



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 Логинов Р.И.

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

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

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: \_\_\_\_\_  
базовая технология изготовления детали, программа выпуска 400000 шт/год,  
материал: полипропилен

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:  
Презентационный материал: 1. Сравнительный технологический анализ. 2. Комплекс оборудования. 3. Кинематическая схема оборудования. 4. Литьевая форма (план неподвижной полуформы). 5. Литьевая форма (план подвижной полуформы). 6. Литьевая форма (разрезы).

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)

Т.С. Пчелинцева  
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Р.И. Логинов  
(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 данной работе рассматривается изменение технологического процесса изготовления детали «Облицовка туннеля пола верхняя».

Для предлагаемого технологического процесса проведены расчеты по определению оптимальной гнздности и объема отливки, определены энергосиловые параметры литья и выбрано оборудование термопластавтомат JSW650 с манипулятором J1300E-C515A.

Проведена разработка литьевой 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 проекта.

Бакалаврская работа состоит из: расчетно-пояснительной записки (54 листа), приложения (6 листов), графической части (чертежи: 4 листа формата A1, 2 листа формата A0).

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение.....	7
1. Состояние вопроса.....	9
1.1. Анализ технологичности детали.....	9
1.2. Анализ базовой технологии изготовления детали.....	11
1.3. Выявление недостатков базовой технологии.....	12
1.4. Задачи бакалаврской работы.....	12
2. Разработка технологического процесса изготовления детали.....	13
2.1. Схема предлагаемого технологического процесса изготовления детали.....	13
2.2. Определение гнездности и объема отливки для заполнения гнезд..	13
2.3. Определение энергосиловых параметров литья.....	14
3. Выбор оборудования и средства автоматизации.....	16
3.1. Выбор типоразмера оборудования и его основные технические характеристики.....	16
3.2. Средства автоматизации, основные характеристики, описание работы.....	18
4. Разработка конструкции литейной формы.....	22
4.1. Состав, конструкция и работа литейной формы.....	22
4.2. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы.....	25
4.3. Определение числа и расположения элементов системы литейной формы.....	26
4.3.1. Система литниковых каналов.....	26
4.3.2. Система вентиляционных (газоотводящих) каналов.....	30
4.3.3. Система термостатирования (система охлаждения и регулирования температуры формы).....	31
4.4. Система удаления изделий и литника из формы.....	34
4.5. Определение толщины стенки матрицы.....	35
4.6. Определение исполнительных размеров оформляющих деталей....	35

5. Безопасность и экологичность проекта .....	38
6. Экономическая часть .....	45
Заключение .....	52
Список использованных источников .....	53
Приложения .....	56

## 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, топлен, 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 «Облицовка туннеля пола верхняя» за счет полной автоматизации процесса ее изготовления.



# 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

## 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.

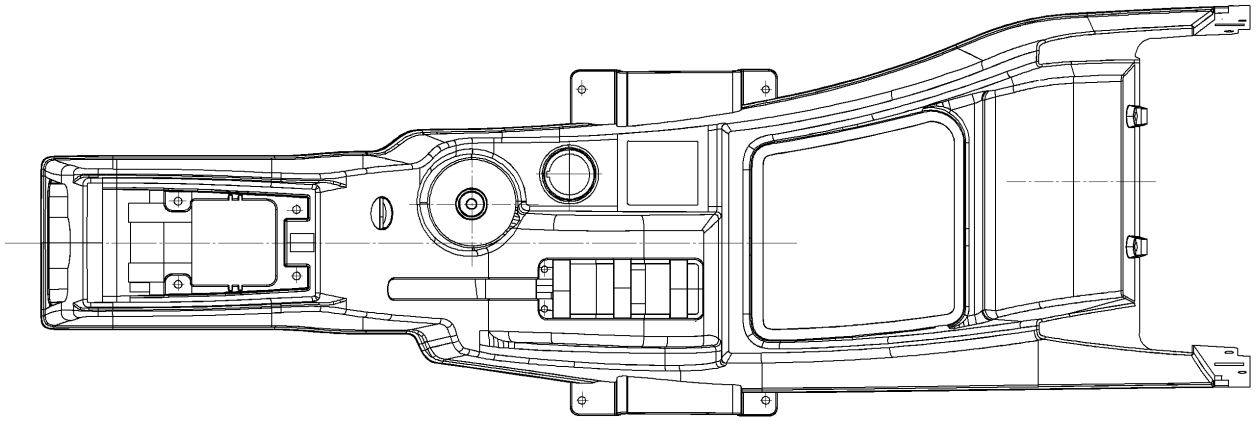


Рисунок 1.1 – Облицовка туннеля пола верхняя

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

4. Для предотвращения утяжин опережающих потоков следует избегать местных утолщений и разностенности. Максимальная толщина данной детали 3 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.  $R_{\min}=0,5$  мм.

6. Максимальная толщина ребер нее должна превышать 1,3 толщины стенки. В данном случае имеем 0,8 мм. Для ребер уклон обычно выполняют минимальным. Имеем технологический уклон  $1^{\circ}30'$ .

7. Толщина стенки определяется в первую очередь конструктивными требованиями, однако большая толщина снижает ударную вязкость изделия, увеличивает внутренние напряжения и приводит к растрескиванию.  $S_{\max}=3$  мм.

## 1.2 Анализ базовой технологии изготовления детали

Технологический процесс изготовления детали «облицовка туннеля пола верхняя» осуществляется на оборудовании – термопластавтомате JSW650. За один цикл отливается одна деталь, т.е. имеется одногнездная литевая форма.

В цилиндр литевой машины автоматически подается материал полипропилен для отливки в виде гранул из бункера литевой машины. Материал нагревается в цилиндре до температуры, которая обеспечивает хорошую пластикацию 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.

После заполнения оформляющей полости поступление расплава в литевую 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 литейной машины от неподвижной полуформы.

После охлаждения отливки без давления происходит размыкание формы, подвижная часть отходит на расстояние 580мм. На последних секундах размыкания формы система выталкивателей начинает свою работу, происходит выталкивание деталей и литника из формы. Для предотвращения прогиба и деформации горячей детали предусмотрен ручной съем изделия. После чего деталь укладывается на транспортер, где происходит его свободная усадка, т.е. уменьшение диаметральных и линейных размеров.

В это время происходит пауза в цикле изготовления изделия, предназначенная для обслуживания формы и переключения оборудования на новый цикл литейной формы. Далее деталь проходит контроль качества.

### 1.3 Выявление недостатков базовой технологии

Так как в технологическом процессе имеет место ручной съем изделия, то увеличивается:

- время цикла изготовления детали;
- трудоемкость изготовления изделия;
- количество рабочих-операторов с одного до двух.

