



федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального 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 Старостина Оксана Владимировна

1. Тема Разработка технологического процесса и литейной формы для изготовления детали «Шкив водяного насоса охлаждения»

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

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

Базовая технология изготовления детали, программа выпуска 315000 шт/год, материал ПА66

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

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала:

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

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)

О.В. Старостина

\_\_\_\_\_ (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 бакалаврской работе рассматривается изменение технологического процесса изготовления детали “шків насоса охлаждения”, а также происходит модернизация литейной формы.

Для предлагаемого технологического процесса проведены расчеты по определению оптимальной гнздности и объема отливки, определены энергосиловые параметры литья и выбрано оборудование KUASY 260/100.

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.

Бакалаврская работа состоит из: расчетно-пояснительной записки (68 листов), приложения (4 листа), 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.....	14
1.4. Задачи бакалаврской работы.....	14
2. Разработка технологического процесса изготовления детали.....	15
2.1. Схема предлагаемого технологического процесса изготовления детали.....	15
2.2. Определение гнездности и объема отливки для заполнения гнезд..	17
2.3. Определение энергосиловых параметров литья.....	18
3. Выбор оборудования и средства автоматизации.....	20
3.1. Выбор типоразмера оборудования и его основные технические характеристики.....	20
3.2. Средства автоматизации, основные характеристики, описание работы.....	23
4. Разработка конструкции литейной формы.....	28
4.1. Состав, конструкция и работа литейной формы.....	28
4.2. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы.....	33
4.3. Определение числа и расположения элементов системы литейной формы.....	35
4.3.1. Система литниковых каналов.....	35
4.3.2. Система вентиляционных (газоотводящих) каналов.....	38
4.3.3. Система термостатирования (система охлаждения и регулирования температуры формы).....	40
4.4. Система удаления изделий и литника из формы.....	43
4.5. Определение толщины стенки матрицы.....	44
4.6. Определение исполнительных размеров оформляющих деталей....	44

5. Безопасность и экологичность технического объекта .....	46
6. Экономическая часть .....	53
Заключение .....	65
Список использованных источников .....	66
Приложения .....	69

## ВВЕДЕНИЕ

В данной бакалаврской работе разрабатывается технологический процесс и литевая форма для изготовления детали «Шкив водяного насоса охлаждения».

Возрастающая потребность народного хозяйства в изделиях из термопластов определяет ускоренный рост их производства. Появление новых высокопрочных полимерных материалов, а также совершенствования процессов их переработки расширяет область применения полимеров в машиностроении, авиастроении других областях.

Конструирование литевых форм основано на новейших достижениях науки и техники в областях переработки термопластов в изделиях, сопротивления материалов, гидравлики, теплопередачи, технологии обработки металлов в сочетании с анализом работы наиболее удачных конструкций литевых форм. Современная конструкция литевых форм является сложным комплексом систем и узлов, обеспечивающих работу машины в автоматическом цикле.

Существует несколько способов изготовления пластмассовых изделий. Способ литья под давлением является одним из основных методов переработки термопластов и обладает рядом преимуществ перед другими методами:

1. Высокая производительность, за счет нагрева термопласта вне литевой формы, что позволяет впрыскивать расплав в непрерывно охлажденную форму.
2. Высокая точность размеров и чистота готовых изделий, которая сводится только к удалению следов литника, т.к. изделие не имеет заусенцев по плоскости разъема литевой формы.
3. Экономичность, достигаемая вследствие небольшого износа литевых форм и небольшие размеры форм.
4. Возможность изготовления изделий сложной конфигурации.
5. Возможность полной автоматизации процесса изготовления изделия.

Недостатки данного метода:

1. Большие начальные затраты на оборудование из-за высокой стоимости литевых форм.
2. Трудность получения изделия с разной толщиной по сечению.

Целью бакалаврской работы является:

снижение себестоимости изготовления изделия за счет применения современных полиматериалов.



# 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

## 1.1 Анализ технологичности детали

Конструкция пластмассового изделия существенно влияет на конструкцию формы (зависящую от технологичности изделия) и качественные показатели изделия, которые, в свою очередь, зависят как от технологии его изготовления, так и от его конструкции. В связи с этим изделие следует конструировать одновременно с анализом его технологичности.

Необходимо учитывать, что в ряде случаев ошибки, заложенные при разработке изделия, невозможно исправить выбором конструкции формы. Типичной ошибкой является механический перенос конструктивных элементов деталей, изготовленных из металла, на пластмассовые детали, что, как правило, приводит к ухудшению технологических и конструкционных свойств пластмассового изделия.

При конструировании пластмассовых изделий необходимо стремиться к обеспечению рациональных условий течения материала в форме, повышению точности изготовления, уменьшению внутренних напряжений, коробления, цикла изготовления.

Требования к конструкции пластмассовых изделий сводятся к следующим: допуски должны быть технически обоснованными; изделия должны иметь технологические уклоны; по возможности необходимо избегать поднутряющих выступов и впадин; изделия должны иметь закругления для увеличения механической прочности, облегчения процесса формообразования; стенки изделия по возможности должны быть равной толщины без резких переходов; для увеличения прочности отдельных элементов пластмассового изделия, обеспечения специальных свойств (электрическая, магнитная проводимость и др.), повышения износостойкости, улучшения декоративных свойств в конструкцию изделия допускается вводить металлическую или другую арматуру; конструкция изделия должна

предусматривать место подвода литника, положение выталкивателей, следов от вставок и расположение линии разъема формообразующих элементов.

*Допуски изделий из пластмасс.* 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. Поскольку эти показатели, особенно два первых, меняются в довольно широких пределах, то нельзя механически переносить допуски металлических изделий на пластмассовые.

При сопряжении пластмассовых деталей с металлическими или пластмассовыми следует руководствоваться ГОСТ 11710—71 и ГОСТ 11709—81 (СТ СЭВ 1158—78).

*Форма изделия.* Внешняя форма изделия должна по возможности обеспечивать применение неразъемных матриц и пуансонов, так как стоимость форм при разъемных оформляющих элементах значительно возрастает, а износостойкость снижается. Кроме того, как правило, увеличивается трудоемкость изготовления самих изделий.

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 (без ущерба для эксплуатационных свойств).

*Технологические уклоны.* Для обеспечения свободного (без повреждений) извлечения отливки из формы на внешней и внутренней поверхностях изделия, ребрах, отверстиях, пазах в направлении разъема оформляющих элементов формы необходимо предусматривать технологические уклоны.

## 1.2 Анализ базовой технологии изготовления детали

В базовой технологии изготавливается деталь «шкив водяного насоса охлаждения» (рисунок 1.1) обработкой резанием стали 45 ГОСТ 1050-74.

Операция 1: резка прутка диаметром 62 мм на заготовки длиной 24мм (рисунок 1.2) осуществляется на токарном отрезном станке.

Операция 2: расточка отверстий диаметром 16мм и 42мм (рисунок 1.3) производится на токарном расточном станке.

Операция 3: нарезка зубьев (рисунок 1.4) осуществляется на фрезерном зубонарезном станке.

Операция 4: шлифование отверстия диаметром 16мм производится на круглошлифовальном станке.

Операция 5: продавливание зубьев производится на гидравлическом приспособлении (рисунок 1.5).

