

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

Утверждаю
Зав.кафедрой

_____ д.т.н., доцент В.В. Ельцов
« ____ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Налетов Павел Вячеславович

1. Тема Разработка технологического процесса и литьевой формы для изготовления детали «Крышка бачка омывателя»

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

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: _____
базовая технология изготовления детали,
программа выпуска 350000 шт/год, материал АБС пластик

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

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала:

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

6. Консультанты по разделам:

ст. преподаватель Нуров К.Ш.

к.э.н., доцент Краснопевцева И.В.

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

Руководитель бакалаврской работы

(подпись)

П.Н. Шенбергер

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

П.В. Налетов

(И.О. Фамилия)

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

(институт)

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой

(подпись) (И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы

Студента _____
по теме _____

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

Руководитель бакалаврской работы

Задание принял к исполнению

(подпись)

(И.О. Фамилия)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В бакалаврской работе рассматривается разработка технологического процесса изготовления детали «Крышка бачка омывателя». Для предлагаемого технологического процесса проведены расчеты по определению оптимальной гнездности и объема отливки, определены энергосиловые параметры литья и выбрано оборудование термопластавтомат KuASY150/50.

Проведена разработка литейной формы, которая включает следующее:

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

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

Бакалаврская работа состоит из: расчетно-пояснительной записки (62 листа), приложения (5 листов), графической части (чертежи: 6 листов формата A1).

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	9
1.1. Анализ технологичности детали	9
1.2. Анализ базовой технологии изготовления детали	11
1.3. Выявление недостатков базовой технологии	13
1.4. Задачи бакалаврской работы	13
2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ.....	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 литья.....	16
3 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ.....	19
3.1. Выбор типоразмера оборудования и его основные технические 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.....	28
4.3. Определение числа и расположения элементов системы литейной формы.....	31
4.3.1. Система литниковых каналов.....	31
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	42
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	44
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
ЛИТЕРАТУРА.....	60
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	63

ВВЕДЕНИЕ

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

В большинстве случаев пластмассы используют как самостоятельный конструкционный материал; кроме того, они являются заменителем ряда дорогостоящих материалов. Глобальная техническая задача у конструкторов автомобилестроения единая – максимально заменить комплектующие автомобилей из металла на пластмассовые детали, не ухудшив их эксплуатационных характеристик.

Из термопластичных материалов изготавливают детали интерьера салона, экстерьера автомобиля (молдинги и облицовка), системы отопления и вентиляции, детали подкапотного пространства. Основным способом переработки термопластичных материалов в изделия являются литье под давлением. Процесс литья ведут на литьевых машинах при температуре литьевого цилиндра 160-280°C (в зависимости от применяемого материала) впрыскиванием расплавленной пластмассы в охлаждаемую форму, где материал остывает и отвердевает. Этот способ дает возможность полностью автоматизировать процесс, изготавливать деталь с высокой степенью точности из самых различных материалов.

Обладание новейшей техникой позволяет:

1. получать качественные детали в необходимом объеме и следовательно производить их сборку в узлы;
2. увеличить не сам объем, а ассортимент перерабатываемых термопластичных материалов соответственно возможностям имеющего оборудования (АБС, полипропилен, ПВХ, полиэтилен, полиамиды:

угленаполненные, стеклонаполненные, специальные минерального наполнения, пластифицированные и т.д.);

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

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

Целью бакалаврской работы является снижение себестоимости изготовления детали за счет повышения производительности и перехода на более дешевое оборудование.

1 АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Анализ технологичности детали

Под технологичностью понимают совокупность свойств и конструктивных элементов, которые обеспечивают наиболее простое и экономичное изготовление деталей при соблюдении технологических и эксплуатационных требований к ним. Обеспечение технологичности детали (изделия) это важнейшая функция технологичной подготовки производства.

Конструкция пластмассового изделия существенно влияет на конструкцию формы и качественные показатели изделия, которые в свою очередь, зависят от технологии его изготовления, так и от его конструкции. Таким образом, изделие следует конструировать одновременно с анализом технологичности.

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

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

1. Допуски на пластмассовые изделия должны быть технически обоснованными. Нельзя переносить допуски металлических деталей на пластмассовые.

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

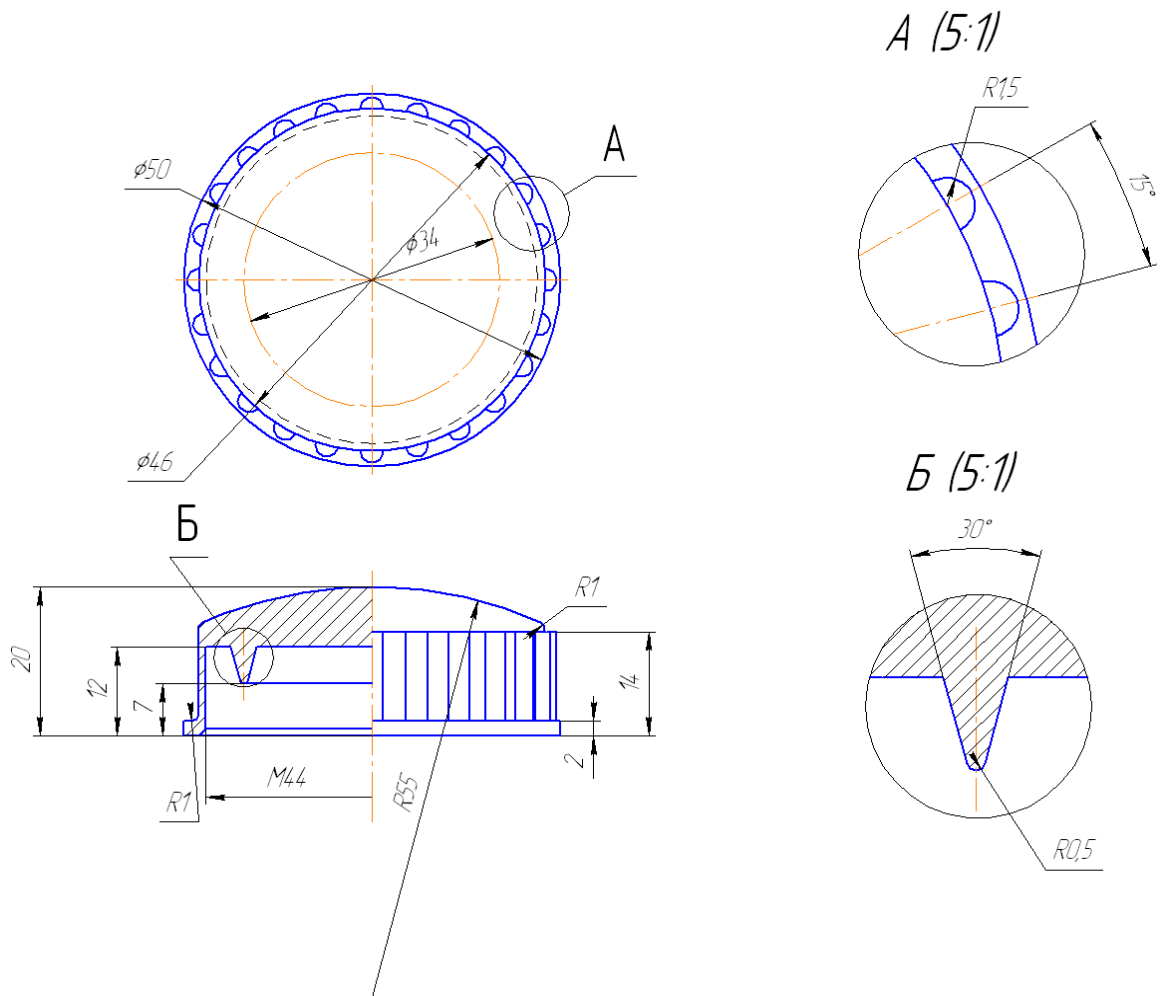


Рисунок 1.1 – Технологический процесс

3. Расположение плоскости разреза не должна препятствовать свободному удалению изделия.

4. Для предотвращения утяжин опережающих потоков следует избегать местных утолщений и разностенности. Максимальная толщина данной детали 8 мм.

5. При проектировании необходимо стремиться к упрощению формы изделия, придавая ему плавные очертания с закругленными углами для свободного течения массы при заполнении формообразующей полости. $R_{\min}=1$ мм.

6. Максимальная толщина ребер нее должна превышать 1,3 толщины стенки. В данном случае имеем 2мм. Для ребер уклон обычно выполняют минимальным. Имейте технологический уклон 1° .

7. Толщина стенки определяется в первую очередь конструктивными требованиями, однако большая толщина снижает ударную вязкость изделия, увеличивает внутренние напряжения и приводит к растрескиванию. $S_{\max}=8$ мм.

1.2 Анализ базовой технологии изготовления детали

Технологический процесс изготовления детали «Крышка бачка омывателя» осуществляется на оборудовании – термопластавтомате KuASY260/100. За один цикл отливается 4 детали (рисунок 1.2), то есть, имеется четырехгнездная литевая форма.

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

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

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

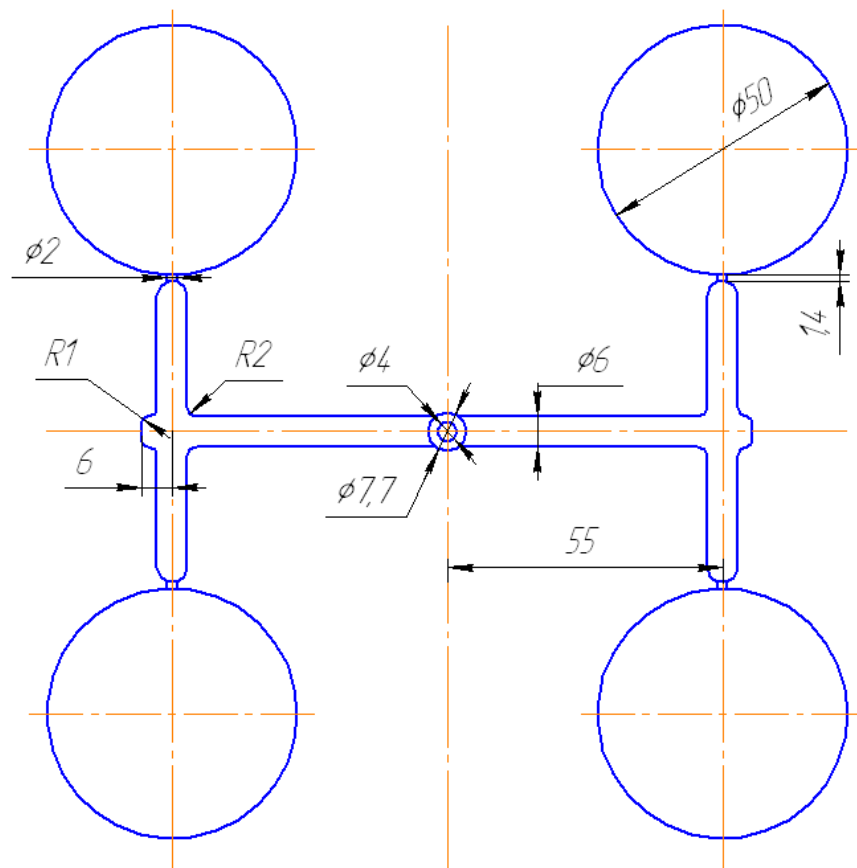


Рисунок 1.2 – Литниковая система

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

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

После охлаждения отливки без давления происходит размыкание формы, подвижная часть отходит на расстояние 320мм. На последних

секундах размыкания формы система выталкивателей начинает свою работу, происходит отрыв литника выталкивание деталей и литника.