### 1.4 Задачи бакалаврской работы

Для достижения цели дипломного проекта необходимо выполнить следующие задачи:

1. Разработать технологический процесс изготовления детали «облицовка туннеля пола верхняя».
2. Спроектировать литейную 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 ручной съем и удаление изделий из формы, что приводит к увеличению времени цикла и количества рабочих-операторов.

Для исключения данного недостатка предлагается ввести оборудование – термопластавтомат JSW650 с манипулятором J1300E-C515A для удаления детали.

Таким образом, технологический процесс изготовления проектной детали будет проходить аналогично с базовым процессом изготовления детали, только с тем изменением, которое вводится: меняется оборудование на термопластавтомат JSW650 с манипулятором J1300E-C515A.

### 2.2 Определение первоначальной гнездности и объема отливки для заполнения гнезд

Гнездность определяют исходя из условий номинальной себестоимости изготовления изделия:

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

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

$П$  – число деталей на годовую программу выпуска;

$C_{\phi}$  – 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  $V_u = 0,943 \text{ м}^3$  - объем одного изделия,

$\rho = 1060 \text{ кг/м}^3$  - плотность материала полипропилен.

$$m = 0,943 \cdot 1060 = 1 \text{ кг}.$$

Таким образом, исходя из массы детали, рекомендуется применять гнездность  $n_0 = 1$ .

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,  $k_1 = 1,005$ ;

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

Тогда

$$Q_o = 1 \cdot 943 \cdot \frac{1,005}{0,8} = 1185 \text{ см}^3.$$

### 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 в оформляющей полости:

$$q = 32 \text{ МПа}.$$

$F_{\text{ПР}}$  - площадь проекции изделия на плоскость разъема формы без учета площади сечения отверстия,  $F_{\text{ПР}} = 0,123 \text{ м}^2$ ;

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

$k_3$  - коэффициент, учитывающий использование максимального усилия смыкания плит термопластавтомата,  $k_3 = 1,25$ ;

$P_H$  - номинальное усилие смыкания плит термопластавтомата.

Таким образом,

$$P_0 = 32 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,123 \cdot 1,11 \cdot 1,25 = 5461 \text{ кН}.$$

Пластикационная производительность термопластавтомата определяется по формуле:

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

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

$$\tau_{охл} = \frac{0,405}{a} \cdot \left( \frac{\delta^2}{4} \right) \cdot \left( \ln 1,27 - \ln \frac{t_k - t_\phi}{t_n - t_\phi} \right), \quad (2.6)$$

здесь  $a$  - температуропроводность,  $a = 0,25 \cdot 10^{-7} \text{ М}^2/\text{с}$ ;

$\delta$  - максимальная толщина изделия,  $\delta = 0,003 \text{ м}$ ;

$t_\phi$  - температура формы,  $t_\phi = 40^\circ$ ;

$t_n$  - начальная температура изделия,  $t_n = 200^\circ$ ;

$t_k$  - конечная температура изделия,  $P_0 = (8 \dots 25)^\circ + t_\phi = 65$ ;

Тогда

$$\tau_{охл} = \frac{0,405}{0,25 \cdot 10^{-7}} \cdot \left( \frac{0,003^2}{4} \right) \cdot \left( \ln 1,27 - \ln \frac{65 - 40}{200 - 40} \right) = 74 \text{ с}.$$

Пластикационная производительность:

$$A_0 = 1 \cdot 1 \cdot \frac{1,005}{74} = 0,014 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 14 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Объемная скорость впрыска:

$$W = \frac{A_0}{\rho} = \frac{14}{1,06} = 13,2 \frac{\text{см}^3}{\text{с}}.$$

## 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 заклипирования формы.  $Q_o \leq Q_H$ ,  $W_o \leq W_H$ ,  $P_o \leq P_H$ .

$Q_o=1185\text{см}^3$ ,  $W_o=13,2$  г/с и  $P_o=5461\text{кН}$ , выбираем термопластавтомат JSW650 с параметрами  $Q_H=2000\text{см}^3$ ,  $W_H=708\text{см}^3/\text{с}$  и  $P_H=6000\text{кН}$  (рисунок 3.1).

Таблица 3.1 – Технические характеристики термопластавтомата JSW650

Параметр	Значение
Диаметр шнека, мм	110
Номинальный объем впрыска, $\text{см}^3$	2200
Номинальное давление литья (в материальном цилиндре), МПа	163
Номинальная объемная скорость впрыска, $\text{см}^3/\text{с}$	500
Номинальное усилие заклипирования формы, кН	6000
Высота формы, мм:	939
Ход подвижной плиты, мм	1500
Наибольший ход выталкивателя, мм	250
Расстояние между колонками в свету, мм:	
по горизонтали	570
по вертикали	250