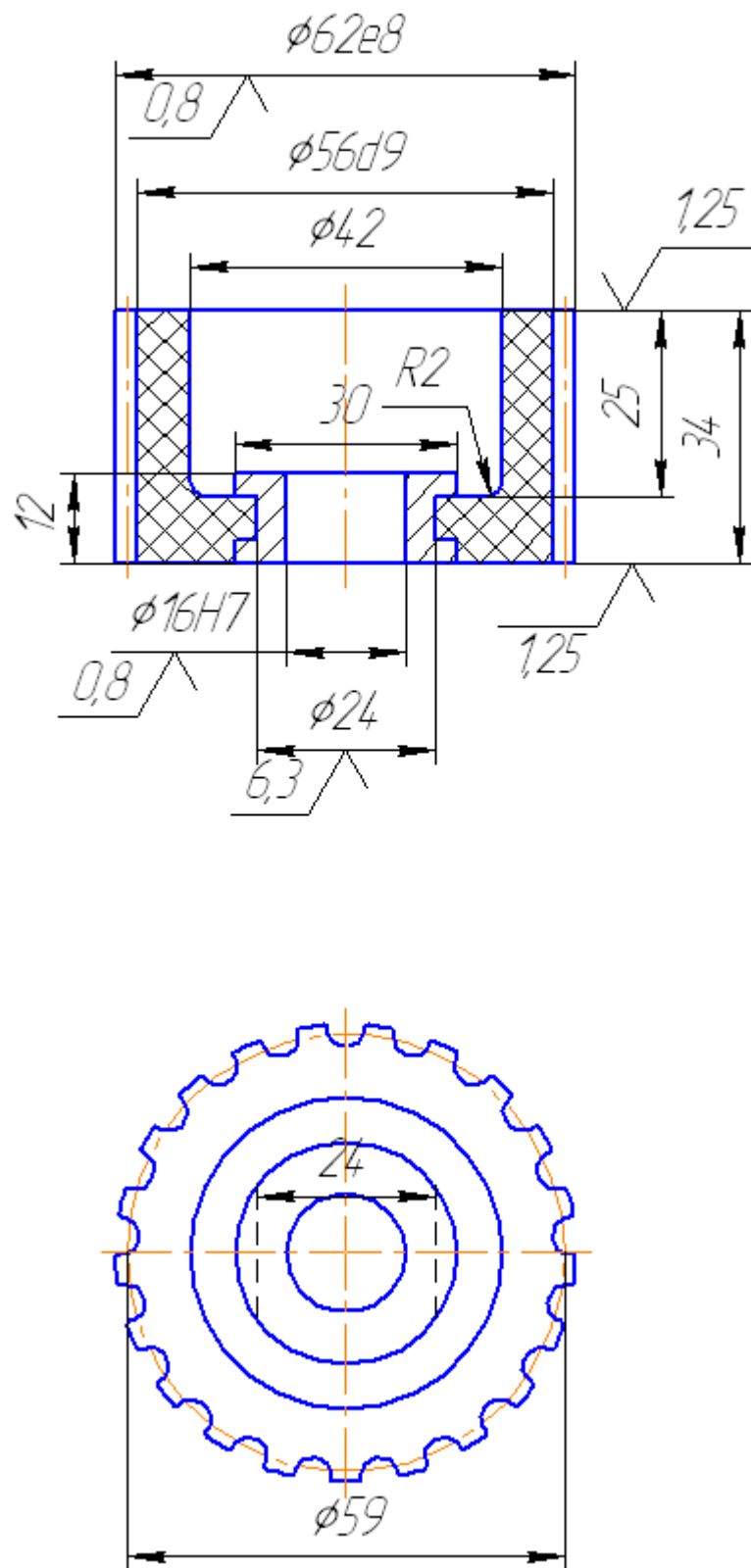


Рисунок 1.1 – Шкив водяного насоса охлаждения

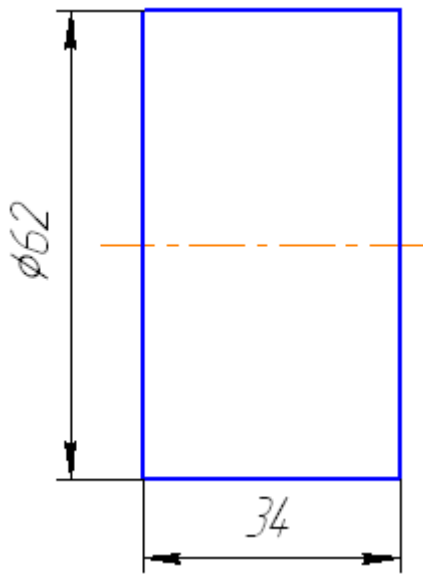


Рисунок 1.2 – Резка прутка на заготовке

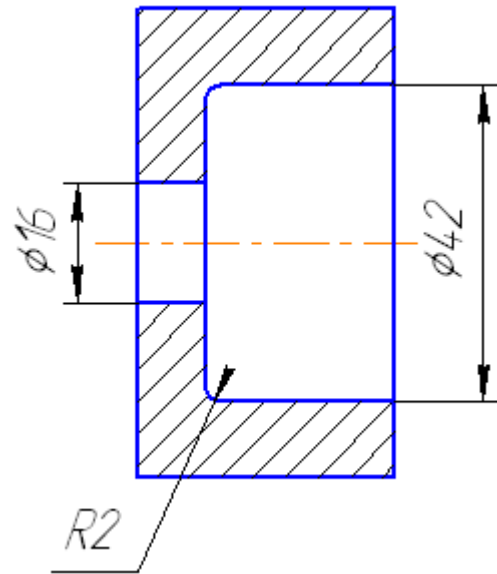


Рисунок 1.3 – Расточка отверстий

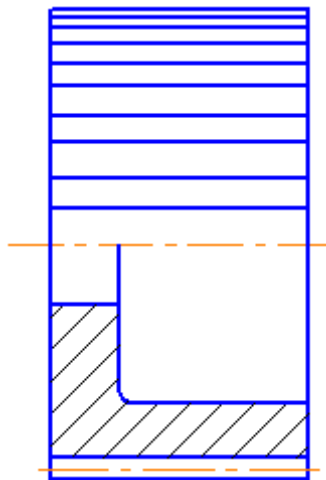


Рисунок 1.4 – Нарезка зубьев

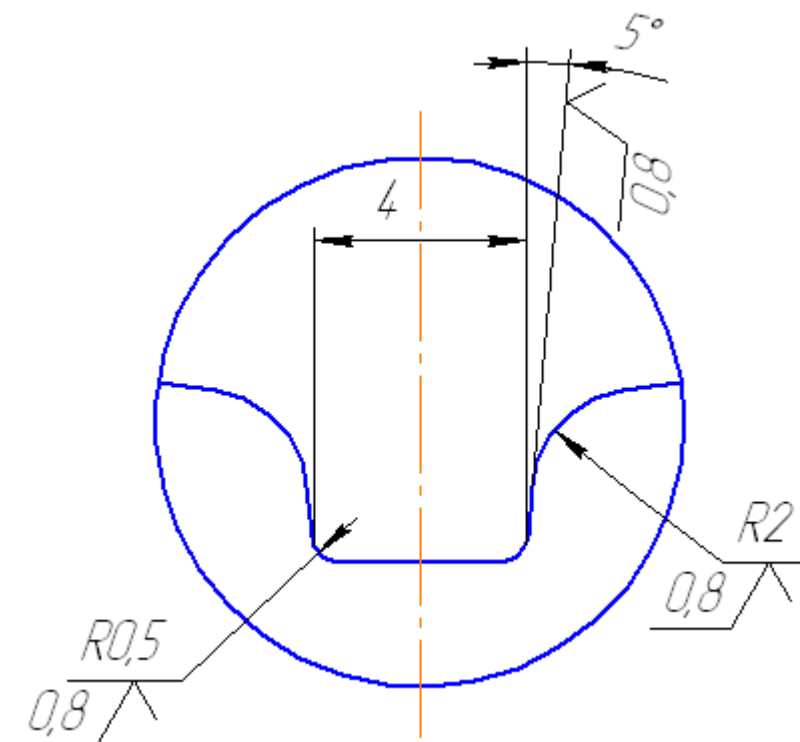


Рисунок 1.5 – Продавливание зубьев

### 1.3 Выявление недостатков базовой технологии

Базовая технология имеет недостаток: трудоемкость изготовления детали, а также дорогой материал изделия, имеющий большой удельный вес, что утяжеляет конструкцию водяного насоса охлаждения.

### 1.4 Задачи бакалаврской работы

1. Разработать технологический процесс изготовления детали.
2. Разработать литевную форму.
3. Определить энергосиловые параметры процесса и выбрать оборудование.
4. Экономически обосновать проект.
5. Рассмотреть экологичность и безопасность объекта дипломного проекта.

## 2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

### 2.1 Схема предлагаемого технологического процесса изготовления детали

В предлагаемой технологии изготавливается деталь «шкив водяного насоса охлаждения».

В начальной стадии литья холодная форма закрыта и отделена от цилиндра литейной машины. Материал для отливки в виде гранул автоматически подается из бункера литейной машины в обогреваемый цилиндр и нагревается до температуры, обеспечивающей его текучесть. Затем цилиндр подводится к форме и под давлением 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 нее. Материал, застывший в литнике, удаляется.

Геометрическая форма, качество поверхности и размеры отлитых в форме изделий должны соответствовать заданным на чертеже. Необходимо, чтобы в отлитом изделии были оптимально сохранены физико-механические свойства исходного материала с минимальными остаточными напряжениями, а дефекты при литье соответствовали техническим условиям поставки литейных изделий и требованиям к конструкции изделия. Изделия не должны подвергаться дополнительной обработке, за исключением отделения литника и зачистки его следов (при необходимости). Работа литейной формы должна быть автоматизирована, долговечна, надежна и безопасна, а себестоимость изделий минимальна.

Определение литейной формы как формирующего инструмента, отражающее взгляды на задачи литейной формы с узкой, кинематической точки зрения, нельзя считать достаточно правильным, так как оно не

отражает всех свойственных литьевой форме функции. В литьевой форме происходит формование изделия, образование структуры материала во время заполнения оформляющей полости, уплотнение материала отливки и ее охлаждение. Способы сталкивания изделия в литьевой форме могут вызвать в нем дефекты как при сталкивании, так и при отделении литников и его сбросе из формы в люк машины. Конструкция литьевой формы влияет не только на хранение, сборку и эксплуатацию изделия, т.е. на качество изделия, но и на производительность процесса в целом.

Изготовление изделия сопровождается процессами в инжекционном цилиндре литьевой машины, непосредственно в литьевой форме, и после извлечения изделия - вне формы. Способ пластикации термопласта в литьевых машинах влияет на однородность и вязкость расплава, что отражается на давлении литья и характере заполнения оформляющей полости формы расплавом. Эти обстоятельства учитывают при выборе конструкции литьевой формы и ее составных элементов.

Материал нагревается электронагревателями, а также вследствие трения в витках шнека, переходит при этом в вязкотекучее состояние. При нагревании объем термопласта увеличивается. Под давлением червяка или поршня расплав сжимается и нагнетается через сопло или запорный кран в литьевую форму.

При заполнении литниковых каналов и полости слои, прилегающие к охлаждаемым стенкам формы, застывают. Относительное перемещение внутренних слоев вызывает на их границах напряжения сдвига и ориентацию макромолекул в направлении течения, что, в свою очередь, создает в расплаве ориентационные напряжения. Во время течения скорость расплава уменьшается, и на определенной длине, в зависимости от давления, температуры расплава и формы, свойств материала и толщины изделия, течение может совсем остановиться.

После заполнения оформляющей полости поступление расплава в форму не прекращается. Под нарастающим давлением происходит досылка



в полость дополнительных порций для восполнения уменьшающегося объема вследствие охлаждения и уплотнения отливки. Напряжения сжатия в неотвердевшей сердцевине препятствуют релаксации ориентационных напряжений и вызывают растягивающие напряжения в наружном застывшем слое.

При застывании материала во впускном канале доступ расплава в оформляющую полость прекращается. По мере охлаждения расплава в оформляющей полости давление в форме снижается. Остаточное давление вызывает в изделиях остаточные напряжения. При охлаждении без давления происходит усадка изделия по толщине, создающая возможность беспрепятственного извлечения его из матрицы, после чего изделие охлаждается с внутренней стороны вследствие контакта с охлаждаемым пуансоном и с внешней вследствие излучения теплоты в атмосферу.

После сталкивания изделия с пуансона растягивающие напряжения вызывают уменьшение линейных размеров, а охлаждение изделия до температуры окружающей среды приводит к дополнительной усадке, после чего форма и размеры изделия должны достигать заданных по чертежу.

Предлагаемый технологический проект отличается от базового проекта тем, что деталь изготавливается из ударопрочного полимерного материала ПА66 методом литья под давлением.

## 2.2 Определение гнездности и объема отливки для заполнения гнезд

Гнездность определяется исходя из массы детали.

Масса детали:

$$m = V \cdot \rho, (2.1)$$

где  $V = 0,0000374 \text{ м}^3$  - объем изделия,

$\rho = 1370 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  - плотность полиамида ПА66.

$$m = 0,0000374 \cdot 1379 = 0,052 \text{ кг}$$

Для  $m = 0,088\text{кг}$  задаемся первоначальной гнездностью  $n_0 = 4$ .

Находим объем отливки:

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

где  $k_1 = 1,02$  - коэффициент, учитывающий объем литниковой системы в расчете на объем одного изделия,

$\beta_1 = 0,7$  - коэффициент использования машины.

$$Q_0 = 4 \cdot 37,4 \cdot \frac{1,02}{0,7} = 218\text{см}^3$$

### 2.3 Определение энергосиловых параметров литья

Давление расплава на стенки полости является основным фактором влияющим на заполнение полости и на уплотнения материала отливки во время выдержки под давлением. При проектировании формы рассчитывают максимальное давление, которая развивается в полости во время уплотнения. Расчет производится для предотвращения раскрытия формы и для расчёта деталей на жёсткость и прочность с целью исключения прогибов, деформаций и других значительных дефектов.

Определяем усилие смыкания  $P_0$ , необходимое для надежного соединения полуформ:

$$P_0 = P_{\max} \cdot n_0 \cdot F_{np} \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (2.3)$$

где  $P_{\max}$  - давление расплава, определяется по формуле:

$$P_{\max} = p \cdot K_m \cdot K_l^{d_n/d_m} \cdot K_k^{A/B}, \quad (2.4)$$

где  $p = 49\text{МПа}$  - давление литья,

$K_m = 1,05$  - коэффициент, зависящий от материала отливки,

$K_l = 1,05$  - коэффициент, учитывающий объем литниковой системы,

$d_n = 3,5\text{см}$  - диаметр пальчикового канала,

$d_m = 1,5\text{см}$  - диаметр точечного канала,

$K_k = 1$  - коэффициент, характеризующий конфигурацию изделия,

$A = 62 \text{ см}$  - длина изделия,

$B = 34 \text{ см}$  - ширина изделия.

$$P_{\max} = p \cdot K_m \cdot K_l^{d_n/d_m} \cdot K_k^{A/B} = 49 \cdot 1,05 \cdot 1,05^{3,5/1,5} \cdot 1^{62/34} = 57 \text{ МПа}.$$

Так как форма многогнездная, то максимальное усилие увеличиваем на 10 %:

$$P_{\max} = P_{\max} + 10\% = 57 + 10\% = 60 \text{ МПа}$$

Тогда:

$$P_0 = 60 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 0,000257 \cdot 1,11 \cdot 1,25 = 856 \text{ кН}.$$

Пластикационная производительность:

$$A_0 = m \cdot n_0 \cdot \frac{k_1}{\tau_{охл}},$$

где  $\tau_{охл}$  - время охлаждения, определяется по формуле:

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

где  $a = 1,08 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$  - температуропроводность полимера ПА66,

$\delta = 0,02 \text{ м}$  - двойная толщина материала,

$t_\phi = 100^\circ \text{C}$  - температура формы,

$t_k = 25^\circ \text{C} + t_\phi = 25 + 100 = 125^\circ \text{C}$ ,

$t_n = 295^\circ \text{C}$  - начальная температура (температура расплава в зоне сопла),

$$\tau_{охл} = \frac{0,405}{1,08 \cdot 10^{-7}} \left( \frac{0,02^2}{4} \right) \cdot \left( \ln 1,27 - \ln \frac{125 - 100}{295 - 100} \right) = 36 \text{ с}$$

Тогда

$$A_0 = 52 \cdot 4 \cdot \frac{1,02}{36} = 5,9 \text{ з/с}$$

Объемная скорость впрыска:

$$W_0 = \frac{A_0}{\rho} = \frac{5,9}{1,37} = 4,3 \text{ см}^3/\text{с} \quad (2.6).$$

## 3 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

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

Выбираем термопластавтомат в зависимости по  $Q_o, P_o, W_o$ :

KuASY 260/100

$Q_n = 220 \text{ см}^3$  - объем отливки;

$P_n = 1000 \text{ кН}$  – усилие запираения формы;

$W_n = 143 \text{ см}^3/\text{с}$  - объемная скорость впрыска.

