

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра « Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Машины и технология обработки металлов давлением

(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка технологического процесса и литьевой формы для изготовления детали «Кронштейн крепления обивки передней двери»

Студент(ка)	<u>П.С. Ванюков</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Т.С. Пчелинцева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>К.Ш. Нуров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., доцент В.В. Ельцов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2016

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 Ванюков Павел Сергеевич

1. Тема Разработка технологического процесса и литьевой формы для изготовления детали «Кронштейн крепления обивки передней двери»

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

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: _____
программа выпуска 350000 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:

1. Сравнительный технологический анализ. 2. Комплекс оборудования. 3. Кинематическая схема оборудования. 4. Цикловая диаграмма. 5. Литьевая форма (разрез). 6. Литьевая форма (план)

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)

П.С. Ванюков
(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 разработка технологического процесса изготовления детали “Кронштейн крепления обивки передней двери”. Для предлагаемого технологического процесса проведены расчеты по определению оптимальной гнздности и объема отливки, определены энергосиловые параметры литья и выбрано оборудование KUASY 100/125.

Проведена разработка литьевой 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 (66 листов), приложения (5 листов), графической части (чертежи: 5 листов формата А1, 1 лист формата А0).

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение.....	7
1. Состояние вопроса.....	9
1.1. Анализ базовой технологии изготовления детали.....	9
1.2. Выявление недостатков базовой технологии.....	11
1.3. Задачи дипломного проектирования.....	13
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..	19
2.3. Определение энергосиловых параметров литья.....	20
3. Выбор оборудования и средства автоматизации.....	22
3.1. Выбор типоразмера оборудования и его основные технические характеристики.....	22
3.2. Средства автоматизации, основные характеристики, описание работы.....	25
4. Разработка конструкции литейной формы.....	29
4.1. Состав, конструкция и работа литейной формы.....	29
4.2. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы.....	31
4.3. Определение числа и расположения элементов системы литейной формы.....	33
4.3.1. Система литниковых каналов.....	33
4.3.2. Система вентиляционных (газоотводящих) каналов.....	37
4.3.3. Система термостатирования (система охлаждения и регулирования температуры формы).....	39
4.3.4. Система удаления изделий и литника из формы.....	42
4.4. Определение толщины стенки матрицы.....	43
4.5. Определение исполнительных размеров оформляющих деталей....	44
5. Безопасность и экологичность технического объекта.....	46

6. Экономическая часть.....	53
Заключение	63
Литература	64
Приложения	67

ВВЕДЕНИЕ

В данной бакалаврской работе разрабатывается технологический процесс и литевая форма для изготовления детали «кронштейн крепления обивки передней двери».

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 дипломного проекта является снижение себестоимости изготовления изделия за счет повышения производительности.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Анализ базовой технологии изготовления 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.

Конфигурация 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.

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:

- 1) допуски должны быть технически обоснованными (нельзя переносить допуски металлических изделий на пластмассовые);
- 2) внешняя форма изделия должна по возможности обеспечивать применение неразъемных матриц и пуансонов, так как стоимость форм при разъемных оформляющих элементах значительно возрастает, увеличивается трудоемкость изготовления самих изделий;
- 3) конфигурация изделия не должна препятствовать свободному течению массы при заполнении формообразующей полости;
- 4) изделия должны иметь технологические уклоны для обеспечения свободного извлечения отливки из формы (технологические уклоны не назначают для низких изделий высотой до 10 мм, тонкостенных

изделий высотой до 15 мм, для наружных поверхностей полых изделий высотой до 30 мм, а также для изделий уже имеющих конструктивные уклоны);

- 5) по возможности необходимо избегать поднутряющих выступов и впадин;
- б) изделия должны иметь закругления для увеличения механической прочности, облегчения процесса формообразования (минимальный радиус закругления для ненагруженных изделий малого размера составляет 0,25 мм, для нагруженных крупных изделий – от 0,5 до 1,6 мм);
- 7) стенки изделия по возможности должны быть равной толщины без резких переходов (минимальная рекомендуемая толщина стенки для изделий простой формы может быть 0,3 мм; рекомендуемая максимальная толщина стенок 3–4 мм; увеличение толщины стенки резко снижает ударную вязкость изделия, увеличивает внутренние напряжения и склонность к растрескиваниям);
- 8) торцы деталей для упрочнения выполняют в виде буртиков различной конструкции, которые предохраняют края изделия от поломки, препятствуют короблению стенок, облегчают формообразование и сброс изделия с пуансона благодаря увеличению опорной поверхности толкателя (толщина буртиков, во избежание увеличения цикла, не должна превышать толщину стенки в 1,5–2 раза);
- 9) правильно спроектированные ребра позволяют увеличить жесткость и прочность изделия, уменьшить толщину стенки и массу изделия, сократить цикл изготовления, улучшить условия заполнения формы, снизить коробление;
- 10) расположение впуска влияет на: характер течения расплава в форме, внутренние напряжения, следы течения на поверхности изделия, усадку, деформацию изделия при высоких температурах,

прочность изделия (при неправильном расположении впуска может произойти искажение формы отливок (коробление), поэтому необходимо создавать условия параллельного течения полимера в оформляющей полости);

11) надписи на изделиях обычно получают в процессе формования на поверхностях, параллельных плоскости разъема формы.

Деталь «Кронштейн крепления обивки передней двери» отвечает требованиям (рисунок 1.1). Таким образом, конструкцию разрабатываемой детали можно отнести к достаточно высокой степени технологичности.

1.2 Выявление недостатков базовой технологии

Технологический процесс позволяет изготовить четыре детали «Кронштейн крепления обивки передней двери» (рисунок 1.1) толщиной 2,4 мм на термопластавтомате KuASY 100/125.

Схема технологического процесса изготовления детали представлена на рисунке 1.2. В таком варианте технологии изготовления детали выявлен следующий недостаток: низкая производительность в связи с изготовлением четырех деталей за один цикл литья.