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

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

Далее детали проходят контроль качества.

1.3 Недостатки базового технологического процесса

Деталь отливается на термопластавтомате KuASY 260/100. С увеличением выпуска возрастает потребность в данной детали, что требует дополнительное привлечение оборудования и рабочей силы. То есть, при повышении потребности в данной детали применение технологии ее изготовления приводит к низкой производительности. Кроме того, из-за рядного расположения литниковой системы длина разводящих каналов увеличивается, что приводит к большому количеству отхода, а также потере температуры и давления. Таким образом, все гнезда заполняются и начинают охлаждаться неодновременно, а значит, свойства деталей будут различны.

1.4 Задачи бакалаврской работы

Для достижения цели работы необходимо выполнить следующие задачи:

1. Разработать технологический процесс изготовления детали «крышка бачка омывателя».
2. Спроектировать литевую форму для изготовления данной детали.
3. Определить энергосиловые параметры литья под давлением.
4. Выбрать оборудование для изготовления данной детали.

5. Провести экономическое обоснование разработанного технологического процесса изготовления данной детали.
6. Провести анализ безопасности и экологичности данного проекта.

2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

2.1 Схема предлагаемого технологического процесса изготовления детали

При рассмотрении базового технологического процесса изготовления было выявлено, что имеется рядная литниковая система, которая способствует увеличению отхода, а также потере температуры и давления; и при увеличении спроса на данную продукцию этот процесс изготовления является низко производительным.

Для уменьшения отходов и потерь температуры и давления проектируем круглую систему каналов равного сопротивления. Здесь доставка расплава во все гнезда, их заполнение и уплотнение отливок происходит одновременно, а значит, возможно и одновременное охлаждение изделий и минимальный цикл.

Увеличить производительность можно за счет увеличения гнездности литейной формы с четырех до шести.

Таким образом, технологический процесс изготовления проектной детали будет проходить аналогично с базовым процессом изготовления детали, только с теми изменениями в конструкции, которые вводятся:

- изменяется конструкция литниковой системы в матрице;
- увеличивается количество оформляющих деталей с четырех до шести.

2.2 Определение первоначальной гнездности и объема отливки для заполнения гнезд

Гнездность определяют исходя из условий номинальной себестоимости изготовления изделия:

$$n_o = \sqrt{\frac{C_{ц} \cdot \Pi}{0,45 \cdot C_{\phi}}}, (2.1)$$

где $C_{ц}$ – себестоимость одного цикла формования изделия;

P – число деталей на годовую программу выпуска;

C_{ϕ} – себестоимость формы на одно гнездо.

Так как себестоимость неизвестна, то гнездность определяют по массе детали.

Масса данной детали:

$$m = V \cdot \rho, (2.2)$$

где $V_u = 0,0000093 \text{ м}^3$ - объем одного изделия,

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

$$m = 0,0000093 \cdot 1050 = 0,0098 \text{ кг}.$$

Таким образом, исходя из массы детали, рекомендуется применять гнездность $n_0 = 6$.

Объем отливки при оптимальной гнездности:

$$Q_o = n_o \cdot V_u \cdot \frac{k_1}{\beta_1}, (2.3)$$

где

k_1 – коэффициент, учитывающий объем литниковой системы в расчете на объем одного изделия, $k_1 = 1,2$;

β_1 – коэффициент использования машины, $\beta_1 = 0,7..0,8 \approx 0,7$.

Тогда

$$Q_o = 6 \cdot 9,3 \cdot \frac{1,2}{0,7} = 97 \text{ см}^3.$$

2.3 Определение энергосиловых параметров литья

Требуемое усилие смыкания плит термопластавтомата определяется по формуле:

$$P_o = q \cdot n_o \cdot F_{\text{ПР}} \cdot k_2 \cdot k_3, (2.4)$$

где q – давление для оформления полости, которое определяется по формуле:

$$q_{MAX} = p_T \cdot k_M \cdot k_{Л}^{\frac{d_n}{d_T}} \cdot k_k^{\frac{A}{B}}, \quad (2.5)$$

здесь p_T – давление, определяемое в зависимости от толщины $S=8$ мм и отношения $L/S=50/8$, $p_T=19$ МПа;

k_M – коэффициент, зависящий от материала отливки; $k_M=1$ для АБС-пластика [5];

$$k_{Л}=1,05;$$

d_n – диаметр пальцевого литника, $d_n=1,5$ мм при $Q_0=97$ см³ [5];

d_T – диаметр точечного канала, $d_T=1,1$ мм при $Q_0=97$ см³ [5];

$K_K = 1,03$ – коэффициент, характеризующий конфигурацию изделия;

A – длина ($A > B$) и B – ширина изделия, $A=50$ мм и $B=20$ мм.

Тогда

$$q_{MAX} = 19 \cdot 1 \cdot (1,05)_{1,1}^{1,5} \cdot (1,03)_{20}^{50} = 21,74 \text{ МПа}.$$

Для многогнездных форм q_{MAX} увеличивают в зависимости от числа гнезд и длины литниковой системы на (10 – 30)%, $q_{MAX}=26$ МПа.

$F_{ПП}$ – площадь проекции изделия на плоскость разъема форы без учета площади сечения отверстия, $F_{ПП}=0,002$ м²;

k_2 – коэффициент, учитывающий площадь литниковой системы в плане, $k_2=1,1$;

k_3 – коэффициент, учитывающий использование максимального усилия смыкания плит термопластавтомата, $k_3=1,2$;

P_H – номинальное усилие смыкания плит термопластавтомата.

Таким образом,

$$P_0 = 26 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 0,002 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 412 \text{ кН}.$$

Пластикационная производительность термопластавтомата определяется по формуле:

$$A_0 = m \cdot n_0 \cdot \frac{k_1}{\tau_{охл}}, \quad (2.6)$$

где $\tau_{охл}$ – время охлаждения формы, определяемое как:

$$\tau_{oxl} = \frac{0,405}{a} \cdot \left(\frac{\delta^2}{4} \right) \cdot \left(\ln 1,27 - \ln \frac{t_k - t_\phi}{t_n - t_\phi} \right), \quad (2.7)$$

здесь a – температуропроводность, $a = 2,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$;

δ – максимальная толщина изделия, $\delta = 0,008 \text{ м}$;

t_ϕ – температура формы, $t_\phi = 55^\circ$;

t_n – начальная температура изделия, $t_n = 250^\circ$;

t_k – конечная температура изделия, $P_o = (8 \dots 25)^\circ + t_\phi = 65$;

Тогда

$$\tau_{oxl} = \frac{0,405}{2,7 \cdot 10^{-7}} \cdot \left(\frac{0,008^2}{4} \right) \cdot \left(\ln 1,27 - \ln \frac{65 - 55}{250 - 55} \right) = 24 \text{ с}.$$

И пластикационная производительность

$$A_0 = 0,098 \cdot 6 \cdot \frac{1,2}{24} = 0,029 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 2,9 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Объемная скорость впрыска

$$W = \frac{A_0}{\rho} = \frac{2,9}{1,05} = 4,95 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

3 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1 Выбор типа размера оборудования и его основные технологические характеристики

Термопластавтомат выбираем сравнением требуемых и номинальных значений основных параметров термопластавтомата: номинальный объем впрыска, объемная скорость впрыска и номинальное усилие запирание формы. $Q_o \leq Q_H$, $W_o \leq W_H$, $P_o \leq P_H$.

$Q_o=97\text{см}^3$, $W_o=5\text{г/с}$ и $P_o=412\text{кН}$, выбираем термопластавтомат KuASY 150/50 с параметрами $Q_H=117\text{см}^3$, $W_H=95\text{см}^3/\text{с}$ и $P_H=500\text{кН}$ (рисунок 3.1).

Таблица 3.1 – Технические характеристики термопластавтомата KuASY 150/50.

Параметр	Значение
Диаметр шнека, мм	40
Номинальный объем впрыска, см ³	117
Номинальное давление литья (в материальном цилиндре), МПа	163
Номинальная объемная скорость впрыска, см ³ /с	95
Номинальное усилие запирания формы, кН	500
Высота формы, мм:	
наибольшая	280
наименьшая	130
Наибольшее расстояние между плитами, мм	520
Ход подвижной плиты, мм	250
Наибольший ход выталкивателя, мм	80
Расстояние между колонками в свету, мм:	
по горизонтали	320
по вертикали	320

Уточняем гнездность, связанную с объемом впрыска, усилием смыкания, объемной скоростью впрыска и геометрическими размерами плит.

