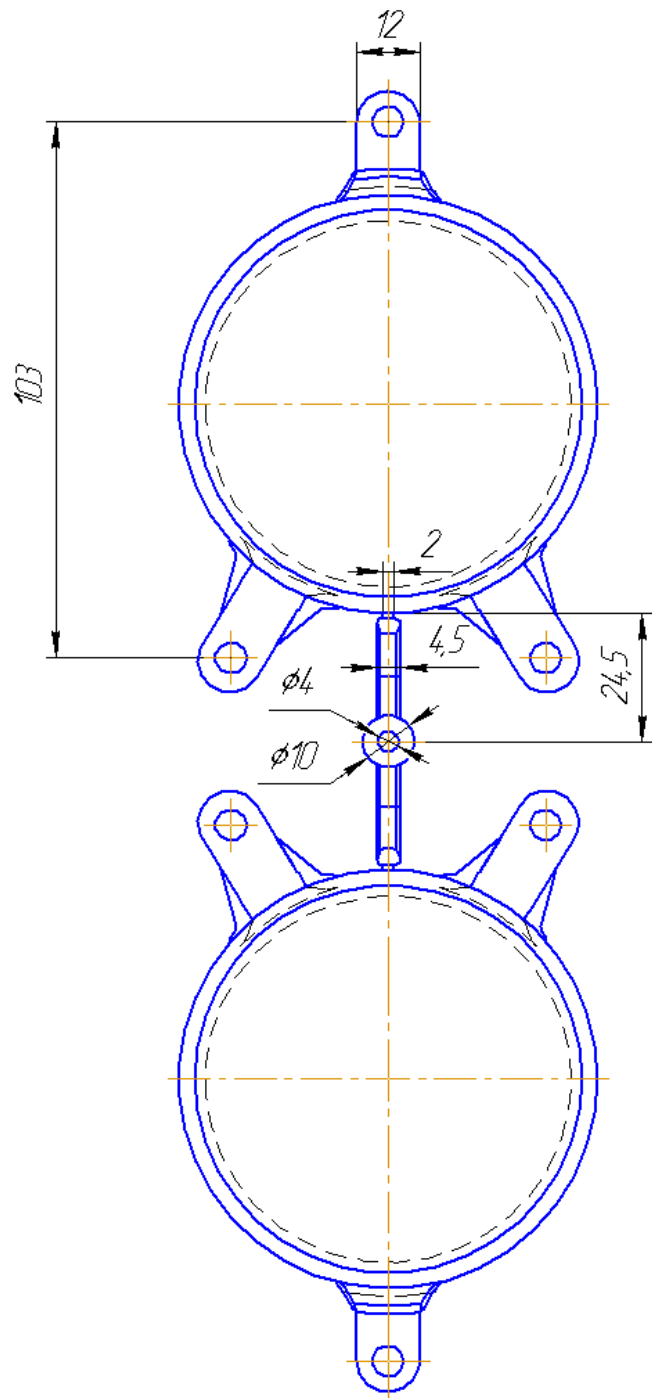


Рисунок 1.3 – Схема базового техпроцесса изготовления изделия

2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

2.1 Схема предлагаемого технологического процесса изготовления детали

В предлагаемом варианте техпроцесса изготовления детали, представленной на рисунке 2.1, предложено изменить толщину изделия с 3мм до 2,5 мм.

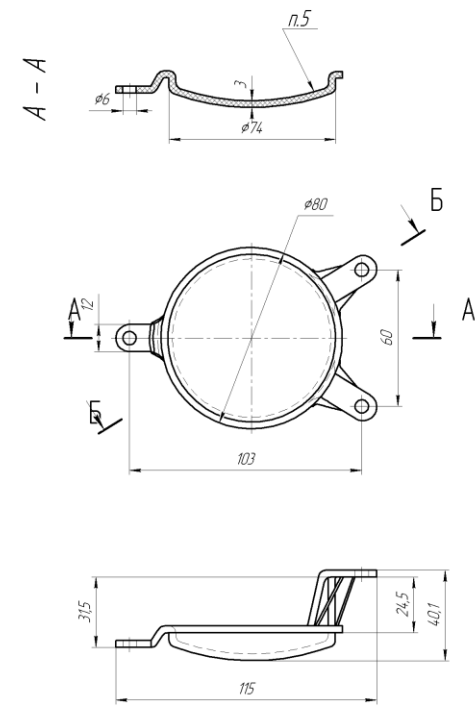
Цикл литья изделия под давлением представлен следующим образом. Полимер в виде гранул или порошка подается в цилиндр литьевой машины, где происходит его пластикация. Затем сопло подводится к сомкнутой форме и расплав впрыскивают в форму. После того как расплав затвердеет во впускном канале, сопло литьевой машины отводится, форма раскрывается и изделие с литником удаляется на провал. Последней операцией изготовления детали является отделение литника от изделия.

Изготовление детали «сопровождается процессами, происходящими:

- 1) в цилиндре литьевой машины;
- 2) непосредственно в литьевой форме;
- 3) вне формы – после извлечения изделия» [14].

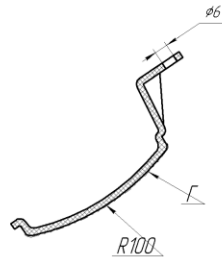
В материальном цилиндре термопластавтомата полимер нагревается до температуры литья. Данная операция является предварительной операцией при литье под давлением. «Кроме нагревания необходимо обеспечить хорошую пластикацию материала» [14]. «Пластикация материала – это его размягчение за счет нагревания до перехода в вязко-тягучее состояние, а также его уплотнение и гомогенизация» [14]. Нагревание и пластикация обычно осуществляются в нагревательных цилиндрах литьевой машины.

Базовый технологический процесс



Характеристики детали:
 масса 22,8 г
 толщина 3 мм
 Материал изделия:
 полилен М-122, черный 901

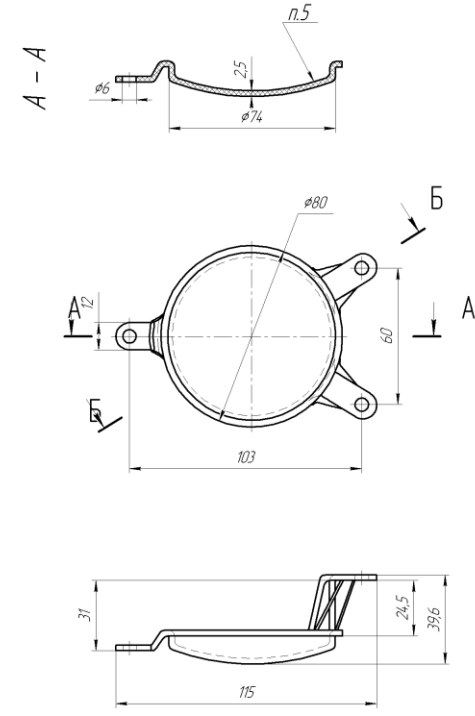
Б - Б



Термопластавтомат KIASY 630/160
 Характеристики оборудования:

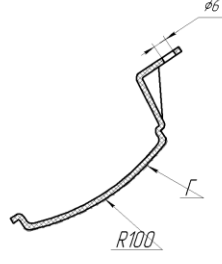
$Q_0=72 \text{ см}^3$
 $A_0=0,00195 \text{ кг/с}$
 $W_0=2,1 \text{ см}^3/\text{с}$
 $P_0=510 \text{ кН}$

Предлагаемый технологический процесс



Характеристики детали:
 масса 19 г
 толщина 2,5 мм
 Материал изделия:
 полилен М-122, 901 черный

Б - Б



Термопластавтомат Siger Classic 60S (B)
 Характеристики оборудования:

$Q_0=63 \text{ см}^3$
 $A_0=0,0025 \text{ кг/с}$
 $W_0=2,6 \text{ см}^3/\text{с}$
 $P_0=510 \text{ кН}$

1. Неуказанные литейные радиусы 0,5 мм
2. Неуказанные литейные уклоны 0°30'
3. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-с
4. На поверхности Г не допускается наличие следов литника, толкателей и разъемной пресс-формы
5. Маркировать обозначение изделия, условное обозначение материала PP/PE-EPDM, товарный знак завода-изготовителя и дату изготовления

Рисунок 2.1 – Сравнительный анализ технологических процессов

В литьевой форме происходит формование изделия, образовывается структура материала, полимер уплотняется вследствие охлаждения и усадки. «При заполнении литниковых каналов и полостей слои, прилегающие к охлаждаемым стенкам формы, застывают. Относительное перемещение внутренних слоев вызывает на их границах напряжения сдвига и дезориентацию макромолекул в направлении течения материала, что в свою очередь создает в расплаве ориентационные напряжения. После заполнения оформляющей полости поступление расплава в форму не прекращается. Под нарастающим давлением происходит досылка в полость дополнительных порций материала для восполнения уменьшающегося объема вследствие охлаждения и уплотнения отливки. При застывании материала во впускном канале доступ расплава в оформляющую полость прекращается. По мере охлаждения расплава давление в форме снижается. Остаточное давление вызывает в изделиях остаточные напряжения. При охлаждении без давления происходит усадка изделия, создающая возможность беспрепятственного извлечения его из полости» [13].

После извлечения детали из формы происходит свободная усадка, а также коробление детали, связанное с перераспределением внутренних напряжений.

2.2 Определение первоначальной гнздности и объема отливки для заполнения гнзд

Первоначально гнздность определяем, исходя из массы изготавливаемого изделия.

Объем изделия:

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

где $m = 0,019 \text{ кг}$ – масса изделия;

ρ - плотность материала изделия;

$\rho = 950 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – для материала топлён М-122, чёрный 901.

$$V_{\text{изд}} = \frac{0,019}{950} = 0,00002 \text{ м}^3 = 20 \text{ см}^3.$$

$$m_{\text{изд}} = G_{\text{изд}} = 19 \text{ г} \Rightarrow n_0 = 10 \text{ [10]}.$$

Учитывая расположение литниковой системы на плите литьевой формы, конструктивно назначаем число гнезд $n_0 = 2$.

Объём отливки Q_0 :

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

где $V_{\text{изд}}$ – объём детали, см^3 ;

$k_1 = 1,1$ – «коэффициент, учитывающий объём литниковой системы в расчёте на объём одного изделия» [10];

$\beta_1 = 0,7$ – коэф. исп. машин.

$$Q_0 = \frac{2 \cdot 20 \cdot 1,1}{0,7} \approx 63 \text{ см}^3.$$

2.3 Определение энергосиловых параметров процесса литья

Расчёт энергосиловых параметров сводится к определению пластикационной производительности, времени охлаждения и усилию смыкания.