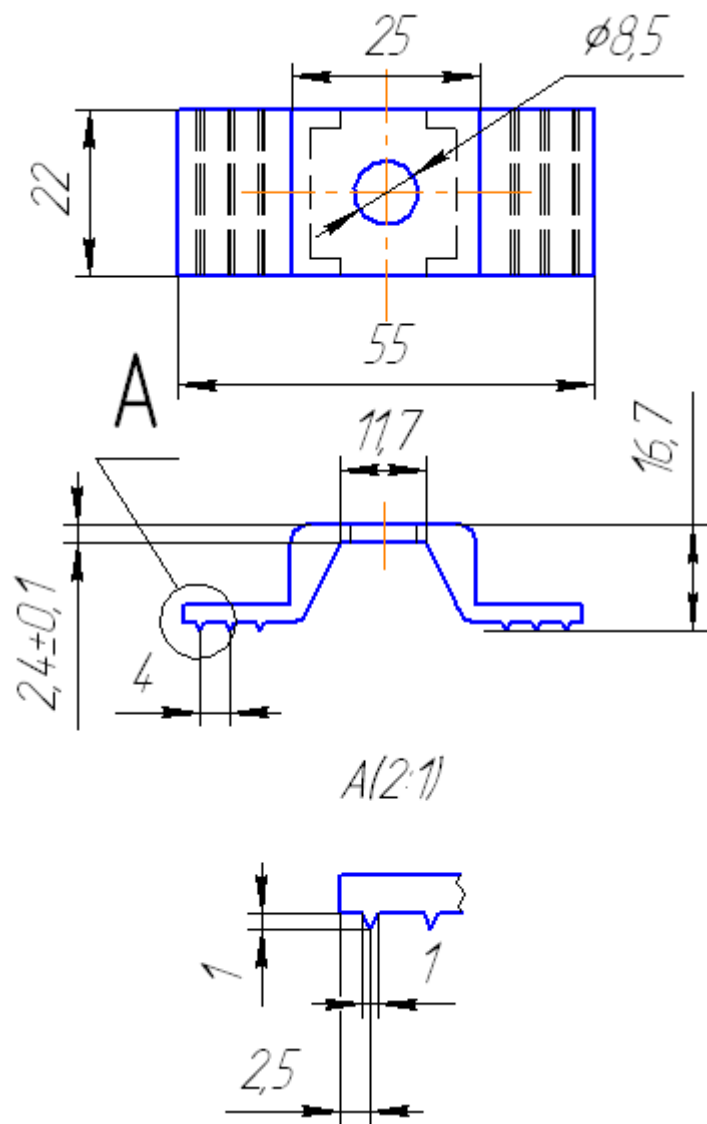


Рисунок 1.1 – Чертеж детали

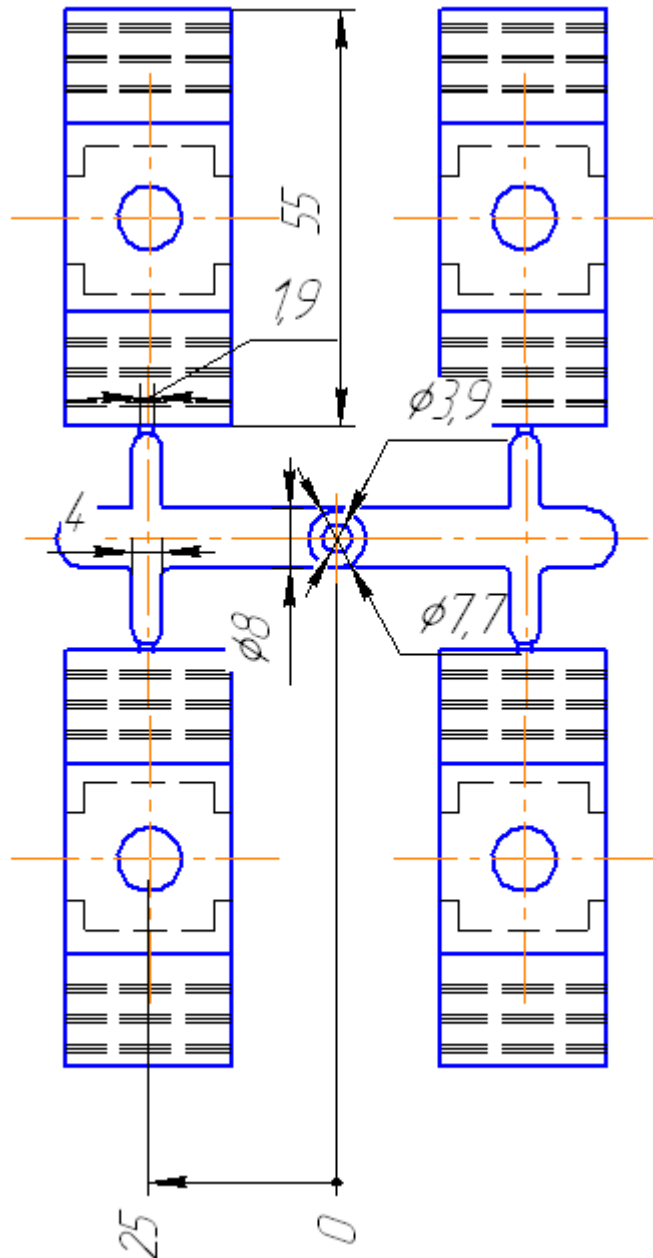


Рисунок 1.2 – Схема технологического процесса изготовления детали

1.3 Задачи бакалаврской работы

Для достижения цели работы необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) разработать усовершенствованный технологический процесс изготовления детали;

- 2) спроектировать литьевую 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 предполагаемого технологического процесса изготовления детали

В начальной стадии литья холодная форма закрыта и отделена от цилиндра литьевой машины. Материал для отливки в виде гранул автоматически подается из бункера литьевой 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 литьевых изделий и требованиям к конструкции изделия. Изделия не должны подвергаться дополнительной обработке, за исключением отделения литника и зачистки его следов (при необходимости). Работа литьевой формы должна быть автоматизирована, долговечна, надежна и безопасна, а себестоимость изделий минимальна.

Определение литьевой формы как формирующего инструмента, отражающее взгляды на задачи литьевой формы с узкой, кинематической точки зрения, нельзя считать достаточно правильным, так как оно не отражает всех свойственных литьевой форме функций. 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 столкновения 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.

Схема предполагаемого технологического процесса изготовления детали представлена на рисунке 2.1.

2.2 Определение первоначальной гнездности и объема отливки для заполнения гнезд

Первоначально оптимальную гнездность определяют по массе изделия.

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

где $m = 0,0038 \text{ кг}$ – масса изделия;

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

$$V_{\text{изд}} = \frac{m}{\rho} = \frac{0,0038}{950} = 4 \text{ см}^3$$

Первоначальную гнездность определяем, исходя из массы изделия:

$$n_0 = 12.$$

Объем отливки оптимальной гнездности:

$$Q_0 = \frac{n_0 \cdot V_{\text{е}} \cdot k_1}{\beta_1} \quad (2.2)$$

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

$k_1 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий объем литниковой системы в расчете на объем одного изделия [13];

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

$$Q_0 = \frac{12 \cdot 4 \cdot 1,2}{0,7} = 83 \text{ см}^3.$$

2.3 Определение энергосиловых параметров пресса литья

Определяем пластикационную производительность A_0 :

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

где $G_{изд} = 0,0038 \text{ кг}$ – масса изделия;

$n_0 = 16$ – гнездность;

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

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

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

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

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

$\delta = 0,0024 \text{ м}$ – толщина изделия;

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

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

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

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

$$\tau_{охл} = \frac{0,405}{0,86 \cdot 10^{-7}} \left(\frac{0,0024}{2}\right)^2 \cdot \left(\ln 1,27 - \ln \frac{98 - 90}{280 - 90}\right) \approx 22(\text{с})$$

$$A_0 = \frac{0,0038 \cdot 16 \cdot 1,2}{22} = 3,3 \text{ г/с.}$$

Определяем скорость впрыска расплава:

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

$$W_0 = \frac{3,3}{0,95} = 3,5 \frac{\text{см}^3}{\text{с}}.$$

Определяем усилие смыкания (запирания) плит P_0 :

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

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

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

$$F_{np} = 0,00115 \text{ м}^2$$

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

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

Отсюда считаем

$$P_0 = 32 \cdot 10^6 \cdot 12 \cdot 0,00115 \cdot 1,11 \cdot 1,25 = 817 \text{ кН}.$$

3 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1 Выбор типоразмера оборудования и его основные технические характеристики

Выбираем термопластавтомат по параметрам Q_0, W_0, P_0 : KuASY 100/125
производство Германия. Основные технические характеристики приведены в
таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики термопластавтомата
KuASY100/125

Параметры	Единицы измерения	Значение
Рабочий объем цилиндра	см ³	110
Диаметр шнека	мм	63
Давление впрыска	МПа	127
Соотношение L/D шнека	мм/мм	16
Объемная скорость впрыска	см ³	308
Мощность пластикации	кг/час	116
Скорость вращения шнека	об/мин	35 ... 140
Мощность обогрева	кВт	13
Усилие замыкания пресс-формы	кН	1000
Ход подвижной плиты	мм	320
Расстояние между колоннами (Г x В)	мм	360 x 250
Высота формы мин. – макс.	мм	160 – 300
Усилие гидравлического толкателя	кН	80
Ход гидравлического толкателя	мм	80
Скорость гидравлического толкателя	мм/с	80
Общая потребляемая мощность	кВт	58

Уточняем гнездность:

1. считаем гнездность, обусловленную объемом впрыска термопластавтомата:

$$n_Q = \frac{\beta_1 \cdot Q_u}{V_u \cdot k_1} = \frac{0,7 \cdot 110}{4 \cdot 1,1} = 17 \quad (3.1)$$

2. считаем гнездность, обусловленную усилием смыкания плит:

$$n_P = \frac{P_u}{q \cdot F_{np} \cdot k_2 \cdot k_3} = \frac{1000 \cdot 10^3}{32 \cdot 10^6 \cdot 0,00115 \cdot 1,11 \cdot 1,25} = 19, \quad (3.2)$$

По конструкционным соображениям, по расположению на плите формы число гнезд принимаем: $n_0 = 12$.

$$n_{\min} \leq n_F = \frac{0,5 \cdot F_{nl}}{F_{np}} = \frac{0,5 \cdot 0,36 \cdot 0,25}{0,00115} = 39 - \text{условие выполняется.} \quad (3.3)$$

Принимаем окончательную гнездность $n=12$.

