



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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра: «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

УТВЕРЖДАЮ  
Завкафедрой д.т.н., доцент  
В.В Ельцов  
(подпись) (И.О. Фамилия)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

### **ЗАДАНИЕ на выполнение бакалаврской работы**

Студент Сазанков Никита Евгеньевич

1. Тема Разработка технологического процесса и литьевой формы для изготовления детали «заглушка облицовки туннеля пола».

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 06.06.2016

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе Чертеж детали «Заглушка облицовки туннеля пола».

Материал «Полипропилен».

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

1) Анализ технологичности детали. 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) Технологический процесс. 2) Комплекс оборудования. 3) План верхней полуформы. 4) План нижней полуформы. 5.) Разрезы А-А, Б-Б, В-В, Г-Г.

6. Консультанты по разделам

ст. преподаватель К.Ш Нуров

д.э.н., доцент И.В Краснопевцева

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

Руководитель выпускной квалификационной  
работы

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись) Т.С Пчелинцева  
(И.О. Фамилия)  
\_\_\_\_\_  
(подпись) Н.Е Сазанков  
(И.О. Фамилия)

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

Кафедра: «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой д.т.н. доцент  
Ельцов В.В.

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**  
**выполнения бакалаврской работы**

Студента Сазанкова Никиты Евгеньевича

по теме

Разработка технологического процесса и литьевой формы для изготовления детали  
«заглушка облицовки туннеля пола».

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

Руководитель выпускной квалификационной работы

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматривается разработка технологического процесса изготовления детали “Заглушка облицовки туннеля пола”. Для предлагаемого технологического процесса проведены расчеты по определению оптимальной гнездности и объема отливки, определены энергосиловые параметры литья и выбрано оборудование JSW 150.

Проведена разработка литейной формы, которая включает следующее:

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

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

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА .....	9
1.1 Анализ технологичности детали «Заглушка облицовки туннеля пола»..	9
1.2 Анализ базовой технологии изготовления .....	12
1.3 Задачи бакалаврской работы.....	13
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 .....	17
2.3 Определение энергосиловых параметров процесса литья.....	18
3 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ .....	20
3.1 Выбор типоразмера оборудования и его основные технологические характеристики.....	20
3.2 Выбор средств автоматизации, основные характеристики, описание работы.....	22
4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ.....	26
4.1 Состав, конструкция и работа литьевой формы .....	26
4.2 Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы .....	30
4.3 Определение числа и расположение элементов системы литьевой формы .....	32
4.3.1 Система литниковых каналов.....	32
4.3.2 Система вентиляционных каналов.....	34
4.3.3 Система термостатирования .....	36

4.4. Определение толщины стенки матрицы .....	40
4.5. Определение исполнительных размеров оформляющих деталей .....	41
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ..	43
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	52
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	63

## ВВЕДЕНИЕ

Пластмассовые изделия и детали востребованы во многих областях жизнедеятельности человека и машиностроения. Трудно представить себе хотя бы одну отрасль, где бы они не применялись для самых разнообразных целей. Между тем, процесс изготовления пластмассовых деталей очень специфичен. В основном, они изготавливаются из сырья в виде гранул порошка, и т.п., методами: литья, формовки, экструзии, прессования и т.д. Многообразие геометрических форм и размеров деталей, требований к размерной точности и точности взаимного расположения поверхностей, широкая номенклатура применяемых полимерных материалов и, связанные с этим, различия их технологических свойств, требуют индивидуального подхода к разработке оснастки, поиска компромиссных и зачастую неординарных решений. Правильно спроектированная и качественно изготовленная оснастка позволяет обеспечить требуемую точность размеров деталей, получить поверхность без следов выталкивателей и литников, сохранить физико-механические свойства используемого полимерного материала, сформировать деталь с минимальными остаточными напряжениями, не подверженную короблению. Выполнение указанных требований должно сочетаться с обеспечением минимальной себестоимости изделия. Это достигается выбором оптимальной гнездности формы, от которой зависит стоимость оснастки и ее обслуживания, исключением дополнительной обработки изделия, в том числе удаления литников, обеспечением работы оснастки в автоматическом режиме. 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 геометрическую форму и размеры изделия, но и на характер заполнения и направление потоков расплава в оформляющей полости, время охлаждения и уровень остаточных напряжений. 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 изделия за счет увеличения производительности.

# 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

## 1.1 Анализ технологичности детали «Заглушка облицовки туннеля пола»

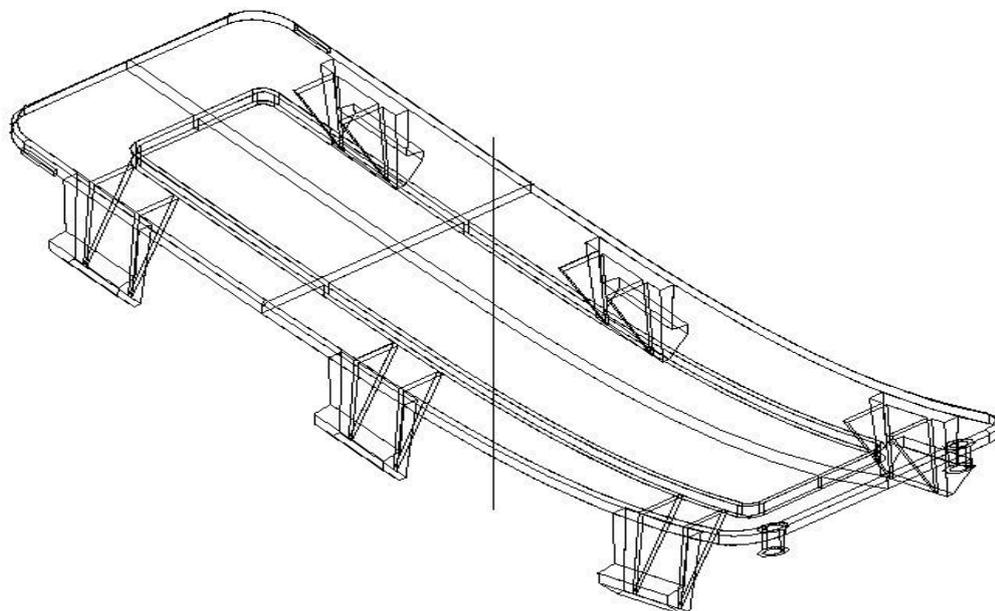


Рисунок 1.1 – Заглушка облицовки туннеля пола

Требования к конфигурации пластмассовых изделий сводятся к следующим:

1) Допуски изделий из пластмасс. Допуски должны быть технически обоснованы. Точность пластмассовых изделий зависит от многих факторов: разброса технологических свойств материала от партии к партии, чувствительности материала к изменениям технологического режима и способности оборудования поддерживать постоянные технологические параметры и др.

2) Острые углы в местах соединения стенок способствуют короблению их в процессе охлаждения и являются одной из главных причин, вызывающих концентрацию напряжений и, соответственно, резко снижающих несущую способность изделия. Конфигурация изделия не должна препятствовать свободному течению массы при заполнении формообразующей полости; поэтому при разработке изделия следует всегда

стремиться к максимальному упрощению его формы, придавать ему плавные очертания с закругленными углами.

3) Форма изделия. Конфигурация изделия должна быть такой, чтобы деталь легко оформлялась и извлекалась из формы; форма детали должна быть простой в изготовлении и удобной в эксплуатации. Иногда целесообразно изготовление вместо одной сложной двух или более простых деталей с последующей сборкой их в узел. К упрощению конструкции детали всегда следует стремиться по технологическим, эксплуатационным и экономическим соображениям. Чем проще деталь, тем дешевле оснастка, выше производительность труда, точность и качество деталей, и ниже их себестоимость.

4) Стенки изделия. Литьевые детали целесообразно конструировать минимальной толщины, обеспечивающей необходимые механические свойства при хорошем заполнении литевой формы. Это приводит к меньшему расходу материала при более высокой производительности вследствие меньшей продолжительности охлаждения детали в форме. Стенки изделия по возможности должны быть равной толщины, без резких переходов. Если это обеспечить не удастся, то переходы от одной толщины к другой должны быть постепенными.

5) Технологические уклоны. Для обеспечения свободного извлечения отливки из формы на внешней и внутренней поверхности изделия, ребрах, отверстиях, необходимо предусматривать технологические уклоны. Уклоны внутренних поверхностей и отверстий должны быть больше уклонов наружных поверхностей, так как при раскрытии формы внутренние поверхности за счет усадки обжимают оформляющие элементы, а наружные, наоборот, отходят от стенок формы и меньше препятствуют удалению отливки.

6) Ребра. Правильно спроектированные ребра позволяют: увеличить жесткость и прочность изделия, уменьшить толщину стенки, массу изделия, сократить цикл изготовления, снизить коробление. Иногда ребра улучшают

течение расплава в полости формы и способствуют предотвращению искривления при охлаждении изделий с неодинаковой толщиной стенки. Толщину, длину и расположение ребер следует принимать на раннем этапе проектирования.

7) Отверстия в литевых деталях делаются с помощью оформляющего знака, который находится в полости литевой формы. Отверстия, получаемые в процессе формования, в отличие от получаемых механической обработкой, могут иметь самую разнообразную и сложную форму сечения. Можно получать отверстия со взаимно пересекающимися под различными углами осями, однако это резко усложняет конструкцию формы и повышает стоимость изделия.

8) Приливы, выступы. Конструкция пластмассового изделия по возможности не должна иметь значительных выступов или приливов. К технологическим выступам относят выступы, предназначенные для размещения выталкивателей. Они могут отсутствовать на достаточно прочных изделиях, но желательны на тонкостенных. При размещении выталкивателя на краю изделия толщину его боковой стенки в этом месте при необходимости увеличивают.

#### Вывод

Проанализировав форму и размер детали, можно сделать вывод о том, что данная деталь удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям, а следовательно является технологичной.