Гнездность, обусловленная объемом впрыска термопластавтомата:

$$n_Q = \frac{\beta_1 \cdot Q_H}{V_u \cdot k_1} = \frac{0,7 \cdot 117}{9,3 \cdot 1,2} = 7,3 \approx 7. \quad (3.1)$$

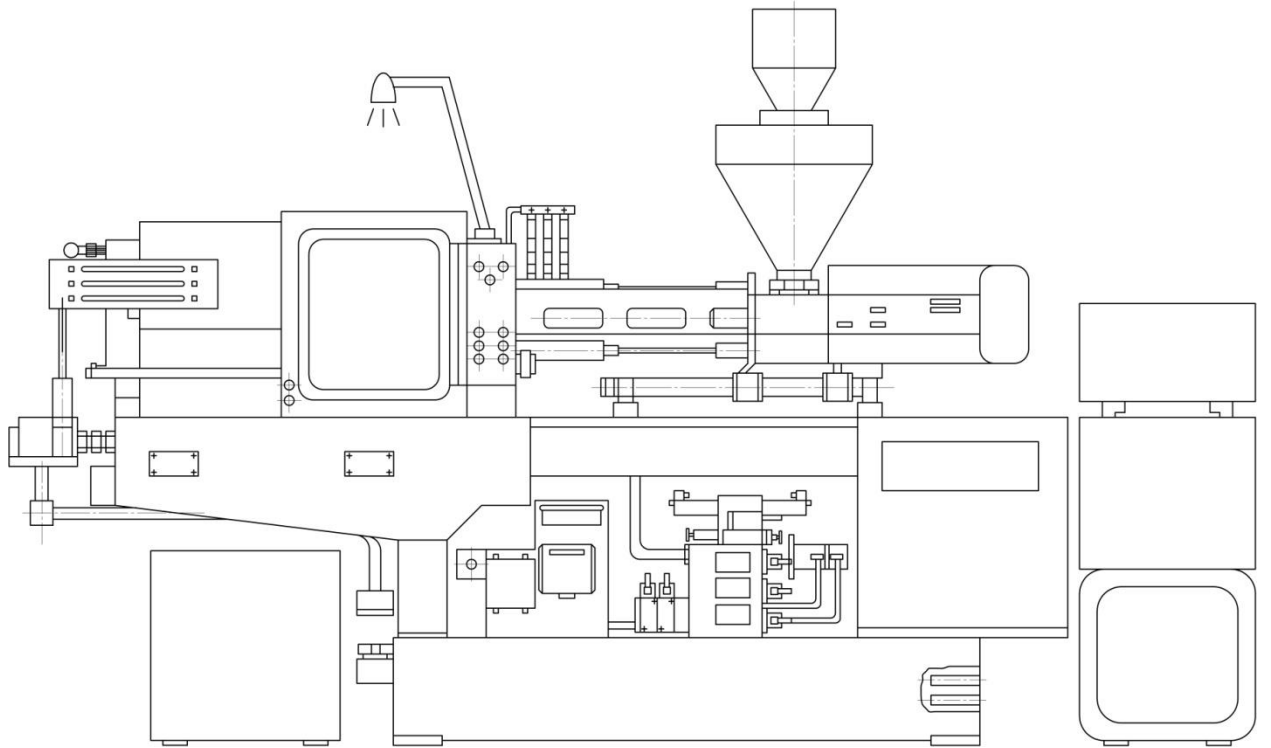


Рисунок 3.1 – Термопластавтомат KuASY 150/50

Гнездность, обусловленная объемной скоростью впрыска:

$$n_A = \frac{W_H \cdot \rho_H \cdot \tau_{охл}}{k_1 \cdot m} = \frac{95 \cdot 1,05 \cdot 24}{1,2 \cdot 9,8} = 203,6 \approx 203. \quad (3.2)$$

Гнездность, обусловленная усилием смыкания:

$$n_p = \frac{P_H}{q_{\max} \cdot F_{\text{ПР}} \cdot k_2 \cdot k_3} = \frac{500 \cdot 10^3}{26 \cdot 10^6 \cdot 0,002 \cdot 1,1 \cdot 1,2} = 7,3 \approx 7. \quad (3.3)$$

Из подсчитанных значений выбираем минимальное четное значение, равное 6. Это значение не должно превышать число n_F , определяемое площадью рабочей поверхностью плиты термопластавтомата:

$$n_F = \frac{0,5 \cdot F_{\text{Пл}}}{F_{\text{ПР}}} = \frac{0,5 \cdot 0,32 \cdot 0,32}{0,002} = 25,6. \quad (3.4)$$

3.2 Выбор средств автоматизации, основные характеристики, описание работы

Высокая стабильность отливаемых изделий по прочностным свойствам, точность выполнения запроектированной геометрической формы

и размеров могут быть достигнуты при установившемся режиме литья, который обеспечивается автоматизацией. Она предполагает точную и последовательную повторяемость при надежном взаимодействии всех систем формы и элементов цикла по продолжительности.

Автоматизация перемещения деталей формы и их кинетическая взаимосвязь с автоматическим перемещением частей машины должны быть заложены в ее конструкцию.

Конструкция литейной формы, предназначенная для работы в полном автоматическом цикле, должна полностью исключить ручные приемы, так как последние, отражая индивидуальные особенности исполнителей, препятствуют достижению установившегося режима работы. Перемещение детали формы, их направление и скорость, а также необходимые усилия для их осуществления полностью зависят от конфигурации изделия и от его расположения в форме относительно горизонтальной оси литейной машины. Перемещение деталей формы для изделия с простой конфигурации без поднутрений, положение оси которых в форме совпадает с направлением возвратно-поступательного движения машины, сравнительно легко механизировать. К перемещениям относятся: замыкание и размыкание полуформ и их одновременное центрирование с помощью направляющих колонок и втулок, остановка детали системы удаления изделий из формы с помощью неподвижного упора во время размыкания подвижной полуформы, вызывающая перемещение изделия относительно пуансона и возврат деталей системы удаления в исходное положение. В этом случае механизация перемещений происходит с помощью обычных кинематических пар, среди которых направляющие колонки и втулки, система центрирования, выталкиватели и направляющие отверстия для них в пуансоне. Относительная скорость перемещения элементов кинематических пар соответствует скорости перемещения плит машины. Перемещение плит машины в автоматизированной форме обеспечивается с помощью рычажной

пары, гидроцилиндра, который составляет винтовую пару с гайкой закрепленной в задней неподвижной плите.

Расчет основных технических характеристик

Диаметр гидроцилиндров выражаем из формулы:

$$P_0 = \frac{P}{F}, \quad (3.5)$$

где p - давление в гидроцилиндре, $p=0,4$ МПа;

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

P_0 - усилие запираения расчетное, $P_0=412$ кН.

Тогда

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

Усилие необходимое для перемещения сопла:

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

где F_c - площадь контакта, определяемая по формуле:

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

здесь d_c - диаметр сопла, $d_c=100$ мм=0,1м.

Тогда:

$$F_c = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} = 0,079 \text{ м}.$$

Таким образом, получим:

$$P_{расч} = 0,079 \cdot 0,4 \cdot 10^6 = 3,16 \text{ кН}.$$

Известно, что

$$P_{расч} = p \cdot 2 \cdot F_u,$$

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

Отсюда

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

Известно, что

$$[\sigma] = P_{расч} \cdot 2 \cdot F_{ш},$$

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

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

Отсюда найдем диаметр штока:

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

По конструктивным соображениям диаметр штока берем 6 мм.

Определяем площадь поперечного сечения кольца гидроцилиндра по формуле:

$$F_{к} = \frac{\pi(d_{в}^2 - d_{ш}^2)}{4} = \frac{\pi(0,071^2 - 0,006^2)}{4} = 0,004 \text{ м}^2 = 4000 \text{ мм}^2.$$

Описание работы средств автоматизации

Работа средств автоматизации (рисунок 3.2) осуществляется от гидроцилиндра 1, который составляет винтовую пару с гайкой закрепленной в задней неподвижной плите; движение через промежуточную плиту 2 и рычажную систему 3 передается на подвижную плиту 4.

Вращение от гидромотора 5 через шлицевое соединение передается валу I, который установлен в подшипниках 6 и 7, а далее через муфту 8 – шнеку 9.

Подвод механизма впрыска (подвод сопла к литниковой втулке) осуществляют гидроцилиндры 10, впрыск осуществляется гидроцилиндрами 11.

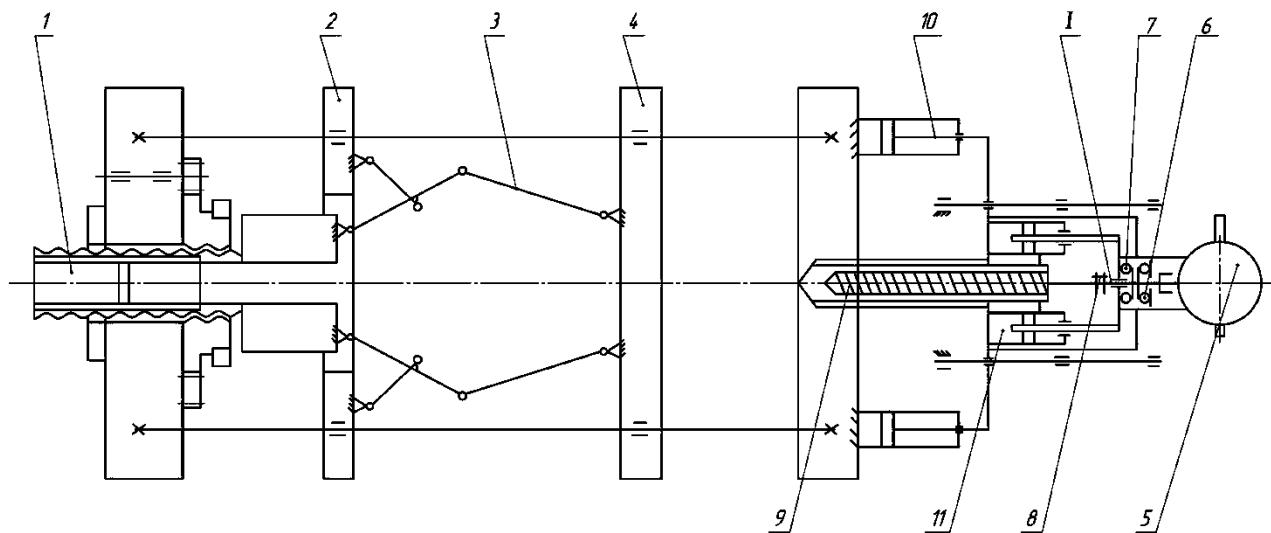


Рисунок 3.2 – Кинематическая схема термопластавтомата
KuASY150/50

4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ

4.1 Состав, конструкция и работа литевой формы

Основные системы литевой формы состоят из функциональных групп деталей или элементов деталей форм. Конструкцию литевой формы можно разделить на следующие основные системы: система размещения; установки и крепления литевых форм; системы литниковых и газоотводящих каналов; системы удаления изделия из формы. Это разделение является условным. В рассматриваемом случае объединяются несколько функциональных групп деталей формы в одну систему, например, детали удаления изделия из формы и газоотводящие каналы; систему каналов охлаждения и систему регулирования температуры оформляющих поверхностей формы.