Термопластавтомат состоит из отдельных сборных узлов (рисунок 3.1), смонтированных на станине:

1. станина;
2. литевая форма;
3. загрузочное устройство;
4. приемная тара.

Автомат может работать на автоматическом, полуавтоматическом и наладочном режимах.

Термопластавтомат KuASY100/125 является горизонтальной машиной колонного типа с разъёмом литевых форм в вертикальной плоскости, с гидромеханическим приводом узла смыкания и гидравлическим впрыском.

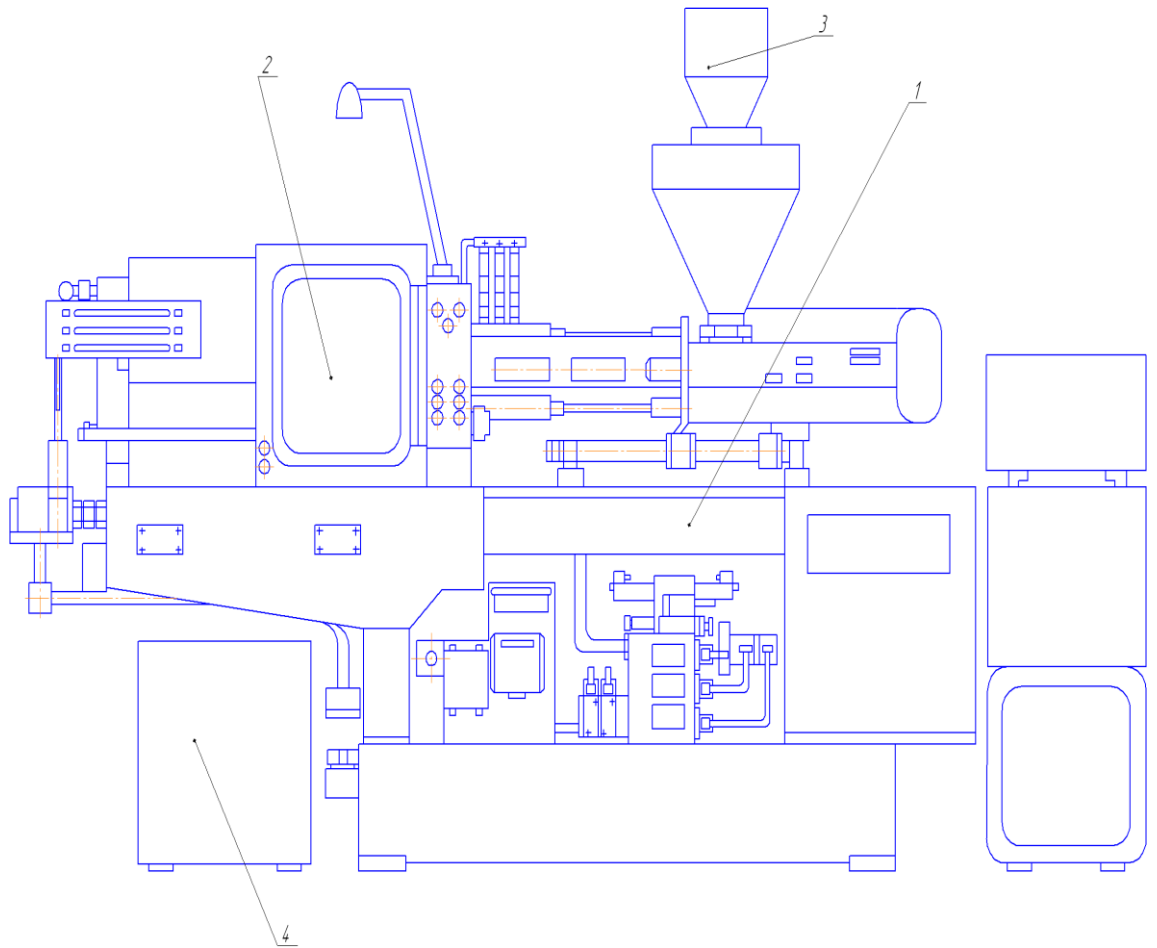


Рисунок 3.1 – Термопластавтомат KuASY100/125: 1 – термопластавтомат, 2 – литьевая форма, 3 – загрузочное устройство, 4 – приемная тара.

3.2 Выбор средств автоматизации, основные характеристики, описание работы

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

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

Расчет основных технических характеристик.

I. Вал.

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

1. Гидроцилиндр.

Усилие запираания $P_0 = 817 \text{ кН}$;

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

2. Промежуточная плита:

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

Усилие запираания $P_0=817$ кН

3. Рычажная система:

Ход подвижной плиты $H=320$ мм;

4. Подвижная плита:

Ход подвижной плиты $H=320$ мм

Усилие запираания $P_0=817$ кН

5. Гидромотор МРП-Ф-250/25М-0,1:

Давление гидроцилиндра $p=0,4$ МПа;

Крутящий момент $M = 0,94$ кН · м;

$n=480$ об/мин.

6. Подшипник 8313 ГОСТ 6874-75

7. Подшипник 7211 ГОСТ 333-71

8. Муфта

Крутящий момент $M = 0,38$ кН · м

9. Шнек:

Объем отливки $Q_0=110$ см³;

Давление в полости, необходимое для оформления изделия
 $q=32$ МПа;

Объемная скорость впрыска $W_0=308$ см³/с;

Диаметр шнека $d=40$ мм;

$n=40\dots400$ об/мин;

Крутящий момент $M = 0,38$ кН · м;

Ход шнека $H=160$ мм

10. Гидроцилиндры:

$$P_{\text{расч}} = F \cdot p \quad (3.4)$$

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

$d=100$ мм= $0,1$ м- диаметр сопла;

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

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

$$F_{\text{ц}} = P_{\text{расч}} / 2p - \text{площадь цилиндра}; \quad (3.5)$$

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

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

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

$$F_{\text{ц}} = \frac{P_{\text{расч}}}{2 \cdot [\sigma]} - \text{площадь штока}; \quad (3.6)$$

$$[\sigma] = 200 \text{ МПа};$$

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

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

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

Диаметр штока по конструктивным соображениям увеличиваем в 2 раза, т.е: $d_{\text{ш}} = 6 \text{ мм}$;

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

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

Ход сопла: $H = 250 \text{ мм}$

11. Гидроцилиндры:

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

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

$$d_{\text{ш}} = 6 \text{ мм};$$

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

Ход сопла: $H = 250 \text{ мм}$.

Описание работы средств автоматизации.

Работа средств автоматизации (рисунок 3.3) осуществляется от гидроцилиндра 1, который составляет винтовую пару с гайкой, закрепленной в задней неподвижной плите, чем достигается регулировка межштампового расстояния.

Движение через промежуточную плиту 2 и рычажную систему 3 передается на подвижную плиту 4.

