

АННОТАЦИЯ

В бакалаврской работе представлена технология изготовления детали «Крепление обивки двери передней», а также разработка пресс-формы для ее производства. Выпускная работа содержит необходимые для проектирования пресс-формы расчеты, а именно: расчет оптимального количества гнезд в форме; расчет объема впрыска, усилия запирания формы, давления литья, времени цикла. По рассчитанным энергосиловым параметрам литья для технологического процесса подобрано оборудование – термопластавтомат Siger Classic 90S (A).

Проектирование пресс-формы для изготовления детали состоит из расчета ее основных систем:

- расчет на прочность и выбор материала оформляющих деталей формы;
- расчет количества и местоположения литниковых и газоотводящих каналов;
- расчет сечения и длины охлаждающих каналов системы термостатирования, выбор хладагента;
- расчет на устойчивость и контактную прочность выталкивателей системы удаления;
- расчет давления материала, необходимого для оформления детали и предотвращения раскрытия формы;
- расчет исполнительных размеров матрицы и пуансонов.

В работе затронуты вопросы безопасности и экологичности технологии изготовления детали, проведен расчет себестоимости ее изготовления с целью экономического обоснования.

ANNOTATION

In the bachelor's work is presented the technology of manufacturing the detail "Fastening the upholstery of the front door", as well as the development of a mold for its production. The graduation work contains the calculations necessary for the design of the mold, namely: the calculation of the optimal number of nests in the mold; calculation of the injection volume, locking force of the mold, molding pressure, cycle time. According to the calculated power-generation parameters of the casting for the technological process, the equipment is selected – the Siger Classic 90S (A) injection molding machine.

The design of a mold for the manufacture of a part consists of the calculation of its main systems:

- calculation of strength and choice of material form design details;
- calculation of the number and location of sprue and gas out channels;
- calculation of the cross-section and length of the cooling channels of the thermostating system, the choice of refrigerant;
- calculation of stability and contact strength of ejectors of the removal system;
- calculation of the pressure of the material necessary to form the part and prevent the disclosure of the form;
- calculation of the executive dimensions of the cavity and cores.

The paper touches upon the issues of safety and environmental friendliness of the technology for the manufacture of part, and the calculation of the cost price of manufacturing it for the rationale of economic efficiency.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Анализ состояния вопроса	8
1.1 Технологичность конструкции пластмассового изделия.....	8
1.2 Анализ технологии изготовления детали и выявление ее недостатков	9
1.3 Задачи бакалаврской работы.....	12
2 Разработка технологии изготовления детали.....	13
2.1 Предлагаемая технология изготовления детали	13
2.2 Расчет количества оформляющих полостей в форме и объема впрыска для их заполнения	16
2.3 Расчет энергосиловых параметров процесса литья.....	16
3 Выбор термопластавтомата. Технологические характеристики и кинематика	19
3.1 Выбор марки термопластавтомата	19
3.2 Кинематика ТПА	21
4 Расчет и проектирование пресс-формы	25
4.1 Структура и работа пресс-формы.....	25
4.2 Расчеты на прочность и выбор соответствующего материала деталей пресс-формы	27
4.3 Расчет систем пресс-формы	29
4.3.1 Система литья	29
4.3.2 Система вентилирования формы (газоотведения).....	33
4.3.3 Система охлаждения (термостатирования) пресс-формы	34
4.3.4 Система удаления деталей из пресс-формы.....	38
4.4 Определение давления в полости и соответствующей ему толщины оформляющих деталей.....	39
4.5 Определение размеров матрицы и пуансона.....	40
5 Безопасность и экологичность технологии изготовления детали.....	41
5.1 Описание рабочего места, оборудования и выполняемых	

технологических операций.....	41
5.2 Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ) участка литья	43
5.3 Воздействие производственных факторов на организм работающих.....	43
5.4 Общие требования безопасности при работе на участке литья	45
5.5 Инструкция литейщика пластмасс	46
6 Экономическое обоснование работы	48
6.1 Сравнительный анализ двух технологий изготовления детали	48
6.2 Расчет затрат на изготовление пресс-форм	49
6.3 Расчет капитальных вложений	49
6.4 Сравнительный анализ себестоимости изготовления детали.....	51
6.5 Экономическое обоснование эффективности предлагаемой технологии	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	56
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	59

ВВЕДЕНИЕ

В данной выпускной работе разрабатывается технология изготовления детали «Кронштейн обивки двери передней», а также проектируется пресс-форма для ее производства.

Производство пластмассовых изделий расширяется с каждым годом. Это связано, прежде всего, с широким применением пластмасс в различных областях промышленности и в быту. В настоящее время трудно себе представить какую-либо отрасль, где бы не применялись полимерные изделия. Такие свойства как твердость и в то же время легкость, прозрачность и светонепроницаемость, диэлектрические свойства – все это позволяет использовать пластмассы, как заменители природных материалов.

Тем не менее, вопросы производства пластмассовых изделий достаточно специфичны. Существует множество методов переработки полимеров в изделия, такие как: каландрирование для получения деталей, типа пленок; вакуум-формование для получения полых глубоких деталей; выдувание для получения бутылей, фляг и пр.

Однако наиболее распространенным методом переработки пластмасс в изделия считается метод литья под давлением. Этот метод имеет ряд преимуществ перед другими методами: высокая производительность, отсутствие отходов после переработки, экономичность, полная автоматизация процесса, получение деталей различной конфигурации, цвета, фактуры.

Литье под давлением осуществляется в пресс-формах, установленных на термопластавтоматах. В данной бакалаврской работе производится расчет и проектирование пресс-формы и выбор термопластавтомата для предлагаемой технологии.