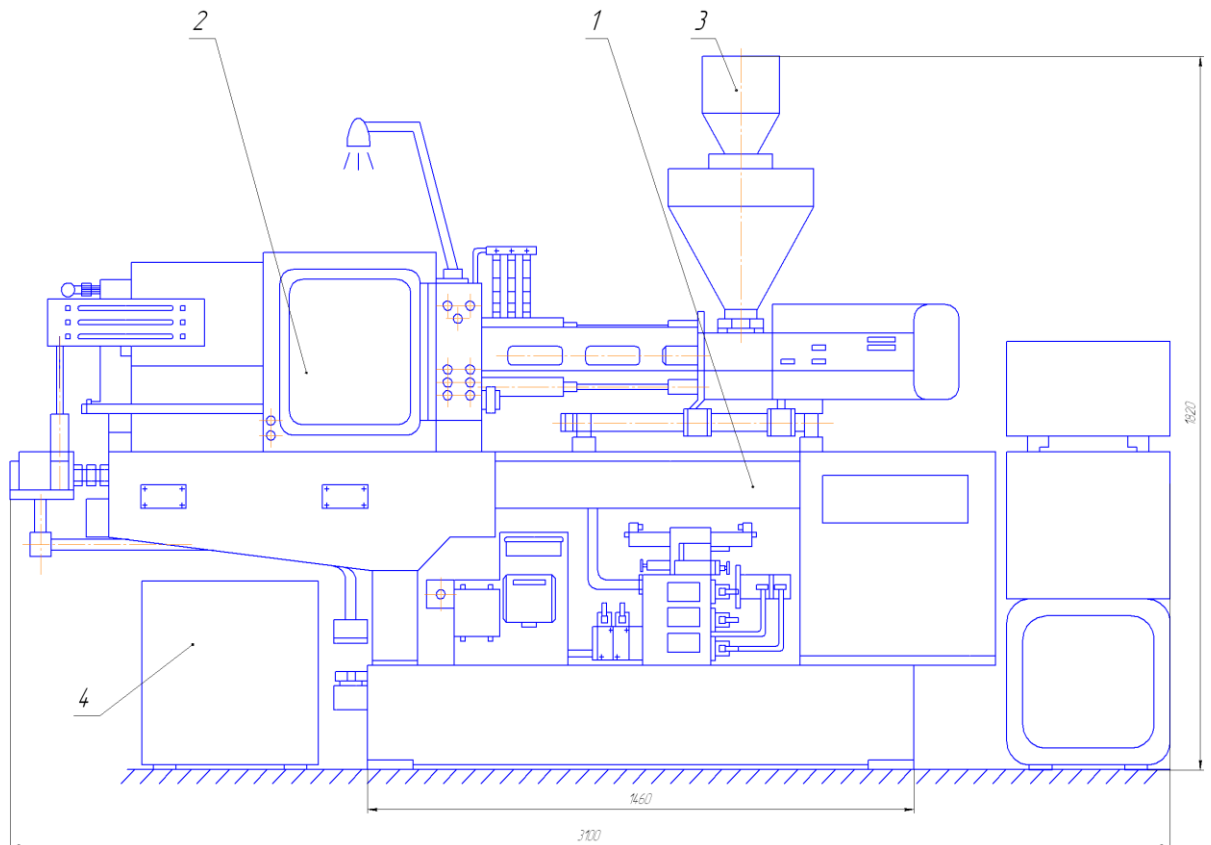


Рисунок 3.1 – Термопластавтомат JSW650

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

Гнездность, обусловленная объемом впрыска термопластавтомата:

$$n_Q = \frac{\beta_1 \cdot Q_H}{V_u \cdot k_1} = \frac{0,8 \cdot 2000}{943 \cdot 1,005} = 1,7 \approx 1 \quad (3.1)$$

Гнездность, обусловленная объемной скоростью впрыска:

$$n_A = \frac{W_H \cdot \rho_H \cdot \tau_{oxl}}{k_1 \cdot m} = \frac{708 \cdot 1,06 \cdot 74}{1,005 \cdot 1000} = 55 \quad (3.2)$$

Гнездность, обусловленная усилием смыкания:

$$n_p = \frac{P_H}{q_{\max} \cdot F_{PP} \cdot k_2 \cdot k_3} = \frac{6000 \cdot 10^3}{32 \cdot 10^6 \cdot 0,123 \cdot 1,11 \cdot 1,25} = 1. \quad (3.3)$$

Из подсчитанных значений выбираем минимальное значение, равное 1. Это значение не должно превышать число  $n_F$ , определяемое площадью рабочей поверхностью плиты термопластавтомата:

$$n_F = \frac{0,5 \cdot F_{III}}{F_{IP}} = \frac{0,5 \cdot 0,57 \cdot 0,25}{0,123} = 1 \quad (3.4)$$

Принимаем окончательно гнездность  $n=1$ .

### 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 манипулятора. 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.

В данном дипломном проекте предлагается исключить ручной съем и удаление деталей посредством перехода на оборудование с манипулятором.

#### Расчет основных технических характеристик

Диаметр гидроцилиндров выражаем из формулы:

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

где  $p$  - давление в гидроцилиндре,  $p = 14,7$  МПа;

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

$P_0$  - усилие запираения расчетное,  $P_0 = 5461$  кН.

Тогда

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot p}{P_0 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 14,7 \cdot 10^6}{5461 \cdot 10^3 \cdot \pi}} = 1,852 \text{ м} \quad (3.6)$$

Усилие необходимое для перемещения сопла:

$$P_{расч} = F_c \cdot p, \quad (3.7)$$

где  $F_c$  - площадь контакта, определяемая по формуле:

$$F_c = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4}, \quad (3.8)$$

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

Тогда:

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

Таким образом, получим:

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

Известно, что

$$P_{расч} = p \cdot 2 \cdot F_u, \quad (3.9)$$

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

Отсюда

$$d_u = \sqrt{\frac{4 \cdot F_u}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{расч}}{2 \cdot p \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,16 \cdot 10^3}{2 \cdot 14,7 \cdot 10^3 \cdot \pi}} = 0,37 м.$$

Известно, что

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

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

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

Отсюда найдем диаметр штока:

$$d_u = \sqrt{\frac{4 \cdot F_u}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{расч}}{2 \cdot [\sigma] \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,16 \cdot 10^3}{2 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot \pi}} = 0,0032 м = 3,2 мм.$$

По конструктивным соображениям диаметр штока принимаем 6мм.

Определяем площадь поперечного сечения кольца гидроцилиндра по формуле:

$$F_k = \frac{\pi(d_u^2 - d_{ш}^2)}{4} = \frac{\pi(0,37^2 - 0,006^2)}{4} = 0,107 м^2 \quad (3.10)$$

### 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.

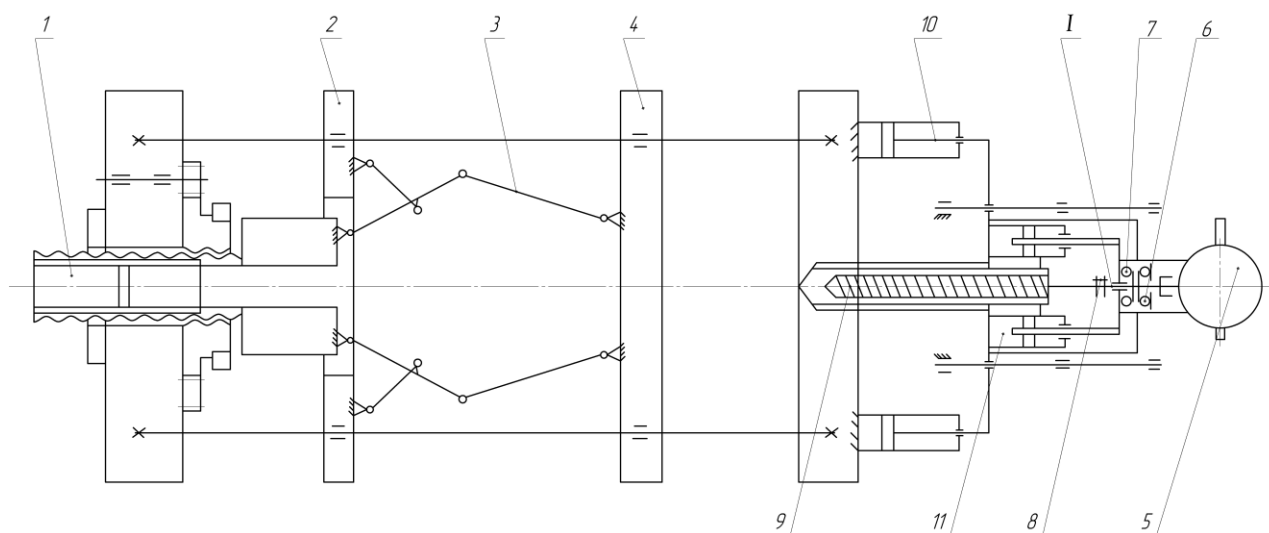


Рисунок 3.2 – Кинематическая схема термопластавтомата JSW650

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.