Пластикационная производительность A_0 :

$$A_0 = \frac{G_u \cdot n_0 \cdot k_1}{\tau_{\text{охл}}}, \quad (2.3)$$

где $G_{\text{изд}} = 0,019 \text{ кг}$ – масса детали;

$n_0 = 2$ – количество гнезд;

$k_1 = 1,1$ – коэффициент, учитывающий объём литников;

$\tau_{\text{охл}}$ – время охлаждения детали, с ;

$$\tau_{\text{oxl}} = \frac{0,405}{a} \cdot \left(\frac{\delta}{2}\right)^2 \cdot \left(\ln 1,27 - \ln \frac{t_k - t_\phi}{t_n - t_\phi}\right), \quad (2.4)$$

где a – «температуропроводность полимера, $\frac{M^2}{c}$; принимаем $a = 0,86 \cdot 10^{-7} \frac{M^2}{c}$ »

[10];

$\delta = 0,0025m$ – толщина детали;

t_ϕ – «температура формы при литье, 0C ; принимаем $t_\phi = 70^0C$ » [10];

t_n – «температура расплава в зоне сопла, 0C ; принимаем $t_n = 270^0C$ » [10];

$$t_k = (8...25)^0C + t_\phi;$$

$$t_k = (8...25)^0C + 70^0C = 95^0C;$$

$$\tau_{\text{oxl}} = \frac{0,405}{0,86 \cdot 10^{-7}} \left(\frac{0,0025}{2}\right)^2 \cdot \left(\ln 1,27 - \ln \frac{95 - 70}{270 - 70}\right) \approx 17(c)$$

$$A_0 = \frac{0,019 \cdot 2 \cdot 1,1}{17} \approx 0,0025 \frac{K^2}{c};$$

Скорость впрыска полимера:

$$W_0 = \frac{A_0}{\rho}, \quad (2.5)$$

$$W_0 = \frac{0,0025}{950} = 2,6 \cdot 10^{-6} \frac{M^3}{c} = 2,6 \frac{CM^3}{c}.$$

Усилие запираания P_0 :

$$P_0 = q \cdot F_{np} \cdot n_0 \cdot k_2 \cdot k_3, \text{кН}; \quad (2.6)$$

где $q = 32MПа$ – давление полимера в оформляющих гнездах;

F_{np} – площадь проекции изделия на плоскость разъема литьевой формы, m^2 ;

$F_{np} = 5735mm^2 = 5735 \cdot 10^{-6} m^2$; $k_2 = 1,11$ – коэффициент, учитывающий литниковую систему в проекции на плоскость разъема формы; $k_3 = 1,25...1,11$ – коэффициент, учитывающий использование максимального усилия запираания формы.

Тогда: $P_0 = 32 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 5735 \cdot 10^{-6} \cdot 1,11 \cdot 1,25 \approx 510кН$.

3 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1 Выбор типоразмера оборудования и его основные технические характеристики

Выбираем термопластавтомат по параметрам Q_0, W_0, P_0 : Siger Classic 60S

(В). Основные технические характеристики приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Технические характеристики термопластавтомата Siger Classic 60S (В)

Параметры	Значение параметра
Диаметр шнека машины, мм	28
Объем отливки, см ³	77
Давление литья в цилиндре, МПа	160
Скорость впрыска расплава полимера, см ³ /с	121
Усилие смыкания литьевой формы, кН	600
Высота формы, мм:	
– максимальная	300
– минимальная	120
Максимальное расстояние между плитами машины, мм	565
Ход подвижной плиты, мм	265
Максимальный плиты толкателей, мм	125
Расстояние между колоннами машины, мм:	
– по горизонтали	310
– по вертикали	310
Размеры рабочей поверхности плиты ТПА, мм	450×450

Перерасчет гнездности с учетом номинальных характеристик термопластавтомата:

1. гнездность в зависимости от объемом отливки:

$$n_Q = \frac{\beta_1 \cdot Q_u}{V_u \cdot k_1} = \frac{0,7 \cdot 323}{20 \cdot 1,1} = 10 \quad (3.1)$$

2. гнездность в зависимости от пластикационной производительности:

$$n_A = \frac{W_u \cdot \rho_m \cdot \tau_{охл}}{k_1 \cdot G_u} = \frac{245 \cdot 10^{-6} \cdot 950 \cdot 17}{1,1 \cdot 0,019} = 189 \quad (3.2)$$

3. гнездность в зависимости от усилия запираия формы:

$$n_P = \frac{P_u}{q \cdot F_{np} \cdot k_2 \cdot k_3} = \frac{1000 \cdot 10^3}{32 \cdot 10^6 \cdot 5735 \cdot 10^{-6} \cdot 1,11 \cdot 1,25} = 3, \quad (3.3)$$

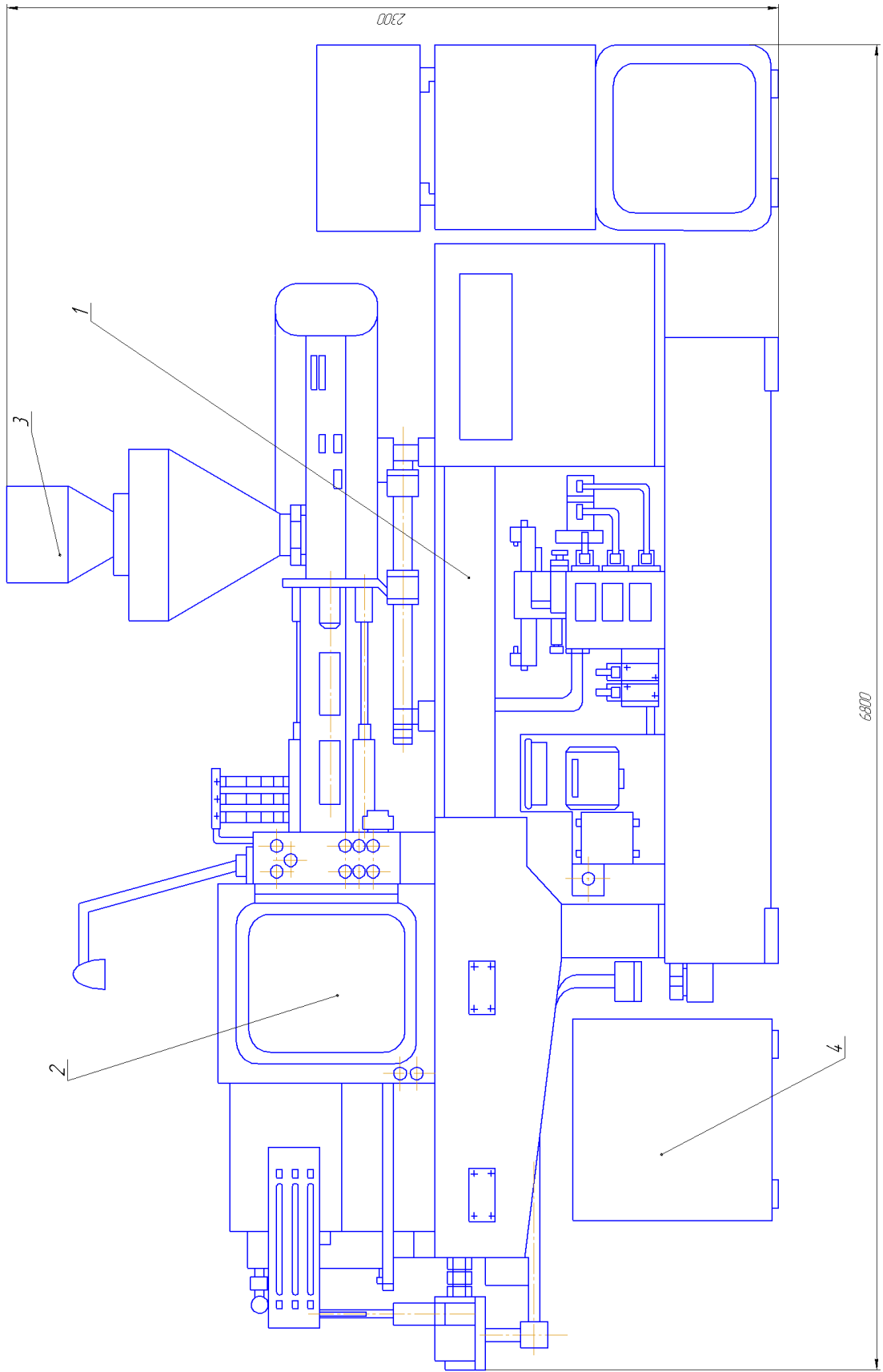
Принимаем минимальное четное значение гнездности: $n_0 = 2$.

$$n_{\min} \leq n_F = \frac{0,5 \cdot F_{нл}}{F_{np}} = \frac{0,5 \cdot 0,40 \cdot 0,40}{5735 \cdot 10^{-6}} = 13 - \text{условие выполняется.}$$

Комплекс оборудования, представленный на рисунке 3.1, состоит из отдельных элементов (см. приложение А):

- 1) непосредственно ТПА;
- 2) литьевая форма;
- 3) загрузочный бункер;
- 4) устройство для удаления изделий.

Термопластавтомат Siger Classic 60S (B) «является горизонтальной машиной колонного типа с разъемом литьевых форм в вертикальной плоскости, с гидромеханическим приводом узла смыкания и гидравлическим впрыском» [4].



1 – термопластавтомат, 2 – литевая форма, 3 – загрузочное устройство, 4 – приемная тара

Рисунок 3.1 – Термопластавтомат Siger Classic 60S (B)

3.2 Выбор средств автоматизации, основные характеристики, описание работы

«Основа автоматизации – это автоматизированные, обеспечивающие автоматизированное управление технологическими процессами по заданным технологическим и технико-экономическим критериям при участии персонала, и автоматические (без вмешательства персонала) системы управления технологическими процессами. Автоматизированные системы управления повышают уровень организации производства, позволяют обслуживающему персоналу оперативно регулировать технологические процессы на оборудовании и их оптимизировать (изделия получаются высокого качества со стабильными показателями).

Литьевая машина с автоматическим управлением технологическими параметрами комплектуется устройствами, позволяющими стабилизировать параметры или стадии процесса на заданном уровне или устанавливать оптимальное сочетание параметров по заданному критерию качества изделий. В первом случае система управления включает приборы стабилизации, но не предусматривает обратной связи по качеству изделий. Во втором случае основная задача сводится к созданию алгоритма и системы управления с обратной связью по качеству изделий. Такой подход существенным образом влияет и на формирование требований к объекту управления» [14].

Расчет средств автоматизации

Диаметры гидроцилиндров рассчитываются в зависимости от расчетного усилия смыкания:

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

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

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

P_0 – расчетно усилие смыкания, $P_0 = 510 \text{ кН}$.

Следовательно:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot p}{P_0 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,4 \cdot 10^6}{510 \cdot 10^3 \cdot \pi}} = 1 \text{ м} = 100 \text{ см}. \quad (3.5)$$

Усилие необходимое соплу машины для перемещения:

$$P_{\text{расч.}} = F_c \cdot p, \quad (3.6)$$

где F_c – площадь контакта поверхностей сопла и формы:

$$F_c = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4}, \quad (3.7)$$

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

Отсюда:

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

Тогда:

$$P_{\text{расч.}} = 0,0079 \cdot 0,4 \cdot 10^6 = 3200 \text{ Н} = 3,2 \text{ кН}.$$

Известно, что:

$$P_{\text{расч.}} = 2 \cdot p \cdot F_u, \quad (3.8)$$

где F_u – площадь сечения гидроцилиндров, $F_u = \frac{\pi \cdot d_u^2}{4}$.