Уточняем гнездность для выбранного оборудования:

1) гнездность, обусловленная объемом впрыска:

$$n_Q = \frac{\beta_1 * Q_n}{V_u * k_1} = \frac{0,7 * 220}{37,4 * 1,02} = 4; \quad (3.1)$$

2) гнездность, обусловленная объемной скоростью впрыска:

$$n_W = \frac{W_n * \rho_m * \tau_{охл}}{k_1 * G_u} = \frac{143 * 1,37 * 36}{1,02 * 52} = 133; \quad (3.2)$$

3) гнездность, обусловленная усилием смыкания плит:

$$n_P = \frac{P_n}{P_{\max} * F_{np} * k_2 * k_3} = \frac{1000}{60 * 10^3 * 0,00257 * 1,1 * 1,25} = 5. \quad (3.3)$$

Принимаем минимальное значение  $n = 4$  (рисунок 3.1).

Окончательно принимаем оборудование KuASY 260/100, общий вид которого представлен на рисунке 3.2.

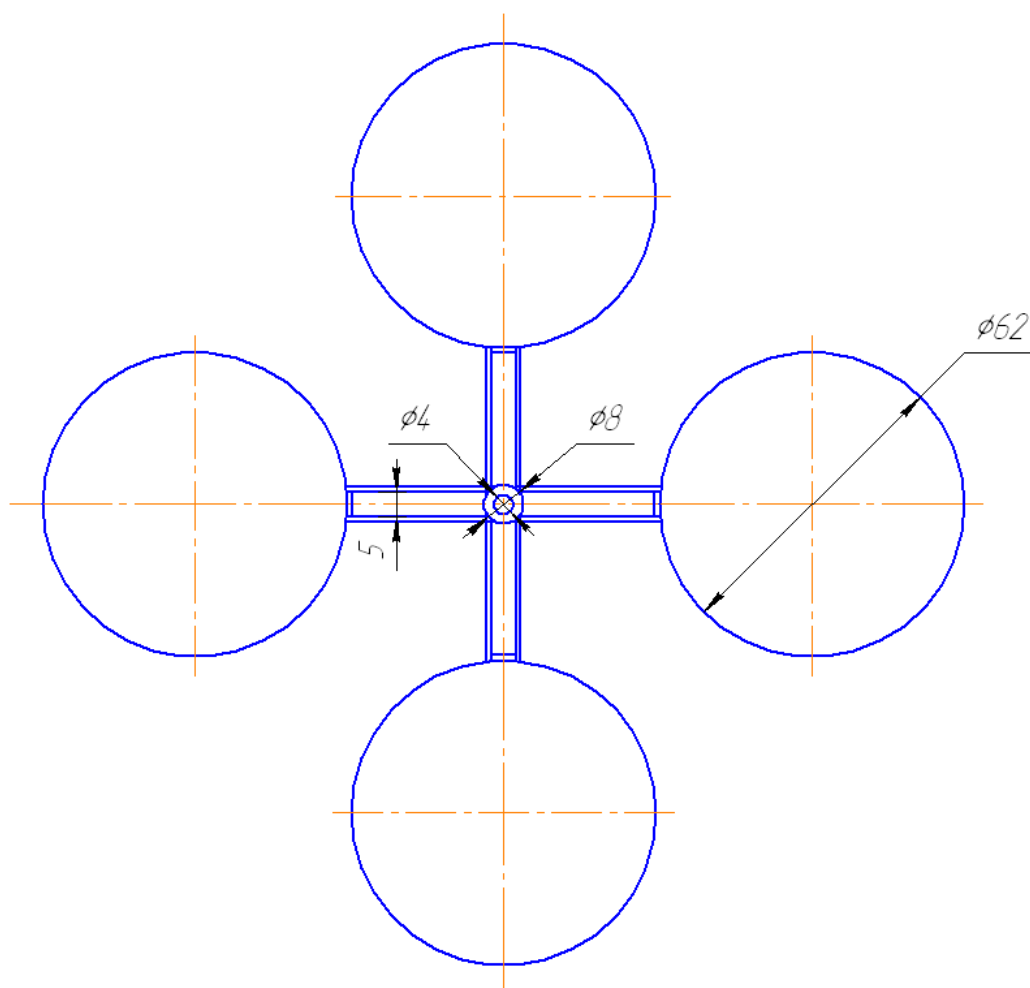


Рисунок 3.1 – Предлагаемый технологический процесс

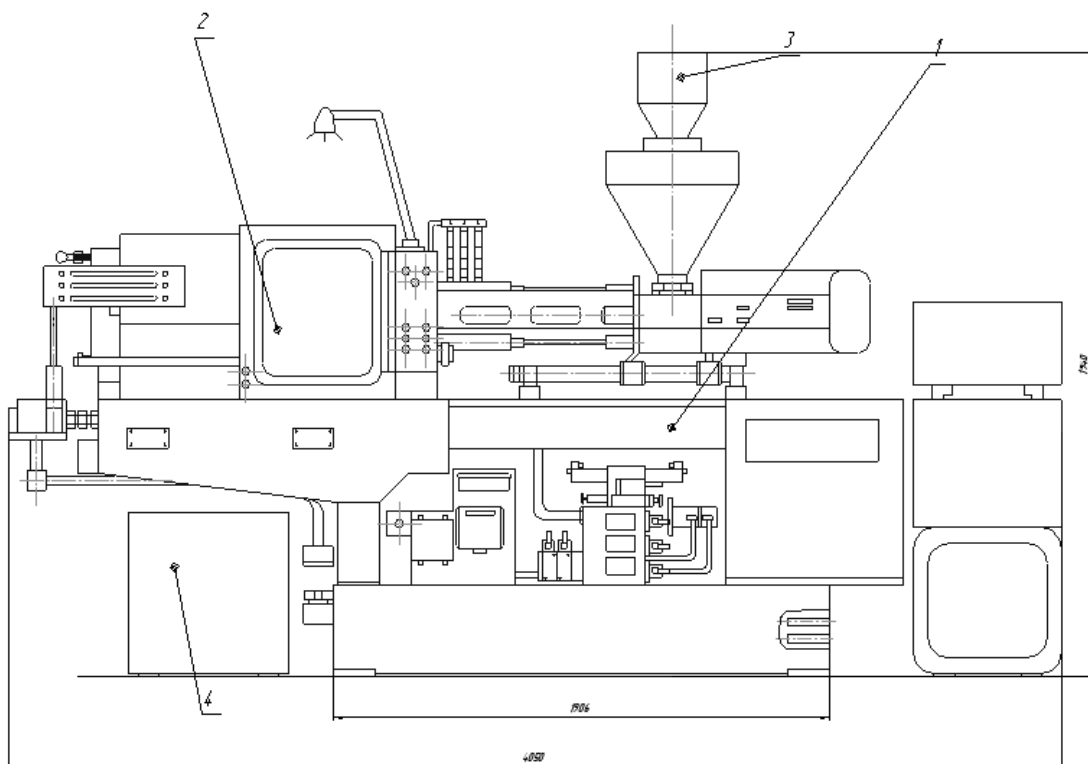


Рисунок 3.2 – Комплекс оборудования: термопластавтомат KuASY 260/100

Комплекс оборудования состоит из:

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

Загрузочное устройство предназначено для загрузки термопласта, подачу его в материальный цилиндр литьевой машины, нагрева и обеспечения впрыска в литьевую форму.

Литьевая форма является основным элементом литьевой машины, так как в ней происходит формообразование изделия.

Разгрузочное устройство необходимо для удаления изделия в приемную тару.

Таблица 3.1 – Технические характеристики оборудования

Параметр	Значение параметра
Диаметр шнека, мм	40
Номинальный объем впрыска, см	220
Наибольшее давление литья (в материальном	27

цилиндре), МПа	
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 наибольшей высоте инструмента), мм	320
Наибольший ход выталкивателя, мм	80
Расстояние между колоннами в свету, мм: по горизонтали	400
по вертикали	320

### 3.2 Средства автоматизации, основные характеристики, описание работы

К средствам автоматизации относятся система перемещения деталей форм, система центрирования формы, подвод сопла и впрыск термопласта в литьевую форму, а так же система удаления изделий.

Конструкция литьевой формы, предназначенная для работы в полном автоматическом режиме, должна полностью исключить ручные приемы, так как они препятствуют достижению установившегося режима работы. Перемещение всех деталей формы, их направление и скорость, а также необходимые усилия для их осуществления полностью зависят от конфигурации изделия. Чем проще изделие, тем больше используются обычные кинематические пары. К ним относятся направляющие колонки и втулки, системы центрирования, выталкиватели, сбрасыватели и многое другое.

Качество литьевых изделий во многом зависит от надежной конструкции системы центрирования. Она влияет не только на разностенность изделия, но и на характер заполнения полости, на создание опережающих потоков, образование спаев, коробление. Система осуществляет следующие функции: центрирование полуформ и взаимное центрирование деталей внутри каждой полуформы, предварительное и окончательное центрирование, а также центрирование для точного исполнения технологических операций при изготовлении и сборке формы. Направляющие колонки и втулки являются основными центрирующими элементами для центрирования полуформ. Для предотвращения износа на колонках предусматриваются несквозные спиральные канавки для смазки.

Назначение системы удаления изделия состоит в обеспечении беспрепятственного извлечения изделий и литниковой системы из матрицы, сталкивания их с пуансона и сброса отливок в приемную тару. В зависимости от конструкции формы и системы удаления последовательность извлечения изделия меняется. Осуществление каждого из этапов выполняется, как правило, отдельными функциональными деталями, как, например, выталкивателями, толкателями возврата, сбрасывателями и т.д. При этом учитывается усилие, необходимое для удаления отливок из формы и их воздействия на изделие. Система включает также пневматические, гидравлические устройства, зубчатые передачи.

Группа выталкивателей является наиболее многочисленной в системе удаления изделия из формы. Расположение выталкивателей имеет первостепенное значение для предотвращения повреждения изделия при сталкивании.

Технические характеристики средств автоматизации:

I. Вал.

Крутящий момент  $M = 0,94 \text{ кН} \cdot \text{м}$ ;

1. Гидроцилиндр.