## 1.2 Анализ базовой технологии изготовления

Принципиально, суть технологии литья под давлением состоит в следующем. Расплав полимера подготовлен и накоплен в материальном цилиндре литьевой машины к дальнейшей подаче в сомкнутую форму. Далее, материальный цилиндр смыкается с узлом формы, а пластикатор осевым движением со скоростью  $V_{ос}$  перемешает расплав в форму. В результате осевого движения червяка форма заполняется расплавом полимерного материала, а пластикатор с вращается в крайнее левое положение. Далее расплав в форме застывает (или отверждается - в случае реактопластов) с образованием твердого изделия. Материальный цилиндр продолжает оставаться в сомкнутом с системой формы положении. В этой ситуации червяк начинает вращаться, подготавливает и транспортирует расплав в переднюю зону материального цилиндра и при этом отодвигается назад. После накопления требуемого объема расплава вращение червяка прекращается. Он занимает исходное к дальнейшим действиям положение. После завершения процесса затвердевания (отверждения) пластмассы форма размыкается, и изделие удаляется из нее. Далее цикл литья под давлением повторяется.

В базовом технологическом процессе изготавливается 2 детали «Заглушка облицовки туннель пола» на термопластавтомате KuASY 260/100. Недостатками базового технологического процесса являются:

1. Устаревшее оборудование.
2. Низкая производительность.

### 1.3 Задачи бакалаврской работы

1. Рассмотреть состояние вопроса.
2. Выбрать оборудование и средства автоматизации.
3. Спроектировать литевную форму.
4. Рассмотреть вопросы безопасности и экологичности технического объекта.
5. Рассчитать экономическую эффективность.

## 2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

### 2.1 Схема предлагаемого технологического процесса изготовления детали

Предлагаемый технологический процесс – это литье 4 деталей «Заглушка облицовки туннеля пола» за один цикл (рисунок 2.1)

Материал: Полипропилен.

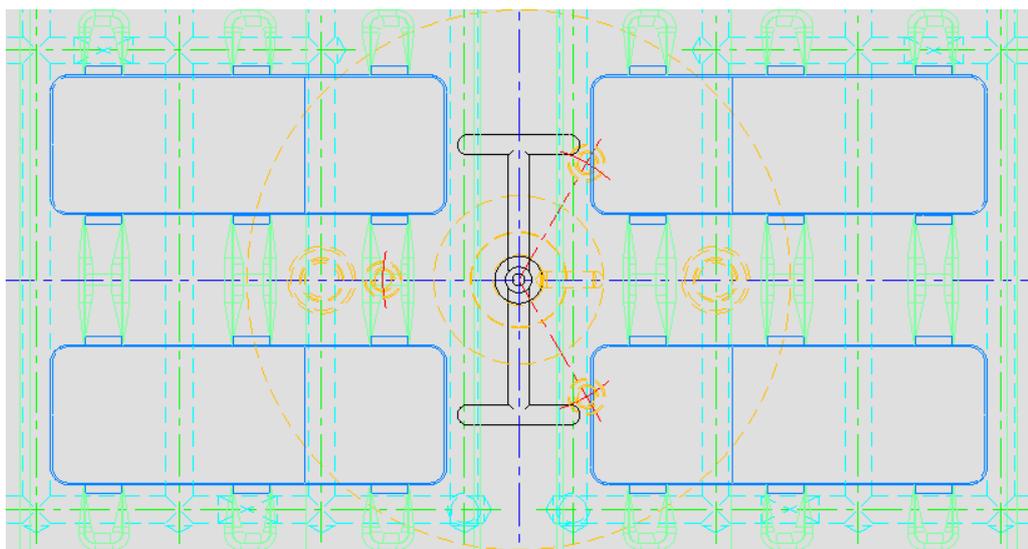


Рисунок 2.1 – Схема предлагаемого процесса изготовления детали

Литье под давлением является одним из основных методов переработки термопластичных материалов в изделия. Он позволяет изготавливать высококачественные изделия с высокой степенью точности при высокой производительности.

Процесс литья под давлением ведут на литьевых машинах с температурой литьевого цилиндра  $160 - 280^{\circ}\text{C}$  (в зависимости от применяемого материала) выдавливанием расплавленной пластмассы в охлаждаемую форму, где материал остывает и отверждается.

В начальной стадии литья холодная форма закрыта и отделена от цилиндра (5) литьевой машины (рисунок 2.2). Материал для отливки в виде порошка или гранул автоматически подается из бункера литьевой машины в

обогревательный цилиндр и нагревается в нем до температуры, обеспечивающей его текучесть. Затем цилиндр подводится к форме и под давлением шнека или плунжера производится впрыскивание расплавленного материала через сопло, литниковую втулку и литниковые каналы в оформляющую полость сомкнутой формы. После застывания материала в оформляющей полости сопло цилиндра отводится, форма открывается и отлитая деталь извлекается из неё. Материал удаляется.

Изготовление изделия сопровождается процессами, происходящими:

1. в цилиндре литейной машины;
2. непосредственно в литейной форме;
3. вне формы, после извлечения изделия.

В цилиндре литейной машины происходит нагревание термопласта до температуры литья, что является очень важной предварительной операцией при литье под давлением. Кроме нагревания необходимо обеспечить хорошую пластикацию материала. Под пластикацией термопласта понимают его размягчение за счёт нагревания до перехода в вязкотекучее состояние, а также его уплотнение и гомогенизацию. Под гомогенизацией понимают перемешивание, приводящее к равномерному распределению температур в массе, а также к равномерности плотности вязкости расплава. Для предварительной пластикации используется поршень или червяк. Применение последнего обеспечивает более равномерный нагрев и перемешивание термопласта.

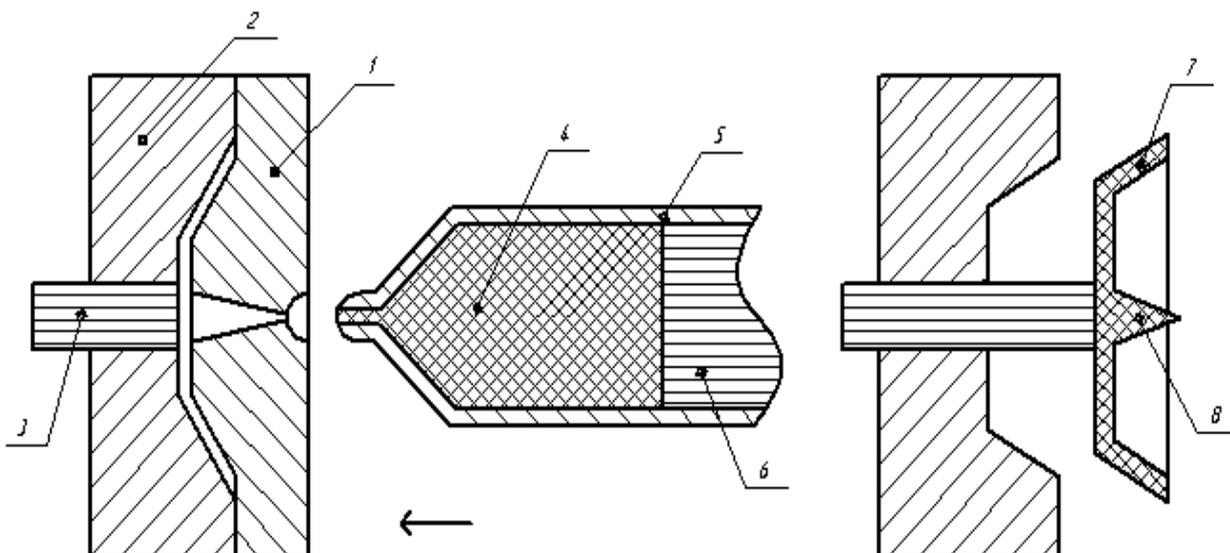


Рисунок 2.2 – Цикл литья: 1 – пуансон, 2 – матрица, 3 – толкатель, 4 – расплавленный материал, 5 – цилиндр литьевой машины, 6 – плунжер, 7 – отлитая деталь, 8 – литник, затвердевший во впускном канале.

Необходимым инструментом для осуществления процесса литья является литьевая форма, конструкция и размеры которой определяются изготавливаемым изделием. Обычно форма состоит из двух основных частей (пуансон и матрица), и охлаждается, как правило, водой, протекающей по каналам, расположенных в обеих половинах формы. В одной из половин формы (матрице) имеется конусное отверстие, заканчивающиеся снаружи сферической лункой. Это отверстие предназначается для заполнения через него материалом полости формы и называется центральным литниковым каналом. Во время процесса литья сопло инжекционного цилиндра литьевой машины плотно примыкает к лунке. В литьевой форме происходит формирование изделия, образование структуры материала во время заполнения оформляющей полости, уплотнение материала отливки и ее охлаждение.

При заполнении литниковых каналов и полости слой, прилегающий к охлажденным стенкам формы, сразу застывает, в то время как центральная

часть остается расплавленной. Следующие порции материала, поступающие в форму, текут по каналу со стенками с застывшей пластмассой, при этом выделяется значительное количество тепла за счет трения. В начале застывший слой очень тонок и тепло через него теряется быстро, в результате чего толщина застывшего слоя увеличивается, уменьшая потери тепла. В результате устанавливается равновесие, и потери тепла за счет теплопроводности становятся равными теплу, возникающему в потоке при трении слоев. Относительное перемещение слоев вызывает на их границах напряжение сдвига и ориентацию макромолекул в направлении течения, что в свою очередь, создает в расплаве ориентационные напряжения, которые являются причиной внутренних напряжений и последующей деформации детали. После заполнения оформляющей полости поступление расплава в форму не прекращается. Под нарастающим давлением происходит досылка в полость дополнительных порций материала для восполнения его уменьшающегося объема вследствие охлаждения и уплотнения отливки. При застывании материала во впускном канале поступление новых порций материала в форму прекращается. По мере охлаждения расплава давление в оформляющей полости снижается. Остаточное давление вызывает в изделиях остаточное напряжение. При охлаждении без давления происходит усадка изделия, создаётся возможность беспрепятственного извлечения его из матрицы.

2.2 Определение первоначальной гнздности и объема отливки для заполнения гнзд

Первоначально оптимальную гнздность определяют по массе изделия.