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

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

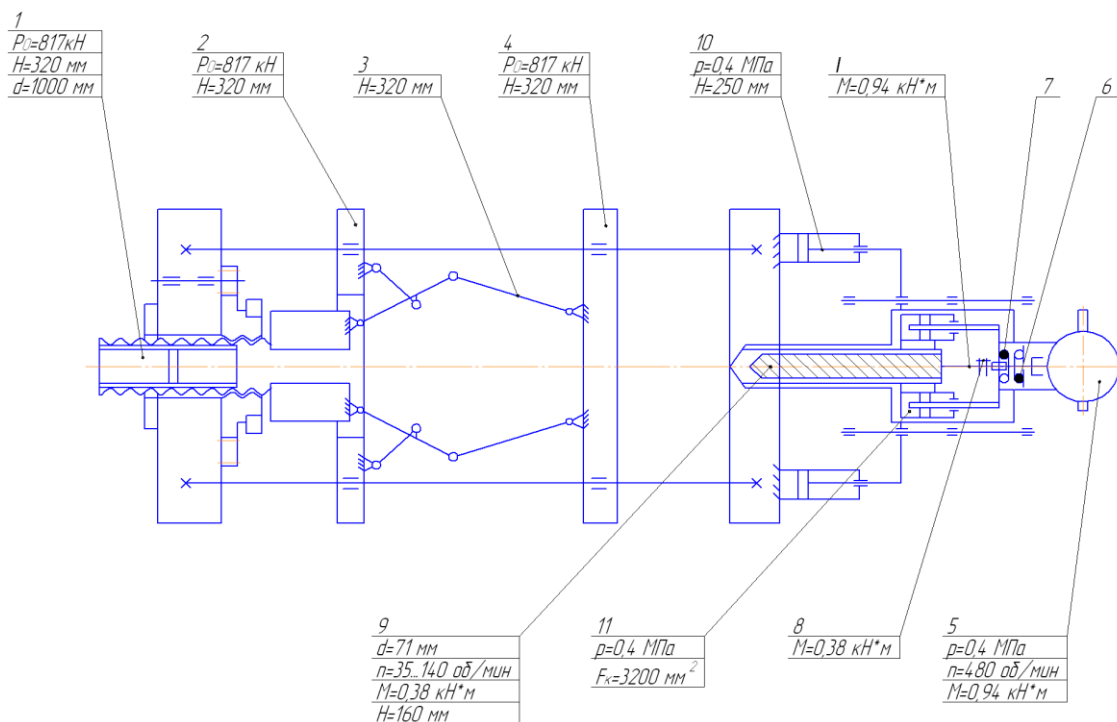


Рисунок 3.3 – Кинематическая схема термопластавтомата

KuASY 100/125

4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ

4.1 Состав, конструкция и работа литьевой формы

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

Основные функции:

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

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

Конструкция литьевой формы представлена на рисунке 4.1.

Формообразующими деталями являются матрица 3, пуансон 2 и литниковая втулка 13, выталкиватели 15 и 16. Все эти детали в той или иной мере соприкасаются с расплавленным полимером, участвуют в оформлении отливки и являются технологическими, то есть непосредственно участвующими в технологии процесса.

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

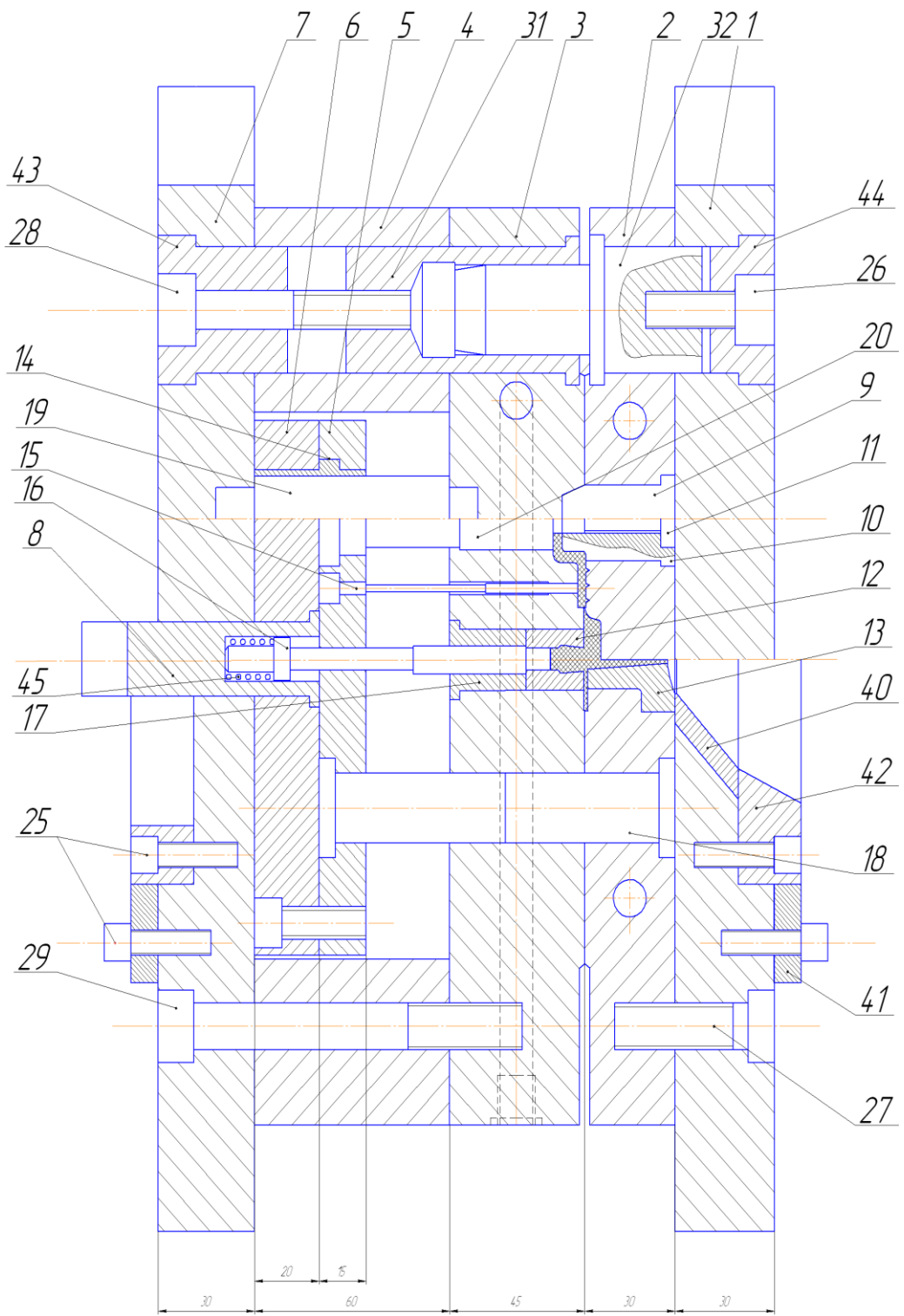


Рисунок 4.1 – Конструкция литейной формы

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

Литьевая форма состоит из подвижной и неподвижной полуформ. В неподвижной полуформе расположены: нижняя плита 1, плита пуансонов 2, пуансоны 9, оформляющие знаки 11, втулка литниковая 13, направляющие колонки 32, упоры 18. В подвижной полуформе расположены: плита верхняя 7, брус 4, плита матриц 3, плита толкателей 5, выталкиватели 15, оформляющие знаки 20, направляющие втулки 31. В начале литья форма закрыта. Через сопло литьевой машины, литниковую втулку 13 и литниковые каналы расплав поступает в форму, оформляет гнезда и застывает. После того как расплав затвердеет во впускном канале начинается раскрытие формы. Верхняя плита 7 увлекает за собой брус 4 и плиту матриц 3, в то время как плита толкателей 5 остается неподвижной. Выталкиватели 15 прижимают изделие к пуансону и тем самым помогают извлекать его из матрицы. Затем плита толкателей 5 увлекается плитой матриц 3 и изделия вместе с литником удаляются на провал.

4.2 Прочностные расчеты и выбор материалов деталей формы

Литьевые формы должны надежно и стабильно работать, выдерживая в процессе эксплуатации предельные нагрузки с длительным сроком службы. Надежность и долговечность литьевой формы зависят не только от конструкции и режима обслуживания, но в первую очередь от материалов, из которых она изготовлена, их термической и механической обработки.

Выбор материала для матрицы и пуансона определяется несколькими факторами. В них учитываются экономические показатели, внешний вид и размер изделия, и специальные свойства перерабатываемого материала (термоустойчивость и т.д.). Отсюда определяются такие параметры, как минимальные размеры матрицы, допустимый износ литьевой формы в

условиях производства, качество отливаемого изделия в зависимости от изменений размеров и внешнего вида. К экономическим показателям относятся необходимый объем производства и, следовательно, срок службы формы, а также допустимые затраты на ее изготовление. Из этих параметров, в свою очередь, складываются требования к материалу, из которого изготовлена литевая форма, к его термическим, механическим и специальным свойствам.

Обычно сталь является единственным материалом, который гарантирует надежную работу формы в течение длительного срока службы. Марка стали должна быть правильно подобрана из ассортимента, а ее обработкой должна обеспечиваться структура, необходимая для получения желаемого внешнего вида отливаемого изделия.

Рекомендуемая марка материала для матриц и пуансонов, колонок и втулок направляющих – сталь 4Х5МФС с твердостью 50HRC. Для всех остальных деталей формы – сталь 40Х с твердостью 60HRC.