## 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.

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

Литевая форма состоит из подвижной и неподвижной полуформ. В неподвижной полуформе расположены: пуансон, выталкиватели, направляющие втулки, каналы охлаждения. В подвижной полуформе расположены: литниковая система, матрица, оформляющие знаки, направляющие колонки, а также каналы охлаждения.

Литевая форма работает следующим образом. Смыкание осуществляется путем подхода подвижной полуформы к неподвижной полуформе, и одновременно подводится сопло цилиндра литевой машины. Центрирование полуформ при смыкании осуществляется посредством направляющих втулок 73 и направляющих колонок 79.

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

Размыкание формы осуществляется путем отвода подвижной плиты 16 и, соединенных с ней, бруса 17 и пуансона 2. При этом плиты толкателей 18 и 19 остаются неподвижными. В процессе размыкания формы изделие снимается с пуансона и прижимается выталкивателями 70 к матрице. При достижении пуансоном плиты 19, выталкиватели увлекаются вместе с ней, а изделие благодаря смазке и усадке материала свободно извлекается манипулятором из матрицы.



## 4.2 Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы

Рассчитываем выталкиватели 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 выталкивателей, которое определяется как:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,012^2 \cdot 10}{4} = 0,00079 \text{ м}^2. \quad (4.2)$$

Тогда

$$P_q = 60 \cdot 10^6 \cdot 0,00079 = 47 \text{ кН},$$

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

$$P_{разм} = 0,1 \cdot P_0 = 0,1 \cdot 5461 = 546,1 \text{ кН}. \quad (4.3)$$

Тогда

$$P_{\max} = P_{разм} = 546,1 \text{ кН}.$$

Рассчитываем выталкиватели на сжатие.

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

где  $F$  - площадь поперечного сечения выталкивателей, которая определяется по формуле;  $F = 0,00079 \text{ м}^2$ ;

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

Тогда

$$\sigma_{сж} = \frac{546,1 \cdot 10^3}{0,00079} = 691,3 \text{ МПа} < 720 \text{ МПа}.$$

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 – Материалы деталей формы

Деталь	Марка материала	Рекомендуемая твердость	Рекомендуемая термообработка
1	2	3	4
Матрица	4X5МФС	51...53HRC	закалка, отпуск
Пуансон	4X5МФС	51...53HRC	закалка, отпуск
Плита подвижная	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Опора	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Ползушка	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Вставка	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Брус	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Пластина	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Направляющая	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Упор	40X	32...37HRC	закалка, отпуск
Знак	40X	32...37HRC	закалка, отпуск
Шток	40X	32...37HRC	закалка, отпуск
Колонка	4X5МФС	51...53HRC	закалка, отпуск
Выталкиватель	У8А	58...62	закалка, отпуск
Втулка	4X5МФС	51...53HRC	закалка, отпуск
Державка	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 гнезда 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.

$$d_1 = 2\sqrt{\frac{Q_0}{\pi \cdot v \cdot \tau}}, \quad (4.5)$$

здесь  $Q_0$  – объём впуска,  $Q_0 = 1185 \text{ см}^3$

$v$  – средняя скорость течения материала в литниковой втулке, для отливок  $Q_0 = 1185 \text{ см}^3 \rightarrow v = 550 \text{ см/с}$ ;

$\tau$  – продолжительность впуска,  $Q_0 = 1185 \text{ см}^3 \rightarrow \tau = 4 \text{ с}$

Тогда

$$d_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{1185}{3,14 \cdot 550 \cdot 4}} = 0,8 \text{ см} \approx 8 \text{ мм}.$$

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

$d_2 = 12,7 \text{ мм}$   $L = 90 \text{ мм}$ .

Выбираем втулку. Втулка 0602-0514 ГОСТ 22077-76. Материал – сталь У8А по ГОСТ 1435-74 (СТ СЭВ 288-81). Твердость HRC 49,5...53.

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

Разводящие каналы необходимо 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 трапецеидальная (рисунок 4.1).

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

Размеры для трапецеидального сечения находится по формуле:

$$h = 0,5 \cdot d_3 \sqrt{\frac{\pi \cdot (1 + \sin \alpha + k \cos \alpha)}{(k + \operatorname{tg} \alpha)^2 \cdot \cos \alpha}}, \quad (4.6)$$

где  $d_3$  – эквивалентный диаметр некруглого сечения, зависящий от массы отливаемого изделия и длины пути течения материала в разводящем канале,  $d_3 = 5,5$  мм при  $m = 1000$  г и  $L = 180$  мм;

$\alpha$  – коэффициент, зависящий от свойств материала,  $\alpha = 0,47$  для полипропилена.

Тогда

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

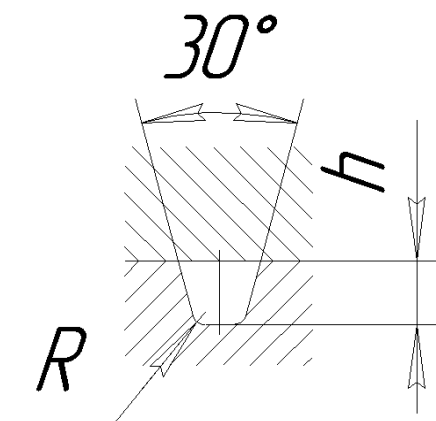


Рисунок 4.1 – Сечение разводящих каналов

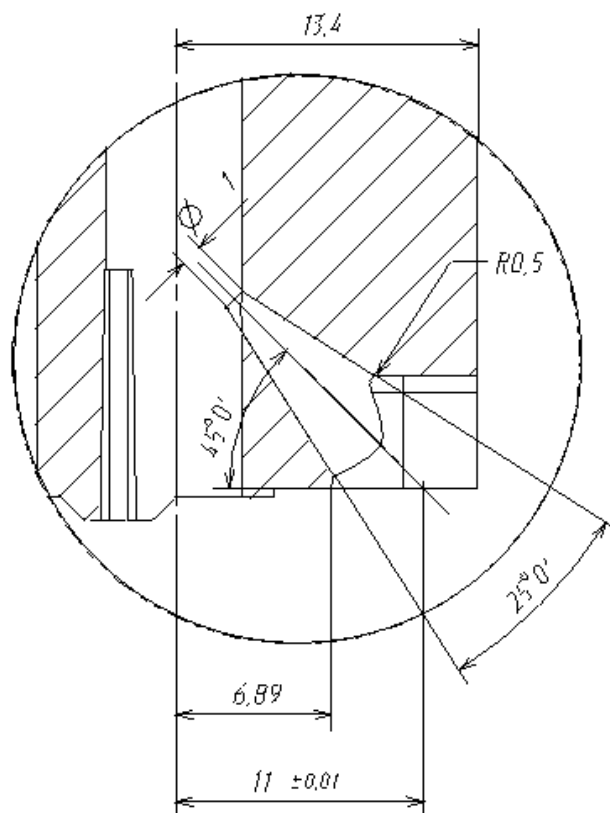


Рисунок 4.2 – Переход от разводящего канала к впускному каналу

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 (рисунок 4.2).