Следовательно:

$$d_u = \sqrt{\frac{4 \cdot F_u}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{расч.}}}{2 \cdot p \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot \pi}} = 0,071 \text{ м} = 71 \text{ мм}. \quad (3.9)$$

Допускаемое напряжение:

$$[\sigma] = P_{\text{расч.}} \cdot 2 \cdot F_u, \quad (3.10)$$

где F_u – площадь сечения штока в цилиндре, $F_u = \frac{\pi \cdot d_u^2}{4}$;

$[\sigma] = 200 \text{ МПа}$ для стали 20Х.

Тогда диаметр штока:

$$d_w = \sqrt{\frac{4 \cdot F_w}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{расч.}}}{2 \cdot [\sigma] \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot \pi}} = 0,0032 \text{ м} = 3,2 \text{ мм}. \quad (3.11)$$

Исходя из конструкторских соображений. принимаем диаметр штока равным 6 мм.

Площадь поперечного сечения кольца гидроцилиндра:

$$F_k = \frac{\pi \cdot (d_u^2 - d_w^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (0,071^2 - 0,006^2)}{4} = 0,004 \text{ м}^2 = 4000 \text{ мм}^2. \quad (3.12)$$

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 литьевой форме осуществляется с помощью гидроцилиндров 10, а сам впрыск полимера – с помощью гидроцилиндров 11.

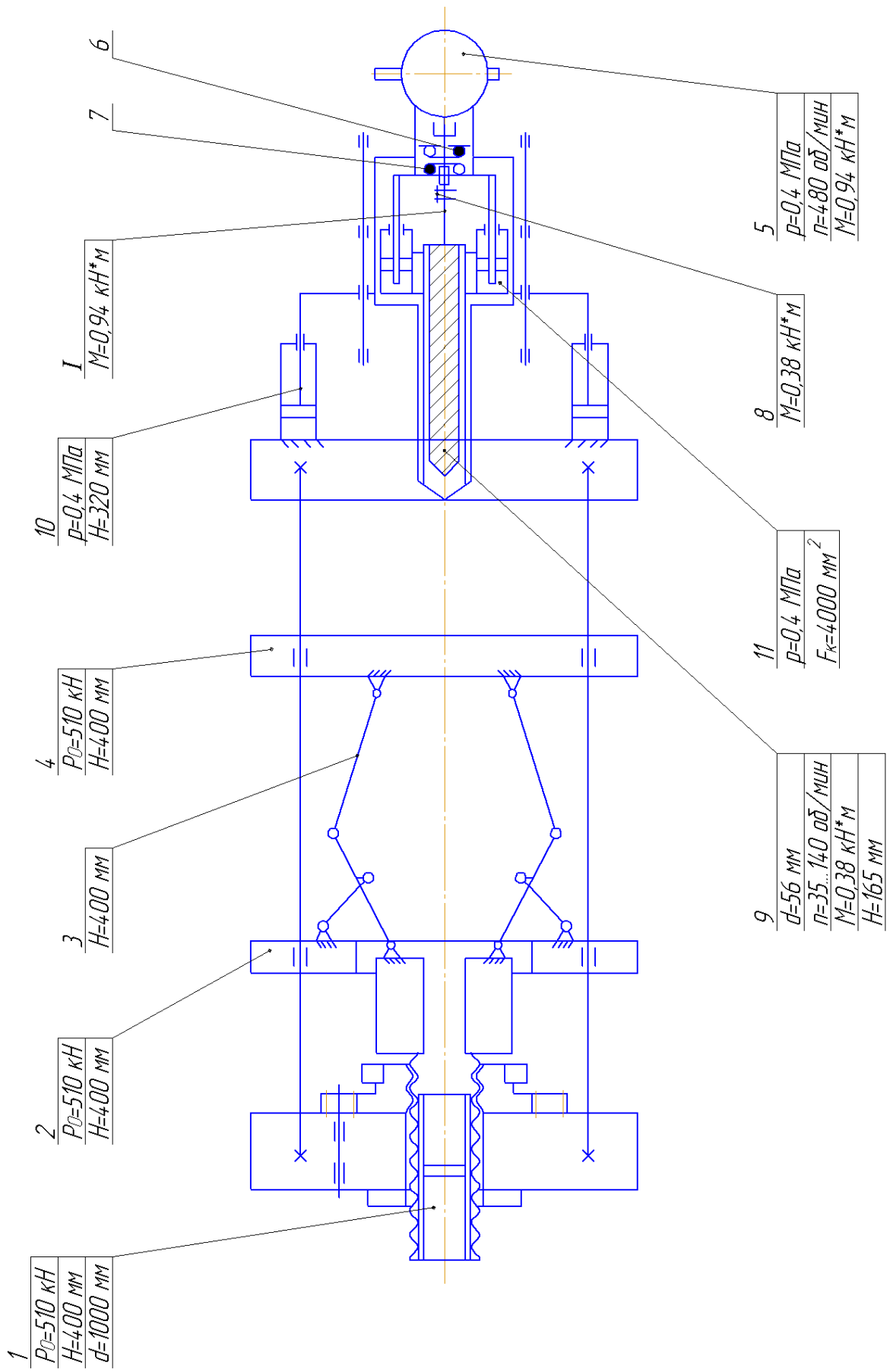


Рисунок 3.2 – Кинематическая схема оборудования

4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ

4.1 Состав, конструкция и работа литейной формы

«Конструкцию литейной формы можно разделить на следующие основные системы:

- 1) система размещения, установки и крепления литейных форм;
- 2) система литниковых каналов;
- 3) система газоотводящих каналов;
- 4) система оформляющих деталей;
- 5) система центрирования;
- 6) система охлаждения и регулирования температуры формы;
- 7) система удаления отливок из литейной формы;
- 8) система перемещения деталей формы» [13].

«Система размещения, установки и крепления литейных форм» включает несущие и крепежные детали формы и элементы взаимного крепления ее деталей, учитывая максимальные размеры плит и формы по площади и толщине. Эта система определяет конструктивную взаимосвязь формы и машины. От ее конструкции зависит возможность встройки частей полуформ в соответствующие полости плит машин, перемещение и установку сопел, запорных кранов и системы удаления изделий, конструкцию элементов, обеспечивающих безопасный подъем и крепление форм к плитам машин различных конструкций» [14].

Установка и крепление литейных форм на литейные машины производится подъемными средствами с помощью рым болтов, которые устанавливаются на каждой полуформе. Обычно полуформы устанавливают в сомкнутом состоянии, сцентрированные на направляющих колонках и втулках.

Крепление литейных форм должно обеспечивать безопасность работы и надежность. Полуформы крепятся к литейной машине за счет Т – образных пазов, которые выполнены в подвижном и неподвижном фланце.

Система литниковых каналов служит для передачи расплавленного материала в оформляющие гнезда формы. Конструкция литниковой системы должна быть такова, чтобы полимер достигал гнезд с минимальными потерями давления и температуры. Литниковая система существенно влияет на качественные показатели детали, расход полимера, производительность процесса литья, и, как следствие, себестоимость продукции.

Система газоотводящих (вентиляционных) каналов служит для отвода воздуха из полости и литниковых каналов. Отвод воздуха необходим, потому что в противном случае газы проникают в массу расплава. Воздух сжимается давлением расплава и создает противодействие, препятствующее полному оформлению изделия (недолив изделия). При этом температура воздуха достигает 300-400⁰С, что выше температуры горения полимера, поэтому происходит обугливание полимера и на изделии могут появиться дефекты в виде темных пятен. помимо прочего оставшийся воздух в форме или выделившийся газ может раствориться в отливке, что приведет к деформации изделия и снизит его прочность.

«Система оформляющих деталей охватывает детали форм, на которых расположены оформляющие поверхности, приходящие в соприкосновение с расплавом: пуансоны, матрицы, стационарные и перемещающиеся детали, съемные и вставные детали (знаки), оформляющие поверхности выталкивателей» [14].

«Система центрирования предназначена для предотвращения смещения осей оформляющих деталей формы. Она включает элементы центрирования полуформ, направляющие колонки и втулки оформляющих деталей и деталей системы удаления и отверстия под них, центрирующие штифты и отверстия для них, отверстия и пазы под вставные пуансоны, матрицы и оформляющие знаки, опорные поверхности стационарных деталей, отверстия под литниковую втулку в плите матрицы и неподвижном фланце» [15] .

Система термостатирования формы. Назначение системы заключается в обеспечении равномерного охлаждения изделий, поддержания необходимого режима охлаждения, учитывать теплофизические свойства как материалов деталей формы, так и полимеров, и хладагентов. «Система термостатирования охватывает каналы охлаждения на деталях формы и специальных деталях, служащих для расположения каналов охлаждения и присоединения шлангов, уплотняющие детали и канавки для их размещения, обеспечивающие герметизацию каналов, а также специальные устройства для подогрева и терморегулирования охлаждающей жидкости внутри и вне формы» [4].

«Система удаления отливок из литейной формы предназначена для извлечения изделий и литников из матриц и литниковых каналов, сталкивания их с пуансонов, сброса отливки через люк машины в приемную тару. При этом учитываются усилия, необходимые для удаления отливок из формы и их воздействие на изделия» [4]. Система включает поверхности, образующие камеру для деталей, выталкиватели, а также детали и узлы, возвращающие систему в исходное положение.

«Система перемещения деталей формы предназначена для перемещения подвижных относительно корпуса формы оформляющих деталей. Она обеспечивает перемещение деталей, совпадающие и не совпадающие по направлению с рабочим движением литейной машины» [14].

Литейная форма, представленная на рисунке 4.1, состоит из подвижной и неподвижной полуформ. В неподвижной полуформе расположены (см. приложение Б): 1 – фланец неподвижный, 2 – обойма матриц, 3 и 4 – матрицы, 16 – втулка литниковая, 53 – колонка возврата. В подвижной полуформе расположены: 12 – фланец подвижный, 5 – обойма пуансонов, 6 и 7 – пуансоны, 29 – хвостовик; 35, 36 и 37 – выталкиватели. При закрытой пресс-форме происходит впрыск расплава через сопло, литниковую втулку 16, дальше по разветвляющим каналам в полость. Затем происходит выдержка расплавленного материала под давлением. После застывания и охлаждения

материала в оформляющей полости, литевая форма открывается. При перемещении подвижного фланца по колонкам возврата перемещается обойма пуансонов, в то время как выталкиватели остаются на месте. При достижении плиты опорной 8 плиты выталкивателей 10 начинается движение выталкивателей, и изделие удаляется напровал с литником из матрицы.