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

где  $m = 0,0094 \text{ кг}$  – масса изделия;

$\rho = 950 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  – для материала Полипропилен.

$$V_{изд} = \frac{m}{\rho} = \frac{0,0094}{950} = 9,8 \text{ см}^3$$

Первоначальную гнездность определяем, исходя из массы изделия:

$$n_0 = 4.$$

Объем отливки оптимальной гнездности:

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

где  $V_u$  – объем одного изделия (без арматуры),  $\text{см}^3$ ;

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

$\beta_1 = 0,7$  – коэффициент использования машины;

$$Q_0 = \frac{4 \cdot 9,8 \cdot 1,2}{0,7} = 67,2 \text{ см}^3.$$

### 2.3 Определение энергосиловых параметров пресса литья

Определяем пластикационную производительность  $A_0$ :

$$A_0 = \frac{G_{изд} \cdot n_0 \cdot k_1}{\tau_{охл}} \quad (2.3)$$

где  $G_{изд} = 0,0094 \text{ кг}$  – масса изделия;

$n_0 = 4$  – гнездность;

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

$\tau_{охл}$  – время охлаждения изделия,  $\text{с}$ , определяем по формуле:

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

где  $a$  – температуропроводность,  $\frac{\text{М}^2}{\text{с}}$  [13]; для полипропилена

$$a = 0,86 \cdot 10^{-7} \frac{\text{М}^2}{\text{с}};$$

$\delta = 0,0020 \text{ м}$  – толщина изделия;

$t_{\phi}$  – температура формы при литье,  $^{\circ}\text{C}$  [13]; принимаем  $t_{\phi} = 90^{\circ}\text{C}$ ;

$t_n$  – температура расплава в зоне сопла,  $^{\circ}\text{C}$  [13]; принимаем  $t_n = 280^{\circ}\text{C}$ ;

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

$$t_{\kappa} = (8...25)^{\circ}\text{C} + 90^{\circ}\text{C} = 98^{\circ}\text{C};$$

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{0,405}{0,86 \cdot 10^{-7}} \left( \frac{0,0020}{2} \right)^2 \cdot \left( \ln 1,27 - \ln \frac{98-90}{280-90} \right) \approx 22(\text{с})$$

$$A_0 = \frac{0,0094 \cdot 4 \cdot 1,2}{22} = 2 \text{ г/с.}$$

Определяем скорость впрыска расплава:

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

$$W_0 = \frac{2}{0,95} = 2,1 \frac{\text{см}^3}{\text{с}}.$$

Определяем усилие смыкания (запирания) плит  $P_0$ :

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

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

$F_{np}$  – площадь проекции изделия на плоскость разъема формы (без учета сечения отверстий),  $\text{м}^2$ ;

$$F_{np} = 0,00107 \text{ м}^2$$

$k_2 = 1,11$  – коэффициент, учитывающий площадь литниковой системы в плане;

$k_3 = 1,25...1,11$  – коэффициент, учитывающий использование максимального усилия смыкания плит.

Отсюда считаем

$$P_0 = 32 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 0,00107 \cdot 1,11 \cdot 1,25 = 190 \text{ кН}.$$

## 3 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

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

Базовый термопластавтомат KuASY 260/100.

Проектный термопластавтомат JSW 150.

Технические характеристики термопластавтомата JSW 150.

Параметр	Значение
Диаметр шнека, мм	40;45;50
Номинальный объем впрыска, см <sup>3</sup>	141;220;173
Номинальное давление литья (в материальном цилиндре), МПа	192;123;152
Номинальная объемная скорость впрыска, см <sup>3</sup> /с	143
Номинальное усилие запираания формы, кН	1000
Высота формы, мм:	
наибольшая	320
наименьшая	160
Наибольшее расстояние между плитами, мм	640
Ход подвижной плиты (при наиб. высоте инструмента), мм	320
Наибольший ход выталкивателя, мм	80
Расстояние между колоннами в свету, мм:	
по горизонтали	365
по вертикали	365
Размеры рабочей поверхности плиты, мм	360x360

Оборудование для литья под давлением (рисунок 3.1) состоит из:

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

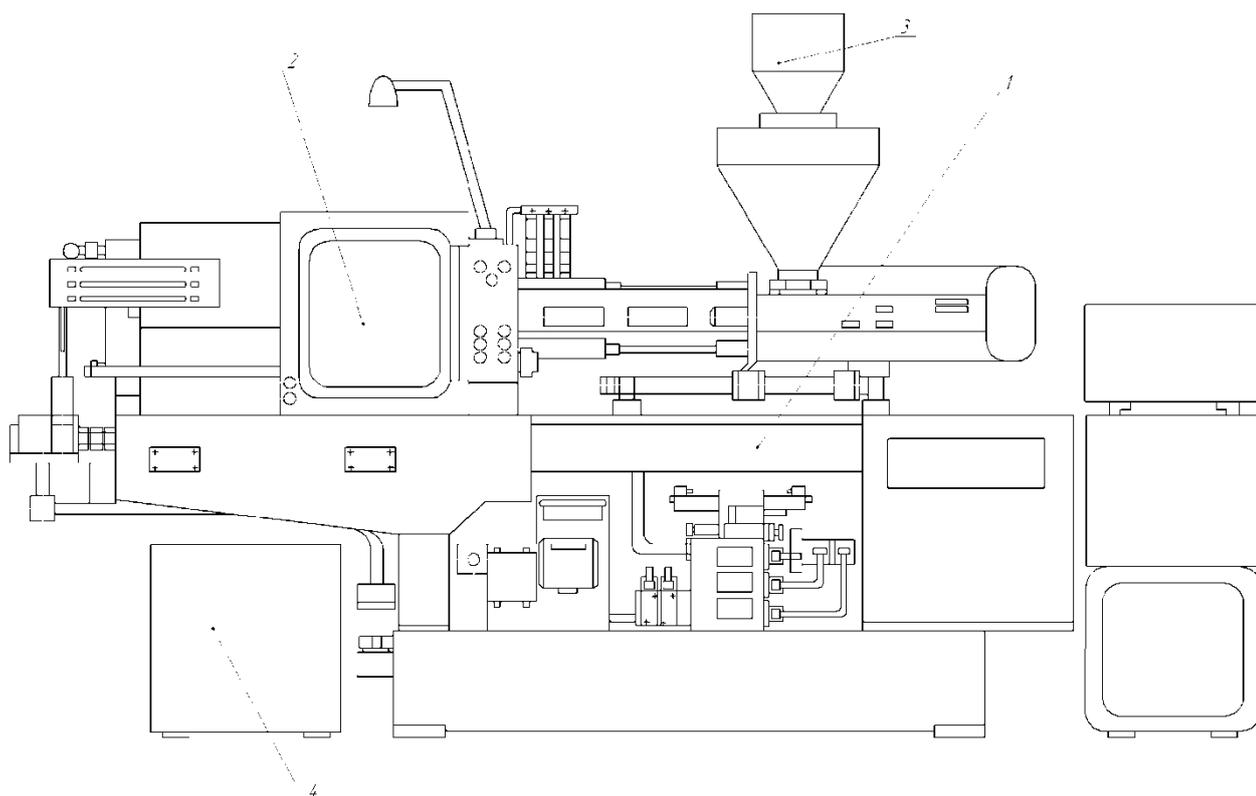


Рисунок 3.1 – Литьевая машина JSW 150

Машина имеет горизонтальную конструкцию, с разъемом литьевых форм в вертикальной плоскости. На сварной станине машины установлен механизм впрыска со шнековой пластикацией одноцилиндровой конструкции и механизм запирания гидромеханической конструкции. Узел впрыска установлен на салазках и может перемещаться при работе машины на регулируемую величину, а при наладке – на максимальное расстояние. Движение гидроузлу сообщается гидроцилиндром. Загрузочное устройство предназначено для загрузки термопласта, подачу его в материальный

цилиндр литевой машины, в котором происходит нагрев материала, и затем впрыск его в литевую форму.

Литевая форма является основным элементом литевой машины, так как в ней происходит формообразование изделия.

Разгрузочное устройство необходимо для удаления изделия и литников в приемную тару.

### 3.2 Выбор средств автоматизации, основные характеристики, описание работы

#### Автоматизация и механизация процессов литья под давлением

Конструкция литевой формы, предназначенная для работы в полном автоматическом режиме, должна полностью исключить ручные приемы, так как последние, отражая индивидуальные особенности исполнителей, препятствуют достижению установившегося режима работы. Поэтому перемещение всех деталей таких форм в течение цикла литья должно быть полностью механизировано. Перемещение деталей 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 литевой машины. Перемещение деталей формы для изделий с простой конфигурацией без поднутрений, положение осей 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 деталей системы удалений 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, например, направляющие колонки и втулки системы центрирования, выталкиватели и направляющие отверстия для них в пуансоне, сбрасыватель

и направляющее отверстие во втулке сбрасывателя и др. относительная скорость перемещения элементов этих пар соответствует скорости перемещения плит машины.

Кинематические пары, применяемые в литьевых формах. Среди наиболее часто применяемых в автоматизированных литьевых формах кинематических пар встречаются следующие: цилиндрические пары, клиновые пары, прямоугольные и косоугольные (типа «ласточкин хвост») пазы для прямолинейных перемещений, пары шарнирных механизмов, рычажные пары, винтовые пары, зубчатые зацепления (цилиндрические шестерни, конические шестерни, реечные передачи), червячные пары, пружины и др.

В зависимости от создания необходимого направления при перемещении деталей формы определяется число кинематических пар, их оптимальное сочетание и необходимая последовательность. При этом определяют такие элементы, как углы давления для клиновых пар, соотношение линейных размеров плеч для рычажных и шарнирных передач, передаточные числа для зубчатых винтовых и червячных пар и другие кинематические, скоростные и силовые параметры.

В полуавтоматических формах, являющихся нежелательным отступлением от полностью механизированных форм, предусматривается ручная установка съемных оформляющих деталей, резьбовых знаков и колец, различных вставок, арматуры и др.