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 4.2).

Характеристический размер изделия определяется по формуле:

$$H = \frac{2 \cdot V_u}{S_u}, \quad (4.7)$$

где  $S_u = 0,295 \text{ м}^2$  – площадь поверхности изделия.

Тогда

$$H = \frac{2 \cdot 0,8856 \text{ м}^3}{0,295 \text{ м}^2} = 6 \text{ м}.$$

И диаметр впускного канала

$$d_g = 2,8 \text{ мм}.$$

Для  $d_g = 2,8 \text{ мм}$ : длина впускного канала  $l = 1,4 \text{ мм}$  [14].

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 формирующей полости. Полость заполняется в направлении потока прямолинейным фронтом. Впуск расположен в месте наибольшей толщины изделия и максимально удален от участков с тонкими стенками. Так как изделие крупногабаритное для литья под давлением, впрыск проектируем в трех местах.

#### 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,  $\tau = 4$ с:  $f = 0,004 \text{ мм}^2/\text{см}^3$ , [15];

$V_{\Gamma}$  – объем одного гнезда,

$$V_{\Gamma} = V_u \cdot \left(1 + \frac{X_{CP}}{100}\right) = 943 \cdot \left(1 + \frac{1}{100}\right) = 952,43 \text{ мм}^3 = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3.$$

Таким образом,

$$F = 0,004 \cdot 9,5 \cdot 10^{-3} = 0,038 \text{ мм}^2.$$

Суммарная ширина каналов

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

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

$n$  – число каналов;

$b$  – текущая ширина каналов.

Тогда

$$B = \frac{0,038}{0,04} = 0,95 \text{ мм}$$

Проектируем 10 каналов по 0,095 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:

$$Q_M = C_M \cdot m \cdot (t_n - t_{cp}), \quad (4.10)$$

где  $C_M$  – удельная теплоемкость материала,  $C_M = 1920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$  [14];

$t_{cp}$  – средняя по объему температура изделия после охлаждения, определяется из формулы:  $t_{cp} = 142^\circ \text{C}$ .

Поставляя в формулу количества теплоты, имеем:

$$Q_M = 1920 \cdot 1 \cdot (200 - 142) = 111360 \text{ Дж}.$$

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

$$Q_x = c_x \cdot g_x \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}), \quad (4.11)$$

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

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

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

$g_x$  – расход хладагента, определим из теплового баланса.

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

$$Q_M = Q_x, \quad (4.12)$$

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

Отсюда найдем,

$$g_x = \frac{Q_M}{c_x \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})}. \quad (4.13)$$



Тогда определим расход хладагента для матрицы:

$$g_x = \frac{111360}{4180 \cdot 5} = 5,328 \text{ кг}.$$

Расход хладагента через матрицу принимаем пропорционально площади оформляющей поверхности.

$$g_x = g_x \cdot \frac{F^M}{F_{\text{общ}}}, \quad (4.14)$$

здесь  $F^M$  – оформляющая площадь матрицы,  $F^M = 0,151 \text{ м}^2$ ;

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

$F^П$  – оформляющая площадь пуансона,  $F^П = 0,149 \text{ м}^2$ ;

$$F_{\text{общ}} = 0,151 + 0,149 = 0,3 \text{ м}^2.$$

Тогда получим,

$$g_x = 5,328 \cdot \frac{0,151}{0,149} = 5,4 \text{ кг}.$$

Площадь поперечного сечения каналов в пуансоне и матрице:

$$f_K = \frac{g_x}{\rho_x \cdot \tau_u \cdot \omega}, \quad (4.16)$$

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

$\tau_u$  – продолжительность цикла,  $\tau_u = 74 \text{ с}$ ;

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

Тогда

$$f_K = \frac{5,4}{1000 \cdot 74 \cdot 1} = 0,0000729 \text{ м}^2.$$

Диаметр охлаждающего канала определим по формуле:

$$d_K = 1,13 \cdot \sqrt{f_K}. \quad (4.15)$$

Таким образом,

$$d_K = 1,13 \cdot \sqrt{0,0000729} = 0,015 \text{ м} = 15 \text{ мм}.$$

Суммарная длина каналов

$$l_K \geq \frac{F_M}{\pi \cdot d_K} = \frac{0,151}{\pi \cdot 0,009} = 5,343 \text{ м.} \quad (4.16)$$

По результатам расчета получаем минимальное значение диаметра канала, необходимого для охлаждения изделия. Выбираем тип системы с прямыми каналами. При этом расстояние между охлаждающими каналами принимаем не менее:

$$S \approx (2,5 \dots 3,5) \cdot d_K = (2,5 \dots 3,5) \cdot 9 = 23 \dots 32 \approx 25 \text{ мм.} \quad (4.17)$$

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 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:

$$P_n = \pi \cdot d \cdot a \cdot m \cdot [\tau], \text{ кН,} \quad (4.18)$$

где  $d$  - диаметр выталкивателя, м;

$a$  - толщина изделия, м;

$m$  - количество выталкивателей;

$[\tau]$  - допускаемое напряжение сдвига, МПа;  $[\tau] = (0,5 - 0,6)[\sigma] = 360 \text{ МПа}.$

$$P_n = 3,14 \cdot 0,012 \cdot 0,003 \cdot 7 \cdot 360 \cdot 10^6 = 285 \text{ кН}.$$

$$P_{\text{разм}} = 0,1 \cdot P_0 = 0,1 \cdot 5461 = 546,1 \text{ кН.} \quad (4.19)$$

$$285 \text{ кН} < 546,1 \text{ кН.}$$

Условие выполняется.

#### 4.4 Определение толщины стенки матрицы

В литьевых формах давление изменяется от нуля до максимального значения усилия  $P_{\max}$  в замкнутом положении формы, что требует расчёт толщины стенок деталей форм. Для прямоугольной матрицы толщина стенки определяется в зависимости от габаритных размеров по формуле:

$$\frac{4 \cdot [\sigma] \cdot a^2}{q_{\max}} - 2 \cdot l_2 \cdot a - l_1 = 0, \quad (4.20)$$

где  $[\sigma]$  – допустимое напряжение материала матрицы,  $[\sigma]=900\text{МПа}$  для 4Х5МФС;

$q_{\max}$  – максимальное давление в полости,  $q_{\max}=32\text{МПа}$  (см. пункт 2.3.);

$l_1$  и  $l_2$  – габаритные размеры матрицы,  $l_1=0,8613\text{м}$   $l_2=0,196\text{м}$ .