Система размещения, установки и крепления форм включает несущие и крепежные детали формы и элементов 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 системы удаления изделий, конструкцию элементов, обеспечивающих безопасный подъем и крепление форм к плитам машин различных конструкций.

Система литниковых каналов включает каналы для переадресации расплава из цилиндра литевой машины в оформляющую полость литевой формы, сопло, литниковую втулку, литниковые каналы, выполненные трапецеидальной формы, расположенные в матрице литевой формы.

Система оформляющих деталей охватывает детали форм, на которых расположены оформляющие поверхности, приходящие в соприкосновение с расплавом: пуансон и матрица, являющиеся стационарными, знаки, сталкивающая плита, оформляющая опорную поверхность изделия.

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.

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

Система удаления отливок из литейной формы предназначена для извлечения изделия и литников из матрицы и литниковых каналов, сталкивания их с пуансонов и из литниковых каналов и сброса отливки через люк машины в приемную тару. При этом учитываются усилия, необходимые для удаления отливок из формы и их воздействие на изделия. Система включает поверхности, образующие камеру для деталей, сталкивающую плиту, обеспечивающую выталкивание и сброс изделий, а также детали и узлы, возвращающие систему в исходное положение.

Крепление литейной формы к литейной машине осуществляется за счет Т – образных пазов, которые выполнены во фланцах: подвижном и неподвижном. Центрирование формы при установке осуществляется при определении соосности литниковой втулки 23 (рисунок 4.1) и сопла цилиндра литейной машины.

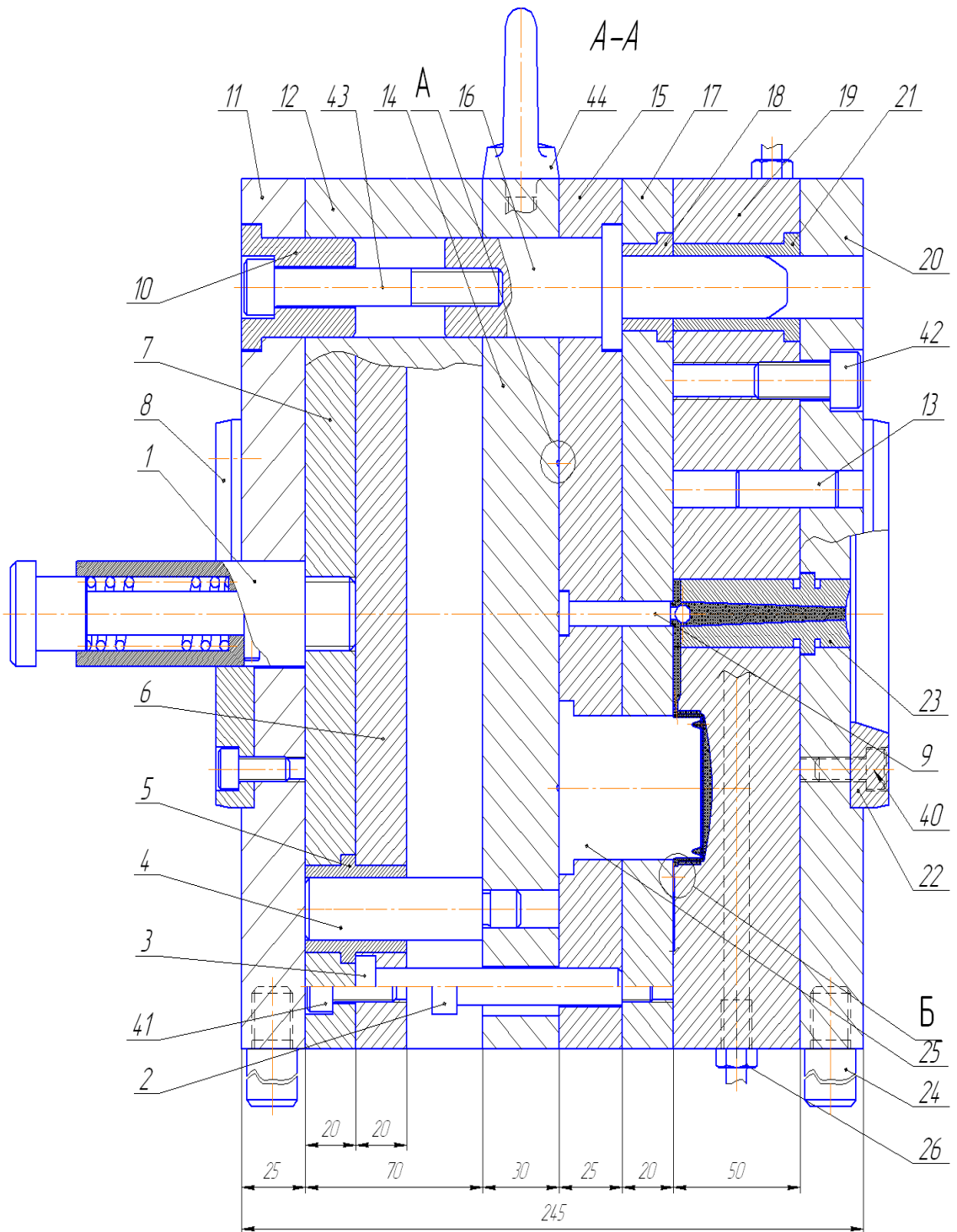


Рисунок 4.1 – Форма литьевая (разрез)

Смыкание формы осуществляется путем подхода подвижной полуформы к неподвижной полуформе, и одновременно подводится сопло цилиндра литьевой машины.

Центрирование полуформ при смыкании осуществляется посредством направляющих втулок 18 и 21 и направляющих колонок возврата 16, которые одновременно прижимают сталкивающую плиту 17 к матрице 19.

Далее происходит впрыск, выдержка под давлением и охлаждение отливки. Охлаждение полуформы осуществляется водой, которая проходит по каналам, выполненным в матрице.

Размыкание формы осуществляется путем отвода подвижного фланца 8 и соединенной с ним подвижной плиты 11. Хвостовик 1 тянет за собой плиты толкателей 7 и 6, соединенных винтами 41. Колонки возврата 16 отводят держатель пуансонов 15, увлекая за собой пуансоны 25, знаки 26, обойму 14, скользящую вдоль поверхностей толкателей 2 и 3.

Сталкивающая плита 17 остается неподвижной, т.к. закреплена на резьбе толкателей 2. Как только обойма 14 упрется в толкатель 2, плита 17 увлекается и изделия снимаются с пуансонов. Форма размыкается. Изделия с литником свободно извлекаются из матрицы 19 посредством усадки полимера и смазки оформляющих поверхностей матрицы.

4.2 Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы

1) Рассчитываем контртолкатели на прочность.

Находим P_{\max} путем сравнения P_q и $P_{разм}$

P_q находим по формуле:

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

где q - давление необходимое для оформления полости, $q = 60$ МПа;

F - площадь поперечного сечения контртолкателя, которое определяется как:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,012^2}{4} = 0,000113 \text{ м}^2.$$

Тогда

$$P_q = 60 \cdot 10^6 \cdot 0,000113 = 6,780 \text{ кН},$$

$P_{разм}$ действует на контролкатели с опорной стороны, и находим как:

$$P_{разм} = 0,1 \cdot P_0 = 0,1 \cdot 412 = 41,2 \text{ кН} \approx 41,2 \text{ кН}.$$

Тогда

$$P_{max} = P_{разм} = 41,2 \text{ кН}.$$

Рассчитываем контролкатели на сжатие.

$$\sigma = \frac{P_{MAX}}{\sum F \cdot m} \leq [\sigma_{сж}], \quad (4.2)$$

где F - площадь поперечного сечения контролкателей, которая определяется по формуле $F = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$;

m - количество контролкателей;

$[\sigma_{сж}]$ - допускаемое напряжение сжатие для данного материала толкателей, $[\sigma_{сж}] = 455 \text{ МПа}$.

Тогда

$$\sigma_{сж} = \frac{41,2 \cdot 10^3}{\frac{\pi}{4} \cdot (0,012^2 \cdot 4)} = 91,1 \text{ МПа} < 455 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.

2) Проверяем пуансоны на контактную прочность.

$$\sigma_K = \frac{P_{MAX}}{\sum F_K \cdot m} \leq [\sigma_{сМ}],$$

где F_K - площадь поперечного сечения опорной поверхности пуансонов, которая определяется по формуле $F_K = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$;

m - количество пуансонов;

$[\sigma_{сМ}]$ - допускаемое напряжение смятия, берем более мягкий материал из контактной пары, для материала обоймы 40Х $[\sigma_{сМ}] = 230 \text{ МПа}$.

Тогда

$$\sigma_{\kappa} = \frac{41,2 \cdot 10^3}{\frac{\pi}{4} \cdot (0,056^2 \cdot 6)} = 2,8 \text{ МПа} < 230 \text{ МПа}.$$

3) Рассчитываем контролкатели на устойчивость.

Расчет ведем по формуле Эйлера.

$$P_{\kappa} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\mu^2 \cdot l_{\max}^2} \cdot \frac{J}{n}, \quad (4.3)$$

где μ - коэффициент длины стержня, для стержня с зашечленными концами $\mu = \frac{1}{2}$;

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

n - количество контролкателей;

J - момент инерции поперечного сечения стержня, определяется по формуле:

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,012^4}{64} = 10 \cdot 10^{-13} \text{ м}.$$

Из формулы находим длину стержня:

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

Тогда

$$l_{\max} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^{11}}{\left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot 41200} \cdot \left(\frac{10 \cdot 10^{-13}}{4^2}\right)} = 0,153 \text{ м} = 153 \text{ мм} < l_{np},$$

где l_{np} - проектное значение длины контролкателей.

Условие выполняется.

При выборе материала для изготовления формы необходимо стремиться обеспечить не максимально возможный, а необходимый срок службы формы. В таблице 4.1. приведен выбор материалов деталей формы.