Рассчитываем выталкиватели на прочность.

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

P_q находим по формуле:

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

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

F - площадь поперечного сечения выталкивателей, которое определяется как:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,005^2 \cdot 24}{4} = 0,000471 \text{ м}^2.$$

Тогда

$$P_q = 32 \cdot 10^6 \cdot 0,000471 = 15,1 \text{ кН},$$

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

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

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

$$P_q < P_{разм}$$

Тогда

$$P_{max} = P_{разм} = 100кН.$$

Рассчитываем выталкиватели на сжатие.

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

где F - площадь поперечного сечения выталкивателей;

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

Тогда

$$\sigma_{сж} = \frac{0,1}{0,000471} = 212 \text{ МПа} < 720 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.

4.3 Определение числа и расположение элементов системы литьевой формы

4.3.1 Система литниковых каналов

В общем виде литниковая система включает в себя 3 элемента:

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

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

Центральный литник должен иметь достаточно большое сечение, возрастающее с увеличением вязкости материал расплава и толщины стенки изделия. Однако размеры его не должны быть слишком велики так это ведет

к увеличению времени охлаждения, лишнему расходу материала и может ухудшить внешний вид изделия.

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

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

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

Проведем расчет литниковой втулки (рисунок 4.2):

Диаметр на входе в литниковую втулку:

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

где Q_0 – объем впрыска, ($см^3$);

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

табл. 6 [13];

$$v = 450 \left(\frac{см}{с}\right);$$

τ – время впрыска, ($с$) – таблица 6; $\tau = 2(c)$.

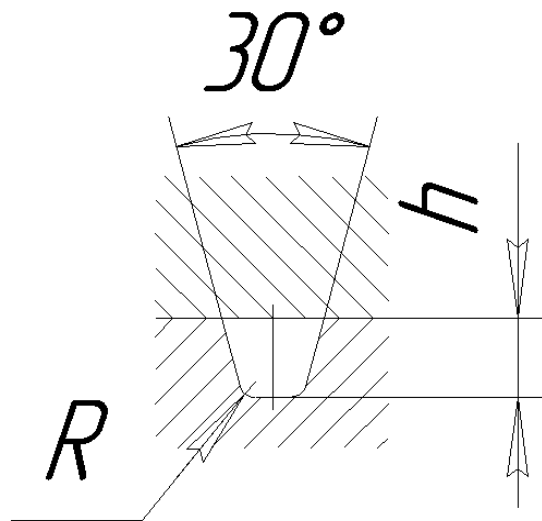


Рисунок 4.2 – Сечение разводящих каналов

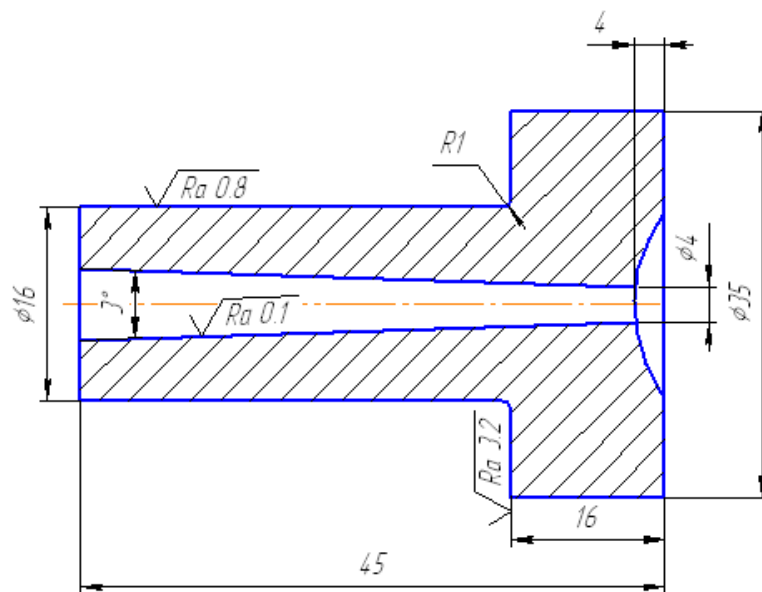


Рисунок 4.3 – Втулка литниковая

$$d_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{110}{3,14 \cdot 450 \cdot 2}} = 3,9 \text{ мм}.$$

В зависимости от d_1 выбираем d_2 на выходе и максимально допустимую длину втулки L , таблица 7:

$$d_1 = 4 \text{ мм};$$

$$d_2 = 6,9 \text{ мм};$$

$$\alpha = 3^\circ;$$

$$L = 45 \text{ мм}.$$

Выбираем стандартную втулку по ГОСТ 22077-76 [15].

Втулка №0602-0472.

Определяем размеры разводящих каналов.

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

Форма сечения разводящих каналов трапециевидальная (рис. 4.3).

Размеры для трапециевидального сечения находится по формуле:

$$h = 0,5 \cdot d_3 \sqrt{\frac{\pi \cdot (1 + \sin \alpha + k \cos \alpha)}{(k + \operatorname{tg} \alpha)^2 \cdot \cos \alpha}}, \quad (4.5)$$

где d_3 – эквивалентный диаметр некруглого сечения, зависящий от массы отливаемого изделия и длины пути течения материала в разводящем канале, $d_3 = 4$ мм при $m = 9$ г и $L = 70$ мм;

α – коэффициент, зависящий от свойств материала, $\alpha = 0,47$ для АБС 2020 – 31.

Тогда

$$h = 0,5 \cdot 4 \sqrt{\frac{\pi \cdot (1 + \sin 0,47 + 1 \cdot \cos 0,47)}{(1 + \operatorname{tg} 0,47)^2 \cdot \cos 0,47}} = 5,1 \text{ мм} \approx 6 \text{ мм}.$$

Характеристический размер изделия определяется по формуле:

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

где $S_u = 0,0026 \text{ м}^2$ – площадь поверхности изделия.

Тогда

$$H = \frac{2 \cdot 0,000004 \text{ м}^3}{0,0026 \text{ м}^2} = 0,0031 \text{ м}.$$

И диаметр впускного канала

$$d_g = 1,9 \text{ мм}.$$

Длина впускного канала $l = 1 \text{ мм}$.

Балансировка впускных каналов.

$$d_1 = d_g,$$

$$d_2 = \frac{d_1 \cdot k_1 \cdot \sqrt{L_2}}{\sqrt{L_1}},$$

$$d_3 = \frac{d_2 \cdot k_2 \cdot \sqrt{L_3}}{\sqrt{L_2}}, \text{ и т.д.,}$$

где d_1, d_2, d_3, \dots - диаметры впускных каналов, мм;

L_1, L_2, L_3, \dots - расстояние от оси центрального литника (либо от произвольно проведенной оси, параллельной оси центрально литника) до оси каналов соответственно d_1, d_2, d_3, \dots ;

$L_1 = 25 \text{ мм}, L_2 = 65 \text{ мм}, L_3 = 105 \text{ мм}$ (рисунок 2.2)

$k_1 = 0,86; k_2 = 0,89; k_3 = 0,95; k_4 = 0,98; k_5 = 1; k_6 = 1; k_7 = 1; \dots$.

$$d_1 = d_g = 1,9 \text{ мм};$$

$$d_2 = \frac{d_1 \cdot k_1 \cdot \sqrt{L_2}}{\sqrt{L_1}} = \frac{1,9 \cdot 0,86 \cdot \sqrt{65}}{\sqrt{25}} = 2,63 \text{ мм};$$

$$d_3 = \frac{d_2 \cdot k_2 \cdot \sqrt{L_3}}{\sqrt{L_2}} = \frac{2,63 \cdot 0,89 \cdot \sqrt{105}}{\sqrt{65}} = 2,97 \text{ мм}.$$

4.3.2 Система вентиляционных каналов

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

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

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

Площадь сечения вентиляционного канала одного гнезда, мм²:

$$F = f \cdot V_2 [мм^2], \quad (4.7)$$

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

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

V_2 – объем одного гнезда, [см³];

$$V_2 = V_u \left(1 + \frac{X_{cp}}{100} \right), \quad (4.8)$$

X_{cp} – среднее значение усадки материала, % (для полипропилена $X_{cp} = 1,7\%$);

$$V_2 = 4 \left(1 + \frac{1,7}{100} \right) = 4,07 (см^3);$$

$$F = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 4,07 = 0,024 (мм^2).$$