Усилие запираения  $P_0 = 856 \text{ кН}$ ;



Ход подвижной плиты  $H=320\text{мм}$ ;

Площадь гидроцилиндра:

$$F=p/P_0, \quad (3.4)$$

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

$$F = \frac{0,4 \cdot 10^6}{856 \cdot 10^3} = 0,47\text{м}^2$$

Диаметр гидроцилиндра:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \quad (3.5)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,47}{\pi}} = 0,77\text{м}$$

2. Промежуточная плита:

Ход подвижной плиты  $H=320\text{ мм}$

Усилие запираения  $P_0=856\text{ кН}$

3. Рычажная система:

Ход подвижной плиты  $H=320\text{ мм}$ ;

4. Подвижная плита:

Ход подвижной плиты  $H=320\text{ мм}$

Усилие запираения  $P_0=856\text{ кН}$

5. Гидромотор МРП-Ф-250/25М-0,1:

Давление гидроцилиндра  $p=0,4\text{МПа}$ ;

Крутящий момент  $M = 0,94\text{кН} \cdot \text{м}$ ;

$n=480\text{ об/мин}$ .

6. Подшипник 8313 ГОСТ 6874-75

7. Подшипник 7211 ГОСТ 333-71

8. Муфта

Крутящий момент  $M = 0,38\text{кН} \cdot \text{м}$

9. Шнек:

Объем отливки  $Q_0=218\text{ см}^3$ ;

Давление в полости, необходимое для оформления изделия

$q=60\text{МПа}$ ;

Объемная скорость впрыска  $W_o=143\text{см}^3/\text{с}$ ;

Диаметр шнека  $d=40\text{мм}$ ;

$n=40\dots 400\text{ об/мин}$ ;

Крутящий момент  $M = 0,38\text{кН}\cdot\text{м}$ ;

Ход шнека  $H=160\text{мм}$

#### 10. Гидроцилиндры:

$$P_{расч} = F \cdot p ,$$

где  $F=\pi d^2 / 4$  - площадь контакта с соплом;

$d=100\text{мм}=0,1\text{м}$ - диаметр сопла;

$$F=\pi \cdot 0,1^2 / 4 = 0,008\text{м}^2;$$

$$P_{расч} = 0,008 \cdot 0,4 \cdot 10^6 = 3200\text{Н} ;$$

$$\text{Площадь цилиндра: } F_u = \frac{P_{расч}}{2p} \quad (3.5)$$

$$F_u = \frac{3200}{2 \cdot 0,4 \cdot 10^6} = 0,04\text{м}^2$$

$d_{ц}=\sqrt{4F / \pi}$  - диаметр цилиндра;

$$d_{ц}=\sqrt{4 \cdot 0,04 / \pi} = 0,071\text{мм} ;$$

$$\text{Площадь штока: } F_{ш} = \frac{P_{расч}}{2[\sigma]} \quad (3.6)$$

$$[\sigma] = 200\text{МПа};$$

$$F_{ш} = \frac{3200}{2 \cdot 200} \cdot 10^6 = 8 \cdot 10^{-6} \text{м}^2;$$

$d_{ш}=\sqrt{4F / \pi}$  - диаметр штока;

$$d_{ш}=\sqrt{4 \cdot 8 \cdot 10^{-6} / \pi} = 3 \cdot 10^{-3} \text{м} = 3\text{мм} ;$$

Диаметр штока по конструктивным соображениям увеличиваем в 2

раза, т.е:  $d_{ш}=6\text{мм}$ ;

$$\text{Площадь контакта: } F_{к}=\pi \cdot (d_{ц}^2 - d_{ш}^2) / 4 ; \quad (3.7)$$

$$F_{к}=\pi \cdot (0,071^2 - 0,006^2) / 4 = 4 \cdot 10^{-3} \text{м}^2$$

Ход сопла:  $H=250\text{мм}$

### 11. Гидроцилиндры:

$$P_{расч} = 0,008 \cdot 0,4 \cdot 10^6 = 3200\text{Н};$$

$$d_{ц} = \sqrt{4 \cdot 0,04 / \pi} = 0,071\text{мм};$$

$$d_{ш} = 6\text{мм};$$

$$F_{к} = \pi \cdot (0,071^2 - 0,006^2) / 4 = 4 \cdot 10^{-3}\text{м}^2$$

Ход сопла:  $H=250\text{мм}$ .

### Описание работы средств автоматизации

От гидроцилиндра 1 (рисунок 3.3), который составляет винтовую пару с гайкой, закрепленной к задней неподвижной плите (чем достигается регулировка межштампового расстояния), промежуточную плиту 2 и рычажную систему 3 движение передается подвижной плите 4.

Вращение от гидромотора 5 через шлицевое соединение передается на вал I, установленный в подшипниках 6 и 7, а далее через муфту 8 – шнеку 9. Подвод механизма впрыска (подвод сопла к литниковой втулке) осуществляют гидроцилиндры 10, впрыск – гидроцилиндры 11.

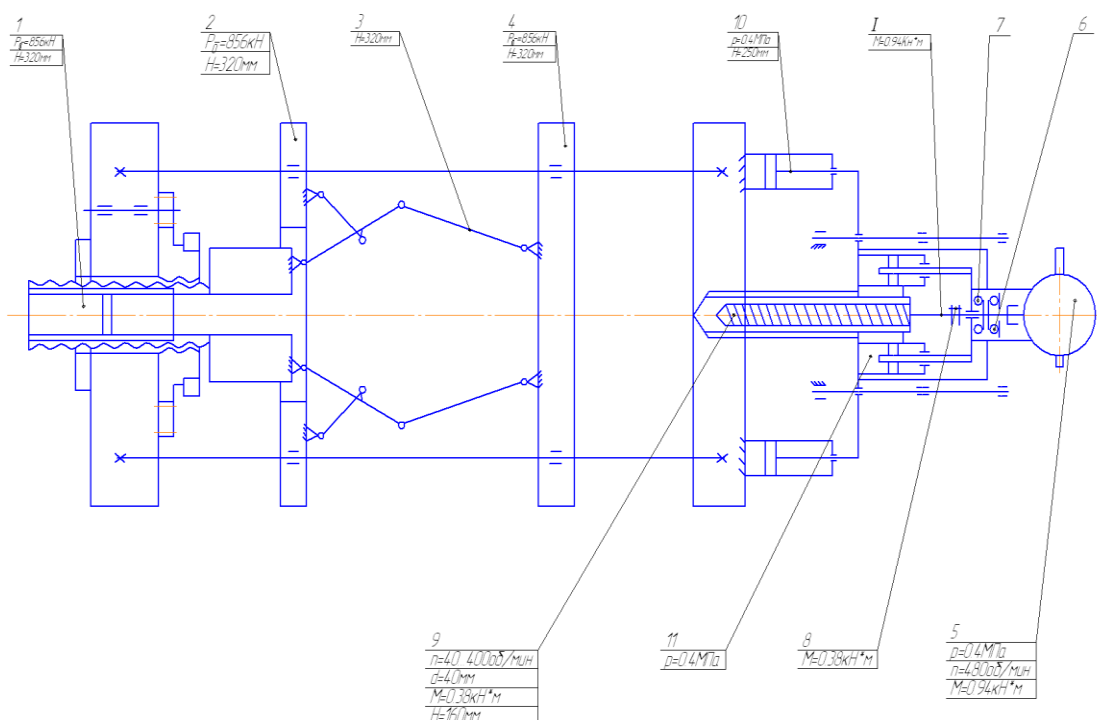


Рисунок 3.3 – Кинематическая схема комплекса оборудования

## 4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ

### 4.1 Состав, конструкция и работа литьевой формы

Основные системы литьевой формы состоят из функциональных групп или деталей, а в ряде случаев из элементов деталей форм. Конструкцию литьевой формы можно разделить на следующие основные системы: система размещения, установки и крепления литьевых форм; система литниковых и газоотводящих каналов; система оформляющих деталей; система центрирования; система охлаждения и регулирования температуры формы; система удаления изделий из форм; система перемещения деталей. Это разделение является условным. В некоторых случаях объединяют несколько функциональных групп деталей формы в одну систему, например детали питания формы расплавом, обогреватели, распределители, запорные краны, литниковую систему и систему газоотводящих каналов; систему

каналов охлаждения и систему регулирования температуры оформляющих поверхностей формы. В некоторых случаях отдельные элементы одной и той же детали формы могут одновременно принадлежать двум и более системам. Например, пуансоны и матрицы имеют оформляющие поверхности и причисляются к системе оформляющих деталей. В то же время в них расположены литниковые каналы и каналы для охлаждающей жидкости. Первые относятся к системе литниковых и газоотводящих каналов, а вторые - к системе охлаждения и регулирования температуры формы. Разделение формы на перечисленные системы дает возможность проследить за усовершенствованием каждой системы. Анализ преимуществ и недостатков конструктивных разновидностей каждой системы позволит определить закономерности поиска новых конструктивных решений.

Отсутствие удовлетворительной классификации литевых форм и форм для других методов переработки объясняется большим разнообразием конструкций изделий из различных полимерных материалов и множеством конструкций литевых форм. Разделение литевых форм на системы позволяет классифицировать конструктивные разновидности каждой из них и компоновать общую конструкцию формы из различных конструктивных разновидностей системы.

*Система размещения, установки и крепления форм* включает несущие и крепежные детали формы и элементы взаимного крепления ее деталей, учитывая максимальные размеры плит и формы по площади и толщине. Эта система определяет конструктивную взаимосвязь формы и машины. От ее конструкции зависят возможность настройки частей полуформ в соответствующие полости плит машин, перемещение и установку сопел, запорных кранов и системы удаления изделий, способы установки форм с максимально допустимыми размерами, конструкции элементов, обеспечивающих безопасный подъем и крепление форм к плитам машин различных конструкций.

*Система литниковых и газоотводящих каналов* включает типы каналов для передавливания расплава из инъекционного цилиндра литейной машины в оформляющую полость литейной формы, сопла, запорные краны, распределители, нагреватели, терморегуляторы, литниковые втулки и литниковые и газоотводящие каналы, расположенные в различных деталях других систем литейной формы.

*Система оформляющих деталей* охватывает детали форм, на которых расположены оформляющие поверхности, приходящие в соприкосновение с расплавом: пуансоны, матрицы, стационарные и перемещающиеся, съемные и вставные детали, оформляющие поверхности выталкивателей, сталкивающих плит и др.

*Система центрирования* предназначена для предотвращения смещения осей оформляющих деталей формы. Она включает элементы центрирования полуформ, центрирующие выступы на фланцах, направляющие колонки и втулки оформляющих деталей и деталей системы удаления и отверстия под них, конические выступы, центрирующие штифты и отверстия для них, отверстия и пазы под вставные пуансоны, матрицы и оформляющие знаки, посадочные, центрирующие и опорные поверхности стационарных, перемещающихся и съемных оформляющих деталей, отверстия под литниковую втулку в матрице и переднем фланце, фиксирующие конические, цилиндрические и плоские опоры для удлиненных пуансонов и др.

*Система охлаждения и регулирования температуры литейной формы*, предназначенная для равномерного охлаждения изделий 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 подсоединения шлангов, уплотняющие детали и канавки для их размещения, обеспечивающие герметизацию каналов, а также специальные

устройства для подогрева и терморегулирования охлаждающей жидкости внутри и вне формы.