Таблица 4.1 – Выбор материала деталей формы

Деталь	Марка материала	Рекомендуемая твердость	Рекомендуемая термообработка
Матрица	4X5МФС	51...53HRC	закалка, отпуск
Пуансон	4X5МФС	51...53HRC	закалка, отпуск
Плита подвижная	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Плита толкателей	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Плита неподвижная	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Плита толкателей	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Плита сталкивающая	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Фланец подвижный	40X	32...37HRC	закалка, отпуск
Фланец неподвижный	40X	32...37HRC	закалка, отпуск
Обойма	40X	32...37HRC	закалка, отпуск
Ограничитель	4X5МФС	51...53HRC	закалка, отпуск
Контртолкатель	У8А	58...62	закалка, отпуск
Штифт	4X5МФС	51...53HRC	закалка, отпуск
Держатель пуансонов	40X	32...37HRC	закалка

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 гнёзда формы. Застывший в литниковых каналах полимер называется литником.

Литниковая система должна обеспечивать поступление расплава полимера в формообразующую полость формы с минимальными потерями температуры и давления после пластицирующего цилиндра литьевой машины.

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

Многогнездная форма всегда включает все три вида каналов.

Центральный литниковый канал наиболее простой элемент. Этот канал должен иметь достаточно большое сечение, возрастающее с увеличением вязкости расплава и толщины стенки изделия для сохранения жидкотекучести расплава в литниковой системе и обеспечения подпитки материала, заполнившего оформляющую полость.

Диаметр на входе в литниковую втулку определяется по формуле.

$$d_1 = 2\sqrt{\frac{Q_0}{\pi \cdot g \cdot \tau}}, \quad (4.4)$$

здесь Q_0 – объём впрыска, $Q_0 = 97 \text{ см}^3$

v – средняя скорость течения материала в литниковой втулке, для отливок $Q_0 = 97 \text{ см}^3 \rightarrow v = 300 \text{ см/с}$;

τ – продолжительность впрыска, $Q_0 = 97 \text{ см}^3 \rightarrow \tau = 2 \text{ с}$

Тогда

$$d_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{97}{3,14 \cdot 300 \cdot 2}} = 0,38 \text{ см} \approx 4 \text{ мм}.$$

Определяем диаметр местного канала на выходе при угле $\alpha = 3^\circ$ (рекомендуемый).

$d_2 = 7,7 \text{ мм}$ $L = 70 \text{ мм}$.

Выбираем втулку. Втулка СТП 171-64-81 $L = 45 \text{ мм}$ $D = 35 \text{ мм}$ $d = 16 \text{ мм}$ $d_1 = 4 \text{ мм}$ $l = 15 \text{ мм}$ $m = 0,24$. Материал У8А по ГОСТ 1435-74 (СТ СЭВ 288-81).

Разводящие каналы являются частью литниковой системы, соединяющей оформляющие полости формы с центральным литником.

Разводящие каналы являются частью литниковой системы, соединяющей оформляющие полости формы с центральным литником.

Разводящие каналы необходимо их укорачивать, так как увеличение длины канала ведет к возникновению расхода материала, к потере давления, а также появлению ориентационных напряжений в изделии.

Форма сечения разводящих каналов трапециевидальная (рисунок 4.2).

Каналы, расположенные в одной плите способствуют быстрому охлаждению.

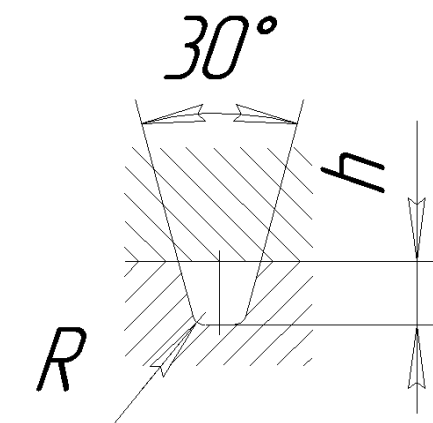


Рисунок 4.2 – Сечение разводящих каналов

При заполнении каналов расплавом полимера прилегающие к стенкам слои материала интенсивно охлаждается, и затвердевают, уменьшая эффективное сечение канала. В связи с этим каналы редко изготавливают с площадью поперечного сечения меньше 7мм^2 и больше 80мм^2 .

Размеры для трапециевидального сечения находится по формуле:

$$h = 0,5 \cdot d_s \sqrt{\frac{\pi \cdot (1 + \sin \alpha + k \cos \alpha)}{(k + \tan \alpha)^2 \cdot \cos \alpha}}, \quad (4.5)$$

где d_s – эквивалентный диаметр некруглого сечения, зависящий от массы отливаемого изделия и длины пути течения материала в разводящем канале, $d_s = 5,5\text{мм}$ при $m=16\text{г}$ и $L=161,5\text{мм}$;

α – коэффициент, зависящий от свойств материала, $\alpha = 0,47$ для АБС-пластика.

Тогда

$$h = 0,5 \cdot 5,5 \sqrt{\frac{\pi \cdot (1 + \sin 0,47 + 1 \cdot \cos 0,47)}{(1 + \tan 0,47)^2 \cdot \cos 0,47}} = 5,5\text{мм} \approx 6\text{мм}.$$

Расплав, попадая при заполнении канала, охлаждается. Попадание в оформляющее гнездо охлажденного переднего фронта может приводить к появлению дефектов на поверхности изделия (муар, следы течения). Для уменьшения этих явлений разводящий канал перед поворотом следует снабжать специальными сборниками охлажденного расплава, т.е. удлинять каналы на величину b , которая определяется по формуле:

$$b = (1,0 \dots 1,5)d_3 = 1,4 \cdot 5,5 = 7,7 \text{ мм}$$

Необходимо добиваться такого расположения разводящих каналов, которое обеспечивает идентичные условия заполнения оформляющих гнезд расплавом полимера. Проще всего эту задачу решить при таком расположении каналов, когда пути течения до каждого гнезда равны.

Важным элементом литниковой системы является переход от разводящего канала к впускному (рис. 4.3).

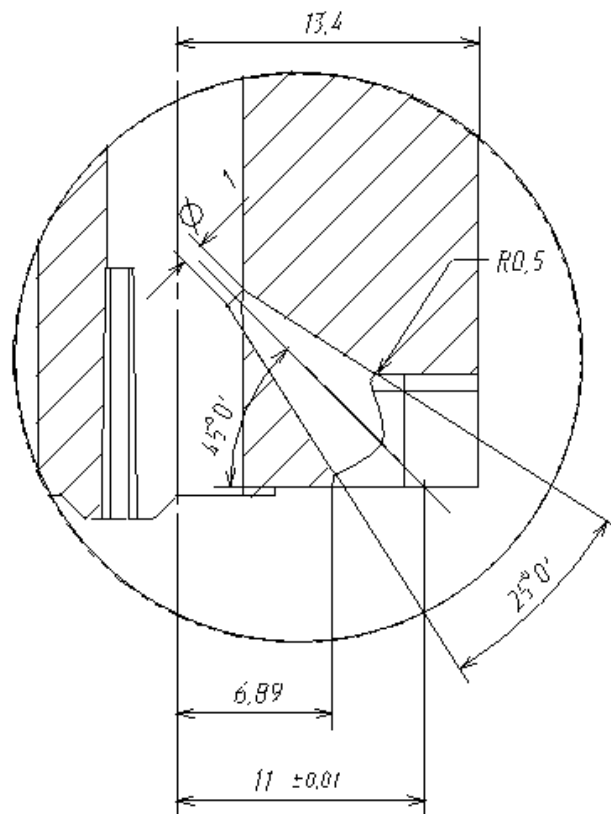


Рисунок 4.3 – Переход от разводящего канала к впускному каналу

Впускные каналы (питатели) имеют особое значение при литье под давлением. Они представляют собой последнее звено в системе литниковых каналов, подводящих материал к оформляющей полости формы. От их размеров и расположения в значительной степени зависит качество отливаемого изделия, поэтому определение оптимальных размеров впускных каналов, их числа и расположения является весьма важной задачей.

При литье термопластов наиболее распространены впускные каналы с круглым (точечным) поперечным сечением (рисунок 4.3).

Характеристический размер изделия определяется по формуле:

$$H = \frac{2 \cdot V_u}{S_u}, \quad (4.6)$$

где $S_u = 0,008 \text{ м}^2$ – площадь поверхности изделия.

Тогда

$$H = \frac{2 \cdot 0,0000093 \text{ м}^3}{0,008 \text{ м}^2} = 0,023 \text{ м} = 2,3 \text{ мм}.$$

И диаметр впускного канала

$$d_g = 0,85 \cdot H = 0,85 \cdot 2,3 = 2 \text{ мм}. \quad (4.7)$$

Для $d_g = 2 \text{ мм}$: длина впускного канала $l = 1,4 \text{ мм}$.

При конструировании литниковой системы следует внимательно относиться к выбору места расположения впускного канала. Впуск, расположен так, чтобы по возможности обеспечивалось равномерное заполнение и одновременное достижение расплавом краев формующей полости. Полость заполняется в направлении потока прямолинейным фронтом. Впуск расположен в месте наибольшей толщины изделия и максимально удален от участков с тонкими стенками.

В нашем случае тип литника тоннельный, который отличается тем, что расплав подводится в оформляющую полость не по поверхности разъема формы, а через тоннель, выполненный в стенке матрицы, т.е. в подвижной части формы. Применение этого литника позволяет осуществлять подвод к внешней поверхности изделия.

4.3.2 Система вентиляционных каналов

При заполнении оформляющей полости находящейся в ней воздух, а также выделяющиеся из полимера газы сжимаются, препятствуя заполнению формы. На изделии могут появиться дефекты в виде резко выраженных спаев в местах встречи потоков расплава, недолив, пережоги. Кроме того,

происходит растворение газа в отливке, приводящее к уменьшению прочности и деформации изделия. В связи с этим, для отвода газов из оформляющего гнезда в форме предусматривают вентиляционные (газоотводящие) каналы в местах, заполняемых расплавом в последнюю очередь.

Площадь сечения вентиляционного канала одного гнезда определяется как:

$$F = f \cdot V_{\Gamma}, \quad (4.8)$$

где f – площадь удельного сечения вентиляционного канала, зависящая от времени впрыска, $\tau = 2\text{с}$ $f = 0,0088 \text{ мм}^2/\text{см}^3$, [15];

V_{Γ} – объем одного гнезда,

$$V_{\Gamma} = V_u \cdot \left(1 + \frac{X_{CP}}{100}\right) = 9,3 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100}\right) = 9,35 \text{ см}^3. \quad (4.9)$$

Таким образом,

$$F = 0,0088 \cdot 9,35 = 0,082 \text{ мм}^2.$$

Суммарная ширина каналов

$$B = \frac{F}{e} = \sum_1^n b, \quad (4.10)$$

где e – максимальная глубина каналов, определяемая в зависимости от материала, $e = 0,04$ для АБС – пластика;

n – число каналов;

b – текущая ширина каналов.