Суммарная ширина каналов равна расчетной ширине:

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

где e – глубина канала, [мм].

$$B = \frac{0,0024}{0,05} = 0,048 (мм)$$

Ширина одного канала:

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

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

$$b = \frac{0,048}{1} = 0,048(\text{мм}).$$

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

4.3.3 Система термостатирования

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

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

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

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

[13, табл.3];

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

G_u – масса изделия;

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

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

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

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

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

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

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

$$Q_m = 1,92 \cdot 10^3 \cdot 0,0038 \cdot (260 - 115) = 1058 (\text{Дж}).$$

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

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

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

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

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

g_X – расход хладагента, (кг) ;

$$Q_{\bar{o}} = 4,18 \cdot 10^3 \cdot g_{\bar{o}} \cdot 3 = 12540 g_{\bar{o}}$$

Составляем тепловой баланс цикла:

$$Q_m = Q_X$$

$$1058 = 12540 g_X \Rightarrow g_X = 0,084 \text{ кг}$$

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

Расход хладагента через матрицу и пуансон:

$$g_X^{m(n)} = g_X \cdot \frac{F_{m(n)}}{F_{\text{общ}}}, \quad (4.14)$$

где $F_{\text{общ}}$ – суммарная площадь оформляющих поверхностей пуансона и матрицы;

$$F_{\text{общ}} = 0,0026 \text{ м}^2;$$

$$F_M = 0,00121 \text{ м}^2;$$

$$g_X^M = 0,084 \cdot \frac{0,00121}{0,0026} = 0,039 \text{ кг}.$$

Диаметр охлаждающего канала определяется по формуле:

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

где f_k – площадь поперечного сечения канала, (м^2);

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

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

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

$\tau_{\text{ц}}$ – время цикла, (с);

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

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

$$\tau_{\text{зан}} = 3 \text{ с};$$

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

$$\tau_{\text{впр}} = 2c ;$$

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

$$\tau_{\text{разм}} = 5c ;$$

τ_n – время паузы (обслуживания формы), (с);

$$\tau_n = 5c ;$$

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

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

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

$$f_{\kappa}^M = \frac{0,039}{1000 \cdot 37 \cdot 1} = 0,000001(M^2).$$

$$d_{\kappa}^M = 1,13 \sqrt{0,000001} = 0,001M.$$

Принимаем $d_{\kappa}^M = 10\text{мм}$, $d_n^M = 10\text{мм}$.

Определяем суммарную длину каналов:

$$l_{\kappa} \geq \frac{F_M}{\pi \cdot d_{\kappa}} = \frac{0,00121}{3,14 \cdot 0,001} = 0,385M.$$

По результатам расчета получаем минимальное значение диаметра канала, необходимого для охлаждения изделия. Выбираем тип системы с прямыми каналами.

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

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:

$$P_n = \pi \cdot d \cdot a \cdot m \cdot [\tau], \text{ кН}, \quad (4.17)$$

где d - диаметр выталкивателя, м;

a - толщина изделия, м;

m - количество выталкивателей, м;

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

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

$$[\sigma] = 32 \text{ МПа}$$

$$P_n = 3,14 \cdot 0,005 \cdot 0,0024 \cdot 24 \cdot 16 \cdot 10^6 = 14 \text{ кН}.$$

$$P_{\text{разм}} = 0,1 \cdot P_0 = 0,1 \cdot 817 = 81,7 \text{ кН}.$$

$$14 \text{ кН} < 81,7 \text{ кН}.$$

Условие выполняется.

4.4 Определение толщины стенки матрицы

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

Для прямоугольной матрицы:

$$\frac{4 \cdot [\sigma] \cdot a^2}{P_{\text{max}}} - 2 \cdot l_2 \cdot a - l_1^2 = 0, \quad (4.18)$$

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

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

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

$$a = 0,01 \text{ м}$$

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

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

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

4.5 Определение исполнительных размеров оформляющих деталей

В процессе литья изделие в форме принимает очертания и размеры полости. Во время и после заливки и уплотнения происходит охлаждение изделия. Оно продолжается при его извлечении из матрицы и сталкивании с пуансона и после его извлечения из формы. Вследствие охлаждения объем изделия уменьшается, и с течением времени изделие должно приобрести определенные форму и размеры в заданных пределах.

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

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

$$L_{\text{м}} = \left[L \left(1 + \frac{X_{\text{ср}}}{100} \right) - \Delta_{\text{изн}} \right]^{+\Delta_{\text{изг}}} ; \quad (4.19)$$

$$H_{\text{м}} = \left[H \left(1 + \frac{X_{\text{ср}}}{100} \right) - \Delta_{\text{изн}} \right]^{+\Delta_{\text{изг}}} . \quad (4.20)$$

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

$L = 55 \text{ мм}, H = 22 \text{ мм};$

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

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

$$L_{\text{м}} = \left[55 \left(1 + \frac{1,7}{100} \right) - 0,22 \right]^{+0,190} = 55,7^{+0,087} (\text{мм}).$$

$$H_{\text{м}} = \left[22 \left(1 + \frac{1,7}{100} \right) - 0,16 \right]^{+0,162} = 22,2^{+0,162} (\text{мм}).$$

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

$$l_n = \left[l \left(1 + \frac{X_{cp}}{100} \right) + \Delta_{узн} \right]_{-\Delta_{узн}}, \quad (4.21)$$

$$h_n = \left[h \left(1 + \frac{X_{cp}}{100} \right) + \Delta_{узн} \right]_{-\Delta_{узн}}. \quad (4.22)$$

$$l_n = \left[20,2 \left(1 + \frac{1,7}{100} \right) + 0,22 \right]_{-0,087} = 20,8_{-0,087} (\text{мм}),$$

$$h_n = \left[11,9 \left(1 + \frac{0,7}{100} \right) + 0,16 \right]_{-0,062} = 12,14_{-0,062} (\text{мм}),$$

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	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
Физические			
1	Работа на термопластавтомате	Травматизм	Движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части
2	Работа с расплавленным материалом или рабочими частями ТПА	Ожоги	Повышенная температура поверхностей оборудования, пластика
Химические			
3	Литье пластмасс	Токсичность	Расплавленный пластик

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Травматизм	Инструктаж по технике безопасности, ограждение 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 пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
огнетушители	пожарные автомобили	Водяные установки и системы пожаротушения	Дымовые датчики	Рукава пожарные	противогазы	Пожарные багры	Оповещатели о пожаре (звуковые, речевые)
песок	пожарные мотопомпы	газовые установки и системы пожаротушения	Тепловые датчики	Пожарный инвентарь	носилки	Пожарные топоры	Световые указатели «ВЫХОД»
кошма	приспособленные технические средства (тягачи, прицепы и трактора).	порошковые установки и системы пожаротушения	Приемные контрольные приборы	Колонка пожарная	Костюмы защитные	Лопаты штыковые	Ручные пожарные извещатели

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

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Литье под давлением	<ul style="list-style-type: none"> - обучение персонала требованиям ПБ; - соблюдение техники безопасности; - соблюдение последовательности и алгоритма технологического процесса; - наличие первичных средств пожаротушения; - своевременная уборка промасленной ветоши с рабочего места; - ограничение взрывоопасных материалов и компонентов на рабочем месте; - хранение взрывоопасных материалов и компонентов в соответствии с требованиями ПБ. 	<ul style="list-style-type: none"> - квалифицированный персонал; - обеспечение защиты помещений системами обнаружения пожара, оповещения и эвакуации; - наличие систем пожаротушения.

5.5 Обеспечение экологической безопасности проекта

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

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

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

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

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность проекта»

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

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

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

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

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

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

6.1 Сравнительный анализ технологических вариантов

В данной части бакалаврской работы сравнивается два варианта изготовления детали «кронштейн крепления обивки передней двери». Базовый технологический процесс позволяет изготовить 4 детали толщиной 2,4 мм на термопластавтомате KuASY 260/100. В проектном варианте технологии предложено увеличить количество гнезд с четырех до двенадцати. Производство проектной технологии изготовления детали осуществляется на термопластавтомате KuASY 100/125.