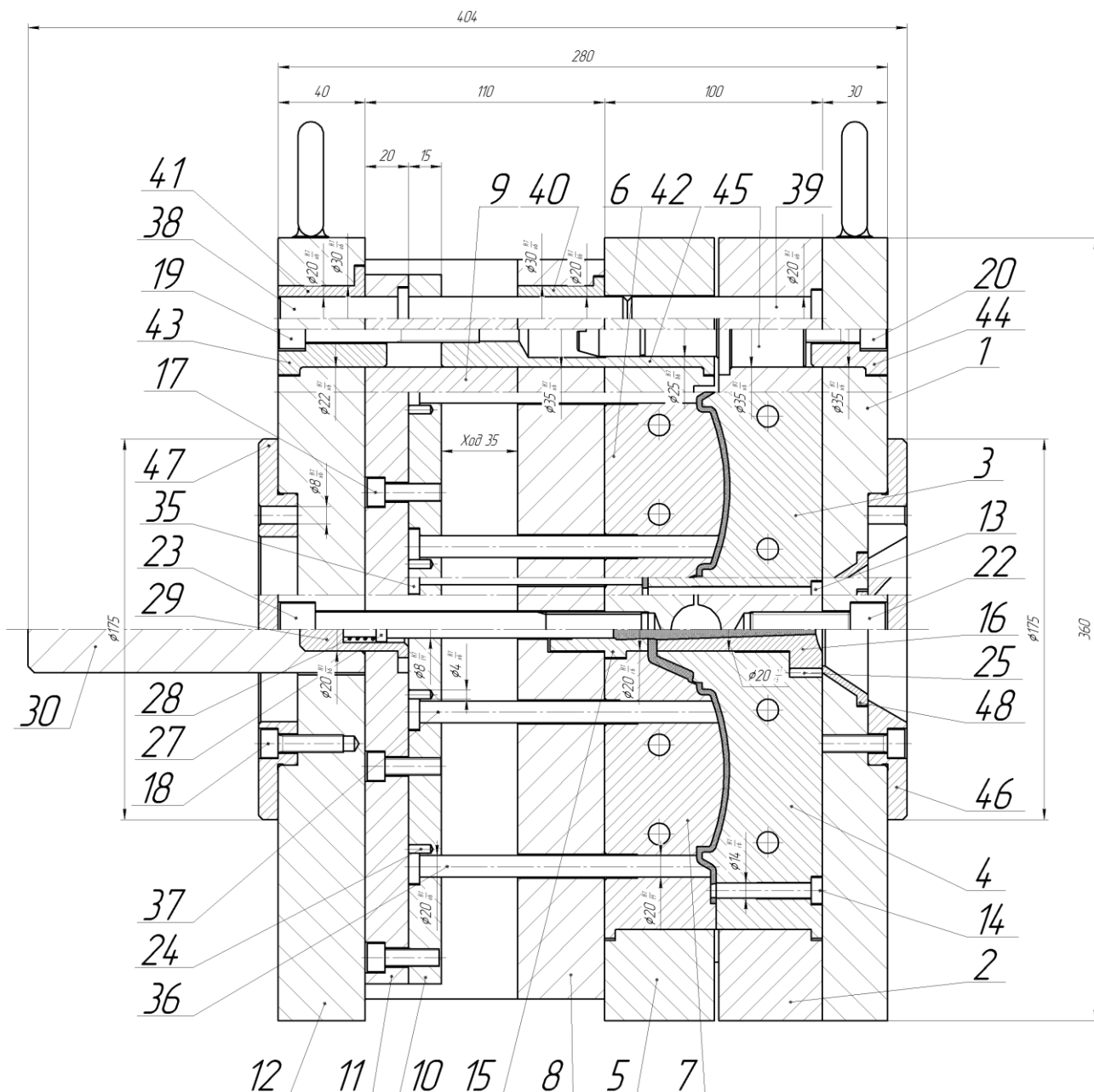


Рисунок 4.1 – Конструкция литевой формы

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

Расчет выталкивателей на прочность ведем, исходя из максимального усилия, действующего на них. На выталкиватели действует усилие от давления литья и усилие сталкивания. Максимальное усилие находим путем сравнения этих двух усилий.

Усилие от давления пластмассы:

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

где q – давление в оформляющем гнезде, для топлен $q = 32 \text{ МПа}$;

F – площадь поперечного сечения толкателей:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot m}{4} = \frac{\pi \cdot 0,01^2 \cdot 12}{4} = 0,000942 \text{ м}^2. \quad (4.2)$$

Следовательно:

$$P_q = 32 \cdot 0,000942 = 30,2 \text{ кН}.$$

Усилие сталкивания (усилие размыкания) определяется как десять процентов от усилия смыкания:

$$P_{\text{разм}} = 0,1 \cdot P_H = 0,1 \cdot 1000 = 100 \text{ кН}. \quad (4.3)$$

$$P_q < P_{\text{разм}}$$

Следовательно, максимальным будет усилие размыкания, по которому и производится расчет толкателей на прочность:

$$P_{\text{max}} = P_{\text{разм}} = 100 \text{ кН} = 0,1 \text{ МН}.$$

Расчет толкателей на сжатие:

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

где F – площадь поперечного сечения толкателей;

$[\sigma_{\text{сж}}]$ – «допускаемое напряжение сжатие толкателей; $[\sigma_{\text{сж}}] = 200 \text{ МПа}$ для материала 40Х» [10].

Следовательно:

$$\sigma_{сж} = \frac{0,1}{0,000942} = 106,2 \text{ МПа} < 200 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.

Для ответственных и оформляющих деталей, таких как матрицы, пуансоны, направляющие колонки и втулки материалом назначаем сталь 4Х5МФС (твердость 50HRC); для остальных деталей формы – сталь 40Х (твердость 60HRC).

4.3 Определение числа и расположения элементов системы литьевой формы

4.3.1 Система литниковых каналов

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

В общем виде литниковая система включает в себя три элемента:

- 1) центральный литниковый канал;
- 2) разводящий канал;
- 3) впускные каналы.

Конфигурацию и размеры литникового канала необходимо выбирать так, чтобы температура и скорость течения расплава были достаточными для заполнения оформляющей полости. При этом давление расплава было достаточным для уплотнения материала отливки на стадии выдержки под давлением.

Центральный литник должен иметь достаточно большое сечение, возрастающее с увеличением вязкости материал расплава и толщины стенки изделия. Однако размеры его не должны быть слишком велики так это ведет к увеличению времени охлаждения, лишнему расходу материала и может ухудшить внешний вид изделия.

Разводящий канал во всех случаях необходимо к уменьшению его длины иначе это ведет лишнему расходу материала, потери давления, а так же к появлению ориентационных напряжений в изделии. Оптимальной является круглое сечение» [13].

Разводящие каналы необходимо проектировать в форме так, что обеспечить одинаковые условия заполнения гнезд расплавом. Часто используется рядное расположение гнезд.

«Литниковая система должна обеспечивать поступление расплава полимера в оформляющую полость формы с минимальными потерями температуры и давления после пластицирующего цилиндра литьевой машины. Литниковая система решающим образом влияет на качество изготавливаемого изделия, расход материала, производительность процесса. Неправильно спроектированная литниковая система является причиной повышенных напряжений в изделии, его коробления, образования на поверхности изделия следов течения материала, неполного заполнения формообразующей полости, неравномерной усадки материала» [14].

Расчет впускных каналов предполагает расчет характеристического размера изделия:

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

где S_u – площадь всей поверхности изделия, $S_u = 139,8 \text{ см}^2$;

$$H = \frac{2 \cdot 20}{139,8} = 0,286 \text{ см} = 2,86 \text{ мм}.$$

Глубина впускного канала:

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

где a – постоянная, зависящая от материала [8]; $a = 0,7$ – топлен М-122;

$$h = 0,7 \cdot 2,86 = 2 \text{ мм}.$$

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 сводится к определению диаметра на входе расплава в литниковую втулку и выходе из нее.

Диаметр на входе:

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

где Q_0 – объем отливки, см^3 ;

v – «средняя скорость течения материала в литниковой втулке, $\frac{\text{см}}{\text{с}}$;

$$v = 300 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right) \gg [10];$$

τ – «время впрыска, с ; $\tau = 2(\text{с})$ » [10];

$$d_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{63}{3,14 \cdot 300 \cdot 2}} = 0,4\text{см} = 4\text{мм}.$$

Диаметр на выходе полимера из литниковой втулки и длину втулки выбираем в зависимости от рассчитанного диаметра на входе:

$$d_2 = 7,7\text{мм}; \alpha = 3^0; L = 70\text{мм} [10]$$

Выбираем стандартную втулку по ГОСТ 22077-76 [8].

Втулка №0602-0493 стандартная по ГОСТ 22077-76, представленная на рисунке 4.2, имеет следующие характеристики:

$$L = 75\text{мм}, D = 40\text{мм}, d = 20\text{мм}, d_1 = 4,5\text{мм}, l = 12\text{мм}, m = 0,24\text{кг} [14].$$

Определяем размеры разводящих каналов.

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

$$d_1 = 3,5\text{мм}.$$

Площадь поперечного сечения канала определим по формуле:

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 3,5^2}{4} = 9,6\text{мм}^2. \quad (4.8)$$

Так как канал представляет собой прямоугольное сечение, то

$$F = \frac{a \cdot b}{2} = 9,6 \text{ мм.}$$

Отсюда принимаем:

- 1) глубина канала $a = 4 \text{ мм}$,
- 2) ширина канала $b = 4,5 \text{ мм}$,
- 3) длина канала $l = 24,5 \text{ мм}$.

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 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 вентиляционного канала на одном гнезде:

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

где f – «коэффициент, зависящий от времени впрыска, $f = 9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{мм}^2}{\text{см}^3}$ »

[10];

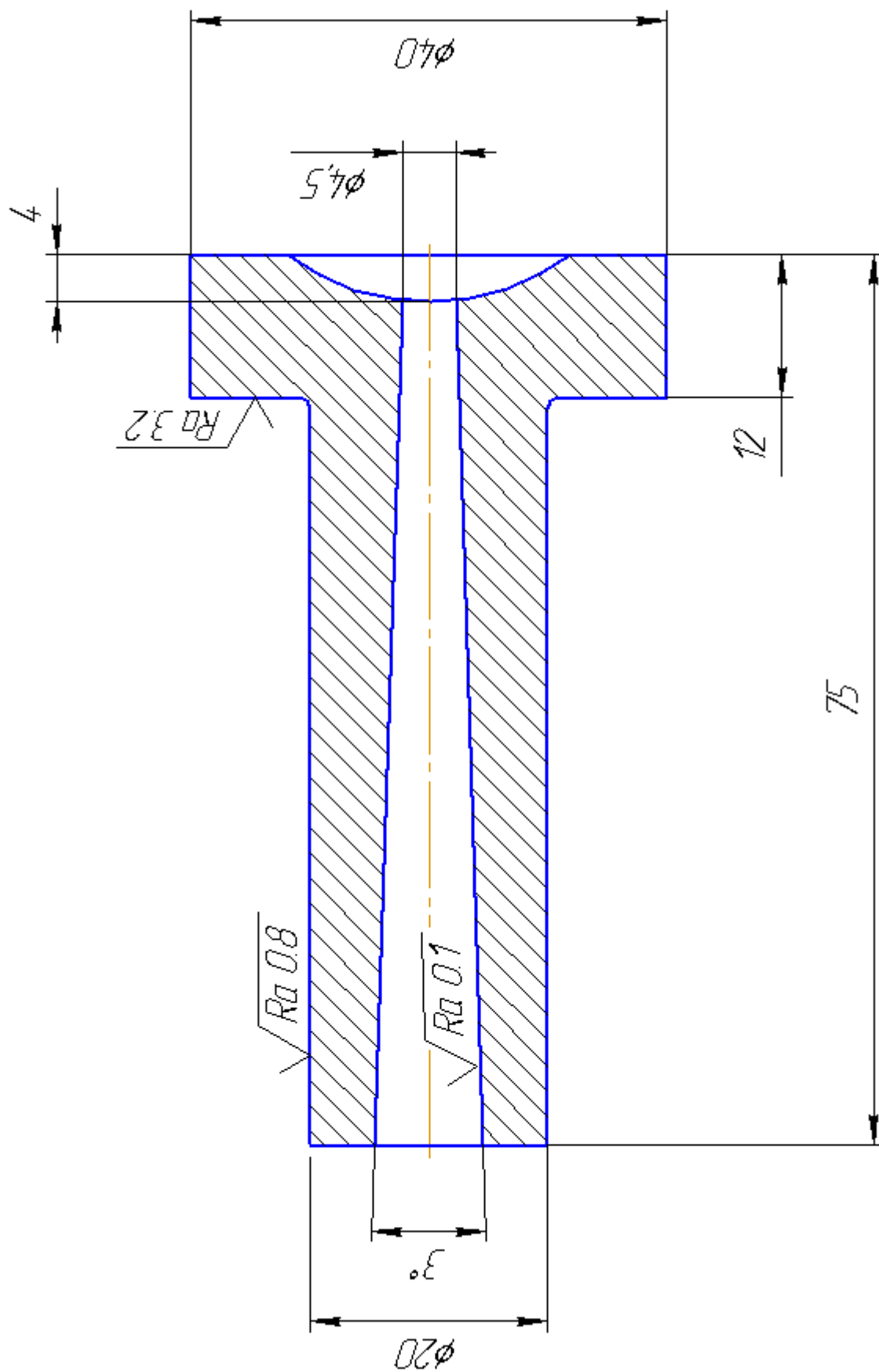


Рисунок 4.2 – Втулка литниковая

V_z – объем гнезда, $см^3$:

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

X_{cp} – среднее значение усадки материала, % [10]; $X_{cp} = 2,5\%$.

$$V_z = 20 \left(1 + \frac{2,5}{100} \right) = 20,5 см^3;$$

$$F = 9 \cdot 10^{-3} \cdot 20,5 = 0,185 мм^2.$$

Общая ширина каналов на одном гнезде:

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

где e – глубина канала, $мм$, $e = 0,05 мм$.

$$B = \frac{0,185}{0,05} = 3,7 мм.$$

Число каналов на одном гнезде определяется по формуле:

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

где n – число гнезд.

$$b = \frac{3,7}{2} \approx 1,23 мм.$$

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

4.3.3 Система термостатирования

Количество теплоты, которое материал должен отдать хладагенту за время одного цикла:

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

где C_m – «удельная теплоемкость материала изделия, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$,

$$C_m = 1,92 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}} \quad [10];$$

G_u – масса детали;

t_n – температура полимера в зоне сопла, $^{\circ}\text{C}$; $t_n = 270^{\circ}\text{C}$;

t_ϕ – температура литьевой формы, $^{\circ}\text{C}$; $t_\phi = 70^{\circ}\text{C}$;

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

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

$$\frac{t_{cp} - 70}{270 - 70} = \frac{8}{3,14^2} \exp\left(-\frac{3,14^2}{4} \cdot \frac{0,86 \cdot 10^{-7} \cdot 17}{0,019^2}\right);$$

$$\frac{t_{cp} - 70}{200} = 0,56;$$

$$t_{cp} = 200 \cdot 0,56 + 70 = 182^{\circ}\text{C}.$$

$$Q_m = 1,92 \cdot 10^3 \cdot 0,019 \cdot (270 - 182) = 3210,2 \text{ Дж}.$$

Количество теплоты, которое хладагент должен забрать от полимера:

$$Q_x = C_x \cdot g_x (t_{ввх} - t_{вх}) \quad (4.15)$$

где C_x – «удельная теплоемкость хладагента (воды), $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$, $C_x = 4,18 \cdot 10^3$

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}} \gg [10];$$

$(t_{ввх} - t_{вх})$ – разница между температурой охлаждающей жидкости на входе и на выходе из формы, принимаем ($3 \dots 4^{\circ}\text{C}$);

g_x – расход воды, кг;

$$Q_x = 4,18 \cdot 10^3 \cdot g_x \cdot 3 = 12540 g_x$$

Тепловой баланс цикла: $Q_m = Q_x$

$$3210,2 = 12540 g_x \Rightarrow g_x = 0,26 \text{ кг}$$

Расход воды, проходящей через каналы в матрице:

$$g_X^M = g_X \cdot \frac{F_M}{F_{общ}} \quad (4.16)$$

где $F_{общ}$ – общая площадь поверхностей оформляющих деталей;

$$F_{общ} = 141,6 \text{ см}^2;$$

$$F_M = 84,96 \text{ см}^2;$$

$$g_X^M = 0,26 \cdot \frac{141,6}{84,96} = 0,43 \text{ кг}.$$

Диаметр охлаждающих каналов:

$$d_K = 1,13 \sqrt{f_K} \quad (4.17)$$

где f_K – площадь сечения канала, м^2 :

$$f_K = \frac{g_X^M}{\rho_X \cdot \tau_{ц} \cdot \omega} \quad (4.18)$$

где ρ_X – «плотность хладагента, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $\rho_X = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ » [10];

$\tau_{ц}$ – продолжительность цикла, с :

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

где $\tau_{зан}$ – продолжительность запираания формы, с ; $\tau_{зан} = 3\text{с}$;

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

τ_n – время на обслуживание литейной формы, с ; $\tau_n = 5\text{с}$;

$$\tau_{ц} = 3 + 17 + 5 + 5 + 2 = 32\text{с}.$$

ω – скорость течения воды по охлаждающим каналам, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$; $\omega = 0,5 \dots 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;

$$f_K = \frac{0,43}{1000 \cdot 32 \cdot 1} = 0,000013 \text{ м}^2;$$

$$d_K = 1,13 \sqrt{0,000013} = 0,004 \text{ м} = 4 \text{ мм}.$$

Принимаем охлаждающие каналы в матрице $d_K = 10 \text{ мм}$.

Расход хладагента через пуансон:

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

$$F_{\Pi} = 56,64 \text{ см}^2;$$

$$g_X^m = 0,26 \cdot \frac{141,6}{84,96} = 0,65 \text{ кг}.$$

$$f_k = \frac{0,65}{1000 \cdot 32 \cdot 1} = 0,00002 \text{ м}^2;$$

Диаметр охлаждающего канала:

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

Принимаем охлаждающие каналы в пуансоне $d_k = 10 \text{ мм}$.

4.3.4 Система удаления изделий и литника из формы

Системы 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. Для удаления и сталкивания изделий применяются двенадцать выталкивателей диаметром 10мм.

Усилие сталкивания одной детали определяется по формуле:

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

где d – диаметр толкателя, м;

δ – толщина детали, м;

m – количество толкателей;

$[\tau]$ – «допускаемое напряжение сдвига, МПа;

$$[\tau] = (0,5 - 0,6) \cdot [\sigma] = (0,5 - 0,6) \cdot 200 = 100 \text{ МПа} \text{ » [10].}$$

$$P_n = 3,14 \cdot 0,01 \cdot 0,0025 \cdot 12 \cdot 100 \cdot 10^3 = 94,2 \text{ кН}.$$

$$P_{\text{разм}} = 0,1 \cdot P_n = 0,1 \cdot 1000 = 100 \text{ кН}.$$

$94,2 \text{ кН} < 100 \text{ кН}$ – 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:

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

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

P_{\max} – максимальное давление в оформляющем гнезде, МПа;

$$a = \frac{29 \cdot 10^6 \cdot 0,08}{3 \cdot 10^8} = 0,0077 \text{ м} = 7,7 \text{ мм}.$$

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

$$P_{\max} = 22 \cdot 1,1 \cdot 1,05^{1,1} \cdot 1,03^{\frac{115}{80}} = 29 \text{ МПа}.$$

где p_m – давление, зависящее от толщины детали S и отношения длины к толщине $\frac{L}{S}$, МПа; $p_m = 22 \text{ МПа}$ [10];

$K_m = 1,1$ – «коэффициент, зависящий от материала отливки» [10];

$K_l = 1,05$ – «коэффициент, учитывающий объем литниковой системы» [10];

d_n – диаметр пальцевого канала, мм; $d_n = 3,1 \text{ мм}$ [10];

d_m – диаметр точечного литника, мм; $d_m = 1,1 \text{ мм}$ [10];

$K_k = 1,03$ – коэффициент конфигурации изделия» [10];

A – длина детали, мм; $A = 115 \text{ мм}$;

B – ширина детали, мм; $B = 80 \text{ мм}$.

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.

Для матрицы, которая оформляет наружные поверхности детали, исполнительные размеры:

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

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

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

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

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

$$L_{.m} = \left[115 \left(1 + \frac{2,5}{100} \right) - 0,2 \right]^{+0,087} = 117,675^{+0,087} \text{ мм.}$$

$$H_{.m} = \left[80 \left(1 + \frac{2,5}{100} \right) - 0,19 \right]^{+0,074} = 81,81^{+0,074} \text{ мм.}$$

$$M_{.m} = \left[74 \left(1 + \frac{2,5}{100} \right) - 0,19 \right]^{+0,074} = 75,66^{+0,074} \text{ мм.}$$

Для пуансонов, которые оформляют внутренние поверхности детали, исполнительные размеры:

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

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

$$L_n = \left[115 \left(1 + \frac{2,5}{100} \right) + 0,2 \right]_{-0,087} = 118,075_{-0,087} \text{ MM},$$

$$H_n = \left[37,1 \left(1 + \frac{2,5}{100} \right) + 0,16 \right]_{-0,062} = 38,1875_{-0,062} \text{ MM}.$$

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

5.1 Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций

Производство литья пластмасс под давлением располагается в отдельном корпусе, где находятся склад материала, склад готовых деталей, механизированный склад заготовок для литьевых форм, лаборатории контроля качества изготавливаемой продукции. «В корпусе размещены также вспомогательные цехи: цех изготовления литьевых форм, цех ремонта оборудования и инструмента, цех транспортно – складских операций. Отдельно, вне корпуса, находятся отделения по переработке отходов, модельный цех, компрессорная станция, два бытовых корпуса и административное здание» [6].

В корпусе действует общеобменная вентиляция, которая обеспечивает смену воздуха во всем помещении, и местная вентиляция, которая обеспечивает обмен воздуха в местах образования вредных выбросов.

Деталь изготавливается на участке литья, где находится термопластавтомат Siger Classic 60S (B). Термопластавтомат обслуживается одним рабочим. Планировка участка литья представлена на рисунке 7.1.

5.2 Идентификация опасных и вредных производственных факторов разрабатываемого производственного объекта

«Опасные факторы, имеющие место в технологическом процессе, могут привести к производственному травматизму» [5]. Вредные факторы, вызванные работой оборудования и пр., могут привести к профзаболеваниям.

Все «опасные и вредные производственные факторы классифицированы на следующие группы: физические, химические, биологические и психофизиологические» [5].