Тогда

$$B = \frac{0,082}{0,04} = 0,18 \text{ мм}.$$

На каждом из шести гнезд назначаем по одному вентиляционному каналу, шириной:

$$b = \frac{B}{n} = \frac{0,18}{6} = 0,03 \text{ мм}.$$

4.3.3 Система термостатирования

Отверждение полимера в форме требует отвода большого количества теплоты. В связи с этим продолжительность цикла литья в значительной степени зависит от эффективности отвода теплоты и от достигаемой при этом температуры отливки. Кроме того, режим охлаждения существенно влияет на качество изделия.

Низкая температура формы позволяет уменьшить усадку, коробление и цикл литья. Однако надо помнить, что при быстром охлаждении в отливке могут возникнуть большие внутренние напряжения и на переохлажденные стенки формы может конденсироваться влага, отрицательно влияющая на качество поверхности отливки.

Основной нашей задачей является правильное конструирование термостатирующих каналов, которая бы обеспечила требуемого теплового режима.

Количество теплоты, содержащееся в расплаве, которое должно быть передано стенкам формы в течение цикла:

$$Q_M = C_M \cdot m \cdot (t_n - t_{cp}), \quad (4.11)$$

где C_M – удельная теплоемкость материала, $C_M = 1330 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$ [9];

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

$$\frac{t_{cp} - t_\phi}{t_n - t_\phi} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(\frac{-\frac{\pi^2}{4} \cdot a \cdot \tau_{охл}}{\delta^2}\right), \quad (4.12)$$

где $t_\phi = 55^\circ \text{C}$ – температура формы;

$t_n = 250^\circ \text{C}$ – начальная температура расплава;

$a = 2,7 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ – температуропроводность;

Подставив значения и преобразовав формулу, получим:

$$\frac{t_{cp} - 55}{250 - 55} = \frac{8}{\pi^2} \exp \left(\frac{-\frac{\pi^2}{4} \cdot 2,7 \cdot 10^{-7} \cdot 24}{0,008^2} \right),$$

$$t_{cp} = 178^0 C.$$

Поставляя в формулу количества теплоты, имеем:

$$Q_M = 13300,098 \cdot (250 - 178) = 9384,48 \text{ Дж}.$$

Количество теплоты, которое может быть отведено охлаждающей жидкостью, называемой хладагентом, в течение цикла определяется по форме:

$$Q_x = c_x \cdot g_x \cdot (t_{вых} - t_{вх}), \quad (4.13)$$

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

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

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

g_x – расход хладагента, определим из теплового баланса.

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

$$Q_M = Q_x, \quad (4.14)$$

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

Отсюда найдем,

$$g_x = \frac{Q_M}{c_x \cdot (t_{вых} - t_{вх})}. \quad (4.15)$$

Тогда определим расход хладагента для матрицы:

$$g_x = \frac{9384,48}{4180 \cdot 5} = 0,45 \text{ кг}.$$

Расход хладагента через матрицу принимаем пропорционально площади оформляющей поверхности.

$$g_x = g_x \cdot \frac{F^M}{F_{общ}}, \quad (4.16)$$

здесь F^M – оформляющая площадь матрицы, $F^M = 0,0047 \text{ м}^2$;

$F_{общ}$ – общая площадь оформляющих поверхностей матрицы и пуансона, $F_{общ} = F^M + F^П$,

$F^П$ – оформляющая площадь пуансона, $F^П = 0,0023 м^2$;

$F_{общ} = 0,0047 + 0,0023 = 0,007$.

Тогда получим,

$$g_x = 0,45 \cdot \frac{0,0047}{0,007} = 0,3 \text{ кг}.$$

Площадь поперечного сечения каналов в пуансоне и матрице:

$$f_K = \frac{g_x}{\rho_x \cdot \tau_y \cdot \omega}, \quad (4.17)$$

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

τ_y – продолжительность цикла, $\tau_y = 44 \text{ с}$;

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

Тогда

$$f_K = \frac{0,3}{1000 \cdot 44 \cdot 1} = 0,0000068 \text{ м}^2.$$

Диаметр охлаждающего канала определим по формуле:

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

Таким образом,

$$d_K = 1,13 \cdot \sqrt{0,0000068} = 0,003 \text{ м} = 3 \text{ мм}.$$

Суммарная длина каналов

$$l_K \geq \frac{F_M}{\pi \cdot d_K} = \frac{0,0047}{\pi \cdot 0,003} = 0,5 \text{ м}.$$

По результатам расчета получаем минимальное значение диаметра канала, необходимого для охлаждения изделия. Такой диаметр нетехнологичен, поэтому по конструктивным соображениям принимаем $d_K = 10 \text{ мм}$. Выбираем тип системы с прямыми каналами. При этом расстояние между охлаждающими каналами берем:

$$S \approx (2,5 \dots 3,5) \cdot d_K = (2,5 \dots 3,5) \cdot 10 = 25 \dots 35 \approx 30 \text{ мм}.$$

Каналы в матрице выполнены сквозными и заканчиваются резьбовыми гнездами, в которые вворачиваются штуцеры и пробки. Применяем штуцеры, выполненные по СТП 171-127-91. Остальные каналы закрываются пробками выполненные по ГОСТ 12202-60.

4.3.4 Система удаления изделия и литника из формы

Назначение этой системы состоит в обеспечении беспрепятственного извлечения изделий и литниковой системы из матрицы. Эти функции выполняет механическая выталкивающая система, используя возвратно – поступательное передвижение подвижной части формы. Для удаления и сталкивания изделий применяем сталкивающая плита.

Усилие для сталкивания одного изделия определяется по формуле:

$$P_n = \sigma \cdot A \cdot \frac{\cos \frac{\beta}{2} + \varphi \cdot \sin \frac{\beta}{2}}{\sin \frac{\beta}{2} + \varphi \cdot \cos \frac{\beta}{2}}, \text{ кН}, \quad (4.18)$$

где σ - действующие растягивающие напряжения в резьбовом сечении, *МПа*, определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{d_0 - d_1}{d_0} \cdot E, \quad (4.19)$$

где d_0 - наружный диаметр резьбы, мм; $d_0 = 45,75 \text{ мм}$;

d_1 - внутренний диаметр резьбы, мм; $d_1 = 40,9 \text{ мм}$;

E - модуль упругости, принимают $E = 900 \text{ МПа}$;

$$\sigma = \frac{45,75 - 40,9}{45,75} \cdot 900 = 95,4 \text{ МПа}.$$

A - полное сечение одного резьбового изделия, испытывающего эти напряжения, м^2 , определяется по формуле:

$$A = (D_{нар} - d_0) \cdot H + h \cdot n \cdot S, \quad (4.20)$$

где $D_{нар}$ - наружный диаметр детали, м; $D_{нар} = 0,05 \text{ м}$;

H - высота резьбы, м; $H = 0,011 \text{ м}$;

S - шаг резьбы, м; $S = 0,0045\text{м}$;

n - число резьбовых ниток; $n = \frac{H}{S} = \frac{0,011}{0,0045} = 2$;

$$h = 0,5 \cdot (d_0 - d_1), \text{ м};$$

$$h = 0,5 \cdot (0,04575 - 0,0409) = 0,002\text{м}.$$

Тогда полное сечение резьбового изделия:

$$A = (0,05 - 0,04575) \cdot 0,011 + 0,002 \cdot 2 \cdot 0,0045 = 0,000065\text{м}^2.$$

φ - коэффициент трения полимера по стали ($\varphi = 0,08$);

β - угол между витками резьбы; $\beta = 60^\circ$.

Тогда усилие для сталкивания одного изделия:

$$P_n = 95,4 \cdot 10^6 \cdot 0,000065 \cdot \frac{\cos \frac{60}{2} + 0,08 \sin \frac{60}{2}}{\sin \frac{60}{2} + 0,08 \cos \frac{60}{2}} = 5,9\text{кН}.$$

После расчета осевое усилие проверяем на допускаемое:

$$P_n \cdot n < P_{\text{разм}},$$

где n - количество гнезд,

$P_{\text{разм}}$ - номинальное усилие размыкания плит термопластавтомата, кН.

$$P_{\text{разм}} = 0,1 \cdot P_0;$$

$$P_{\text{разм}} = 0,1 \cdot 412 = 41,2\text{кН}.$$

$$P_n \cdot n = 5,9 \cdot 6 = 35,4 < 41,2.$$

Условие выполняется.

4.4 Определение толщины стенки матрицы

В литьевых формах давление изменяется от нуля до максимального q_{max} в замкнутом положении формы, что требует расчёта толщины стенок деталей форм. Для круглой матрицы толщина стенки определяется по формуле:

$$a = \frac{q_{\text{max}} \cdot r}{[\sigma]}, \text{ м}, \quad (4.21)$$

где r - радиус изделия, m ;

$[\sigma]$ – напряжение, зависящее от материала матрицы (для легированных и термообработанных сталей $[\sigma] = 3 \cdot 10^8 Pa$);

q_{max} - максимальное давление в полости, MPa ; $q_{max} = 26 MPa$.

Тогда толщина стенки матрицы:

$$a = \frac{26 \cdot 0,025}{300} = 0,002 m.$$

Получено минимальное значение толщины стенки, которая выдержит давление в оформляющей полости.

4.5 Определение исполнительных размеров оформляющих деталей

В процессе литья, изделие в форме принимает очертания и размеры полости. 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.

Исполнительные размеры формообразующих элементов назначают в зависимости от допуска на размеры изделия и усадки формуемого материала. Методика расчета гладких формообразующих элементов в соответствии с ГОСТ 15947-70.