Полуавтоматические формы проектируются в тех случаях. Когда затрат на автоматически действующие формы экономически нецелесообразны либо из-за большой стоимости, либо в связи со срочной необходимостью получения изделий или для экспериментальных целей, при изготовлении малых партий и др. Съемные детали снимаются вместе с изделиями вручную. Сброса изделий со съемными знаками не допускается; изделия с них снимаются, выпрессовываются или свинчиваются вне формы на специальных приспособлениях.

При работе на полуавтоматических формах со съемными деталями следует отдавать предпочтение горизонтальному расположению плоскости разъема для удобства установки знаков, колец и др. В этом отношении очень удобны вертикальные литьевые машины.

Автоматизация перемещения деталей формы и их кинематическая взаимосвязь с автоматическим перемещением частей машины должны быть заложены в ее конструкцию, поскольку на нее возложено надежное обеспечение работы на установившемся режиме.

Хотя распространено положение, что надежность работы сложных форм тем выше, чем меньше предусмотрено в ней гнезд, ряд конструкций форм применяется при большом числе гнезд и работает длительное время надежно и весьма эффективно.

Высокая стабильность отливаемых изделий по прочностным свойствам, точность выполнения запроектированной геометрической формы и размеров могут быть достигнуты при установившемся режиме литья. Это предполагает точную и последовательную повторяемость при надежном взаимодействии всех систем формы и элементов цикла как по продолжительности, так и по таким показателям процесса, как температура расплава и формы, давление и скорость течения в различных точках оформляющей полости. Это основные технологические требования к литьевой форме, которые должны быть выполнены еще на стадии проектирования для обеспечения работы последней в полном автоматическом цикле. Любое отступление от этого требования ведет к нарушению того или иного элемента процесса, что немедленно отражается на соответствующем качественном показателе изделия и на количественном показателе процесса.

Техническое обслуживание в конце каждой партии выпуска продукции  
1. В конце каждой партии выпуска продукции выдувать системы охлаждения во избежание накипи и ржавчины, которые могут подвергнуть

рису нормально функционирующую систему в момент возобновления нового цикла.

2. В конце каждой партии продукции чистить и мыть пресс-форму и смазывать смазкой выталкиватели. Не оставлять остатки пластмассы внутри втулки впрыска.

3. Для предотвращения всякого вида проблем со втулкой впрыска избегать использование примесью металла.

4. В периоды длительного простоя пресс-формы чистить формовочные части противокоррозионным средством во избежание износа гнезда.

## 4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ

### 4.1 Состав, конструкция и работа литьевой формы

Литьевая форма в основном состоит из неподвижной и подвижной частей, литниковой втулки, литниковой системы, выталкивающего устройства и охлаждающей системы.

Основные функции:

- прием расплава полимера;
- формование изделия;
- охлаждение;
- выталкивание изделия.

Большая доля изделий, получаемых на литьевых машинах, приходится на холодноканальную технологию. Достоинства подобных литьевых форм: сравнительно невысокая стоимость, простота изготовления и обслуживания, сравнительно невысокая стоимость ремонтно-восстановительных операций и универсальность по виду перерабатываемых полимеров.

Принципиальное устройство холодноканальной формы показано на рисунках 4.1 (а,б,в).

Формообразующими деталями являются плита матрицы 2, пуансон 3 и литниковая втулка, выталкиватели 16. Все эти детали в той или иной мере соприкасаются с расплавленным полимером, участвуют в оформлении отливки и являются технологическими, то есть непосредственно участвующими в технологии процесса.

Вентиляционные каналы соединяют оформляющую полость с атмосферой. Они служат для удаления воздуха и летучих веществ из объема, заполненного расплавом. Максимальная глубина каналов определяется материалом изделия и составляет от 0,04 до 0,06 мм. Число каналов выбирается конструктивно. Нередко, особенно в случае тонкостенных

изделий, газообразные вещества из формующей камеры удаляются через зазоры в сопрягаемых элементах формы.