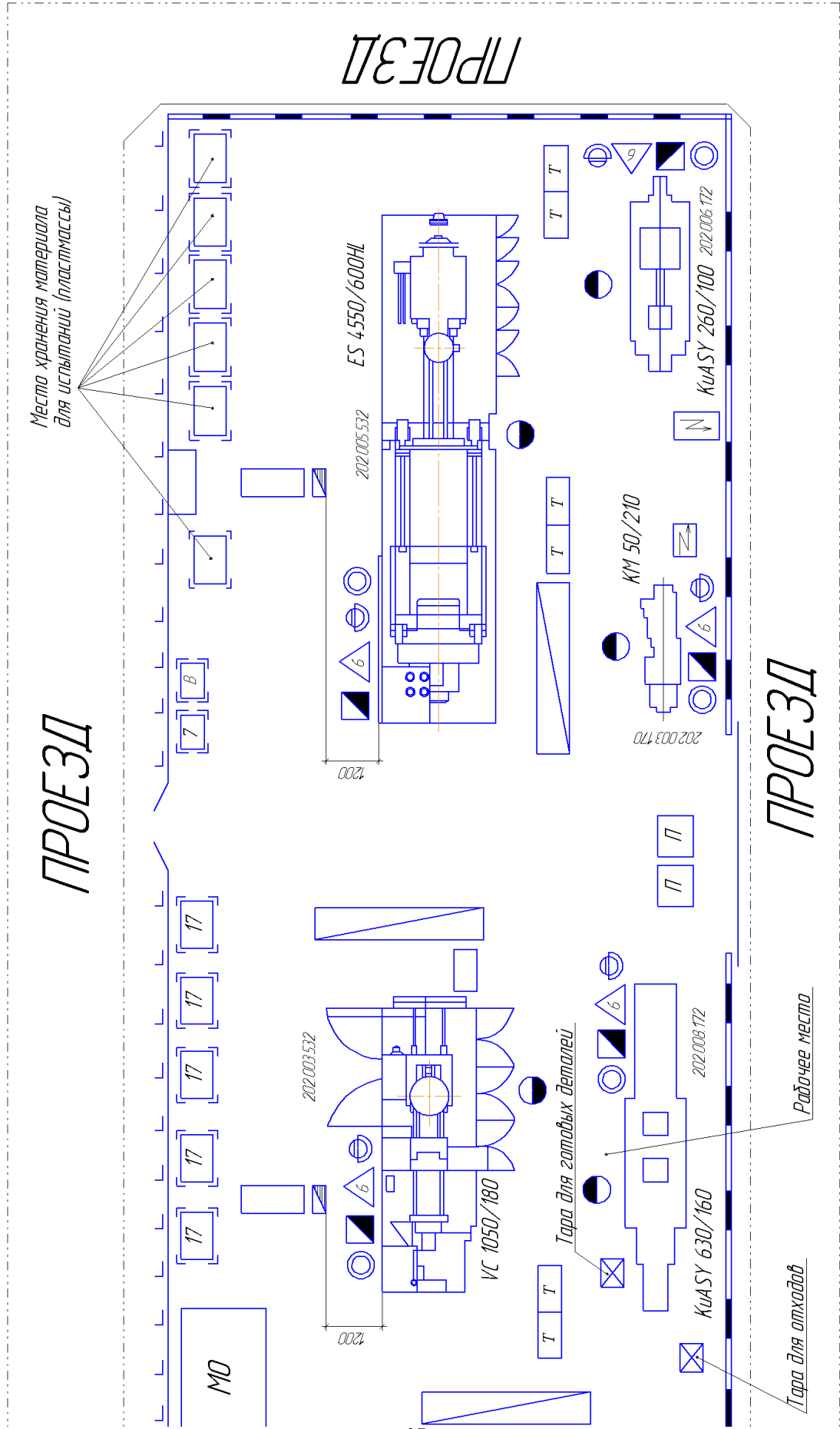


Рисунок 7.1 – Участок литья

Таблица 5.1 – Оборудование, инструменты для производственного участка, рабочего места

Наименование оборудования, инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментом
Термопластавтомат	Литье пластмасс под давлением: – загрузка материала; – нагрев полимера; – подача его в форму; – формование изделия; – охлаждение; – удаление изделия из формы.
Ножи технологические и бокорезы	Отделение литников от деталей
Тара для готовых деталей	Хранение готовых деталей
Тара для отходов	Хранение отходов (литников)
Поддон для заготовок	Хранение заготовок (материал для отливок)
Стеллаж	Хранение дополнительного оборудования
Тумба инструментальная	Хранение технологического инструмента

Идентифицируем все опасные и вредные факторы, имеющиеся на производстве по вышеуказанному государственному стандарту, составив таблицу 5.2

5.3 Организационные, технические мероприятия по созданию безопасных условий труда

«Организацией и координацией работы по охране труда на предприятии занимается служба охраны труда предприятия. По обеспечению безопасных условий производства проводятся следующие организационные мероприятия:

- проведение инструктажей, обучение и проверка знаний по охране труда для работников;
- разработка и обеспечение работников инструкциями по охране труда;
- обеспечение рабочих необходимыми средствами индивидуальной защиты;

Таблица 5.2 – Вредные и опасные факторы

Наименование опасного и вредного производственного фактора	Виды работ, оборудование, технологические операции при которых встречается данный производственный фактор
Физические опасные и вредные производственные факторы:	
«Движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части» [5]	При работе на термопластавтомате
Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	При прямом контакте с расплавленным материалом или рабочими частями оборудования.
Повышенные уровни шума и вибрации	При работе на термопластавтомате
Наименование опасного и вредного производственного фактора	Виды работ, оборудование, технологические операции при которых встречается данный производственный фактор
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования	При работе с технологическими ножами и бокорезами.
Химические опасные и вредные производственные факторы:	
Токсические вещества (органические соединения)	При нагреве пластических масс в термопластавтомате
Раздражающие вещества (аммиак)	При нагреве пластических масс в термопластавтомате
Сенсибилизирующие вещества (формальдегид)	При нагреве пластических масс в термопластавтомате
Вещества, обладающие мутагенной активностью (оксид этилена, формальдегид)	При нагреве пластических масс в термопластавтомате
Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы:	
Статические перегрузки	При длительной работе на термопластавтомате
Перенапряжение анализаторов	При длительной работе на термопластавтомате
Монотонность труда	При длительной работе на термопластавтомате

- расследование и учет несчастных случаев произошедших на производстве» [6].

Важным является инструктаж по охране труда, который проводится при поступлении на производство непосредственно на рабочем месте и регулярно

не реже одного раза в полугодие, при этом инструктажи фиксируются в специальном журнале.

«Для исключения и уменьшения травм, вызванных движущимися частями оборудования, их следует ограждать или укрывать.

Для предохранения от ожогов о нагретые поверхности оборудования необходима тепловая изоляция аппаратов. Корпуса смесителей изолируют слоем минеральной ваты и укрывают стеклотканью. Корпуса аппарата полимеризации, экстрактора и сушилки изолируют слоем асбеста.

Технологический процесс ведётся в герметически закрытом оборудовании (смесители, аппарат полимеризации, экстрактор, сушилка), снабжённом приборами автоматического контроля.

Для поддержания в рабочей зоне оптимального рабочего микроклимата устанавливается приточно-вытяжная вентиляция, которая в свою очередь совмещается с воздушной системой отопления, что позволяет поддерживать в рабочей зоне необходимую температуру, влажность и скорость передвижения воздуха, близким оптимальным» [6].

Уменьшение воздействия вибрации на человека осуществляется с помощью виброизоляции. «Виброизоляция осуществляется введением в колебательную систему упругой связи. Так допускает использование резиновых виброизоляторов. Все выше перечисленные меры помогают снизить общую вибрацию на 2-3 дБ» [5].

Уменьшение воздействия шума на человека осуществляется за счет применения принудительной смазки трущихся частей. В качестве защиты органов слуха в цехе литья пластмасс под давлением используются беруши согласно ГОСТ 12.4.051-78 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний».

Организационные меры борьбы с монотонностью труда:

- назначать перерывы, которые регламентированы на данном

производстве;

- выполнять зарядку в перерывах между работой;
- создавать помещения для эмоциональной разгрузки рабочих.

Все работы по изготовлению пластмассовых изделий литейщик обязан производить в специальной одежде с использованием средств индивидуальной защиты, согласно утвержденным нормам для литейщиков пластмасс:

- халат х/б;
- костюм х/б;
- сорочка х/б;
- перчатки вязанные х/б;
- тапочки кожаные;
- беруши;
- цветная косынка.

Для предотвращения пожара и обеспечения взрывобезопасности не оставлять на рабочем месте промасленные тряпки, ветошь и другие самовозгорающиеся материалы. Курить только в специально отведенных для этого местах.

5.4 Обеспечение пожаробезопасности на производственном участке

В соответствии с НПБ-105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности», участки цеха относятся к категориям по взрывопожарной и пожарной опасности:

- 1) плавильно-заливочный участок – категория Г;
- 2) участок термообработки – категория Г;
- 3) участок изготовления литевых форм – категория Г;
- 4) участок контроля – категория Б;
- 5) различного рода склады (материалов и пр.) – категория Д;
- 6) бытовые и прочие помещения – категория В;

В цехе литья пластмасс имеются «первичные средства пожаротушения (ППБ 01-93 «Правила пожарной безопасности в РФ»):

- 1) для тушения электрооборудования – огнетушители углекислотные, асбестовые и пр. полотна;
- 2) на плавильном-заливочном участке – песок;
- 3) для тушения возгорания газа – порошковые огнетушители» [6].

Меры пожарной безопасности проектируются в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования». «В пожароопасных местах имеются таблички, запрещающие использование открытого огня. В цехе имеется пожарная сигнализация и средства тушения пожара» [6].

5.5 Экологическая экспертиза объекта, антропогенное воздействие объекта на окружающую среду и мероприятия по экологической безопасности

Деятельность любого промышленного предприятия не может быть безотходной и приводит к загрязнению атмосферного воздуха, водоемов и почвы.

Цех литья пластмасс под давлением «является структурным подразделением заготовительно-литейного производства, который производит переработку термопластичных материалов» [6].

«В состав цеха входят различные по профилю подразделения:

- участок основного производства;
- механический участок;
- участок ремонта и изготовления приспособлений и инструментов» [6].

«Загрязняющие выбросы в атмосферу выделяются от всех производственных участков цеха. Оборудованием участка основного производства являются термопластавтоматы и сушильные шкафы. В результате

их функционирования выделяются пыли пластмасс, фенол, формальдегид, углерода оксид, стирол и другие вещества, которые удаляются местными отсосами. Механический участок занимается доработкой отлитых заготовок (операции сверления, зачистки). При удалении из прессматериала влаги выделяются так же: формальдегид, стирол, органические кислоты, аммиак, оксид углерода, фенол» [6].

Существующее пылегазоочистное оборудование соответствует современному научно-техническому уровню в стране и за рубежом. «Имеются 24 наименования пылегазоочистных установок разного типа и с разной эффективностью очистки, основными из которых являются:

- 1) аппараты мокрой очистки;
- 2) пылеосадительные камеры;
- 3) циклоны;
- 4) центробежные скрубберы;
- 5) мокрые аппараты ударно-инерционного действия;
- 6) установки каталитического дожигания растворителей» [5].

Для каждого вещества, выбрасываемого в атмосферу, установлен предельно допустимый выброс. На предприятии разработаны мероприятия по снижению выбросов в атмосферу.