Решая уравнение, мы получим,

$$\frac{4 \cdot [900] \cdot a^2}{32} - 2 \cdot 0,196 - 0,8613 = 0,$$
$$112,5a^2 - 0,392a - 0,8613 = 0.$$

Квадратное уравнение, которое решим через дискриминант,

$$a_1 = \frac{0,392 + \sqrt{(-0,392)^2 - 4 \cdot 112,5 \cdot (-0,8613)}}{2 \cdot 112,5} = 0,089\text{м} = 89\text{мм},$$
$$a_2 = \frac{0,392 - \sqrt{(-0,392)^2 - 4 \cdot 112,5 \cdot (-0,8613)}}{2 \cdot 112,5} = -0,086\text{м} = -86\text{мм}.$$

Решив уравнение, имеем два корня, один из которых отрицательный, значит,  $a = a_1 = 89\text{мм}$ .

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):

$$L_M = \left[ L \cdot \left( 1 + \frac{X_{CP}}{100} \right) - \Delta_{ИЗН} \right]^{+\Delta_{ИЗГ}}, \quad (4.21)$$

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

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

где  $L, N, H$  – наибольшие предельные размеры изделия,  $L=861,3$ мм,  $N=269$ мм,  $H=123$ мм;

$X_{CP}$  – среднее значение усадки,  $X_{CP}=1\%$ ;

$\Delta_{ИЗН}$  – 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;

$$L_M = \left[ 861,3 \cdot \left( 1 + \frac{1}{100} \right) - 0,2 \right]^{+0,320} = 869,7^{+0,320} \text{ мм},$$

$$N_M = \left[ 269 \cdot \left( 1 + \frac{1}{100} \right) - 0,05 \right]^{+0,102} = 271,6^{+0,102} \text{ мм},$$

$$H_M = \left[ 123 \cdot \left( 1 + \frac{1}{100} \right) - 0,02 \right]^{+0,046} = 124,2^{+0,046} \text{ мм}.$$

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

$$l = \left[ l \cdot \left( 1 + \frac{X_{CP}}{100} \right) + \Delta_{ИЗН} \right]_{-\Delta_{ИЗН}}, \quad (4.24)$$

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

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

где  $l, h, n$  – наименьшие предельные размеры изделия,  $l=855,3\text{мм}$ ;  
 $n=263\text{мм}$ ;  $h=117\text{мм}$ ;

$$l = \left[ 855,3 \cdot \left( 1 + \frac{1}{100} \right) + 0,2 \right]_{-0,320} = 864,05_{-0,320} \text{мм},$$

$$n = \left[ 263 \cdot \left( 1 + \frac{1}{100} \right) + 0,05 \right]_{-0,102} = 265,68_{-0,102} \text{мм},$$

$$h = \left[ 117 \cdot \left( 1 + \frac{1}{100} \right) + 0,02 \right]_{-0,046} = 118,19_{-0,046} \text{мм}.$$

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО 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	полипропилен

### 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
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
3	Литье пластмассы под давлением	Токсичность	Нагретый до температуры плавления полипропилен

### 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 литьевой 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	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.



					пожаре		
огнетушители	пожарные автомобили	Водяные установки и систем пожаротушения	Дымовые датчики	Рукава пожарные	противогазы	Пожарные багры	Оповещатели о пожаре (звуковые, речевые)
песок	пожарные мотопомпы	газовые установки и систем пожаротушения	Тепловые датчики	Пожарный инвентарь	носилки	Пожарные топоры	Световые указатели «ВЫХОД»
кошма	приспособленные технические средства (тягачи, прицепы и трактора).	порошковые установки и систем 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"> <li>- обучение персонала требованиям ПБ;</li> <li>- соблюдение техники безопасности;</li> <li>- соблюдение последовательности и алгоритма технологического процесса;</li> <li>- наличие первичных средств пожаротушения;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- квалифицированный персонал;</li> <li>- обеспечение защиты помещений системами обнаружения пожара, оповещения и эвакуации;</li> <li>- наличие систем пожаротушения.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- своевременная уборка промасленной ветоши с рабочего места;</li> <li>- ограничение взрывоопасных материалов и компонентов на рабочем месте;</li> <li>- хранение взрывоопасных материалов и компонентов в соответствии с требованиями ПБ.</li> </ul>	
--	---	--

### 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: аппараты мокрой очистки; пылеосадительные камеры; циклоны; центробежные скрубберы; мокрые аппараты ударно-инерционного действия; установки каталитического дожигания растворителей.

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 литьевой 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 Характеристики сравниваемых вариантов

Технологический процесс изготовления детали «облицовка туннеля пола верхняя» осуществляется на оборудовании – термопластавтомате JSW650. За один цикл отливается одна деталь, т.е. имеется одногнездная литевая форма.

При рассмотрении базового технологического процесса изготовления было выявлено, что имеется ручной съем и удаление изделий из формы, что приводит к увеличению времени цикла и количества рабочих-операторов. Для исключения данного недостатка предлагается ввести оборудование – термопластавтомат JSW650 с манипулятором J1300E-C515A для удаления детали. Таким образом, технологический процесс изготовления проектной детали будет проходить аналогично с базовым процессом изготовления детали, только с тем изменением, которое вводится: меняется оборудование на термопластавтомат JSW650 с манипулятором J1300E-C515A.

### 6.2 Калькуляция изготовления литевой формы

Таблица 6.1

№	Наименование	Обозначение	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты	М	7866,75	
2	Транспортно-заготовительные расходы	ТЗР	108,56	1,38% от М
3	Основная зарплата рабочих	$Z_{\text{ПЛ}}^{\text{ОСН.}}$	132473,43	$T_{\text{н/ч}}=760,45$ н/ч $C_{\text{т}}=142,17$ руб.
4	Единый соц.налог	Сс	47690	36% от $Z_{\text{ПЛ}}^{\text{ОСН.}}$
5	Расходы на содержание оборудования	РСО	284685,4	214,9% от $Z_{\text{ПЛ}}^{\text{ОСН.}}$
6	Цеховые расходы	Рцех	189304,53	142,9% от $Z_{\text{ПЛ}}^{\text{ОСН.}}$
	Итого цеховая себестоимость	Сцех	662128,67	