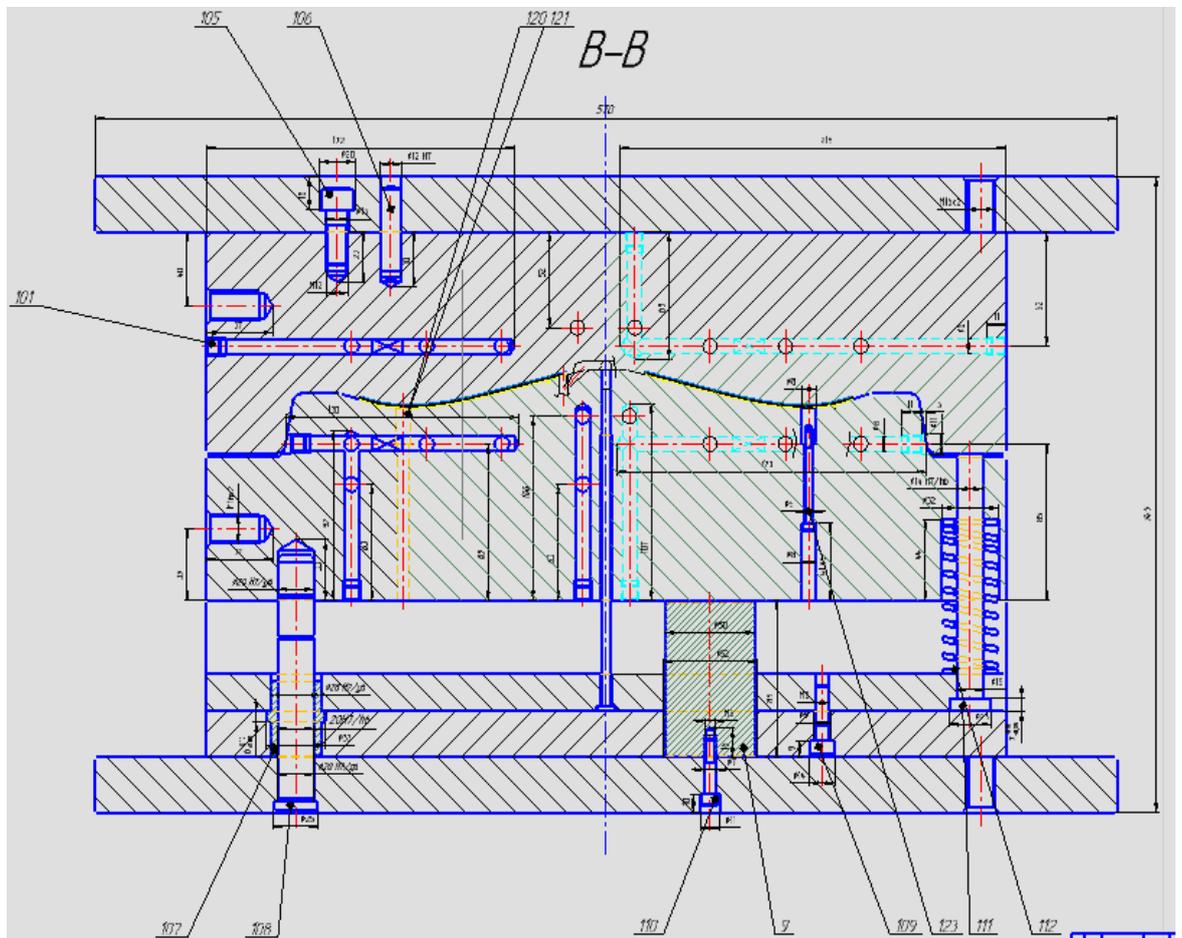


Рисунок 4.1(а) – Конструкция литейной формы

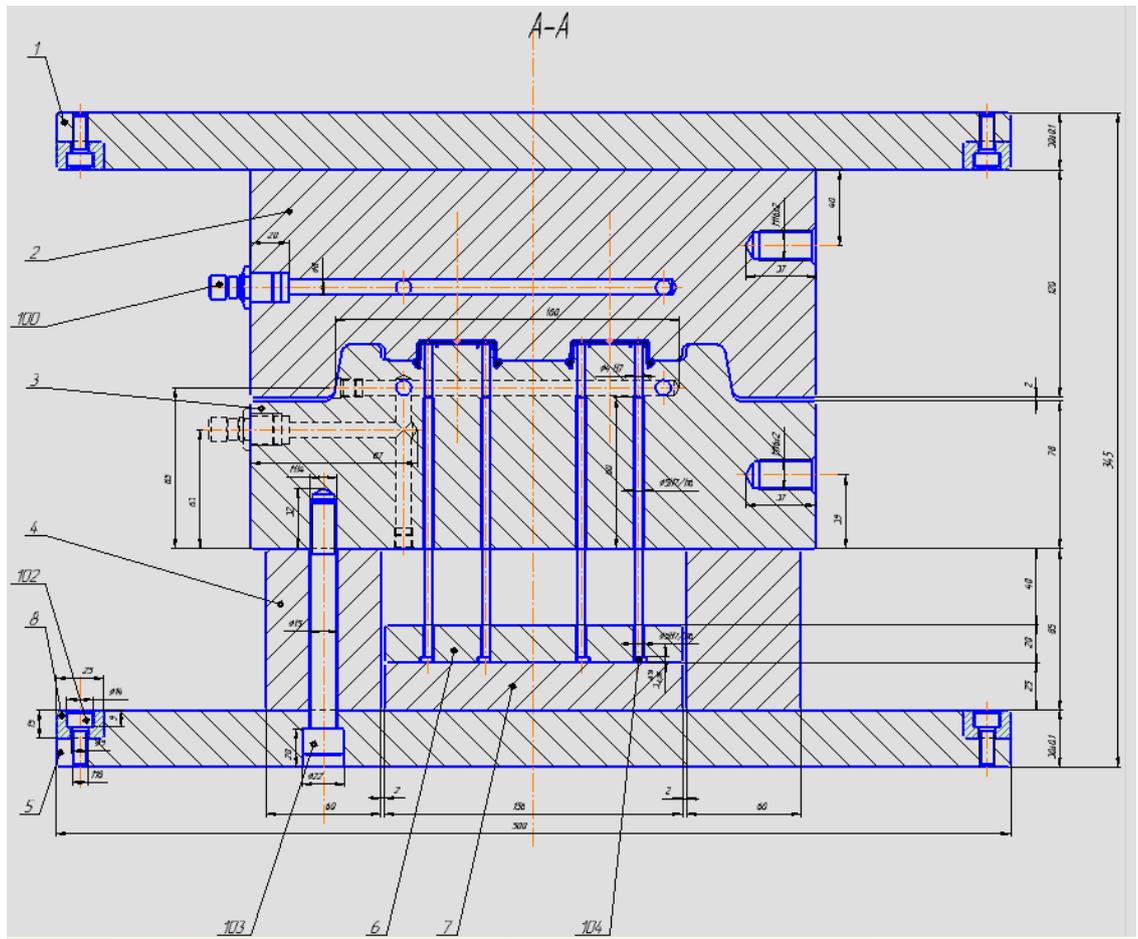


Рисунок 4.1(б) – Конструкция литейной формы

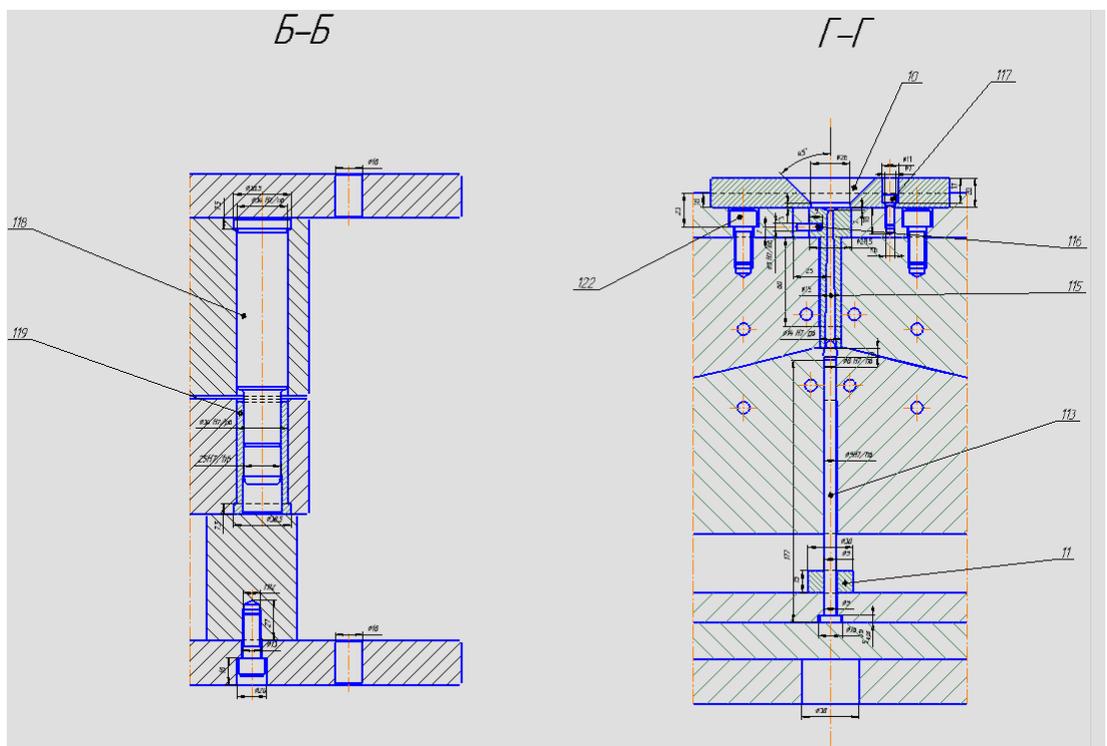


Рисунок 4.1(в) – Конструкция литейной формы

Литьевая форма состоит из подвижной и неподвижной полуформ. В подвижной полуформе расположены: нижняя плита 5, матрица 3, направляющие колонки 107, направляющие втулки 108, верхняя плита толкателей 6 и нижняя плита толкателей 7, выталкиватели 104,. В неподвижной полуформе расположены: плита верхняя 1, пуансон 2, втулка литниковая 115, направляющие втулки 118 и колонки 119. В начале литья форма закрыта. Через сопло литьевой машины, литниковую втулку 115, и литниковые каналы расплав поступает в форму, оформляет гнезда и застывает. После того как расплав затвердеет во впускном канале начинается раскрытие формы. Нижняя плита 5 увлекает за собой плиту матрицы 3, в то время как плиты толкателей 6, 7 остаются неподвижной. Выталкиватели 104 прижимают изделие к пуансону и тем самым помогают снимать его с матрицы. Затем плита толкателей увлекается плитой матрицы 3 и изделия вместе с литником удаляются на провал.

## 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.

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.

Рекомендуемая марка материала для матриц и пуансонов, колонок и втулок направляющих – сталь 4X5МФС с твердостью 50HRC. Для всех остальных деталей формы – сталь 40X с твердостью 60HRC.

Рассчитываем выталкиватели на прочность.

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

$P_q$  находим по формуле:

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

где  $q$  - давление необходимое для оформления полости,  $q=32$  МПа;

$F$  - площадь поперечного сечения выталкивателей, которое определяется как:

$$F = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * 0,004^2 * 24}{4} = 0,00030 \text{ м}^2.$$

Тогда

$$P_q = 32 * 10^6 * 0,00030 = 96 \text{ кН},$$

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

$$P_{разм} = 0,1 * P_n, \quad (4.2)$$

$$P_{разм} = 0,1 * 1000 = 100 \text{ кН}$$

$$P_q < P_{разм}$$

Тогда

$$P_{max} = P_{разм} = 100 \text{ кН}.$$

Рассчитываем выталкиватели на сжатие.

$$\sigma = \frac{P_{MAX}}{F} \leq [\sigma_{сж}], \quad (4.3)$$

где  $F$  - площадь поперечного сечения выталкивателей;

$[\sigma_{сж}]$  - допускаемое напряжение сжатие для данного материала толкателей,  $[\sigma_{сж}] = 720$  МПа.

Тогда

$$\sigma_{сж} = \frac{100000}{0,00030} = 333 \text{ кПа} < 720 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.

## 4.3 Определение числа и расположение элементов системы литьевой формы

### 4.3.1 Система литниковых каналов

В общем виде литниковая система включает в себя 3 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.

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.

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.

Проведем расчет литниковой втулки (рисунок 4.2):

Диаметр на входе в литниковую втулку:

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

где  $Q_0$  – объем впрыска, ( $см^3$ );

$v$  – средняя скорость течения материала в литниковой втулке,  $\left(\frac{см}{с}\right)$

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

$\tau$  – время впрыска, ( $с$ )

$$\tau = 2(с).$$

Сечение разводящих каналов

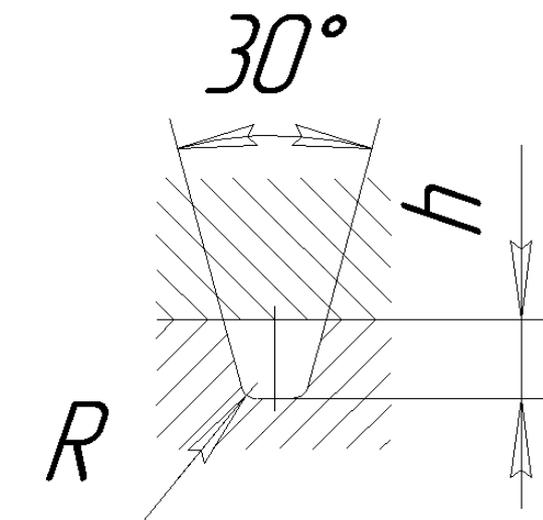


Рисунок 4.2

$$d_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{67,2}{3,14 \cdot 300 \cdot 2}} = 3,7 \text{ мм}.$$

В зависимости от  $d_1$  выбираем  $d_2$  на выходе и максимально допустимую длину втулки  $L$ ,

$$d_1 = 3,7 \text{ мм};$$

$$d_2 = 7,3 \text{ мм};$$

$$\alpha = 3^0;$$

$$L = 90 \text{ мм}.$$

Выбираем стандартную втулку по ГОСТ 22077-76

Втулка №0602-0472.

Определяем размеры разводящих каналов.

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

Длину каналов назначаем конструктивно:

$$L_1 = 15 \text{ мм}, L = 35 \quad N = 1; N_1 = 2$$

Для полипропилена:  $\alpha = 0,47; \beta = 0,18$

$$d = d_1 \cdot \left(\frac{l}{l_1}\right)^\alpha \cdot \left(\frac{N_1}{N}\right)^\beta = 3 \cdot \left(\frac{35}{15}\right)^{0,47} \cdot \left(\frac{2}{1}\right)^{0,18} = 6 \text{ мм}.$$

Разводящий канал удлиняем на величину

$$B = (1 \dots 1,5) \cdot d = 9 \text{ мм}.$$

#### 4.3.2 Система вентиляционных каналов

При заполнении оформляющей полости находящийся в ней воздух, а также выделяющиеся из полимера газы (особенно из поливинилхлорида, полиметилметакрилата, сополимеров формальдегида и др.) сжимаются, препятствуя заполнению формы. При этом температура газа может достигнуть 300 – 400 °С. На изделии могут появиться дефекты в виде резко выраженных спаев в местах встречи потоков расплава, недолипов, прожигов (при литье

толстостенных изделий). Кроме того, происходит растворение газа в отливке, приводящее к уменьшению прочности и к деформации изделий. В связи с этим для отвода газов из оформляющего гнезда в форме предусматривают вентиляционные (газоотводящие) каналы в местах, заполняемых раствором в последнюю очередь. Это, как правило, наиболее удаленные от места впуска участки полости с максимальным сопротивлением течению, где происходят защемление и сжатие газа.

Часто роль вентиляционных каналов могут выполнять зазоры в толкателях, вставках, подвижных и разъемных элементах оформления или специальных знаках устанавливаемых в месте защемления газа.