1) Эффективный фонд времени работы оборудования:

$$\Phi_{\text{Э}} = (D_p \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{пр}} \cdot T_{\text{сок}}) \cdot C \cdot (1 - B),$$

где D_p – рабочие дни;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены;

$D_{\text{пр}}$ – праздничные дни;

$T_{\text{сок}}$ – время сокращение в предпраздничный день (1 час);

C – количество смен;

B – коэффициент, учитывающий время на ремонт оборудования.

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

2) Эффективный фонд времени работы рабочего:

$$\Phi_{\text{Э.р.}} = \frac{\Phi_{\text{Э}} \cdot 48\%}{100} = \frac{3816 \cdot 48}{100} \approx 1832 \text{ час.}$$

Таблица 6.1 – Исходные данные для расчета себестоимости продукции

№	Показатели	Обозначение	Значение	
1	2	3	4	
1.	Годовая программа выпуска, комплект	N _Г	350000	
2.	Эффективный фонд времени работы, час:			
	— оборудования	Ф _Э	3816	
	— рабочего	Ф _{Э.р.}	1832	
	— наладчика	Ф _{Э.н.}	1850	
3.	Коэффициент выполнения норм	K _{ВН}	1,2	
4.	Коэффициент многостаночного обслуживания	K _{МН}	1,0	
5.	Коэффициент потерь времени на отпуск работников, %	K _О	11,8	
6.	Коэффициент монтажа:			
	— в расчете капитальных вложениях	K _{МОНТ}	0,1 – 0,25	
7.	Цена материала, руб./кг.	Ц _М	63,4	
8.	Цена отходов, руб./кг.			
	3,2% от Ц _М	Ц _{ОТХ.}	1,9	
9.	Масса заготовки, кг.	M _З	0,026	0,055
10.	Масса отходов, кг.	M _{ОТХ}	0,011	0,023
11.	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	K _{ТЗ}	1,0133	
12.	Коэффициенты доплат по заработной плате (от 3 до 5 разряда):			
	1) до часового фонда зарплаты	K _Д	1,08	
	2) за профессиональное мастерство	K _{ПФ}	1,14	
	3) за условия труда	K _У	1,12	
	4) за вечерние и ночные часы	K _Н	1,1	
	5) премиальные	K _{ПР}	1,1	
	6) на социальные нужды	K _С	1,34	

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4
	Итого общий коэффициент доплат $K_{ЗПД} = K_{д} \cdot K_{ПФ} \cdot K_{у} \cdot K_{н} \cdot K_{ПР} \cdot K_{с}$	$K_{ЗПД}$	2,24
14.	Коэффициент загрузки оборудования по мощности	$K_{м}$	0,8
15.	Коэффициент загрузки оборудования по времени	$K_{в}$	0,7
16.	Коэффициент потерь в сети	$K_{п}$	1,03
17.	Коэффициент одновременной работы электродвигателей	$K_{од}$	0,8 – 1
18.	Коэффициент полезного действия	$K_{ПД}$	0,75
19.	Выручка от реализации, % от Ц:		
	– изношенного оборудования	$V_{р}$	5
	– изношенной литевой формы	$V_{р.и.}$	15
20.	Норма амортизации, %	$N_{а}$	8
21.	Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	$K_{цех}$	1,5
22.	Часовая тарифная ставка, руб./час.:		
	— рабочего	$C_{т}$	34,84
	— наладчика	$C_{т}$	45,00
23.	Цена электроэнергии, руб./кВт	$Ц_{э}$	3,0
24.	Цена площади, руб./м ²	$Ц_{пл}$	4500
25.	Норматив экономической эффективности	$E_{н}$	0,33

Таблица 6.2 – Эксплуатационные данные оборудования

Наименование оборудования	Норма времени		Мощность $M_{у}$, кВт	Площадь $S_{у}$, м ²	Цена $Ц_{об}$, руб.
	$T_{шт}$, мин.	$T_{маш}$, мин.			
KuASY 260/100	0,55	0,436	27	5,352	415000
KuASY 100/125	0,55	0,436	17	3,82	320000

6.2 Расчет затрат на изготовление литейной формы

Таблица 6.3

№	Наименование	Обозначение	Сумма, руб.		Примечание
			Базовый	Проектный	
1.	Материалы	<i>M</i>	4890	5543	
2.	Транспортно-заготовительные расходы	<i>ТЗР</i>	67,48	76,49	1,38% от <i>M</i>
3.	Основная зарплата рабочих $Z_{ПЛ}^{ОСН} = C_T \cdot T_H / ч$	$Z_{ПЛ}^{ОСН}$	122835	140748,3	$C_T = 142,17 руб / час$ $T_H / ч^B = 864н / ч$ $T_H / ч^{ПР} = 990н / ч$
4.	Единый социальный налог	<i>ЕСН</i>	44220,6	50669,4	36% от $Z_{ПЛ}^{ОСН}$
5.	Расходы на содержание оборудования	<i>PCO</i>	263972	302468,1	214,9% от $Z_{ПЛ}^{ОСН}$
6.	Цеховые расходы	<i>P_{ЦЕХ}</i>	175531	201129,3	142,9% от $Z_{ПЛ}^{ОСН}$
	Итого: цеховая себестоимость	$C_{ЦЕХ}$	611516	700635	

Таблица 6.4 – Исходные данные литейных форм

№	Наименование	Стойкость Т _{и.штг} , циклов	Цена Ц _{штг} , руб.
1.	Литейная форма 4-ехгнездная	1200000	611516
2.	Литейная форма 12-тигнездная	1200000	700635

6.3 Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента загрузки, численности рабочих-операторов и литьевых форм

Таблица 6.5

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	2	3	4	5
1.	Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт.	$n_{об} = \frac{T_{шт} \cdot N_{г}}{\Phi_{э} \cdot K_{вн} \cdot 60}$ $n_{об.б.} = \frac{0,55 \cdot 350000}{3816 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,7 \approx 1$	1	
2.	Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции	$K_3 = \frac{n_{об}^{расч}}{n_{об}^{прин}}$ $K_3 = \frac{0,7}{1} = 0,7$	0,7	
3.	Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.	$P_{оп} = \frac{T_{шт} \cdot N_{г} \cdot \left(1 + \frac{K_o}{100}\right)}{\Phi_{э.р.} \cdot K_{мн} \cdot 60}$ $P_{оп} = \frac{0,55 \cdot 350000 \cdot \left(1 + \frac{11,8}{100}\right)}{1832 \cdot 1 \cdot 60} = 1,96 \approx 2 \times 2смены = 4$	4	
4.	Число литьевых форм для выпуска годовой программы, шт.	$n_{шт} = \frac{N_{г}}{T_{и.шт}}$ $n_{шт} = \frac{350000}{1200000} = 0,29 \approx 1$	1	

6.4 Расчет капитальных вложений

Таблица 6.6

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	2	3	4	5
1.	Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{OB} = n_{OB} \cdot C_{OB} \cdot K_3$ $K_{OB}^B = 1 \cdot 415000 \cdot 0,7 = 290500$ $K_{OB}^{IP} = 1 \cdot 320000 \cdot 0,7 = 224000$	290500	224000
2.	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
1)	Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_M = K_{OB} \cdot K_{МОНТ}$ $K_M^B = 290500 \cdot 0,25 = 72625$ $K_M^{IP} = 224000 \cdot 0,25 = 56000$	72625	56000
2)	Затраты на литевную форму, руб.	$K_{И} = C_{ИТТ} \cdot n_{ИТТ}$ $K_{И}^B = 611516 \cdot 1 = 611516$ $K_{И}^{IP} = 700635 \cdot 1 = 700635$	611516	700635
3)	Затраты на производственную площадь, руб.	$K_{ПЛ} = n_{OB} \cdot S_V \cdot C_{ПЛ} \cdot K_3$ $K_{ПЛ}^B = 1 \cdot 5,352 \cdot 4500 \cdot 0,7 = 16859$ $K_{ПЛ}^{IP} = 1 \cdot 3,82 \cdot 4500 \cdot 0,7 = 12033$	16859	12033
	Итого:	$K_{СОП} = K_M + K_{И} + K_{ПЛ}$ $K_{СОП}^B = 72625 + 611516 + 16859 = 701000$ $K_{СОП}^{IP} = 56000 + 700635 + 12033 = 768668$	701000	768668
3.	Общие капитальные вложения, руб.	$K_{ОБЩ} = K_{OB} + K_{СОП}$ $K_{ОБЩ}^B = 290500 + 701000 = 991500$ $K_{ОБЩ}^{IP} = 224000 + 768668 = 992668$	991500	992668
4.	Удельные капвложения (комплект/единица изделия), руб.	$K_{УД} = \frac{K_{ОБЩ}}{N_{Г}}$ $K_{УД}^B = \frac{991500}{350000} = 2,83$ $K_{УД}^{IP} = \frac{992668}{350000} = 2,84$	2,83	2,84