Вывод по разделу

В данном разделе бакалаврской работы был рассмотрен участок цеха литья под давлением: оборудование и инструменты. Проведена идентификация опасных и вредных факторов, причины их возникновения и воздействие на организм человека. Указаны предельно допустимые значения факторов вредного и опасного влияния на организм человека, отмечены химические вредные и опасные факторы, которые возникают при работе в цехе литья. Составлены технические мероприятия по организации безопасных условий

труда. В разделе так же указаны мероприятия по обеспечению электробезопасности и пожаробезопасности на производственном участке.

Разработанный технологический процесс изготовления детали является безопасным и отвечает требованиям экологичности, т.к. соответствует всем современным предъявляемым нормам безопасности.

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

6.1 Сравнительный анализ технологических вариантов

Базовый технологический процесс представляет собой литье под давлением двух деталей толщиной 3 мм на термопластавтомате Siger Classic 60S (B). В проектном варианте технологии предложено изменить толщину изделия с 3мм до 2,5 мм и изготавливать деталь на термопластавтомате Siger Classic 60S (B).

1) Эф. фонд времени работы оборудования:

$$\Phi_{\text{э}} = (D_P \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{пр}} \cdot T_{\text{сок}}) \cdot C \cdot (1 - B), \quad (6.1)$$

$$\Phi_{\text{э}} = (252 \cdot 8 - 8 \cdot 1) \cdot 2 \cdot (1 - 0,05) \approx 3816 \text{ час.}$$

2) Эф. фонд времени работы рабочих:

$$\Phi_{\text{э.р.}} = \frac{\Phi_{\text{э}} \cdot 48\%}{100} = \frac{3816 \cdot 48}{100} \approx 1832 \text{ час.} \quad (6.2)$$

Таблица 6.1 – Характеристика базового и проектного вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
Количество полостей – 2.	Количество полостей – 2.
Материал– Топлен М-122, черный 901.	Материал– Топлен М-122, черный 901.
Толщина детали: 3мм	Толщина детали: 2,5 мм
Объем детали: $V_{\text{изд}} = 24 \text{ см}^3$;	Объем детали: $V_{\text{изд}} = 20 \text{ см}^3$;
Масса одного изделия: $m_{\text{изд}} = 22,8 \text{ г}$	Масса одного изделия: $m_{\text{изд}} = 19 \text{ г}$
Объем впрыска: $Q_0 = 72 \text{ см}^3$	Объем впрыска: $Q_0 = 63 \text{ см}^3$
Масса всех деталей с литником: $M_{\text{заг.}} = Q_0 \cdot \rho = 72 \cdot 10^{-6} \cdot 950 \approx$ $\approx 0,0684 \text{ кг}$	Масса всех деталей с литником: $M_{\text{заг.}} = Q_0 \cdot \rho = 63 \cdot 10^{-6} \cdot 950 \approx$ $\approx 0,0599 \text{ кг}$
Масса литников: $M_{\text{отх.}} = M_{\text{заг.}} - M_{\text{дет.}} \cdot n =$ $0,0684 - 0,0228 \cdot 2 = 0,0228 \text{ кг}$	Масса литников: $M_{\text{отх.}} = M_{\text{заг.}} - M_{\text{дет.}} \cdot n =$ $0,0599 - 0,019 \cdot 2 = 0,0219 \text{ кг}$

Таблица 6.2 – Эксплуатационные данные оборудования

Наименование оборудования		Норма времени		Мощность M_y , кВт	Площадь S_y , м ²	Цена $C_{об}$, руб.	Норма обслуживания поБС
		$T_{шт}$, мин.	$T_{маш}$, мин.				
Siger Classic 60S (B)	Базовый	0,84	0,67	58	8,16	420000	6
	Проектный	0,67	0,53				

$$\tau_{ц} = \tau_{зан} + \tau_{в} + \tau_{п} + \tau_{охл} + \tau_{разм}, \quad (6.3)$$

где $\tau_{зан}$ – продолжительность запираия формы, с ; $\tau_{зан} = 3с$;

$\tau_{в}$ – продолжительность впрыска, с ; $\tau_{в} = 2с$;

$\tau_{п}$ – продолжительность пластикации, с ; $\tau_{п} = 5с$;

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

$$\tau_{ц}^B = 3 + 2 + 5 + 25 + 5 = 40с .$$

$$T_{маш}^B = \tau_{ц}^B = 40с = 0,67мин ;$$

$$T_{шт}^B = 1,26 \cdot T_{маш}^B = 1,26 \cdot 0,67 = 0,84мин .$$

$$\tau_{ц}^{PP} = 3 + 2 + 5 + 17 + 5 = 32с .$$

$$T_{маш}^{PP} = \tau_{ц}^{PP} = 32с = 0,53мин ;$$

$$T_{шт}^{PP} = 1,26 \cdot T_{маш}^{PP} = 1,26 \cdot 0,53 \approx 0,67мин .$$

Таблица 6.3 – Исходные данные на литьевую форму

Наименование	Стойкость, циклов	Цена, руб.
Двухгнездная литьевая форма, толщина изделия 3 мм	1200000	668159
Двухгнездная литьевая форма, толщина изделия 2,5 мм	1200000	679354

6.2 Расчет затрат на изготовление литейной формы

Таблица 6.4 – Расчет цеховой себестоимости литейной формы

Наименование	Обозначение	Сумма, руб.		Примечание
		Базовый	Проектный	
Затраты на материал	<i>M</i>	215200	—	
Заготовительные и транспортные затраты	<i>ТЗР</i>	3650	—	1,45% от <i>M</i>
Заработная плата рабочих $Z_{ПЛ}^{ОСН} = C_T \cdot T_H / ч$	$Z_{ПЛ}^{ОСН}$	88460	2419,20	$C_T = 147,95 руб / час$ $T_H / ч^Б = 600 н / ч$ $T_H / ч^{ПР} = 15 н / ч$
Социальный налог	<i>ЕСН</i>	27535	549,20	27% от $Z_{ПЛ}^{ОСН}$
Затраты на содержание оборудования	<i>РСО</i>	172366	6346,10	194,04% от $Z_{ПЛ}^{ОСН}$
Расходы цеховые	<i>РЦЕХ</i>	162443	4430,50	183,42% от $Z_{ПЛ}^{ОСН}$
Итого: себестоимость	$C_{ЦЕХ}$	668159	11195	
		679354		

Таблица 6.5 – Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента загрузки, численности рабочих-операторов и литьевых форм

Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
		Базовый	Проектный
Количество оборудования, шт	$n_{OB} = \frac{T_{шт} \cdot N_{Г}}{\Phi_{э} \cdot K_{BH} \cdot 60}$ $n_{OB}^B = \frac{0,84 \cdot 100000}{3816 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,33 \approx 1$ $n_{OB}^{PP} = \frac{0,67 \cdot 100000}{3816 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,27 \approx 1$	1	1
Коэффициент загрузки оборудования	$K_3 = \frac{n_{OB}^{PACЧ}}{n_{OB}^{ПРИН}}$ $K_3^B = \frac{0,33}{1} = 0,33$ $K_3^{PP} = \frac{0,27}{1} = 0,27$	0,33	0,27
Численность рабочих-операторов, чел.	$P_{OP} = \frac{T_{шт} \cdot N_{Г} \cdot \left(1 + \frac{K_o}{100}\right)}{\Phi_{э.р.} \cdot K_{MH} \cdot 60}$ $P_{OP}^B = \frac{0,84 \cdot 100000 \cdot \left(1 + \frac{13,4}{100}\right)}{1832 \cdot 1 \cdot 60} = 0,87 \approx 1 \times 2 \text{ смены} = 2$ $P_{OP}^{PP} = \frac{0,67 \cdot 100000 \cdot \left(1 + \frac{13,4}{100}\right)}{1832 \cdot 1 \cdot 60} = 0,70 \approx 1 \times 2 \text{ смены} = 2$	2	2
Число литьевых форм, шт.	$n_{шт} = \frac{N_{Г}}{T_{и.шт}}$ $n_{шт} = \frac{100000}{1200000} = 0,08 \approx 1$	1	1

Таблица 6.6 – Расчет капитальных вложений

Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
		Базовый	Проектный
Прямые кап. вложения в оборудование, руб.	$K_{OB} = n_{OB} \cdot C_{OB} \cdot K_3$ $K_{OB}^B = 1 \cdot 420000 \cdot 0,33$ $K_{OB}^{PP} = 1 \cdot 420000 \cdot 0,27$	178600	166400
Сопутствующие кап. вложения, руб.:			
Доставку и монтаж ТПА, руб.	$K_M = K_{OB} \cdot K_{МОНТ}$ $K_M^B = 138600 \cdot 0,25$ $K_M^{PP} = 113400 \cdot 0,25$	36540	28 050
Изготовление литевой формы, руб.	$K_{II} = C_{IIТ} \cdot n_{IIТТ}$ $K_{II}^B = 668159 \cdot 1$ $K_{II}^{PP} = 679354 \cdot 1$	668 555	679779
Площади цеховые, руб.	$K_{III} = n_{OB} \cdot S_y \cdot C_{III} \cdot K_3$ $K_{III}^B = 1 \cdot 8,16 \cdot 5500 \cdot 0,33$ $K_{III}^{PP} = 1 \cdot 8,16 \cdot 5500 \cdot 0,27$	14 556,40	19117,60
Итого:	$K_{СОП} = K_M + K_{II} + K_{III}$	715 619,40	719821,60
Общие кап.вложения, руб.	$K_{ОБЩ} = K_{OB} + K_{СОП}$	856619,40	830221,60
Удельные кап.вложения, руб.	$K_{уд} = \frac{K_{ОБЩ}}{N_r}$ $K_{уд}^B = \frac{856219,40}{100000}$ $K_{уд}^{PP} = \frac{833221,60}{100000}$	8,56	8,33
Доп.кап.вложения, руб.	$K_{ДОП} = K_{ОБЩ}^{PP} - K_{ОБЩ}^B$	Доп.кап.вложения отсутствуют	

Таблица 6.7 – Расчет сравнительной себестоимости изготовления детали

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
		Базовый	Проектный
Материалы, руб.	$M = (M_3 \cdot C_M \cdot K_{ТЗ}) - (M_{отх} \cdot C_{отх})$ $M^B = (0,0684 \cdot 61 \cdot 1,05) - (0,0228 \cdot 1,952)$ $M^{PP} = (0,0599 \cdot 61 \cdot 1,05) - (0,0219 \cdot 1,952)$	4,34	3,79
Заработная плата рабочих, руб.	$Z_{ПЛ} = \frac{P_{оп} \cdot C_T \cdot \Phi_{э.р.} \cdot K_{зпл} \cdot K_3}{N_T}$ $Z_{ПЛ}^B = \frac{2 \cdot 45,25 \cdot 1832 \cdot 2,48 \cdot 0,33}{100000}$ $Z_{ПЛ}^{PP} = \frac{2 \cdot 45,25 \cdot 1832 \cdot 2,48 \cdot 0,27}{100000}$	1,36	1,11
Амортизация и ремонт оборудования, руб.	$P_A = \frac{C_{об} \cdot (1 - B_{р.}) \cdot H_A \cdot T_{шт} \cdot 1,3}{\Phi_э \cdot K_{вн} \cdot 60 \cdot 100}$ $P_A^B = \frac{420000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,84 \cdot 1,3}{3816 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100}$ $P_A^{PP} = \frac{420000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,67 \cdot 1,3}{3816 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100}$	0,14	0,11
Электроэнергию, руб.	$P_э = \frac{M_y \cdot T_{маш} \cdot K_{од} \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_{II} \cdot C_э}{КПД \cdot 60}$ $P_э^B = \frac{58 \cdot 0,67 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,11}{0,8 \cdot 60}$ $P_э^{PP} = \frac{58 \cdot 0,53 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,11}{0,8 \cdot 60}$	0,99	0,78
Инструмент, руб.	$P_{II} = \frac{C_{шт} \cdot (1 - B_{р.и.})}{T_{и.шт.}}$ $P_{II}^B = \frac{668159 \cdot (1 - 0,55)}{1200000}$ $P_{II}^{PP} = \frac{679354 \cdot (1 - 0,55)}{1200000}$	0,251	0,255