Площадь сечения вентиляционного канала одного гнезда, мм<sup>2</sup>:

$$F = f \cdot V_z [мм^2], \quad (4.7)$$

где  $f$  – коэффициент, зависящий от времени впрыска по диаграмме,

$$\left( f = 6 \cdot 10^{-3} \left( \frac{мм^2}{см^3} \right) \right);$$

$V_z$  – объем одного гнезда, [см<sup>3</sup>];

$$V_z = V_u \left( 1 + \frac{X_{cp}}{100} \right), \quad (4.8)$$

$X_{cp}$  – среднее значение усадки материала, % (для полипропилена  $X_{cp} = 1\%$ );

$$V_z = 9,8 \left( 1 + \frac{1}{100} \right) = 9,9 (см^3);$$

$$F = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 4,07 = 0,059 (мм^2).$$

Суммарная ширина каналов равна расчетной ширине:

$$B = \frac{F}{e} = \sum_1^n b, \quad (4.9)$$

где  $e$  – глубина канала, [мм].

$$B = \frac{0,0059}{0,05} = 0,118(\text{мм})$$

Ширина одного канала:

$$b = \frac{B}{n}, \quad (4.10)$$

где  $n$  – число каналов на одном гнезде, ( $n=1$ ).

$$b = \frac{0,059}{1} = 0,059(\text{мм}).$$

В нашем случае роль вентиляционных каналов выполняют зазоры между матрицей и пуансоном, матрицей и выталкивателями, т.к.  $b < 2\text{мм}$ .

### 4.3.3 Система термостатирования

Назначение системы охлаждения и регулирования температуры литьевых полуформ состоит в обеспечении равномерного, быстрого и одновременного окончания охлаждения изделия с наружной и внутренней стороны и по всей его площади. Это достигается за счет поддержания температуры стенок полуформ с помощью системы каналов, расположенных в деталях формы, в которых течет охлаждающая жидкость, отбирающая от стенок формы теплоту, вносимую расплавом. Скорость охлаждения изделия влияет на образование надмолекулярных структур, уровень остаточных и ориентационных напряжений и протекание релаксационных процессов, происходящих при этом. В частично кристаллических полимерных материалах скорость охлаждения влияет на степень кристалличности материала изделия. Одновременное окончание охлаждения изделия по всей площади частично устраняет причины, вызывающие коробление изделия, и создает условия для сохранения его геометрической формы и размеров в заданных пределах. Система охлаждения должна обеспечить снижение среднemasсовой температуры изделия к моменту извлечения его из формы до такой величины, при которой сталкивание изделия осуществляется без его

механического повреждения, соответствующее этой величине время охлаждения следует считать минимальным.

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

$$Q_m = C_m \cdot G_u (t_n - t_{cp}), \quad (4.11)$$

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

$$C_m = 1,92 \cdot 10^3 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}\right);$$

$G_u$  – масса изделия;

$t_n$  – начальная температура расплава в зоне сопла,  $^\circ\text{C}$ ;

$$t_n = 260^\circ\text{C};$$

$t_n$  – средняя по объему температура изделия после охлаждения,  $^\circ\text{C}$ ;

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

$$\frac{t_{cp} - 30}{260 - 30} = \frac{8}{3,14^2} \exp\left(-\frac{3,14^2}{4} \cdot \frac{0,86 \cdot 10^{-7} \cdot 22}{0,0024^2}\right)$$

$$\frac{t_{cp} - 30}{230} = 0,37$$

$$t_{cp} = 230 \cdot 0,37 + 30 = 115^\circ\text{C}.$$

$$Q_m = 1,92 \cdot 10^3 \cdot 0,0094 \cdot (260 - 115) = 2601(\text{Дж}).$$

Количество теплоты, которое может быть отведено охлаждающей жидкостью в течение цикла определяется по формуле:

$$Q_X = C_X \cdot g_X (t_{ввл} - t_{вх}), \quad (4.13)$$

где  $C_X$  – удельная теплоемкость хладагента (воды),  $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}\right)$

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

$(t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХО}})$  – разница между температурой охлаждающей жидкости на входе и на выходе из формы, принимают равно (3...4<sup>0</sup>С);

$g_X$  – расход хладагента, (кг);

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

Составляем тепловой баланс цикла:

$$Q_M = Q_X$$

$$2601 = 12540 g_X \Rightarrow g_X = 0,207 \text{ кг}$$

Расход хладагента через матрицу и пуансон принимают пропорционально площадям, оформляющих их поверхности.

Диаметр охлаждающего канала определяется по формуле:

$$d_k = 1,13 \sqrt{f_k}, \quad (4.15)$$

где  $f_k$  – площадь поперечного сечения канала, (м<sup>2</sup>);

$$f_k^M = \frac{g_X^M}{\rho_X \cdot \tau_{\text{ц}} \cdot \omega}; \quad (4.16)$$

где  $\rho_X$  – плотность хладагента,  $\left( \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$ ;

$$\rho_X = 1000 \left( \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right);$$

$\tau_{\text{ц}}$  – время цикла, (с);

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{зан}} + \tau_{\text{впр}} + \tau_{\text{охл}} + \tau_{\text{разм}} + \tau_n + \tau,$$

где  $\tau_{\text{зан}}$  – время записывания формы, (с);

$$\tau_{\text{зан}} = 3 \text{ с};$$

$\tau_{\text{впр}}$  – время впрыска, (с);

$$\tau_{\text{впр}} = 2c ;$$

$\tau_{\text{разм}}$  – время размыкания формы, (с);

$$\tau_{\text{разм}} = 5c ;$$

$\tau_n$  – время паузы (обслуживания формы), (с);

$$\tau_n = 5c ;$$

$$\tau_{\text{ц}} = 3 + 2 + 22 + 5 + 5 = 37(c).$$

$\omega$  – скорость течения хладагента,  $\left(\frac{M}{c}\right)$ ;

$$\omega = 0,5 \dots 1 \left(\frac{M}{c}\right) ;$$

$$f_{\kappa}^M = \frac{0,207}{1000 \cdot 37 \cdot 1} = 0,0000055 (M^2).$$

$$d_{\kappa}^M = 1,13 \sqrt{0,0000055} = 0,003 M.$$

По результатам расчета получаем минимальное значение диаметра канала, необходимого для охлаждения изделия. Отверстия такого диаметра не технологичны, поэтому принимаем:

$$d_{\kappa}^M = 8 \text{ мм}, d_{\kappa}^n = 8 \text{ мм}.$$

Каналы в матрице выполнены глухими и с 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.

### **Расчет выталкивателей**

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

сталкивания изделий применяются десять выталкивателей диаметром 10мм и манипулятор.

Усилие для сталкивания изделия определяется по формуле:

$$P_n = \pi * d * a * m * [\tau], \text{ кН},$$

где  $d$  - диаметр выталкивателя, м;

$a$  - толщина изделия, м;

$m$  - количество выталкивателей, м;

$[\tau]$  - допускаемое напряжение сдвига, МПа;

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

$$[\sigma] = 32 \text{ МПа}$$

$$P_n = 3,14 * 0,004 * 0,002 * 24 * 0,6 * 10^6 = 362 \text{ Н}.$$

$$P_{разм} = 0,1 * P_0 = 0,1 * 190 = 19 \text{ кН}.$$

$$362 \text{ Н} < 19 \text{ кН}.$$

Условие выполняется.

#### 4.4 Определение толщины стенки матрицы

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

Для прямоугольной матрицы:

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

$$\frac{4 \cdot 300 \cdot a^2}{32} - 2 \cdot 0,022 \cdot a - 0,055^2 = 0$$

$$37,5a^2 - 0,044 \cdot a - 0,003 = 0$$

$$D = 0,044^2 + 4 \cdot 37,5 \cdot 0,003 = 0,45$$

$$a = 0,01 \text{ м}$$

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

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

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

#### 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 охлаждение изделия. Оно продолжается при его извлечении из матрицы и сталкивании с пуансона и после его извлечения из формы. Вследствие охлаждения объем изделия уменьшается, и с течением времени изделие должно приобрести определенные форму и размеры в заданных пределах.

Так как каждый элемент поверхности изделия уменьшается, то при проектировании размер этого элемента на оформляющей детали должен быть больше заданного. Эта разность и есть усадка.

Для элементов, оформляющих наружные поверхности изделия, исполнительные размеры определяются по формулам:

$$L_m = \left[ L \left( 1 + \frac{X_{cp}}{100} \right) - \Delta_{узн} \right]^{+\Delta_{узг}} ;$$

$$H_m = \left[ H \left( 1 + \frac{X_{cp}}{100} \right) - \Delta_{узн} \right]^{+\Delta_{узг}} .$$

$L, H$  – наибольшие предельные размеры изделия, (мм);

$$L = 115 \text{ мм}, H = 40 \text{ мм};$$

$\Delta_{узн}$  – заданный износ элемента оформляющей поверхности за время эксплуатации формы, (мм);

$\Delta_{узг}$  – допуск на изготовление элемента оформляющей полости (на 1-2 класса выше допуска на размер изделия).

$$L_M = \left[ 115 \left( 1 + \frac{1}{100} \right) - 0,22 \right]^{+0,190} = 115,93^{+0,087} (\text{мм}).$$

$$H_M = \left[ 40 \left( 1 + \frac{1}{100} \right) - 0,16 \right]^{+0,162} = 40,24^{+0,162} (\text{мм}).$$

Для элементов, оформляющих внутренние поверхности изделия, исполнительные размеры определяются по формулам:

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

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

$$l_n = \left[ 113 \left( 1 + \frac{1}{100} \right) + 0,22 \right]_{-0,087} = 114,35_{-0,087} (\text{мм}),$$

$$h_n = \left[ 38 \left( 1 + \frac{1}{100} \right) + 0,16 \right]_{-0,062} = 38,54_{-0,062} (\text{мм}),$$

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс <sup>1</sup>	Технологическая операция, вид выполняемых работ <sup>2</sup>	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию <sup>3</sup>	Оборудование, устройство, приспособление <sup>4</sup>	Материалы, вещества <sup>5</sup>
1	Литье под давлением детали «Заглушка облицовки туннеля пола»	Литье пластмасс под давлением. Загрузочное устройство; Литьевая форма; Разгрузочное устройство.	Литейщик	Термопластавтомат JSW 150	Полипропилен

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 <sup>3</sup>
1	Литье пластмасс под давлением	Физические факторы	Производственный травматизм, Движущиеся части машин и механизмов
2		Химические факторы Токсическое воздействие	Повышенная концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Вредные газообразные вещества (фенол, формальдегид, аммиак, анилин и т.д. Токсичность химических веществ, используемых в процессе переработки;

3		Термические факторы	Ожоги. Нагрев поверхностей оборудования, расплавленного полимера.
---	--	---------------------	--

Таблица 5.3 – Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор <sup>1</sup>	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора <sup>2</sup>	Средства индивидуальной защиты работника <sup>3</sup>
1	Физические факторы Производственный травматизм	Инструктаж по технике безопасности, автоматизация и механизация, двойная изоляция токоведущих частей, расположение токоведущих частей на недоступной высоте, защитные ограждения	Спец. костюмы, состоящие из хлопчатобумажных брюк и куртки, ботинки на утолщенной подошве, защитные рукавицы.