6.5 Расчет сравнительной себестоимости изготовления детали

Таблица 6.7

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	2	3	4	5
1.	Основные материалы за вычетом отходов, руб.	$M = (M_3 \cdot C_M \cdot K_{ТЗ}) - (M_{отх} \cdot C_{отх})$ $M^B = (0,026 \cdot 63,4 \cdot 1,0133) - (0,011 \cdot 1,9) = 1,65$ $M^{PP} = (0,055 \cdot 63,4 \cdot 1,0133) - (0,023 \cdot 1,9) = 3,49$	1,65	3,49
2.	Зарплата рабочих-операторов, руб.	$Z_{ПЛ} = \frac{P_{ОП} \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.Р.} \cdot K_{ЗПЛ} \cdot K_3}{N_T}$ $Z_{ПЛ} = \frac{4 \cdot 34,84 \cdot 1832 \cdot 2,24 \cdot 0,7}{350000} = 1,14$	1,14	
3.	Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования, руб.	$P_A = \frac{C_{ОБ} \cdot (1 - B_P) \cdot H_A \cdot T_{шт} \cdot 1,3}{\Phi_{Э} \cdot K_{ВН} \cdot 60 \cdot 100}$ $P_{A_6} = \frac{415000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,55 \cdot 1,3}{3816 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100} = 0,08$ $P_{A_{np}} = \frac{320000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,55 \cdot 1,3}{3816 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100} = 0,06$	0,08	0,06
4.	Расходы на электроэнергию, руб.	$P_{Э} = \frac{M_y \cdot T_{МАШ} \cdot K_{ОД} \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_{П} \cdot C_{Э}}{КПД \cdot 60}$ $P_{Э}^B = \frac{27 \cdot 0,436 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3}{0,75 \cdot 60}$ $P_{Э}^{PP} = \frac{17 \cdot 0,436 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3}{0,75 \cdot 60}$	0,36	0,23
5.	Расходы на литьевую форму, руб.	$P_{И} = \frac{C_{шт} \cdot (1 - B_{Р.И.})}{T_{И.шт.}}$ $P_{И}^B = \frac{611516 \cdot (1 - 0,55)}{1200000} = 0,23$ $P_{И}^{PP} = \frac{700635 \cdot (1 - 0,55)}{1200000} = 0,26$	0,23	0,26

Продолжение таблицы 6.7

1	2	3	4	5
6.	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{ПЛ} = \frac{S_y \cdot n_{ОБ} \cdot Ц_{ПЛ} \cdot K_3}{N_{Г}}$ $P_{ПЛ}^Б = \frac{5,352 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,7}{350000} = 0,05$ $P_{ПЛ}^{ПР} = \frac{3,82 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,7}{350000} = 0,03$	0,05	0,03
7.	Расходы на зарплату наладчика, руб.	$З_{НАЛ} = \frac{n_{ОБ} \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.Н.} \cdot K_{ЗПЛ} \cdot K_3}{n_{ОБС} \cdot N_{Г}}$ $З_{НАЛ}^Б = \frac{1 \cdot 45 \cdot 1850 \cdot 2,24 \cdot 0,7}{6 \cdot 350000} = 0,06$	0,06	
8.	Итого: Технологическая себестоимость, руб.	$C_{ТЕХ} = M + З_{ПЛ} + P_A + P_{Э} + P_{И} + P_{ПЛ} + З_{НАЛ}$ $C_{ТЕХ} = 1,65 + 1,14 + 0,08 + 0,36 + 0,23 + 0,05 + 0,06 = 3,57$ $C_{ТЕХ} = 3,49 + 1,14 + 0,06 + 0,23 + 0,26 + 0,03 + 0,06 = 5,27$	3,57	5,27
9.	Цеховые расходы, руб.	$P_{ЦЕХ} = З_{ПЛ} \cdot K_{ЦЕХ}$ $P_{ЦЕХ} = 1,14 \cdot 1,5 = 1,71$	1,71	
10.	Всего: Цеховая себестоимость, руб.	$C_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ}$ $C_{ЦЕХ}^Б = 1,71 + 3,57 = 5,28$ $C_{ЦЕХ}^{ПР} = 1,71 + 6,79 = 8,5$	5,28	6,98
11.	Цеховая себестоимость на единицу изделия, руб.	$C_{ед.изд.} = C_{ЦЕХ} : n$ $C_{ед.изд.}^Б = 5,28 : 4 = 1,32$ $C_{ед.изд.}^{ПР} = 8,5 : 12 = 0,71$	1,32	0,58

6.6 Структура себестоимости

Таблица 6.8

№	Наименование затрат	Сумма, руб.				Доля, %	
		Базовый		Проектный		Базовый	Проектный
		[4]	[1]	[12]	[1]		
1.	Материалы	1,65	0,41	3,49	0,29	31	50
2.	Основная зарплата	1,2	0,3	1,2	0,1	23	17
3.	Расходы на содержание оборудования	0,08	0,02	0,06	0,01	2	1
4.	Расходы на электроэнергию	0,36	0,09	0,23	0,02	7	3
5.	Расходы на литьевую форму	0,23	0,06	0,26	0,02	4	4
6.	Расходы на производственная площадь	0,05	0,01	0,03	0,01	1	1
7.	Цеховые расходы	1,71	0,43	1,71	0,13	32	24
8.	Цеховая себестоимость	5,28	1,32	6,98	0,58	100	100

6.7 Экономическая эффективность

Таблица 6.9

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
1.	Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПП}}) \cdot N_{\text{Г}}$ $\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (1,32 - 0,58) \cdot 350000$	259000	
2.	Приведенные затраты, руб.	$3_{\text{ПП}} = C_{\text{ЦЕХ}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{УД}}$ $3_{\text{ПП}}^{\text{Б}} = 1,32 + 0,33 \cdot 2,83 = 2,25$ $3_{\text{ПП}}^{\text{П}} = 0,58 + 0,33 \cdot 2,84 = 1,52$	2,25	1,52
3.	Срок окупаемости капвложений, год	$T_{\text{ОК}} = \frac{K_{\text{ВВ}}}{\mathcal{E}_{\text{УГ}}}$ $T_{\text{ОК}} = \frac{700635}{259000} = 2,7 \approx 3$	3	
4.	Годовой экономический эффект, руб.	$\mathcal{E}_{\text{Г}} = (3_{\text{ПП}}^{\text{Б}} - 3_{\text{ПП}}^{\text{П}}) \cdot N_{\text{Г}}$ $\mathcal{E}_{\text{Г}} = (2,25 - 1,52) \cdot 350000 = 255500$	255500	

Вывод:

В результате внедрения нового технологического процесса изготовления детали «кронштейн крепления обивки передней двери» себестоимость продукции снизилась с 1,32 руб. до 0,58 руб. на 0,74 руб. (56%) за счет повышения производительности посредством увеличения гнезд с четырех до двенадцати.

Условно годовая экономия от снижения себестоимости составляет 259000 рублей, экономический эффект от внедрения нового проекта составил 255500 рублей при сроке окупаемости литейной формы в течение трех лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе были определены оптимальная гнездность, объем отливки и энергосиловые параметры литья, на основании которых выбрано оборудование KUASY 100/125.

При разработке литейной формы было выполнено следующее:

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

Кроме того, были рассмотрены меры по обеспечению безопасности и экологичности проекта, а также проведено экономическое обоснование. Экономические расчеты показали целесообразность применения предлагаемого технологического процесса. Годовой экономический эффект составил 255500 руб. со сроком окупаемости в течение трех лет.

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

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

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

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