Определим исполнительные размеры, оформляющие наружные поверхности изделия (матрицы):

$$L_M = \left[L * \left(1 + \frac{X_{CP}}{100} \right) - \Delta_{ИЗН} \right]^{+\Delta_{ИЗГ}}, \quad (4.22)$$

$$N_M = \left[N * \left(1 + \frac{X_{CP}}{100} \right) - \Delta_{ИЗН} \right]^{+\Delta_{ИЗГ}}, \quad (4.23)$$

$$H_M = \left[H * \left(1 + \frac{X_{CP}}{100} \right) - \Delta_{ИЗН} \right]^{+\Delta_{ИЗГ}}, \quad (4.24)$$

где L, N, H – наибольшие предельные размеры изделия, $L = 50 mm$,
 $N = 46 mm$, $H = 20 mm$;

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

$\Delta_{ИЗН}$ – износ элемента оформляющей поверхности за время эксплуатации формы, мм; в зависимости от допуска на изделия и характера производства принимается $\Delta_{ИЗН}=0,02\div 0,20$;

$\Delta_{ИЗГ}$ – допуск на изготовление элемента оформляющей полости, мм;
 $\Delta_{ИЗГ}=0,074\text{мм}$; $\Delta_{ИЗГ}=0,068\text{мм}$; $\Delta_{ИЗГ}=0,052\text{мм}$ соответственно для размеров

$$L, N, H: L_M = \left[50 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100} \right) - 0,07 \right]^{+0,074} = 50,18^{+0,074} \text{ мм},$$

$$N_M = \left[46 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100} \right) - 0,06 \right]^{+0,068} = 46,17^{+0,068} \text{ мм},$$

$$H_M = \left[20 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100} \right) - 0,05 \right]^{+0,052} = 20,05^{+0,052} \text{ мм}.$$

Определим исполнительные размеры, оформляющие наружные поверхности изделия (пуансона):

$$l = \left[l \cdot \left(1 + \frac{X_{CP}}{100} \right) + \Delta_{ИЗН} \right]_{-\Delta_{ИЗН}}, \quad (4.25)$$

$$h = \left[h \cdot \left(1 + \frac{X_{CP}}{100} \right) + \Delta_{ИЗН} \right]_{-\Delta_{ИЗН}}, \quad (4.26)$$

где l, h – наименьшие предельные размеры изделия, $l=44\text{мм}$ $h=12\text{мм}$;

$$l = \left[44 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100} \right) + 0,1 \right]_{-0,160} = 44,32_{-0,160} \text{ мм},$$

$$h = \left[12 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100} \right) + 0,02 \right]_{-0,040} = 12,08_{-0,040} \text{ мм}.$$

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

5.1 Технологическая характеристика объекта

Таблица 5.1 – Технологический паспорт объекта

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

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
Физические			
1	Работа на термопластавтомате	Травматизм	Движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части
2	Работа с расплавленным материалом или рабочими частями ТПА	Ожоги	Повышенная температура поверхностей оборудования, пластика
Химические			
3	Литье пластмасс	Токсичность	Расплавленный АБС-пластик

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

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

5.4. Обеспечение пожарной безопасности

5.4.1. Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

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

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

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

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

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Литье под давлением	<ul style="list-style-type: none"> - 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - квалифицированный персонал; - обеспечение защиты помещений системами обнаружения пожара, оповещения и эвакуации; - наличие систем пожаротушения.

5.5 Обеспечение экологической безопасности проекта

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

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

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

Наименование технического объекта	Литье пластмасс под давлением
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Спроектированы пылегазоочистные установки: пылеосадительные камеры.

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность проекта»

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

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

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

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

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

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

6.1 Сравнительный анализ технологических вариантов

Базовый вариант – серийное производство, работа в автоматическом режиме, условия труда нормальные, деталь получается методом литья под давлением в четырехгнездной литейной форме на оборудовании KuASY260/100.

Проектный вариант – серийное производство, работа в автоматическом режиме, условия труда нормальные, деталь получается методом литья под давлением в шестигнездной литейной форме на оборудовании KuASY150/50.

В результате изменения конструкции детали предлагается:

- уменьшение отходов за счет уменьшения длины разводящих каналов,
- увеличения гнездности формы для повышения производительности.

6.2 Калькуляция на литейную форму

Составляем калькуляцию на изготовление литейной формы.

Таблица 6.1

№	Наименование	Обозначение	Сумма, руб.		Примечание
			Баз.	Пр.	
1	Материальные затраты	М	7009,15	7624,9	
2	Транспортно - заготовительные расходы	ТЗР	96,73	105,22	1,38% от М
3	Основная зарплата рабочих ($Z_{пл}^{осн.} = C_T \cdot T_{н/ч} = 142,17 \cdot T_{н/ч}$)	$Z_{пл}^{осн.}$	145582,08	178062	$T_{н/ч_{баз}}=1024$ н/ч $T_{н/ч_{пр}}=1252,5$ н/ч
4	Налог на соц. нужды	Сс	52409,55	64102	36% от $Z_{пл}^{осн.}$
5	Расходы на содержание оборудования	РСО	312855,88	382655	214,9% от $Z_{пл}^{осн.}$
6	Цеховые расходы	Рцех	208036,79	254451	142,9% от $Z_{пл}^{осн.}$
	Итого цеховая себестоимость	Сцех	725990	887001	

6.3 Исходные данные для расчета себестоимости продукции

Таблица 6.2

№	Показатель	Обозначение	Значение	
1	2	3	4	
1.	Годовая программа выпуска, шт	Ng	350000	
2.	Эффективный фонд времени работы, час: - Оборудования, час - Рабочего, час	Фэ Фэ.р.	5722 2741	
3.	Коэффициент выполнения норм	Квн	1,2	
4.	Коэффициент многостаночного обслуживания	Кмн	1,00	
	Коэффициент потерь времени на отпуск работников, %	Ко	11,8	
5.	Коэффициент монтажа: - в капитальных вложениях	К _{МОНТ}	0,1 – 0,25	
6.	Цена материала, руб./кг.	Ц _м	50,53	
7.	Цена отходов, руб./кг	Ц _{отх}	1,08	
8.	Масса заготовки, кг	Мз	0,067	0,101
9.	Масса отходов, кг	Мотх	0,028	0,042
10.	Коэффициент транспортно - заготовительных расходов	Ктз	1,0133	
11.	Коэффициенты доплат по заработной плате (от 3 до 5 разряда):			
А)	До часового фонда зарплаты	К _{ДОП}	1,08	
Б)	За профессиональное мастерство	К _{ПФ}	1,14	
В)	За условия труда	К _У	1,12	
Г)	За вечерние и ночные часы	К _Н	1,1	
Д)	Премияльные	К _{ПР}	1,1	
Е)	На социальное страхование	К _С	1,34	
	Итого общий коэфф нт доплат $K_{зпл} = K_{д} \cdot K_{пф} \cdot K_{у} \cdot K_{н} \cdot K_{пр} \cdot K_{с}$	К _{зпл}	2,24	
12.	Коэффициент загрузки оборудования по мощности	Км	0,8	
13.	Коэффициент загрузки оборудования по времени	Кв	0,7	
14.	Коэффициент потерь в сети	Кп	1,03	
15.	Коэффициент одновременной работы электродвигателей	Код	0,8 - 1	
16.	Выручка от реализации, % от Ц: - изношенного оборудования - изношенного штампа	Вр Вр.и.	5 15	
17.	Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	К _{ЦЕХ}	1,5	
18.	Часовая тарифная ставка, руб./час. - рабочего - наладчика	С _т С _т	34,84 45,00	
19.	Цена электроэнергии, руб./кВт	Цэ	3,0	

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4
20.	Цена площади, руб./м ²	Ц _{пл}	4500
21.	Норматив экономической эффективности	Е _н	0,33

Таблица 6.3 – Эксплуатационные данные оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Норма времени, мин.		Мощность М _у , кВт	Площадь S _у , м ²	Цена, руб.
		T _{шт} , мин.	T _{маш} , мин.			
1.	Баз.-КуASY 260/100	0,819	0,65	27	5,352	415000
2.	Проектн.- КуASY 150/50			19	4,18	350000

Таблица 6.4 – Исходные данные об оснастке

№	Наименование литейной формы	Стойкость формы T _{и.шт.} , ударов	Цена формы Ц _{шт} , руб.
1	Баз.-4 ^{-х} гнездная пресс-форма	1200000	725990
2	Проектн.-6 ^{-ти} гнездная пресс-форма	1200000	887001

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

Таблица 6.5

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базов.	Проект
1	Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт.	$n_{об} = t_{ум} * N_{Г} / (\Phi_{Э} \cdot k_{ВН} \cdot 60)$ $n_{об} = 0,819 * 350000 / (5722 \cdot 1,2 \cdot 60) = 0,7$	1	
2	Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции	$k_3 = n_{об}^{Расч} / n_{об}^{Прин}$ $k_3 = 0,7 / 1 = 0,7$	0,7	
3	Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.	$P_{оп} = [t_{ум} \cdot N_{Г} \cdot (1 + k_o / 100) / (\Phi_{Эр} \cdot k_{МН} \cdot 60)]$ $P_{оп} = [0,819 \cdot 350000 \cdot (1 + 11,8 / 100) / (2746 \cdot 1 \cdot 60)] = 1,95 \approx 2 \cdot 2_{см} = 4$	4	
4	Число литейных форм для выпуска годовой программы, шт.	$n_{ума.мн} = N_{Г} / T_{и.шт.}$ $n_{ума.мн} = 350000 / 1200000 = 0,29$	1	

6.5 Расчет капитальных вложений

Таблица 6.6

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$k_{об} = n_{об} \cdot \Pi_{об} \cdot k_3$ $k_{об}^{баз} = 1 \cdot 415000 \cdot 0,7 = 290500$ $k_{об}^{пр} = 1 \cdot 350000 \cdot 0,7 = 245000$	290500	245000
2	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
	Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$k_M = k_{об} \cdot k_{МОНТ}$ $k_M^{баз} = 290500 \cdot 0,25 = 72625$ $k_M^{пр} = 245000 \cdot 0,25 = 61250$	72625	61250
	Затраты на спец. оснастку, руб.	$k_{II} = \Pi_{ум} \cdot n_{ум}$ $k_{II}^{баз} = 725990 \cdot 1 = 725990$ $k_{II}^{пр} = 887001 \cdot 1 = 887001$	725990	887001
	Затраты на производственную площадь, руб.	$k_{ПЛ} = n_{об} \cdot S_{\nu} \cdot \Pi_{ПЛ} \cdot k_3$ $k_{ПЛ}^{баз} = 1 \cdot 5,352 \cdot 4500 \cdot 0,7 = 16859$ $k_{ПЛ}^{пр} = 1 \cdot 4,18 \cdot 4500 \cdot 0,7 = 13167$	16859	13167
	Итого	$k_{СОП} = k_M + k_{II} + k_{ПЛ}$ $k_{СОП}^{баз} = 72625 + 725990 + 16859 = 815474$ $k_{СОП}^{пр} = 61250 + 887001 + 13167 = 961418$	815474	961418
3	Общие капитальные вложения, руб.	$k_{ОБЩ} = k_{об} + k_{СОП}$ $k_{ОБЩ}^{баз} = 290500 + 815474 = 1105974$ $k_{ОБЩ}^{пр} = 245000 + 961418 = 1206418$	1105974	1206418
4	Удельные капвложения, руб.	$k_{УД} = k_{ОБЩ} / N_{Г}$ $k_{УД}^{баз} = 1105974 / 350000 = 3,2$ $k_{УД}^{пр} = 1206418 / 350000 = 3,4$	3,2	3,4