2	Химические факторы	Контроль концентрации токсических веществ. По окончании рабочей смены обязательно снять спецодежду, умыться, вымыть руки с мылом или принять душ.	Респираторы, полумаски
3	Термические факторы		
4	Токсическое воздействие		

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	тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).	образующиеся радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества, горящего технического объекта;

Таблица 5.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки 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.
Вода	Пожарные автомобили	Газовые и порошковые системы	Извещатели пожарные	Огнетушитель	Самоспасатели	Пожарный топор, лом, багор, крюк, кусачки	Ручной пожарный извещатель
Песок		Водяные системы					
Земля						Тепловые пожарные извещатели. Дымовые пожарные	

							ые извеща тели
--	--	--	--	--	--	--	----------------------

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

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Изготовление изделия на термопластавтомате	Обучение персонала, соблюдение техники безопасности, наличие первичных средств пожаротушения	Квалифицированный персонал
	Хранение взрывоопасных материалов в соответствии с требованиями пожарной безопасности	Обеспечение системами пожаротушения, оповещения, эвакуация

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов,

	назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.		сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Литье пластмасс под давлением	Термопластавтомат	Повышенная концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны.  Вредные газообразные вещества (фенол, формальдегид, аммиак, анилин и т.д.  Токсичность химических веществ, используемых в процессе переработки;	-	-

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

Наименование технического объекта	Литье под давлением детали «Заглушка облицовки туннеля пола»
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на	Повторная переработка полимера, Использование вытяжной вентиляции с системой очистки воздуха

атмосферу	
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	

## ВЫВОД

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса Литье детали под давлением «Заглушка облицовки туннеля пола», перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 5.1).

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу литье детали под давлением «Заглушка облицовки туннеля пола», выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ (таблица 5.2). В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: Физические, химические, термические, токсические факторы.

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно инструктаж по технике безопасности, применение средств автоматизации и механизации, смазка трущихся частей оборудования. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 5.3).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных

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

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

## 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 6.1 Характеристики сравниваемых вариантов

В базовом варианте происходит процесс литье пластмассы. Данный процесс осуществляется на термопластавтомате JSW 150 методом литья под давлением. За один цикл изготовления получается 2 детали «Заглушка облицовки туннеля пола».

В проектном варианте предлагается новый процесс изготовления детали на том же оборудовании, но 4 деталей «Заглушка облицовки туннеля пола» за цикл.

## 6.2 Калькуляция изготовления литьевой формы.

Таблица 6.1

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

## 6.3 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

## Исходные данные для расчета себестоимости продукции

а) Общие исходные данные:

Таблица 6.2

№	Показатель	Обозначение	Значение			
1	2	3	4			
1.	Годовая программа выпуска, шт	Ng	150 000			
2.	Эффективный фонд времени, час: - оборудования - рабочего	Фэ	3972			
		Фэ.р.	1986			
3.	Коэффициент выполнения норм	Квн	1,2			
4.	Коэффициент многостаночного обслуживания	Кмн	1,0			
5.	Коэффициент потерь времени на отпуск работников, %	Ко	11,8			
6.	Коэффициент монтажа: - в расчете себестоимости - в капитальных вложениях	Кмонт	1,1 – 1,25			
			0,1 – 0,25			
7.	Цена материала, руб./кг.	Цм	93,5			
8.	Цена отходов, руб./кг	Цотх	2			
9.	Масса заготовки, кг	Мз	0,0094	0,0094		
10.	Масса отходов, кг	Мотх	0,02	0,04		
11.	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	Ктз	1,0133			
12.	Коэффициенты доплат по заработной плате:					
			А) До часового фонда зарплаты	Кдоп	1,08	
			Б) За профессиональное мастерство	Кпф	1,14	
			В) За условия труда	Ку	1,12	
			Г) За вечерние и ночные часы	Кн	1,1	

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4	
---	---	---	---	--

Д)	Премиальные	Кпр	1,1
Е)	На социальное страхование	Кс	1,34
	Итого общий коэф-нт доплат $K_{зпл} = K_d \cdot K_{пф} \cdot K_y \cdot K_n \cdot K_{пр} \cdot K_c$	Кзпл	2,24
3.	Коэффициент загрузки оборудования по мощности	Км	0,8
4.	Коэффициент загрузки оборудования по времени	Кв	0,7
5.	Коэффициент потерь в сети	Кп	1,03
6.	Коэффициент одновременной работы электродвигателей	Код	0,8 - 1
7.	Выручка от реализации, %:от Ц: - изношенного оборудования - изношенной пресс-формы	Вр Вр.и.	5 15
8.	Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	Кцех	1,5
9.	Часовая тарифная ставка, руб./час: - рабочего - наладчика - инструментальщика	Ст Ст Ст	34,84 45,00 142,17
10.	Цена электроэнергии, руб./кВт	Цэ	3,0
11.	Цена площади, руб./м <sup>2</sup>	Цпл	4500
12.	Норматив экономической эффективности	Ен	0,33

б) Эксплуатационные данные оборудования:

Таблица 6.3.

№ п/п	Наименование оборудования	Норма времени, мин.		Мощ- ность Му, кВт	Площадь, Су, м <sup>2</sup>	Цена, руб.
		Тшт	Тмаш			
1.	Базовый вариант					
	Термопластавтомат KuASY 260/100	0,546	0,433	17	3,82	500000
2.	Проектный вариант					
	Термопластавтомат JSW 150	0,546	0,433	27	3,82	500000

в) Исходные данные об оснастке:

Таблица 6.4

№	Наименование инструмента	Стойкость инструмента $T_{и.шт.}$ , ударов	Цена инструмента Цшт, руб.
1.	Базовый вариант		
	Литьевая форма	1200000	600000
	Проектный вариант		
1	Литьевая форма	1200000	700000

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

Таблица 6.5

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Знач. Показателя	
			Базовый	Проектн.
1	2	3	4	5
1	Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт.	$\text{поб.} = t_{шт} \cdot N_{Г} / (\Phi_{Э} \cdot K_{ВН} \cdot 60)$ $\text{поб.} = 0,546 \cdot 150000 / (3972 \cdot 1,2 \cdot 60) =$ $= 0,53$	1	

1	2	3	4	5
2	Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции	$K_3 = n_{об.}^{Расч.} / n_{об.}^{Прин.}$ $K_3 = 0,76/1 = 0,76$	0,76	
3	Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.	$R_{оп} = [t_{шт} \cdot N_{Г} \cdot (1 + K_0/100)] / (\Phi_{Эр} \cdot K_{МН} \cdot 60)$ $R_{оп.} = (0,546 \cdot 150000 \cdot (1 + 11,8/100)) / (1986 \cdot 1 \cdot 60) = 2 \cdot 2 \text{ смены} = 4$	2	
4	Число инструмента для выпуска годовой программы, шт.	$n = N_{Г} / T_{и.шт.}$ $n = 150000 / 1200000 = 0,13$	0,13	

### 6.5 Расчет сравнительной себестоимости расхода на инструмент

Таблица 6.6

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базовый	Проектн.
1	2	3	4	5
1	Материальные затраты, руб.	$M = (M_3 \cdot Ц_M \cdot K_{ТЗ}) - (M_{отх} \cdot Ц_{отх})$ $M_б. = (0,048 \cdot 93,5 \cdot 1,0133) - (0,02 \cdot 2) = 4,51$ $M_{пр.} = (0,096 \cdot 93,5 \cdot 1,0133) - (0,04 \cdot 2) = 9,02$	4,51	9,02
2	Зарплата рабочих-операторов, руб.	$Z_{пл} = P \cdot C_T \cdot \Phi_{Эр.} \cdot K_{Зпл} \cdot K_3 / N_{Г}$ $Z_{пл.} = 4 \cdot 34,84 \cdot 1986 \cdot 2,24 \cdot 0,76 / 150000 = 3,15$	3,15	