*Система удаления отливок из литейной формы* предназначена для извлечения изделий и литников из матриц 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, соединительные планки, выталкиватели, шток, тяги, сталкивающие плиты, сбрасыватели и пружины, обеспечивающие выталкивание и сброс изделий, а также детали и узлы, возвращающие систему в исходное положение. Она охватывает пневматические, гидравлические, электрические и другие устройства и зубчатые передачи, обеспечивающие удаление отливок и свертывание изделий с резьбооформляющих деталей.

*Система перемещения деталей формы* предназначена для перемещения подвижных относительно корпуса формы оформляющих деталей. Она обеспечивает перемещение деталей, совпадающие и не совпадающие по направлению с рабочим движением литейной машины. Система включает кроме наклонных поводков, кулис и пружин, относящихся к механическому типу привода, пневматические, гидравлические и другие устройства в совокупности с зубчатыми, винтовыми, червячными, клиновыми, блочными передачами. В кассетных, съемных и разъемных формах возможны ручные операции по установке и снятию кассет, съемных знаков и матриц, разборке и сборке разъемных матриц и др.

### Работа литейной формы

Литейная форма (рисунок 4.1) состоит из неподвижной и подвижной полуформ. В неподвижной полуформе расположены: фланец 27, основание 18, плита матриц 19, обоймы 21, матрицы 22, литниковая втулка 26. В подвижной полуформе расположены: фланец 10, основание 1, плита опорная

3, брус 4, плита правая 5, плита средняя 6, плита левая 16, хвостовик 37, знаки центральные 8, выталкиватель центральный 7, выталкиватели изделия 12, втулка центральная 25, контролкатели 15.

Перемещение подвижной плиты к неподвижной плите осуществляется по направляющим колонкам возврата 32 и центрирующим втулкам 30. После смыкания полуформ между оформляющими поверхностями матрицы и пуансона образуется полость, где оформляется изделие. Расплав термопласта подается шнеком литьевой машины через литниковую втулку 26, а затем растекается по разводящим каналам в оформляющие гнезда. Далее происходят процессы выдержки под давлением и охлаждения, во время которых оформляется изделие. Охлаждение осуществляется подачей хладагента по охлаждающим каналам, расположенным в подвижной плите матриц. Обратный ход подвижной плиты осуществляет размыкание полуформ. При размыкании полуформ плита матриц 19 неподвижна, тогда как опорная плита 3, брус 4 и основание 1 перемещаются. Выталкиватели 7 и 12, оставаясь неподвижными во время размыкания, выталкивают изделие с литником из матрицы.



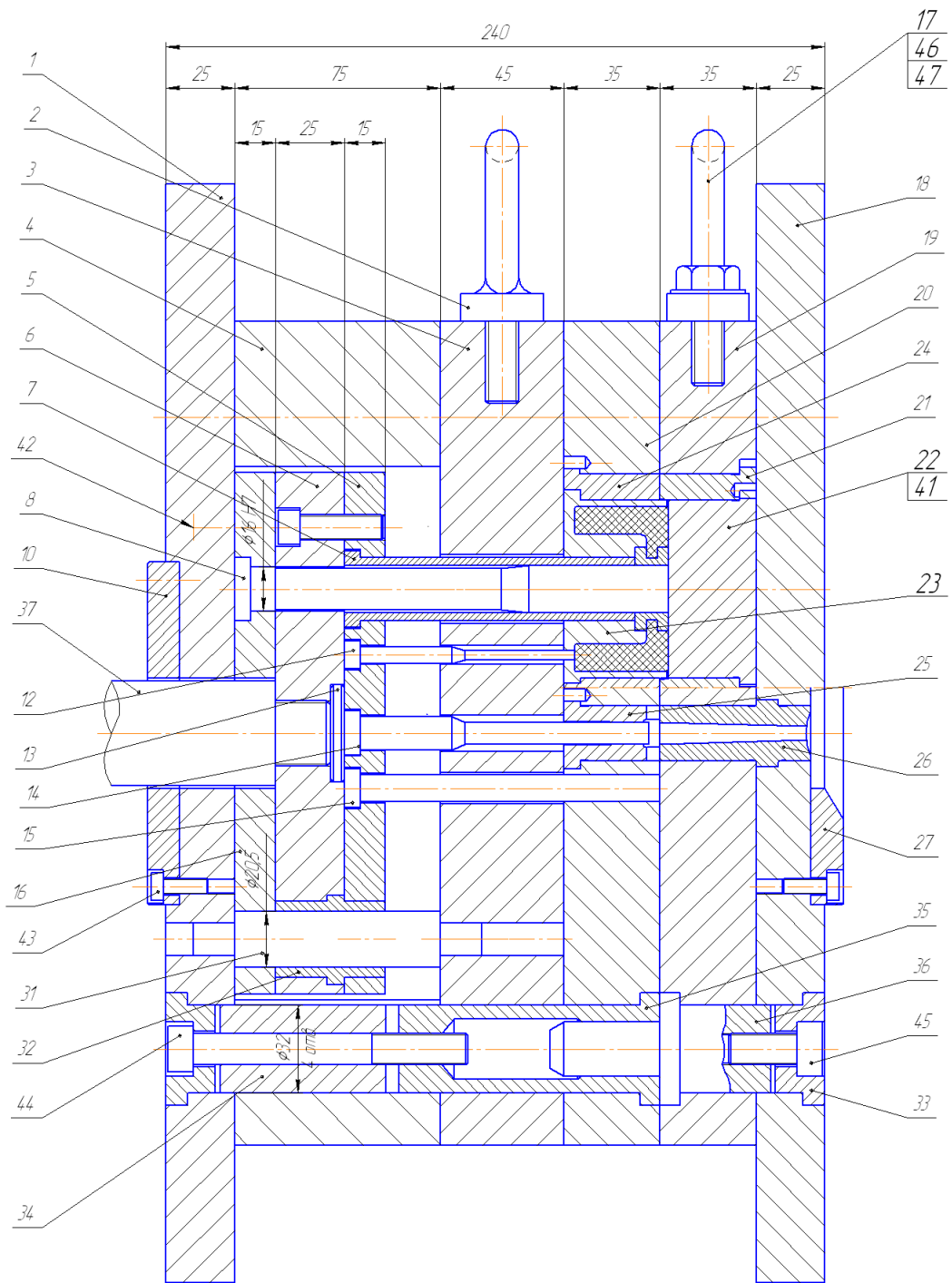


Рисунок 4.1 – Литьевая форма (разрез)

## 4.2 Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы

Усилие, действующее на выталкиватели и создаваемое давлением литья, определяется по формуле:

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

где  $q=49\text{МПа}$ ,  $F= \pi d^2 / 4$ .

Т.к. имеется два вида выталкивателей, то усилие  $P_q$  необходимо рассчитать для каждого из них:

$$P_{q1} = 49 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,008^2 / 4 = 2461,8\text{Н}$$

$$P_{q2} = 49 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,004^2 / 4 = 615\text{Н}$$

Усилие размыкания:

$$P_{\text{разм}} = 0,1 \cdot P_o \quad (4.2)$$

$$P_{\text{разм}} = 0,1 \cdot 856 = 85600\text{Н}$$

Выбираем  $P_{\text{разм}}$ , так как оно максимальное.

1) Расчет выталкивателей на смятие:

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{P_{\text{max}}}{F_1 \cdot m_1 + F_2 \cdot m_2} \leq [\sigma_{\text{сж}}]$$

$$\sigma = \frac{85600}{\pi \cdot 0,004^2 \cdot 16/4 + \pi \cdot 0,008^2 \cdot 1/4} = 134,2\text{МПа}$$

$$\sigma_{\text{сж}} = 230\text{МПа}$$

$$134,2\text{МПа} \leq 230\text{МПа}$$

2) Расчет выталкивателей на контактную прочность:

$$\sigma_k = P_{\text{max}} / F_k \cdot m \leq [\sigma_{\text{см}}]$$

$$\sigma_k = 85600 / \pi \cdot (0,024^2 - 0,018^2) \cdot 6/4 = 72\text{МПа}$$

$$72\text{МПа} \leq 230\text{МПа}$$

3) Расчет выталкивателей на устойчивость.

$$P_k = \frac{\pi^2 \cdot E}{\mu^2 l_{\text{max}}^2} \cdot \left( \frac{J_4}{n_4^2} + \frac{J_8}{n_8^2} \right), \quad (4.3)$$

где  $J$  - момент инерции для каждого выталкивателя соответственно;

$n$  - количество выталкивателей соответствующего диаметра;

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

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

Выражаем из формулы (4.3) максимальную длину выталкивателей:

$$l_{\max} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{\mu^2 \cdot P_{\max}} \cdot \left( \frac{J_4}{n_4^2} + \frac{J_8}{n_8^2} \right)} \quad (4.4)$$

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64}; \quad (4.5)$$

$$J_4 = \frac{3,14 \cdot 0,004^4}{64} = 12,56 \cdot 10^{-12} \text{ м}^4;$$

$$J_8 = \frac{3,14 \cdot 0,008^4}{64} = 201 \cdot 10^{-12} \text{ м}^4.$$

$$l_{\max} = \sqrt{\frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{\frac{1}{2} \cdot 85600} \cdot \left( \frac{12,56 \cdot 10^{-12}}{16^2} + \frac{201 \cdot 10^{-12}}{1^2} \right)} = 0,986 \text{ м} = 986 \text{ мм}$$

По конструктивным соображениям назначаем длину выталкивателя, диаметром 4мм – 40мм; диаметром 8мм – 67мм, что меньше расчетной максимальной длины.

Таблица 4.1 – Выбор материалов деталей формы

№	Детали	Марка материала	Рекомендуемая твердость	Рекомендуемая ТО
1	2	3	4	5
1	Фланец подвижный	Ст 40Х	32-37	Отжиг
2	Брус	Ст 40Х	32-37	Отжиг
3	Плита опорная	Ст 40Х	32-37	Отжиг
4	Знак центральный	Ст 4Х5МФ	46-51	Закалка
5	Матрица	Ст 4Х5МФ	46-51	Закалка
6	Контролкатель	Ст У8А	35-38	Закалка
7	Втулка центральная	Ст У8А	51-55	Закалка
8	Втулка литниковая	Ст 4Х5МФ	28-32	Улучшение
9	Втулка центрирующая	Ст У8А	51-53	Закалка
10	Плита правая	Ст 40Х	32-37	Отжиг
11	Плита средняя	Ст 40Х	22-37	Отжиг
13	Выталкиватель	Ст У8А	51-55	Закалка

## 4.3 Определение числа и расположение элементов систем 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. Литниковая система решающим образом влияет на качество изготавливаемого изделия, расход материала, производительность процесса и др. 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.

В общем виде литниковая система включает три основных элемента: центральный литниковый канал, по которому расплав из цилиндра поступает в форму; разводящий канал, ответвляющийся от основного; впускной канал, по которому расплав непосредственно поступает в оформляющую полость. Наличие всех трех элементов литниковой системы или отсутствие каких-либо из них связано как с конфигурацией отливаемого изделия, так и с конструкцией формы. Так, литниковая система одногнездной формы часто состоит из одного литникового канала.