6.6 Расчет сравнительной себестоимости изготовления детали

Таблица 6.7

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базов	Проектн
1	2	3	4	5
1	Основные материалы за вычетом отходов, руб.	$M = (M_3 \cdot C_M \cdot k_{ТЗ}) - (M_{отх} \cdot C_{отх})$ $M^{баз} = (0,067 \cdot 50,53 \cdot 1,0133) - (0,028 \cdot 1,08) = 3,4$ $M^{np} = (0,101 \cdot 50,53 \cdot 1,0133) - (0,042 \cdot 1,08) = 5,13$	3,4	5,13
2	Зарплата рабочих-операторов, руб.	$Z_{ПЛ} = \frac{P \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.Р} \cdot k_{ЗПЛ} \cdot k_3}{N_T}$ $Z_{ПЛ} = \frac{4 \cdot 34,84 \cdot 2746 \cdot 2,24 \cdot 0,7}{350000} = 1,71$	1,71	
3	Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования, руб.	$P_A = \frac{[(C_{об} \cdot (1 - B_P)) \cdot H_A \cdot t_{ум} \cdot 1,3]}{\Phi_{Э} \cdot k_{BH} \cdot 60 \cdot 100}$ $P_A^{баз} = \frac{[(415000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 8 \cdot 0,819 \cdot 1,3]}{5722 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100} = 0,08$ $P_A^{np} = \frac{[(350000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 8 \cdot 0,819 \cdot 1,3]}{5722 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100} = 0,07$	0,08	0,07
4	Расходы на электроэнергию, руб.	$P_{Э} = \frac{(M_y \cdot t_{маш} \cdot k_{од} \cdot k_M \cdot k_B \cdot k_{II} \cdot C_{Э})}{КПД \cdot 60}$ $P_{Э}^{баз} = \frac{(27 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3)}{0,8 \cdot 60} = 0,51$ $P_{Э}^{np} = \frac{(19 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3)}{0,8 \cdot 60} = 0,36$	0,51	0,36
5	Расходы на литевную форму, руб.	$P_{II} = \frac{(C_{ум} \cdot [1 - B_{P.И.}])}{T_{II.ум.}}$ $P_{II}^{баз} = \frac{(725990 \cdot [1 - 0,15])}{1200000} = 0,51$ $P_{II}^{np} = \frac{(887001 \cdot [1 - 0,15])}{1200000} = 0,63$	0,51	0,63
6	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{ПЛ} = \frac{S_y \cdot n_{об} \cdot C_{ПЛ} \cdot k_3}{N_T}$ $P_{ПЛ}^{баз} = \frac{5,352 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,7}{350000} = 0,05$ $P_{ПЛ}^{np} = \frac{4,8 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,7}{350000} = 0,04$	0,05	0,04

Продолжение таблицы 6.7

1	2	3	4	5
7	Расходы на зарплату наладчика, руб.	$Z_{НАЛ} = \frac{(n_{ОБ} \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.Р.} \cdot k_{ЗПЛ} \cdot k_3)}{(n_{ОБС} \cdot N_T)}$ $Z_{НАЛ} = \frac{(1 \cdot 45 \cdot 2746 \cdot 2,24 \cdot 0,7)}{(6 \cdot 350000)} = 0,09$	0,09	
	Итого: Технологическая себестоимость, руб.	$C_{ТЕХ} = M + Z_{ПЛ} + P_A + P_Э + P_H + P_{ПЛ} + Z_{НАЛ}$ $C_{ТЕХ}^{баз} = 3,4 + 1,7 + 0,08 + 0,51 + 0,51 + 0,05 + 0,09 = 6,35$ $C_{ТЕХ}^{np} = 5,13 + 1,71 + 0,07 + 0,36 + 0,63 + 0,04 + 0,09 = 8,03$	6,35	8,03
10	Цеховые расходы, руб.	$P_{ЦЕХ} = Z_{ПЛ} \cdot k_{ЦЕХ}$ $P_{ЦЕХ} = 1,71 \cdot 1,5 = 2,57$	2,57	
	Всего: Цеховая себестоимость, руб.	$C_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ}$ $C_{ЦЕХ}^{баз} = 2,57 + 6,35 = 8,92$ $C_{ЦЕХ}^{np} = 2,57 + 8,03 = 10,6$	8,92	10,6
	Цеховая себестоимость на единицу изделия, руб.	$C_{ед.изд.}^{баз} = 8,92 : 4 = 2,23$ $C_{ед.изд.}^{np} = 10,6 : 6 = 1,7$	2,23	1,7

6.7 Структура себестоимости продукции сравниваемых вариантов

Таблица 6.8

№	Наименование затрат	Сумма, руб.				Доля, %	
		Базовый		Проектный		Базовый	Проектный
1.	Материалы	3,4	0,85	5,13	0,84	38	48
2.	Зарплата рабочих	1,8	0,45	1,8	0,3	20	17
3.	Расходы на содержание оборудования	1,08	0,02	0,07	0,01	1	1
4.	Расходы на электроэнергию	0,51	0,13	0,36	0,03	6	3
5.	Расходы на производственную площадь	0,05	0,01	0,04	0,01	1	1
6.	Расходы на литьевую формы	0,51	0,13	0,63	0,1	6	6
7.	Цеховые расходы	2,57	0,64	2,57	0,41	28	24
	Цеховая себестоимость	8,92	2,23	10,6	1,7	100	100

6.8 Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта

Таблица 6.9

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
1	Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{баз}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{нп}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (2,23 - 1,7) \cdot 350000 = 185500$	185500	
2	Приведенные затраты, руб.	$Z_{\text{ПР}} = C_{\text{ЦЕХ}} + E_{\text{Н}} \cdot k_{\text{УД}}$ $Z_{\text{ПР}}^{\text{баз}} = 2,23 + 0,33 \cdot 3,2 = 3,29$ $Z_{\text{ПР}}^{\text{нп}} = 1,7 + 0,33 \cdot 3,4 = 2,82$	3,29	2,82
3	Срок окупаемости капвложений, год	$T_{\text{ОК}} = \frac{k_{\text{ВВ}}}{\mathcal{E}_{\text{УГ}}}$ $T_{\text{ОК}} = \frac{887001}{185500} = 4,7$	5	
4	Годовой экономический эффект, руб.	$\mathcal{E}_{\text{э}} = (Z_{\text{ПР}}^{\text{баз}} - Z_{\text{ПР}}^{\text{нп}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\mathcal{E}_{\text{э}} = (3,29 - 2,82) \cdot 350000 = 164500$	164500	

Вывод: В результате внедрения разработки нового технологического процесса изготовления детали «Крышка бачка омывателя» себестоимость снизилась с 2,23 руб. до 1,7 руб., т.е. на 0,53 руб. (24%) за счет:

- увеличения количества гнезд с четырех до шести, а тем самым повышения производительности, т.е. снижения трудоемкости;
- перехода на более дешевое оборудование, которое уже имеется в производстве.

Годовой экономический эффект от внедрения нового технологического процесса 164500 руб. при сроке окупаемости в течение пяти лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью бакалаврской работы является снижение себестоимости изготовления детали «Крышка бачка омывателя», за счет повышения производительности и перехода на более дешевое оборудование.

Для этого необходимо было решить ряд технологических, конструкторских и других задач в определенной последовательности.

1. Был произведен технологический анализ изделия и анализ технологии ее изготовления. Анализ позволил выявить недостатки данной детали и определить ряд направлений для работы.

2. Разработан новый технологический процесс изготовления детали. При этом определялись:

а) объем отливки (Q_0), зависящий от геометрических размеров и плотности материала изделия;

б) первоначальная гнездность литейной формы

в) энергосиловые параметры литья, зависящие от количества гнезд и массы изделия.

3. На основании предыдущих расчетов произведен выбор оборудования, позволяющего автоматизировать процесс литья. Уточнено окончательное количество гнезд литейной формы и произведен пересчет параметров литья (A_0, Q_0, P_0) на основании уточненной гнездности.

4. Была спроектирована литейная форма, для которой: определено число и расположение элементов систем литейной формы, рассчитаны геометрические параметры, выбран материал для оформляющих деталей с учетом технологических требований к ним, выполнены необходимые прочностные расчеты для контролокателей на прочность, сжатие, устойчивость, для пуансонов на контактную прочность; с учетом материала изделия были рассчитаны габаритные размеры элементов оформляющих деталей.

5. В качестве специального вопроса была рассмотрена система литниковых и газоотводящих каналов в литевой форме.

6. Рассмотрены вопросы безопасности труда литейщика и разработана планировка рабочего участка на данном производстве. Произведен инженерный расчет искусственного освещения, вентиляции и защитного заземления.

7. Произведено обоснование дипломного проекта, доказана его экономическая эффективность. Годовой экономический эффект от внедрения проектного варианта составил 164500 рублей при сроке окупаемости капитальных вложений в течение пяти лет.

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. Егоров, А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова. – Тольятти, 2012. – 135 с.
7. Казаков, С.И. Производство пресс-форм и штампов [Текст] / С.И. Казаков, А.А. Холмов. – Тольятти: Ника, 2004г. – 27 с.
8. Калинин, Э.Л. Высокие технологии в полимерных материалах: модифицирующие концентраты [Текст] / Э.Л. Калинин, М.Б. Саковцева // Международные новости мира пластмасс. – 2005. – Вып. 7–8. – С. 48–51.
9. Крыжановский, В.К. Производство изделий из полимерных материалов [Текст] / В.К. Крыжановский. – СПб. : Профессия, 2008. – 465 с.

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

Jariyatammanukul // Polymer Plast. Tech. Eng. – 2010. – V. 49. – P. 1305–1309.

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