1	2	3	4	5
3	Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования, руб.	$P_A = C_{\text{ОБ}} \cdot (1 - B_p) \cdot N_A \cdot t_{\text{шт}} \cdot 1,3] /$ $/ \Phi_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}} \cdot 60 \cdot 100$ $P_{\text{а.}} = 500000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,546 \cdot 1,3 /$ $/ 3972 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100 = 0,06$	0,10	
4	Расходы на электроэнергию, руб.	$P_{\text{Э}} = M_y \cdot t_{\text{МАШ}} \cdot K_{\text{ОД}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}} \cdot C_{\text{Э}}$ $/$ $/ K_{\text{ПД}} \cdot 60$ $P_{\text{Э.}} = 17 \cdot 0,433 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3 / 0,75 \cdot$ $\cdot 60 = 0,23$	0,23	
5	Расходы на амортизацию инструмента, руб.	$P_{\text{И}} = C \cdot [1 - B_{\text{р.и.}}] / T_{\text{и.}}$ $P_{\text{и.б.}} = 600000(1 - 0,85) / 1200000 = 0,43$ $P_{\text{и.пр.}} = 700000(1 - 0,85) / 1200000 = 0,50$	0,43	0,50
6	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{\text{ПЛ}} = S_y \cdot n_{\text{об}} \cdot C_{\text{ПЛ}} \cdot K_3 / N_{\Gamma}$ $P_{\text{ПЛ.}} = 3,82 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,76 / 150000 =$ $= 0,09$	0,09	
7	Расходы на зарплату наладчика, руб.	$Z_{\text{НАЛ}} = n_{\text{об}} \cdot C_{\Gamma} \cdot \Phi_{\text{Э.Р.}} \cdot K_{\text{ЗПЛ}} \cdot K_3 /$ $/ n_{\text{ОБС}} \cdot N_{\Gamma}$ $Z_{\text{нал.}} = 1 \cdot 45 \cdot 1986 \cdot 2,24 \cdot 0,76 / 6 \cdot$ $\cdot 150000 = 0,17$	0,17	
	Итого: Технологическая себестоимость, руб.	$C_{\text{ТЕХ}} = M + Z_{\text{ПЛ}} + P_A + P_{\text{Э}} + P_{\text{И}} + P_{\text{ПЛ}} + Z_{\text{НАЛ}}$ $C_{\text{тех.б.}} = 4,51 + 3,15 + 0,10 + 0,23 + 0,43 +$ $+ 0,09 + 0,17 = 8,68$ $C_{\text{тех.пр}} = 9,02 + 3,15 + 0,10 + 0,23 + 0,50 +$ $+ 0,09 + 0,17 = 13,26$	8,68	13,26
8	Общепроизводственные	$P_{\text{ЦЕХ}} = Z_{\text{ПЛ}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}}$ $P_{\text{цех.}} = 3,15 \cdot 1,5 = 4,73$	4,73	

	расходы, руб.			
	Всего:Цеховая себестоимость, руб.	$S_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ}$ $S_{цех.б.}=4,73+8,68=13,41$ $S_{цех.пр.}=4,73+13,26=17,99$	13,41	17,99

1	2	3	4	5
	Цеховая себестоимость на единицу изделия, руб.	$Сед.изд.б.=13,41:2=6,71$ $Сед.изд.пр.=17,99:4=4,50$	6,71	4,50

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

## 6.6 Структура себестоимости продукция сравниваемых вариантов

Таблица 6.7

№	Наименование затрат	Сумма, руб.				Доля, %	
		Базовый		Проектный		Базовый	Проектный
		[4]	[1]	[8]	[1]		
	Материалы	4,51	1,13	9,02	1,12	55	70
	Основная зарплата	1,24	0,31	1,24	0,15	15	9
	Расходы на содержание оборудования	0,10	0,02	0,10	0,01	1	1
	Расходы на электроэнергию	0,23	0,06	0,23	0,03	3	2
	Расходы на произв. площадь	0,09	0,01	0,09	0,01	1	1
	Расходы на литьевую форму	0,35	0,09	0,38	0,05	4	3
	Цеховые расходы	4,73	0,43	4,73	0,22	21	14

	Цеховая себестоимость	13,4 1	6,71	17,99	4,50	100	100
--	-----------------------	-----------	------	-------	------	-----	-----

### 6.7. Расчет капитальных вложений

Таблица 6.8

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проект
1	2	3	4	5
1	Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{ОБ.} = n_{ОБ.} \cdot Ц_{ОБ.} \cdot K_3$ $K_{об.б.} = 1 \cdot 500000 \cdot 0,76 = 243200$	380000	
2	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
	Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_M = K_{ОБ.} \cdot K_{МОНТ}$ $K_{м.б.} = 380000 \cdot 0,15 = 36480$	57000	
	Затраты на спец. оснастку, руб.	$K_{И} = Ц_{ИТТ} \cdot n_{ИТТ}$ $K_{и.б.} = 600000 \cdot 1 = 60000$ $K_{и.пр.} = 70000 \cdot 1 = 70000$	600000	700000
	Затраты на производственную площадь, руб.	$K_{ПЛ} = n_{ОБ.} \cdot S_y \cdot Ц_{ПЛ.} \cdot K_3$ $K_{пл.б.} = 1 \cdot 3,82 \cdot 4500 \cdot 0,76 = 13064$	13064	
	Итого	$K_{СОП} = K_M + K_{И} + K_{ПЛ}$ $K_{соп.б.} = 57000 + 600000 + 13064 = 670064$ $K_{соп.пр.} = 57000 + 700000 + 13064 = 770064$	670064	770064
3	Общие капитальные вложения, руб.	$K_{ОБЩ} = K_{ОБ.} + K_{СОП}$ $K_{общ.б.} = 380000 + 670064 = 1050064$ $K_{общ.пр.} = 380000 + 770064 = 1150064$	1050064	1150064
4	Удельные капвложения, руб.	$K_{УД} = K_{ОБЩ} / N_{Г}$ $K_{уд.б.} = 1050064 / 150000 = 7$	7	8

		Куд.пр.= 1150064/150000=8		
--	--	---------------------------	--	--

### 6.8 Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта

Таблица 6.9

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
1	Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\Delta_{УГ} = (C_{ЦЕХ}^{Баз} - C_{ЦЕХ}^{Проект}) \cdot N_{Г}$ $\Delta_{УГ} = (6,71 - 4,50) \cdot 150000 = 331500$	166000	
2	Приведенные затраты, руб.	$З_{пр} = C_{ЦЕХ} + E_n \cdot K_{уд}$ $З_{пр.б} = 6,71 + 0,33 \cdot 7 = 9,02$ $З_{пр.пр.} = 4,50 + 0,33 \cdot 8 = 7,14$	9,02	7,14
3	Срок окупаемости кап.вложений, год	$T_{ок} = K_{ВВ} / \Delta_{УГ}$ $T_{ок} = 700000 / 166500 = 4$	4	
4	Годовой экономический эффект, руб.	$\Delta_{Г} = (З_{пр}^{баз.} - З_{пр}^{проект}) \cdot N_{Г}$ $\Delta_{Г} = (9,02 - 7,14) \cdot 150000 = 282000$	282000	

Вывод: При внедрении нового технологического процесса произошло уменьшение себестоимости изготовления изделия с 6,71 руб. до 4,50 руб, за счет повышения производительности посредством увеличения гнезд с двух до четырех. При этом годовой экономический эффект составил 282000 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе были определены оптимальная гнездность, объем отливки и энергосиловые параметры литья, на основании которых выбрано оборудование JSW 150.

При разработке литейной формы было выполнено следующее:

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

Кроме того, были рассмотрены меры по обеспечению безопасности и экологичности проекта, а также проведено экономическое обоснование. Экономические расчеты показали целесообразность применения предлагаемого технологического процесса. Годовой экономический эффект составил 282000 руб. со сроком окупаемости в течение четырех лет.

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Видгоф Н.Б. Основы конструирования литьевых форм для термопластов – М.: Машиностроение, 1979.
2. Пантелеев А.П., Шевцов Ю.М., Горячев И.А. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс. – М.: Машиностроение, 1986.
3. Белкин И. М. Справочник по допускам и посадкам для рабочего-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1985.
4. Лапшин, В.В. Основы переработки термопластов литьем под давлением / В.В. Лапшин. – М. : Химия, 1974. – 270 с.
5. Литье под давлением – коротко и ясно : информационная брошюра. – Нижний Новгород : Изд-во НПП «Симплекс», 2000. – 140 с.
6. Основы конструирования и расчета деталей из пластмасс и технологической оснастки для их изготовления : Учебное пособие для студентов вузов / Р.Г. Мирзоев [и др.]. – Л. : Машиностроение, 1972. – 416 с.
7. Пантелеев, А.П. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс / А.П. Пантелеев, Ю.М. Шевцов, И.А. Горячев. – М. : Машиностроение. 1986. – 400 с.
8. Фетисова, Т.С. Изготовление пластмассовых изделий : учебно-метод. пособие к выполнению курсового проектирования / Т.С. Фетисова. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 62 с.
9. «Технологии металлов и конструкционные материалы» под ред. Б.А. Кузьмина, М.: МАШИНОСТРОЕНИЕ, 1989.
10. Оборудование заводов по переработки пластмасс. - М.: Химия, 1986-400с., Торнер Р.В., Акутин М. С.
11. В.Г. Бортников. Производство изделий из пластических масс. Учебное пособие для вузов в трех томах. Том 2. Производство изделий из пластических масс. - К.: Дом печати, 2002. - 399 с.

12. Акулин Д. Ф., Власов А. Ф., Гладких П. А., Духанин Ю. А., Туманов Б. В. Основы техники безопасности и противопожарной техники в машиностроении. М., «Машиностроение», 1966, 288 с.
13. Бихлер М. Параметры процесса литья под давлением. Анализ и оптимизация, 2001 129с.
14. Переработка пластмасс: Справочное пособие / под ред. В.А. Брагинского. - Л.: Химия, 1985.-236 с.
15. Охрана труда в химической промышленности/ Г.В. Макаров, А.Я.Васин, Л.К. Маринина, П.И. Софийский, В.А. Старобинский, Н.И.Торопов. - М.: Химия 1989. 496 с.
16. Безопасность жизнедеятельности / под ред. С.В. Белова. - М.: Высшая школа, 1999. - 448 с.
17. Литье пластмасс под давлением. Освальд Т., Турнг Л. - Ш., Грэмманн П. Дж., под ред. под ред. Э.Л. Калинчева. - 750 стр., Издательство: Профессия. - 2005.
18. Калинчев Э.Л., Саковцева М.Б. Свойства и переработка термопластов: Справочное пособие. -Л.: Химия, 1983. 288 с.
19. Кацнельсон М.Ю., Балаев Г.А. Пластические массы: Справочник. -Л.: Химия, 1978. 384 с.
20. Крыжановский В.К., Кербер М.Л., Бурлов В.В., Паниматченко А.Д. Производство изделий из полимерных материалов. -СПб: Профессия, 2004. 464 с.