#### **Расчет центрального литника:**

Определяем диаметр на входе  $d$ :

$$d_2 = 2\sqrt{\frac{Q_0}{\pi v \tau}}, \quad (4.6)$$

$$Q_0 = 218 \text{ см}^3$$

$$v = 450 \text{ см/с при } Q_0 < 500 \text{ см}^3$$

$$\tau = 3 \text{ с при } Q_0 < 400 \text{ см}^3$$

$$d_2 = 2 \sqrt{\frac{218}{\pi \cdot 450 \cdot 3}} = 0,45 \text{ см} = 4,5 \text{ мм}$$

Выбираем  $d_2$  и  $L$ , рекомендуемый угол  $\alpha = 3^\circ$

$$d_2 = 7,9 \text{ мм}$$

$$L = 55 \text{ мм}$$

По полученным данным выбираем литниковую втулку (рисунок 4.2):

ГОСТ 1435-74  $L = 55 \text{ мм}$ ,  $D = 20 \text{ мм}$

### Расчет разводящего канала:

Разводящие каналы являются частью литниковой системы, соединяющей оформляющие полости формы с центральным литником. Во всех случаях надо укорачивать разводящие каналы, так как увеличение длины канала ведет к возрастанию расхода материала, потерь давления, а также ориентационных напряжений в изделиях.

Поверхность разводящих каналов для большей части перерабатываемых полимерных материалов не полируют для удержания на стенках затвердевшего слоя полимера и предотвращения уноса затвердевших частиц в оформляющую полость формы.

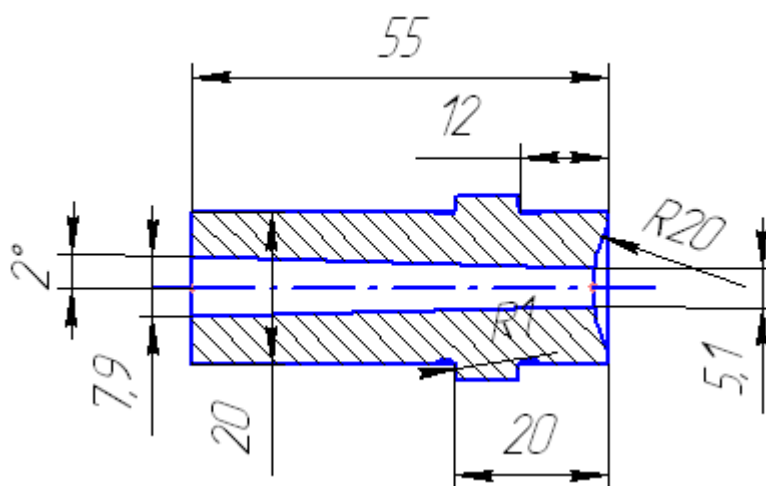


Рисунок 4.2 – Литниковая втулка

В данной разработке применяется трапециевидальная форма сечения разводящего канала (рисунок 4.3), поэтому размеры разводящего канала находят по определенному значению  $d_3$ :

$$h = 0,5d_3 \cdot \sqrt[3]{\pi \cdot (1 + \sin \alpha + R \cos \alpha) / (R + \tan \alpha)^2 \cdot \cos \alpha} \quad (4.7)$$

при  $\alpha = 10^\circ$  и  $R=1$ ,  $h = 0,85d_3$

$d_3$  определяем по диаграмме [15, с.81]

$d_3=4\text{мм}$

$$h = 0,5 \cdot 3,5 \cdot \sqrt[3]{\pi \cdot \frac{(1 + \sin 10 + 1 \cos 10)}{(1 + \tan 10)^2} \cdot \cos 10} = 8\text{мм}$$

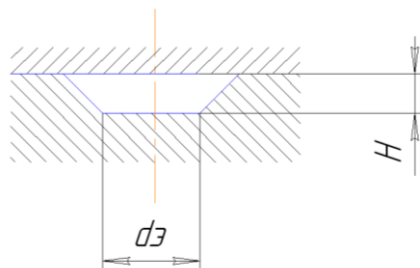


Рисунок 4.3 – Форма сечения разводящего канала

#### **Расчет впускного канала:**

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 отливаемых изделий, поэтому определение оптимальных размеров впускных каналов, их числа и расположения является весьма ответственной задачей.

При определении размеров впускных каналов необходимо руководствоваться следующими общими соображениями:

- для уменьшения потерь давления при заполнении формы длина впускных каналов должна быть возможно малой;

- площадь сечения канала должна быть достаточно мала, чтобы обеспечить хорошее и по возможности автоматическое отделение литника от изделия без ухудшения его внешнего вида;
- площадь сечения канала не должна быть слишком мала, так как это приводит к большим потерям давления, затрудняет заполнение формы и способствует возникновению внутренних и наружных усадочных дефектов и дефектов в зоне впуска (полосы, складки и пр.); кроме того, возможна термическая деструкция материала из-за его перегрева при прохождении с высокой скоростью через канал малого сечения;
- площадь сечения канала не должна быть слишком велика; это усложняет отделение литников, и ухудшает внешний вид изделия (следы от литника), а также приводит к излишнему уплотнению расплава, увеличению степени ориентации полимера в детали и возникновению больших внутренних напряжений в зоне впуска.

В данном дипломном проекте используется впускной канал с круглым сечением.

Для определения размеров впускного канала необходимо рассчитать характеристический размер изделия:

$$H = \frac{2V_{изд}}{S_{изд}} = \frac{2 \cdot 0,0000374}{0,014} = 5,3 \text{ мм} \quad (4.8)$$

В зависимости от размера  $H$ , определяем  $d_6, l$

$H > 3,3$  , тогда  $d_6 = 2.8 \text{ мм}$  и  $l = 1.4 \text{ мм}$

#### 4.3.2 Система вентиляционных газоотводящих 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 достичь 300—400 °С. На изделии могут появиться дефекты в виде резко выраженных спаев в местах встречи потоков расплава, недоливов, пережогов (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 расплавом в последнюю очередь. Это, как правило, наиболее удаленные от места впуска участки полости с максимальным сопротивлением течению, где происходят защемление и сжатие газа.

Площадь удельного сечения вентиляционных каналов  $f$  выбирают в зависимости от времени впрыска  $\tau$  по графику [15, с.110]:

$$\tau = 3c$$

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

Площадь сечения вентиляционного канала одного гнезда:

$$X_{cp} = 0,3\% \text{ - среднее значение усадки для полиамида 66;}$$

Объем одного гнезда:

$$V_2 = V \left(1 + \frac{X_{cp}}{100}\right) = 37,4 \cdot \left(1 + \frac{0,3}{100}\right) = 37,5 \text{ см}^3 \quad (4.9)$$

$$F = f \cdot V_2 = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 37,5 = 0,3 \text{ мм}^2 \quad (4.10)$$

Суммарная величина каналов:

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

где  $e$  - максимальная глубина вентиляционного канала, для полиамида 66:

$$e = 0,05 \text{ мм}.$$

$$B = \frac{0,3}{0,05} = 6 \text{ мм}$$

$$\text{Ширина канала } b = \frac{B}{n} = \frac{6}{8} = 0,75 \text{ мм}.$$

При такой расчетной толщине роль вентиляционных каналов могут играть зазоры между деталями формы.



#### 4.3.3 Система термостатирования (система охлаждения и регулирования температуры формы)

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 изделий. Так, более высокая температура формы позволяет получить:

- более высокие механические показатели кристаллических полимеров -  $\sigma_p$ ,  $E$ ,  $HV$  и т. д. (у аморфных полимеров эти показатели меняются незначительно);
- качественную поверхность, блеск изделия;
- менее ориентированную структуру полимера и меньшие внутренние напряжения;
- меньшую склонность к растрескиванию в напряженном состоянии и при воздействии агрессивных сред;
- большую стабильность размеров в процессе эксплуатации, особенно при повышенных температурах.

Низкая температура формы позволяет уменьшить: рассеяние размеров отливаемых изделий, усадку и коробление, цикл литья.

Вместе с тем необходимо помнить, что при быстром охлаждении в отливке возникают большие внутренние напряжения, и, если изделие эксплуатируется при повышенных температурах, неизбежны вторичная усадка и коробление. На переохлажденных стенках формы может конденсироваться влага, отрицательно влияющая на качество поверхности отливки.

Задача конструктора состоит в правильном расчете и проектировании системы термостатирующих каналов формы, которая обеспечит поддержание требуемого теплового режима. Прежде всего, рассчитывают площадь поперечного сечения каналов, затем — длину каналов.

Расчет каналов.

Количество теплоты, которое может быть отведено охлаждающей жидкостью (хладагентом) в течение цикла:

$$Q_M = C_M \cdot m \cdot (t_n - t_{cp}) \quad (4.12)$$

где  $C_M$  — удельная теплоемкость материала,

для полиамида 66  $C_M = 1970 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  ;

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

$$\frac{t_{cp} - t_\phi}{t_n - t_\phi} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(\frac{-\frac{\pi^2}{4} \cdot a \cdot \tau_{охл}}{\delta^2}\right), \quad (4.13)$$

$$\frac{t_{cp} - 100}{295 - 100} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(\frac{-\frac{3,14^2}{4} \cdot 1,08 \cdot 10^{-7} \cdot 36}{0,02^2}\right),$$

$$t_{cp} = 262^\circ\text{C}.$$

$$Q_M = 1970 \cdot 0,052 \cdot (295 - 262) = 3381 \text{ Дж}$$

Количество теплоты, отводимое хладагентом:

$$Q_x = c_x \cdot g_x \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}), \quad (4.14)$$

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

$t_{\text{вых}}$  — 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 литьевой формы теплообменом с окружающей средой можно пренебречь без большой погрешности.

$$Q_M = Q_X,$$

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

Отсюда найдем,

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

$$g_x = \frac{3382}{4180 \cdot 5} = 0,162 \text{ кг}.$$

Расход хладагента через матрицу принимают пропорциональным площадям оформляющих ее поверхностей:

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

где  $F^M$  – оформляющая площадь матрицы,

$$F^M = 0,013 \text{ м}^2;$$

$$g_x^M = 0,162 \cdot \frac{0,013}{0,014} = 0,150 \text{ кг}$$

Площадь поперечного сечения каналов в матрице:

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

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

$\tau_y$  – продолжительность цикла,  $\tau_y = 51 \text{ с}$ ;

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

Тогда

$$f_K^M = \frac{0,150}{1000 \cdot 51 \cdot 1} = 0,00000294 \text{ м}^2.$$

Диаметр охлаждающего канала определяется по формуле:

$$d_K = 1,13 \cdot \sqrt{f_K}. \quad (4.18)$$

Таким образом,

$$d_K = 1,13 \cdot \sqrt{0,00000294} = 0,0017 \text{ м} = 1,7 \text{ мм}.$$

Суммарная длина каналов:

$$l_K \geq \frac{F^M}{\pi \cdot d_K} = \frac{0,013}{\pi \cdot 0,0017} = 2,435 \text{ м}. \quad (4.19)$$

По конструктивным соображениям  $d_K$  принимаем равным 10мм.

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

Назначение системы состоит в обеспечении беспрепятственного извлечения изделий и литниковой системы из матрицы, их сталкивания с пуансонов, сброса через люк машины, очень часто - отрыва литниковой системы от изделий. Эти функции выполняют отдельные детали или узлы системы, для перемещения которых используется возвратно-поступательное передвижение подвижной части литейной формы или специальный привод. В данном проекте эти функции выполняют выталкиватели.

До сталкивания изделия свободной усадке по диаметральным и линейным размерам препятствует матрица, что вызывает в изделии растягивающие напряжения. При этом нормальные усилия, прижимающие изделие к матрице, препятствуют сталкиванию. Усилие сталкивания зависит также от шероховатости поверхности матрицы, уклона, жесткости материала изделия и его коэффициента трения по материалу пуансона при их температуре перед сталкиванием. При выталкивании из матрицы в изделии возникают напряжения, зависящие от конструкции системы удаления, жесткости и прочности материала, а также конфигурации изделия.