Продолжение таблицы 6.7

Производственные площади, руб.	$P_{ПЛ} = \frac{S_y \cdot n_{ОБ} \cdot Ц_{ПЛ} \cdot K_3}{N_{Г}}$ $P_{ПЛ}^Б = \frac{8,16 \cdot 1 \cdot 5500 \cdot 0,33}{100000}$ $P_{ПЛ}^{ПР} = \frac{8,16 \cdot 1 \cdot 5500 \cdot 0,27}{100000}$	0,15	0,12
Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
		Базовый	Проектный
Заработная плата наладчика, руб.	$З_{НАЛ} = \frac{n_{ОБ} \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.Н.} \cdot K_{ЗПЛ} \cdot K_3}{n_{ОБС} \cdot N_{Г}}$ $З_{НАЛ}^Б = \frac{1 \cdot 51,53 \cdot 1850 \cdot 2,48 \cdot 0,33}{6 \cdot 100000}$ $З_{НАЛ}^{ПР} = \frac{1 \cdot 51,53 \cdot 1850 \cdot 2,48 \cdot 0,27}{6 \cdot 100000}$	0,13	0,11
Итого: Себестоимость технологическая, руб.	$C_{ТЕХ} = M + З_{ПЛ} + P_A + P_Э + P_{И} + P_{ПЛ} +$ $+ З_{НАЛ}$	7,361	6,275
Расходы цеховые, руб.	$P_{ЦЕХ} = З_{ПЛ} \cdot K_{ЦЕХ}$ $P_{ЦЕХ}^Б = 1,36 \cdot 2,18$ $P_{ЦЕХ}^{ПР} = 1,11 \cdot 2,18$	2,96	2,42
Всего: Себестоимость, руб.	$C_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ}$ $C_{ЦЕХ}^Б = 7,361 + 2,96$ $C_{ЦЕХ}^{ПР} = 6,275 + 2,42$	10,321	8,695

Таблица 6.8 – Расчет экономической эффективности

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
Условно годовая экономия, руб.	$\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПП}}) \cdot N_{\text{Г}}$ $\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (10,321 - 8,695) \cdot 100000$	162600	
Затраты, руб.	$3_{\text{ПР}} = C_{\text{ЦЕХ}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{ВД}}$ $3_{\text{ПР}}^{\text{Б}} = 10,321 + 0,33 \cdot 8,56$ $3_{\text{ПР}}^{\text{Б}} = 8,695 + 0,33 \cdot 8,33$	13,146	11,444
Срок окупаемости, год	$T_{\text{ОК}} = \frac{K_{\text{ВВ}}}{\mathcal{E}_{\text{УГ}}}$ $T_{\text{ОК}} = \frac{11195}{162600} = 0,07 \approx 1$	1	
Годовой эк. эффект, руб.	$\mathcal{E}_{\text{Г}} = (3_{\text{ПР}}^{\text{Б}} - 3_{\text{ПР}}^{\text{ПП}}) \cdot N_{\text{Г}}$ $\mathcal{E}_{\text{Г}} = (13,146 - 11,444) \cdot 100000$	170200	

Вывод

В результате внедрения нового технологического процесса изготовления детали «Заглушка переднего бампера» себестоимость продукции снизилась с 10,32 руб. до 8,75 руб. на 1,63 руб. (15,75%) за счет снижения:

- а) трудоемкости изготовления литейной формы;
- б) основной заработной платы рабочих на 18,12%;
- в) затрат на амортизацию и текущий ремонт оборудования на 21,43%;
- г) расходов на электроэнергию на 21,22%;
- д) расходов на содержание и эксплуатацию производственных площадей на 20%.

Условно годовая экономия от снижения себестоимости – 162600 рублей, экономический эффект от внедрения нового технологического процесса – 170200 рублей, срок окупаемости литейной формы – один год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе разработана новая технология и литьевая форма для изготовления детали «Заглушка переднего бампера». Проведен анализ изделия на технологичность. Проанализирована базовая технология, выявлены ее недостатки. Для устранения выявленных недостатков спроектирован новый технологический процесс. В процессе проектирования были решены следующие задачи:

- а) произведен расчет объема впрыска (Q_0), который зависит от конфигурации и плотности полимерного изделия;
- б) рассчитано количество и спроектировано расположение гнезд в литьевой форме;
- в) рассчитаны энергосиловые параметры процесса литья.

На основании выше перечисленных расчетов было выбрано оборудование, которое позволило автоматизировать процесс литья.

Модернизирована литьевая формы, а именно:

- рассчитано количество и расположение каналов литниковой системы;
- проведены прочностные расчеты деталей формы и выбран материал для них;
- рассчитаны исполнительные размеры матрицы и пуансона.

Рассмотрены вопросы, касающиеся безопасности и экологичности технического объекта, разработаны мероприятия по устранению вредных и опасных производственных факторов. Экономические расчеты показали целесообразность внедрения нового технологического процесса, при этом условно годовая экономия от снижения себестоимости составила 162600 рублей, экономический эффект – 170200 рублей при сроке окупаемости литьевой формы в течение одного года.

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

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.	А1			Документация			
				Комплекс оборудования (вид общий)			
					Сборочные единицы		
		1	17.БР.СОМДyРП.637.61.01.000	Термопластавтомат	1		
		2	17.БР.СОМДyРП.637.61.02.000	Литьевая форма	1		
Старов. №		3	17.БР.СОМДyРП.637.61.03.000	Загрузочное устройство	1		
		4	17.БР.СОМДyРП.637.61.04.000	Приемная тара	1		
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
			17.БР.СОМДyРП.637.61.00.000				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Чопоргин			Лит.	Лист	
Проб.		Шенбергер				Листов	
Н.контр.		Виткалов			1		
Утв.		Ельцов			ТГУ, ИМ, гр. МСб-1301		
				Комплекс оборудования ТПА Siger Classic 60S (B)		Формат А4	
				Копировал			

Рисунок А.1 – Спецификация на оборудование

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Спецификация на литьевую форму

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.				<i>Документация</i>		
	A1		17.БР.СОМДyРП.637.62.00.000	Сборочный чертеж		
Спроб. №				<i>Детали</i>		
		1	17.БР.СОМДyРП.637.62.01.000	Фланец неподвижный	1	
		2	17.БР.СОМДyРП.637.62.02.000	Обойма матриц	1	
		3	17.БР.СОМДyРП.637.62.03.000	Матрица	1	
				Сталь 4Х5МФС		
				ГОСТ 5950-2000		
		4	17.БР.СОМДyРП.637.62.04.000	Матрица	1	
				Сталь 4Х5МФС		
				ГОСТ 5950-2000		
		5	17.БР.СОМДyРП.637.62.05.000	Обойма пуансонов	1	
		6	17.БР.СОМДyРП.637.62.06.000	Пуансон	1	
				Сталь 4Х5МФС		
				ГОСТ 5950-2000		
		7	17.БР.СОМДyРП.637.62.07.000	Пуансон	1	
			Сталь 4Х5МФС			
			ГОСТ 5950-2000			
	8	17.БР.СОМДyРП.637.62.08.000	Плита опорная	1		
	9	17.БР.СОМДyРП.637.62.09.000	Брус	2		
	10	17.БР.СОМДyРП.637.62.10.000	Плита выталкивателей	1		
	11	17.БР.СОМДyРП.637.62.11.000	Плита шпинделя	1		
	12	17.БР.СОМДyРП.637.62.12.000	Фланец подвижный	1		
	13	17.БР.СОМДyРП.637.62.13.000	Знак матрицы	4		
	14	17.БР.СОМДyРП.637.62.14.000	Знак матрицы	2		
			17.БР.СОМДyРП.637.62.00.000			
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Изм. № подл.	Разраб.	Чопаргин				Лит.
	Проб.	Шенбергер				1
	Н.контр.	Виткалов				Листов
	Утв.	Ельцов				4
						ТГУ, ИМ, зр. МСБ-1301
						Формат А4

Рисунок Б.1 – Первый лист спецификации

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		15	17.БР.СОМДиРП.637.62.15.000	Втулка центральная	1	
		16	17.БР.СОМДиРП.637.62.16.000	Втулка литниковая	1	
				<i>Стандартные изделия</i>		
				<i>Винты по ГОСТ 11738-84</i>		
		17		M8x25	10	
		18		M8x30	6	
		19		M12x80	4	
		20		M12x45	4	
		21		M8x40	2	
		22		M16x45	2	
		23		M16x150	2	
		24		Штифт 4x10 ГОСТ 3128-80	8	
		25		Штифт 4x15 ГОСТ 3128-80	1	
		26		Рым-болт M12 ГОСТ 4751-73	4	
		27		Выталкиватель 8x124x25-I СТП 171-43-82	1	
		28		Пружина 1,2x10x27,2 РД 35000.37.101.0031-2001 02-1086-0038	1	
		29		Хвостовик 20x50 СТП 171-44-82	1	
		30		Шпиндель 20x40x155-I СТП 171-45-82	1	
		31		Штуцер 6,5x122-II СТП 171-122-91	8	
		32		Прокладка 12x18 СТП 171-120-81	8	
		33		Продка 7009-0227 СТП 171-123-81	16	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	17.БР.СОМДиРП.637.62.00.000	
					Лист 2	

Копировал

Формат А4

Рисунок Б.2 – Второй лист спецификации

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		34		Штифт закладной 35 СТП 9-96	2	
		35		Выталкиватель 10x107,5x65-I СТП 171-9-91	4	
		36		Выталкиватель 10x138,9x70-II СТП 171-9-91	2	
		37		Выталкиватель 10x142,7x75-II СТП 171-9-91	6	
		38		Колонка возврата 20x105x15x160 СТП 171-61-81	4	
		39		Колонка возврата 20x90 СТП 171-73-81	4	
		40		Втулка центрирующая 20x40 СТП 171-308-83	4	
		41		Втулка центрирующая 20x40 СТП 171-308-83	4	D=48
		42		Втулка центрирующая 25x125xM12 СТП 171-305-83	4	
		43		Шайба 35x50 СТП 171-307-83	4	
		44		Шайба 35x35 СТП 171-307-83	4	
		45		Колонка направляющая 25x35x105-I СТП 171-304-83	4	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № подл.	Подп. и дата	17.БР.СОМДиРП.637.62.00.000	
Изм.	Лист	№ док.и.	Подп.	Дата	Лист 3	
				Копировал	Формат А4	

Рисунок Б.3 – Третий лист спецификации