### 6.3 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

#### Исходные данные для расчета себестоимости продукции

Таблица 6.2 – Общие исходные данные

№	Показатель	Обозначение	Значение
1	2	3	4
1.	Годовая программа выпуска, шт	Ng	400000
2.	Эффективный фонд времени, час: - оборудования - рабочего	Фэ Фэ.р.	3972 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	149,6
8.	Цена отходов, руб./кг	Цотх	2
9.	Масса заготовки, кг	Мз	0,348
10.	Масса отходов, кг	Мотх	0,145
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
Д)	Премияльные	Кпр	1,1
Е)	На социальное страхование	Кс	1,34
	Итого общий коэф-нт доплат $K_{зпл} = K_d \cdot K_{пф} \cdot K_u \cdot K_n \cdot K_{пр} \cdot K_c$	Кзпл	2,24
13.	Коэффициент загрузки оборудования по мощности	Км	0,8
14.	Коэффициент загрузки оборудования по времени	Кв	0,7
15.	Коэффициент потерь в сети	Кп	1,03
16.	Коэффициент одновременной работы электродвигателей	Код	0,8 - 1
17.	Выручка от реализации, %:от Ц: - изношенного оборудования - изношенной пресс-формы	Вр Вр.и.	5 15
18.	Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	Кцех	1,5

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4
19.	Часовая тарифная ставка, руб./час: - рабочего - наладчика - инструментальщика	Ст Ст Ст	41,81 54,00 174,2
20.	Цена электроэнергии, руб./кВт	Ц <sub>э</sub>	3,0
21.	Цена площади, руб./м <sup>2</sup>	Ц <sub>пл</sub>	7200
22.	Норматив экономической эффективности	Е <sub>н</sub>	0,33

Таблица 6.3 – Эксплуатационные данные оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Норма времени, мин.		Мощность М <sub>у</sub> , кВт	Площадь, S <sub>у</sub> , м <sup>2</sup>	Цена, руб.
		Тшт	Тмаш			
1.	<b>Базовый вариант</b>					
	<b>термопластавтомат JSW650</b>	0,546	0,433	17	3,82	420000
2.	<b>Проектный вариант</b>					
	термопластавтомат JSW650 с манипулятором J1300E-C515A	0,418	0,562	17	3,82	550000

Таблица 6.4 – Исходные данные об оснастке

Наименование инструмента	Стойкость инструмента Т <sub>и.шт.</sub> , ударов	Цена инструмента Ц <sub>шт.</sub> , руб.
<b>Базовый вариант</b>		
Литьевая форма	1200000	700500
<b>Проектный вариант</b>		
Литьевая форма	1200000	700500

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.	$n_{об} = \frac{t_{шт} \cdot N_{г}}{\Phi_{з} \cdot K_{вн} \cdot 60}$ $n_{об}^б = \frac{0,546 \cdot 400000}{3972 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,76$ $n_{об}^пр = \frac{0,218 \cdot 400000}{3972 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,3$	1	
2	Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции	$K_з = n_{об}^{Расч.} / n_{об}^{Прин.}$ $K_з^б = \frac{0,76}{1} = 0,76$ $K_з^{пр} = \frac{0,3}{1} = 0,3$	0,76	0,3
3	Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.	$P_{оп} = [t_{шт} \cdot N_{г} \cdot (1 + K_о/100)] / (\Phi_{Эр} \cdot K_{МН} \cdot 60)$ $P_{оп}^б = \frac{0,546 \cdot 400000(1 + 11,8/100)}{1986 \cdot 1 \cdot 60} = 2 \cdot 2смены = 4$ $P_{оп}^пр = \frac{0,218 \cdot 400000(1 + 11,8/100)}{1986 \cdot 1 \cdot 60} = 1 \cdot 2смены = 2$	4	2
4	Число инструмента для выпуска годовой программы, шт.	$n = N_{г} / T_{и.шт.}$ $n = 400000 / 1200000 = 0,33$	1	



## 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.	$M = (M_3 \cdot C_{М} \cdot K_{ТЗ}) - (M_{ОТХ} \cdot C_{ОТХ})$ $M = (0,348 \cdot 149,6 \cdot 1,0133) - (0,145 \cdot 2) = 52,46$	52,46	
2	Зарплата рабочих-операторов, руб.	$Z_{ПЛ} = P \cdot C_{Т} \cdot \Phi_{Э.Р.} \cdot K_{ЗПЛ} \cdot K_3 / N_{Г}$ $Z_{ПЛ}^6 = 4 \cdot 42,84 \cdot 1986 \cdot 2,24 \cdot \frac{0,76}{400000} = 1,4$ $Z_{ПЛ}^6 = 2 \cdot 41,81 \cdot 1986 \cdot 2,24 \cdot \frac{0,76}{400000} = 0,7$	1,4	0,7
3	Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования, руб.	$P_A = C_{ОБ} \cdot (1 - B_p) \cdot N_A \cdot t_{шт} \cdot 1,3] /$ $/\Phi_{Э} \cdot K_{ВН} \cdot 60 \cdot 100$ $P_A^6 = \frac{420000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 0,8 \cdot 0,546 \cdot 1,3}{3972 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100} = 0,08$ $P_A^6 = \frac{550000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 0,8 \cdot 0,418 \cdot 1,3}{3972 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100} = 0,08$	0,08	
4	Расходы на электроэнергию, руб.	$P_{Э} = M_{У} \cdot t_{МАШ} \cdot Код \cdot K_{М} \cdot K_{В} \cdot K_{П} \cdot C_{Э} / КПД \cdot 60$ $P_{Э}^6 = \frac{17 \cdot 0,433 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3}{0,75 \cdot 60} = 0,23$ $P_{Э}^6 = \frac{17 \cdot 0,562 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3}{0,75 \cdot 60} = 0,3$	0,23	0,3
5	Расходы на амортизацию инструмента, руб.	$P_{И} = C \cdot [1 - B_{р.и.}] / T_{и.}$ $P_{И} = 700500(1 - 0,15) / 1200000 = 0,5$	0,5	
6	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{ПЛ} = S_{у} \cdot n_{ОБ} \cdot C_{ПЛ} \cdot K_3 / N_{Г}$ $P_{ПЛ}^6 = \frac{3,82 \cdot 1 \cdot 7200 \cdot 0,76}{400000} = 0,05$ $P_{ПЛ}^6 = \frac{4,2 \cdot 1 \cdot 7200 \cdot 0,76}{400000} = 0,06$	0,05	0,06
7	Расходы на зарплату наладчика, руб.	$Z_{НАЛ} = n_{об} \cdot C_{Т} \cdot \Phi_{Э.Р.} \cdot K_{ЗПЛ} \cdot K_3 /$ $/n_{ОБС} \cdot N_{Г}$ $Z_{НАЛ} = 1 \cdot 54 \cdot 1986 \cdot 2,24 \cdot 0,76 / 6 \cdot 400000 = 0,06$	0,08	
	Итого: Технологическая себестоимость, руб.	$C_{ТЕХ} = M + Z_{ПЛ} + P_A + P_{Э} + P_{И} + P_{ПЛ} + Z_{НАЛ}$ $C_{ТЕХ.б.} = 52,46 + 1,4 + 0,08 + 0,23 + 0,5 + 0,05 + 0,08 = 54,8$ $C_{ТЕХ.пр.} = 52,46 + 0,7 + 0,08 + 0,3 + 0,5 + 0,06 + 0,08 = 54,2$	54,8	54,18
8	Общепроизводственные расходы, руб.	$P_{ЦЕХ} = Z_{ПЛ} \cdot K_{ЦЕХ}$ $P_{ЦЕХ}^6 = 1,4 \cdot 1,5 = 2,1$ $P_{ЦЕХ}^6 = 0,7 \cdot 1,5 = 1,05$	2,1	1,05
	Всего: Цеховая себестоимость, руб.	$C_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ}$ $C_{ЦЕХ.б.} = 2,1 + 54,8 = 56,9$ $C_{ЦЕХ.пр.} = 1,05 + 54,18 = 55,23$	56,9	55,23