Усилие, необходимое для выталкивания одного изделия:

$$P_n = \pi \cdot d \cdot a \cdot m \cdot [\tau], \quad (4.20)$$

где  $d$  – диаметр выталкивателя;

$a$  – толщина изделия ( $a=10\text{мм}$ );

$m$  – число выталкивателей;

$[\tau]$ - допускаемое напряжение сдвига;

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

$$[\sigma] = 32 \text{ МПа}; \quad [\tau] = 16 \text{ МПа}$$

$$P_{\text{разм}} \leq P_{\text{н}} \cdot 0,1, \quad (4.21)$$

где  $n$  – число гнезд,

$P_{\text{н}}$  – номинальное усилие запираения  $P_{\text{н}}=1000\text{кН}$ .

В системе имеется четыре выталкивателя диаметром  $d=4\text{мм}$  и один выталкиватель, имеющий кольцевую торцевую поверхность, средний диаметр которой  $d=21\text{мм}$ . Следовательно, расчет производится следующим образом:

$$P_{\text{разм1}} = \pi \cdot 0,004 \cdot 0,01 \cdot 4 \cdot 16 = 8\text{кН};$$

$$P_{\text{разм2}} = \pi \cdot 0,021 \cdot 0,01 \cdot 1 \cdot 16 = 1,1\text{кН}.$$

$$9,1 \cdot 4 \leq 856 \cdot 0,1$$

$$36,4\text{кН} \leq 85,6\text{кН}$$

Условие выполняется.

#### 4.5 Определение толщины стенки матрицы

В литьевых формах давление изменяется от нуля до максимального значение усилия  $P_{\text{мах}}$  в замкнутом положении формы, это приводит к необходимости расчёта толщины стенок деталей формы.

Для круглой матрицы толщину стенки определяют по формуле:

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

где  $r$  - радиус изделия,  $\text{м}$ ;

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

$P_{\text{мах}}$  - максимальное давление в полости,  $\text{МПа}$ .

$$a = \frac{57 \cdot 10^6 \cdot 0,031}{3 \cdot 10^8} = 0,006\text{м}$$

#### 4.6 Определение исполнительных размеров оформляющих деталей

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

рассчитываются в зависимости от допуска на размеры изготовления изделия и усадки формуемого термопласта.

Исполнительные размеры, оформляющие наружные поверхности изделия (матрица):

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

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

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

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

где  $L, H$  – наибольшие предельные размеры изделия,  $L=62\text{мм}$ ,  $H=34\text{мм}$ ;  $l, h$  – наименьшие предельные размеры изделия,  $l=42\text{мм}$ ,  $h=25\text{мм}$ ;

$X_{CP}$  – среднее значение усадки,  $X_{CP}=0,3\%$ ;

$\Delta_{ИЗГ}$  – допуск на изготовление элемента оформляющей полости;

$$L = \left[ 62 \cdot \left( 1 + \frac{0,3}{100} \right) + 0,2 \right]^{+0,190} = 62,39^{+0,190} \text{мм};$$

$$H = \left[ 34 \cdot \left( 1 + \frac{0,3}{100} \right) + 0,2 \right]^{+0,160} = 34,3^{+0,160} \text{мм};$$

$$l = \left[ 42 \cdot \left( 1 + \frac{0,3}{100} \right) + 0,2 \right]_{-0,160} = 42,33_{-0,160} \text{мм};$$

$$h = \left[ 24 \cdot \left( 1 + \frac{0,3}{100} \right) + 0,2 \right]_{-0,130} = 24,28_{-0,130} \text{мм}.$$

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

### 5.1 Технологическая характеристика объекта

Таблица 5.1 – Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Изготовление пластмассового изделия	Литье под давлением	Оператор ТПА	Термопластавтомат, литьевая форма	Полиамид 66

### 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	Ожоги	Повышенная температура поверхностей оборудования, пластика

	рабочими частями ТПА		
3	Литье пластмассы под давлением	Токсичность	Нагретый до температуры плавления Полиамида 66

### 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 грузочных и разгрузочных устройств

Таблица 5.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
огнетушители	пожарные автомобили	Водяные установки и 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> <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>	<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>
---------------------	---	--

## 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 литейной формы в термопластавтомате, тепловая изоляция нагретого оборудования; приточно-вытяжная вентиляция. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 5.3).

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

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

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 6.1 Характеристики сравниваемых вариантов

В базовом варианте происходит процесс получения детали “шків водяного насоса охлаждения”. Данный процесс осуществляется на слесарных станках. Процесс изготовления детали требует одного рабочего-слесаря. Цикл изготовления протекает за 3,8 мин., во время которого происходит резка прутка на заготовки, расточка отверстий, нарезание зубьев, шлифование отверстия и продавливание зубьев.

В проектном варианте предлагается новый процесс изготовления детали. Для этого необходимо поменять материал детали со стали 45 на ПА66, разработать технологию изготовления детали методом литья под давлением. Цикл литья протекает за 51с, причем за цикл изготавливается четыре детали. Данный процесс осуществляется на оборудовании KuASY 260/100.

### 6.2 Калькуляция изготовления литейной формы.

Таблица 6.1

№	Наименование	Обозначение	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты	М	6612,84	
2	Транспортно-заготовительные расходы	ТЗР	91,26	1,38% от М
3	Основная зарплата рабочих	$З_{пл}^{осн.}$	127149,73	$T_{н/ч}=894,35$ н/ч $Ст=142,17$ руб.
4	Единый соц.налог	Сс	45773,9	36% от $З_{пл}^{осн.}$
5	Расходы на содержание оборудования	РСО	273244,76	214,9% от $З_{пл}^{осн.}$
6	Цеховые расходы	Рцех	181696,96	142,9% от

				З <sub>ПЛ</sub> <sup>ОСН.</sup>
	Итого цеховая себестоимость	Сцех	634569	

### 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	Нг	315000
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 капитальных вложениях	К <sub>МОНТ</sub>	0,1 – 0,25
7.	Цена материала, руб./кг.	Ц <sub>м</sub>	82,06
8.	Цена отходов, руб./кг	Ц <sub>отх</sub>	2,62
9.	Масса заготовки, кг	Мз	0,052
10.	Масса отходов, кг	Мотх	0,0015
11.	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	Ктз	1,0133
12.	Коэффициенты доплат по заработной плате:		
А)	До часового фонда зарплаты	К <sub>ДОП</sub>	1,08
Б)	За профессиональное мастерство	К <sub>ПФ</sub>	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 $K_{зпл} = K_d \cdot K_{пф} \cdot K_u \cdot K_n \cdot K_{пр} \cdot K_c$	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	2,28
19.	Часовая тарифная ставка, руб./час: - рабочего - наладчика - инструментальщика	Ст Ст Ст	34,84 45,00 142,17
20.	Цена электроэнергии, руб./кВт	Цэ	3,0
21.	Цена площади, руб./м <sup>2</sup>	Цпл	4500
22.	Норматив экономической эффективности	Ен	0,33



Таблица 6.3 – Эксплуатационные данные оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Норма времени, мин.		Мощ- ность М <sub>у</sub> , кВт	Площадь, S <sub>у</sub> , м <sup>2</sup>	Цена, руб.
		Тшт	Тмаш			
	Базовый вариант					
1.	Токарный отрезной станок	0,9	1,1	6	0,84	160000
2.	Токарный расточной станок	0,87	1,1	8	0,98	180000
3.	Фрезерный зубонарез-ной станок	0,8	1	9	1,53	280000
4.	Кругло- шлифовальный станок	0,55	0,69	6	0,7	90000
5.	Гидравлическое приспособление	0,68	0,86	3	1,8	300000
	Проектный вариант					
1.	Термопластавтомат KuASY 260/100	0,25	0,17	27	5,352	350000

Таблица 6.4 – Исходные данные об оснастке

№	Наименование инструмента	Стойкость инструмента Т <sub>и.шт.</sub> , ударов	Цена инструмента Ц <sub>шт.</sub> , руб.	Колво переточек	Стоимость одной переточки
	Базовый вариант				
1.	Резец	250	1200	10	67,86
2.	Сверло	100	140	8	119,09
3.	Фреза	250	1500	25	152,69
4.	Шлифовальный круг	100	90	30	30,54
	Проектный вариант				
1	Литьевая форма	1200000	634569		

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.	$\text{поб.} = t_{\text{шт}} \cdot N_{\Gamma} / (\Phi_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}} \cdot 60)$ $\text{поб.о.с.} = 0,9 \cdot 315000 / (3972 \cdot 1,2 \cdot 60) = 0,99;$ $\text{поб.р.с.} = 0,87 \cdot 315000 / (3972 \cdot 1,2 \cdot 60) = 0,96$ $\text{поб.з.с.} = 0,8 \cdot 315000 / (3972 \cdot 1,2 \cdot 60) = 0,88$ $\text{поб.ш.с.} = 0,55 \cdot 315000 / (3972 \cdot 1,2 \cdot 60) = 0,61$ $\text{поб.г.п.} = 0,68 \cdot 315000 / (3972 \cdot 1,2 \cdot 60) = 0,75$ $\text{поб.пр.} = 0,25 \cdot 315000 / (3972 \cdot 1,2 \cdot 60) =$	1 1 1 1	1

		=0,28		
--	--	-------	--	--

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3	4	5
2	Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции	$K_3 = n_{об.Расч.} / n_{об.Прин.}$ $K_{з.о.с.}=0,99$ $K_{з.р.с.}=0,96$ $K_{з.з.с.}=0,88$ $K_{з.ш.с.}=0,61$ $K_{з.г.п.}=0,75$ $K_{з.пр.}=0,28$	0,99 0,96 0,88 0,61 0,75	0,28
3	Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.	$R_{оп} = [штг \cdot N_{г} \cdot (1 + K_{о}/100)] / (\Phi_{эп} \cdot K_{мн} \cdot 60)$ $R_{оп.о.с.}=(0,9*315000*(1+11,8/100))/(1986*1*60)=2,73=3*2смены=6$ $R_{оп.р.с.}=(0,87*315000*(1+11,8/100))/(1986*1*60)=2,63=3*2смены=6$ $R_{оп.з.с.}=(0,8*315000*(1+11,8/100))/(1986*1*60)=2,4=3*2смены=6$ $R_{оп.ш.с.}=(0,55*315000*(1+11,8/100))/(1986*1*60)=1,63=2*2смены=4$ $R_{оп.г.п.}=(0,68*315000*(1+11,8/100))/(1986*1*60)=2*2смены=4$ $R_{оп.пр.}=(0,25*315000(1+11,8/100))/(1986*1*60)=1*2смены=2$	6 6 6 4 4 4 4 4 4	2
4	Число инструмента для выпуска годовой программы, шт.	$n = N_{г} / T_{и.шт.}$ $ни.р.=315000/250*10=126$ $ни.с.=315000/100*8=394$ $ни.ф.=315000/250*25=51$ $ни.к.=315000/100*30=105$ $нф.пр.=315000/1200000=1$	126 394 51 105	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.	$M = (M_3 \cdot C_M \cdot K_{ТЗ}) - (M_{отх} \cdot C_{отх})$ $M_б. = (0,35 \cdot 157,5 \cdot 1,0133) - (0,2 \cdot 0,5) = 55,8$ $M_{пр.} = (0,052 \cdot 82,06 \cdot 1,0133) - (0,0015 \cdot 2,62) = 4,3$	55,8	4,3
2	Зарплата рабочих-операторов, руб.	$Z_{пл} = P \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.Р.} \cdot K_{Зпл} \cdot K_3 / N_T$ $Z_{пл.б.} = (6 \cdot 0,99 + 6 \cdot 0,96 + 6 \cdot 0,88 + 4 \cdot 0,61 + 4 \cdot 0,75) \cdot 34,84 \cdot 1986 \cdot 2,24 / 315000 = 10,85$ $Z_{пл.пр.} = 1 \cdot 0,28 \cdot 34,84 \cdot 1986 \cdot 2,24 / 315000 = 0,14$	10,85	0,14
3	Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования, руб.	$P_A = C_{об} \cdot (1 - B_p) \cdot N_A \cdot t_{шт} \cdot 1,3] / [\Phi_{Э} \cdot K_{вн} \cdot 60 \cdot 100$ $P_{а.о.с.} = 160000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,9 \cdot 1,3 / 3972 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100 = 0,05$ $P_{а.р.с.} = 180000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,87 \cdot 1,3 / 3972 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100 = 0,05$ $P_{а.з.с.} = 280000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,8 \cdot 1,3 / 3972 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100 = 0,08$ $P_{а.ш.с.} = 90000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,55 \cdot 1,3 / 3972 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100 = 0,02$ $P_{а.г.п.} = 300000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,68 \cdot 1,3 / 3972 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100 = 0,07$ $P_{а.пр.} = 350000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 5 \cdot 0,25 \cdot 1,3 / 3972 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100 = 0,02$	0,05 0,05 0,08 0,03 0,07	0,03

Продолжение таблицы 6.6

1	2	3	4	5
4	Расходы на электроэнергию, руб.	$P_{\text{Э}} = M_{\text{У}} \cdot t_{\text{МАШ}} \cdot K_{\text{ОД}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}} \cdot \text{Ц}_{\text{Э}} / \text{КПД} \cdot 60$ $P_{\text{Э.б}} = (6 \cdot 1,1 + 8 \cdot 1,1 + 9 \cdot 1 + 6 \cdot 0,69 + 3 \cdot 0,86) \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3 / 0,75 \cdot 60 = 0,96$ $P_{\text{Э.пр.}} = 27 \cdot 0,17 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3 / 0,75 \cdot 60 = 0,14$	0,96	0,14
5	Расходы на амортизацию инструмента, руб.	$P_{\text{И}} = \text{Ц} \cdot [1 - B_{\text{р.и.}}] / T_{\text{И}}$ $P_{\text{И.о.с.}} = (1200 + 10 \cdot 67,86)(1 - 0,15) / 250 \cdot 10 = 0,64$ $P_{\text{И.р.с.}} = (140 + 8 \cdot 119,09) \cdot 0,85 / 100 \cdot 8 = 1,16$ $P_{\text{И.з.с.}} = (1500 + 25 \cdot 152,69) \cdot 0,85 / 250 \cdot 25 = 0,72$ $P_{\text{И.ш.с.}} = (90 + 30 \cdot 30,54) \cdot 0,85 / 100 \cdot 30 = 0,29$ $P_{\text{И.пр.}} = 634569 \cdot (1 - 0,15) / 1200000 = 0,45$	0,64 1,16 0,72 0,29	0,45
6	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{\text{ПЛ}} = S_{\text{У}} \cdot n_{\text{ОБ}} \cdot \text{Ц}_{\text{ПЛ}} \cdot K_3 / N_{\Gamma}$ $P_{\text{ПЛ.б.}} = (0,84 \cdot 1 \cdot 0,99 + 0,98 \cdot 1 \cdot 0,96 + 1,53 \cdot 1 \cdot 0,88 + 0,7 \cdot 1 \cdot 0,61 + 1,8 \cdot 1 \cdot 0,75) \cdot 4500 / 315000 = 0,07$ $P_{\text{ПЛ.пр.}} = (5,352 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,28) / 315000 = 0,02$	0,07	0,02
7	Расходы на зарплату наладчика, руб.	$Z_{\text{НАЛ}} = n_{\text{ОБ}} \cdot C_{\Gamma} \cdot \Phi_{\text{Э.Р.}} \cdot K_{\text{ЗПЛ}} \cdot K_3 / n_{\text{ОБС}} \cdot N_{\Gamma}$ $Z_{\text{НАЛ.б.}} = (1 \cdot 0,99 + 1 \cdot 0,96 + 1 \cdot 0,88 + 1 \cdot 0,61 + 1 \cdot 0,75) \cdot 45 \cdot 1986 \cdot 2,24 / 6 \cdot 315000 = 0,44$ $Z_{\text{НАЛ.пр.}} = 1 \cdot 45 \cdot 1986 \cdot 2,24 \cdot 0,28 / 6 \cdot 315000 = 0,03$	0,44	0,03

Продолжение таблицы 6.6

1	2	3	4	5
	Итого: Технологическая себестоимость, руб.	$C_{\text{ТЕХ}} = M + 3_{\text{ПЛ}} + P_{\text{А}} + P_{\text{Э}} + P_{\text{И}} + P_{\text{ПЛ}} + 3_{\text{НАЛ}}$ $C_{\text{тех.б.}} = 55,8 + 10,85 + (0,05 + 0,05 + 0,08 + 0,02 + 0,07) + 0,96 + (0,64 + 1,16 + 0,72 + 0,29) + 0,07 + 0,44 = 71,2$ $C_{\text{тех.пр.}} = 4,3 + 0,14 + 0,02 + 0,14 + 0,45 + 0,02 + 0,03 = 5,11$	71,2	5,11
8	Общепроизводственные расходы, руб.	$P_{\text{ЦЕХ}} = 3_{\text{ПЛ}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}}$ $P_{\text{цех.б.}} = 10,85 \cdot 1,5 = 16,28$ $P_{\text{цех.пр.}} = 0,14 \cdot 1,5 = 0,22$	16,28	0,21
	Всего: Цеховая себестоимость, руб.	$C_{\text{ЦЕХ}} = P_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ТЕХ}}$ $C_{\text{цех.б.}} = 16,28 + 71,2 = 87,48$ $C_{\text{цех.пр.}} = 0,21 + 5,11 = 5,32$	87,48	5,32

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	55,8	4,3	63	80
2.	Основная зарплата	11,29	0,17	12	3
3.	Расходы на содержание оборудование	0,27	0,03	1	1
4.	Расходы на электроэнергию	0,96	0,14	1	3
5.	Расходы на произв. площадь	0,07	0,02	1	1
6.	Расходы на амортизацию инструмента	2,81	0,45	3	8

7.	Цеховые расходы	16,28	0,21	19	4
	Цеховая себестоимость	87,48	5,32	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.	$K_{об.} = n_{об.} \cdot C_{об.} \cdot K_3$ $K_{об.б.} = 1 \cdot 0,99 \cdot 160000 + 1 \cdot 0,96 \cdot 180000 + 1 \cdot 0,88 \cdot 280000 + 1 \cdot 0,61 \cdot 90000 + 1 \cdot 0,75 \cdot 300000 = 857500$ $K_{об.б.} = 1 \cdot 350000 \cdot 0,28 = 98000$	857500	98000
2	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
	Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_M = K_{об.} \cdot K_{монт}$ $K_{M.б.} = 857500 \cdot 0,15 = 128625$ $K_{M.пр.} = 98000 \cdot 0,15 = 14700$	128625	14700
	Затраты на спец. оснастку, руб.	$K_{и} = C_{шт} \cdot n_{шт}$ $K_{и.б.} = (1200 + 10 \cdot 67,86) \cdot 1 + (140 + 8 \cdot 119,09) \cdot 1 + (1500 + 25 \cdot 152,69) \cdot 1 + (90 + 30 \cdot 30,54) \cdot 1 = 9295$ $K_{и.пр.} = 634569 \cdot 1 = 634569$	9295	634569
	Затраты на производственную площадь, руб.	$K_{пл} = n_{об.} \cdot S_y \cdot C_{пл.} \cdot K_3$ $K_{пл.б.} = (1 \cdot 0,99 \cdot 0,84 + 1 \cdot 0,96 \cdot 0,98 + 1 \cdot 0,88 \cdot 1,53 + 1 \cdot 0,61 \cdot 0,7 + 1 \cdot 0,75 \cdot 1,8) \cdot 4500 = 22031$ $K_{пл.пр.} = 1 \cdot 5,352 \cdot 4500 \cdot 0,28 = 6744$	22031	6744
	Итого	$K_{соп} = K_M + K_{и} + K_{пл}$	159951	656013

		$K_{\text{соп.б.}}=128625+9295+$ $+22031=159951$ $K_{\text{соп.пр.}}=14700+634569+$ $+6743,5=656013$		
--	--	---	--	--

Продолжение таблицы 6.8

1	2	3	4	5
3	Общие капитальные вложения, руб.	$K_{\text{общ}} = K_{\text{об}} + K_{\text{соп}}$ $K_{\text{общ.б.}}=857500+159951=$ $=1017451$ $K_{\text{общ.пр.}}=98000+656013=$ $=754013$	1017451	754013
4	Удельные капвложения, руб.	$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / N_{\Gamma}$ $K_{\text{уд.б.}}=1017451/315000=2,91$ $K_{\text{уд.пр.}}=754012,5/315000=2,39$	2,91	2,39

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.	$\Delta_{\text{УГ}} = (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Баз}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Проект}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\Delta_{\text{УГ.}}=(87,48-5,32)*315000=25880400$	25880400	
2	Приведенные затраты, руб.	$Z_{\text{пр}} = C_{\text{ЦЕХ}} + E_n \cdot K_{\text{уд}}$ $Z_{\text{пр.б.}}=87,48+0,33*2,91=88,44$ $Z_{\text{пр.пр.}}=5,32+0,33*2,39=6,11$	88,44	6,11
3	Срок окупаемости кап.вложений, год	$T_{\text{ок}} = K_{\text{вв}} / \Delta_{\text{УГ}}$ $T_{\text{ок}}=754013/25880400=0,03=1$	1	
4	Годовой экономический эффект, руб.	$\Delta_{\Gamma} = (Z_{\text{пр}}^{\text{баз.}} - Z_{\text{пр}}^{\text{проект}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\Delta_{\Gamma.}=(88,44-6,11)*315000=25933950$	25933950	



Вывод: При внедрении нового технологического процесса произошло уменьшение себестоимости изготовления изделия с 87,48 руб. до 5,32 руб. ( $\Delta = 82,16$ ), за счет:

- применения современных полиматериалов;
- перехода с механической обработки изделия на литье под давлением, что значительно уменьшает цикл изготовления изделия.

При этом годовой экономический эффект составил 25933950руб. при сроке окупаемости в течение одного года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были определены: оптимальная гнездность, объем отливки и энергосиловые параметры литья, на основании которых выбрано оборудование KUASY 260/100.

При разработке литьевой 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 25933950 руб. со сроком окупаемости в течение года.

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

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александрова, Н.В. Экономика машиностроительного производства: Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы [Текст] / Н.В. Александрова. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 26 с.
2. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3т. Т. 1. – 8-е изд., перераб. и доп. [Текст] / В.И. Анурьев. – М. : Машиностроение, 2001. – 920 с.
3. Белкин, И.М. Справочник по допускам и посадкам для рабочего машиностроителя [Текст] / И.М. Белкин. – М. : Машиностроение, 1985. – 320 с.
4. Видгоф, Н.Б. Основы конструирования 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. Калиничев, Э.Л. Высокие технологии в полимерных материалах: модифицирующие концентраты [Текст] / Э.Л. Калиничев, 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.