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
1.	Материалы	52,46	52,46	92	95
2.	Основная зарплата	1,48	0,78	2,6	1,4
3.	Расходы на содержание оборудования	0,08	0,08	0,2	0,2
4.	Расходы на электроэнергию	0,23	0,3	0,4	0,5
5.	Расходы на произв. площадь	0,05	0,06	0,1	0,1
6.	Расходы на литевную форму	0,5	0,5	1	1
7.	Цеховые расходы	2,1	1,05	3,7	1,8
	Цеховая себестоимость	56,9	55,23	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.	$K_{об.} = n_{об.} \cdot C_{об.} \cdot K_3$ $K_{об.б.}^6 = 1 \cdot 420000 \cdot 0,76 = 319200$ $K_{об.п.}^6 = 1 \cdot 550000 \cdot 0,3 = 165000$	319200	165000
2	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
	Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_M = K_{об.} \cdot K_{монт}$ $K_M^б. = 319200 \cdot 0,15 = 47880$ $K_M^п. = 165000 \cdot 0,15 = 24750$	47880	24750
	Затраты на спец. оснастку, руб.	$K_{и.} = C_{шт.} \cdot n_{шт.}$ $K_{и.} = 700500 \cdot 1 = 700500$	700500	
	Затраты на производственную площадь, руб.	$K_{пл.} = n_{об.} \cdot S_y \cdot C_{пл.} \cdot K_3$ $K_{пл.б.}^6 = 1 \cdot 3,82 \cdot 7200 \cdot 0,76 = 20903$ $K_{пл.п.}^6 = 1 \cdot 4,2 \cdot 7200 \cdot 0,3 = 9072$	20903	9072
	Итого	$K_{соп.} = K_M + K_{и.} + K_{пл.}$ $K_{соп.б.} = 47880 + 700500 + 20903 = 769283$ $K_{соп.п.} = 24750 + 700500 + 9072 = 734322$	769283	734322
3	Общие капитальные вложения, руб.	$K_{общ.} = K_{об.} + K_{соп.}$ $K_{общ.б.} = 319200 + 769283 = 1088483$ $K_{общ.п.} = 165000 + 734322 = 899322$	1088483	899322
4	Удельные капвложения, руб.	$K_{уд.} = K_{общ.} / N_{г.}$ $K_{уд.б.} = 1088483 / 400000 = 2,72$ $K_{уд.п.} = 899322 / 400000 = 2,25$	2,72	2,25

## 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.	$\Delta_{\text{УГ}} = (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Баз}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Проект}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\Delta_{\text{УГ}} = (56,9 - 55,23) \cdot 400000 = 668000$	668000	
2	Приведенные затраты, руб.	$Z_{\text{пр}} = C_{\text{ЦЕХ}} + E_n \cdot K_{\text{уд}}$ $Z_{\text{пр.б}} = 56,9 + 0,33 \cdot 2,72 = 57,8$ $Z_{\text{пр.пр.}} = 55,23 + 0,33 \cdot 2,25 = 56$	57,8	56
3	Срок окупаемости кап. вложений, год	$T_{\text{ок}} = K_{\text{ВВ}} / \Delta_{\text{УГ}}$ $T_{\text{ок}} = \frac{700500}{668000} = 1,05 \cong 1$	1	
4	Годовой экономический эффект, руб.	$\Delta_{\Gamma} = (Z_{\text{пр}}^{\text{баз.}} - Z_{\text{пр}}^{\text{проект}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\Delta_{\Gamma} = (57,8 - 56) \cdot 400000 = 720000$	720000	

Вывод: При внедрении нового технологического процесса произошло уменьшение себестоимости изготовления изделия с 56,9 руб. до 55,23 руб. ( $\Delta = 0,46$ ), за счет полной автоматизации технологического процесса. При этом годовой экономический эффект составил 720000 руб. при сроке окупаемости в течение одного года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью бакалаврской работы является снижение себестоимости изготовления детали «Облицовка туннеля пола верхняя» за счет полной автоматизации процесса ее изготовления. 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 технологии и определить ряд направлений для работы.
2. Разработан новый технологический процесс изготовления детали. При этом определились:
  - а) объем отливки ( $Q_0$ ), зависящий от геометрических размеров и плотности материала изделия;
  - б) гнездность литевой формы;
  - в) энергосиловые параметры литья.
3. На основании предыдущих расчетов произведен выбор оборудования, позволяющего автоматизировать процесс литья.
4. Была спроектирована литевая форма, для которой: определено число и расположение элементов систем литевой формы, рассчитаны геометрические параметры, выбран материал для оформляющих деталей, выполнены необходимые прочностные расчеты для выталкивателей на прочность; были рассчитаны исполнительные размеры элементов оформляющих деталей.
5. Рассмотрены вопросы безопасности и экологичности технического объекта.
6. Произведено обоснование бакалаврской работы, доказана ее экономическая эффективность. Годовой экономический эффект от внедрения проектного варианта составил 720000 рублей при сроке окупаемости капитальных вложений один год.

## 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 литевых форм для термопластов [Текст] / Н.Б. Видгоф. – М. : Машиностроение, 1979. – 264 с.
5. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие [Текст] / Л.Н. Горина. – Тольятти : ТГУ, 2016. – 22 с.
6. Егоров, А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова. – Тольятти, 2012. – 135 с.
7. Казаков, С.И. Производство пресс-форм и штампов [Текст] / С.И. Казаков, А.А. Холмов. – Тольятти: Ника, 2004г. – 27 с.
8. Калинин, Э.Л. Высокие технологии в полимерных материалах: модифицирующие концентраты [Текст] / Э.Л. Калинин, М.Б. Саковцева // Международные новости мира пластмасс. – 2005. – Вып. 7–8. – С. 48–51.
9. Крыжановский, В.К. Производство изделий из полимерных материалов [Текст] / В.К. Крыжановский. – СПб. : Профессия, 2008. – 465 с.

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