Расчет пресс-формы необходим для предотвращения появления дефектов на поверхности изделия, как в процессе переработки, так и в последующей эксплуатации. Материал изделия необходимо выбирать,

исходя из назначения детали, а также учитывая нагрузки, которые она будет испытывать при эксплуатации.

Правильно спроектированная пресс-форма должна быть долговечна, безопасно и по возможности полностью автоматизирована.

Целью бакалаврской работы является снижение себестоимости изготовления детали за счет повышения производительности процесса литья.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Технологичность конструкции пластмассового изделия

Конкурентоспособность изделия зависит не только от его качественных характеристик, но и от цены, которая в значительной мере определяется технологичностью конструкции. Технологичность конструкции изделия – это совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве и эксплуатации. Технологичность конструкции принято оценивать по следующим показателям:

- материалоемкость изделия – затраты материальных ресурсов, необходимых для производства, эксплуатации и ремонта изделия;
- металлоемкость изделия – затраты металла, необходимого для производства, эксплуатации и ремонта изделия;
- энергоемкость изделия – затраты топливно-энергетических ресурсов, необходимых для производства, эксплуатации и ремонта изделия;
- трудоемкость изделия в изготовлении (ремонте) – суммарные затраты труда на выполнение технологических процессов изготовления (ремонта) изделия.

Цель работ по обеспечению технологичности заключается в придании конструкции изделия такого комплекса свойств, при котором достигаются оптимальные затраты всех видов ресурсов при производстве, эксплуатации и ремонте изделия. Основные задачи обеспечения технологичности:

- прогнозирование, установление и применение базовых показателей технологичности для данного вида изделия;
- отработка конструкции изделия на технологичность;
- технологический контроль конструкторской документации.

Следует учитывать, что понятие технологичности обладает относительностью, т. к. зависит от вида изделия, уровня технологии на данном производстве, наличия соответствующего оборудования и т. п.

При конструировании деталей из пластмасс необходимо:

- 1) устранять поднутрения, препятствующие извлечению деталей из формы;
- 2) предусматривать технологические уклоны для облегчения извлечения изделий из формы;
- 3) использовать ребра жесткости;
- 4) предусматривать радиусы закруглений для оптимального заполнения всей полости пресс-формы;
- 5) выбирать рациональную конструкцию армирующих элементов;
- 6) соблюдать условия равнотолщинности стенок для исключения появления опережающих потоков внутри формы;
- 7) избегать одностороннего расположения ребер, т. к. это может привести к короблению детали.

Деталь «кронштейн обивки двери передней» представлена на рисунке 1.1 и отвечает требованиям технологичности конструкции изделия.

1.2 Анализ технологии изготовления детали и выявление ее недостатков

Технология изготовления представляет собой процесс получения четырех деталей «Кронштейн обивки двери передней» толщиной 2,4 мм на термопластавтомате KuASY 100/125.

Схема процесса литья данного изделия представлена на рис. 1.2. Процесс показывает, что базовая технология изготовления имеет существенный недостаток – низкую производительность, так как за один цикл литья изготавливается только четыре детали при программе выпуска 350000 штук в год. Кроме того, для изготовления четырех деталей за цикл нерационально используется оборудование.

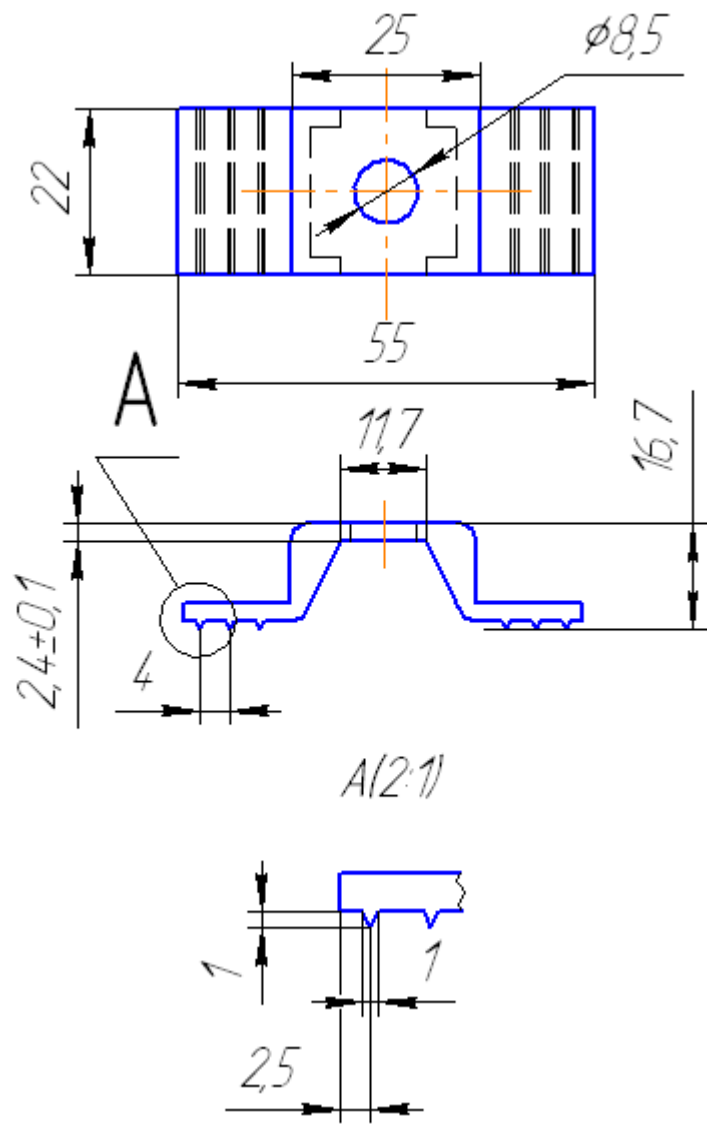


Рисунок 1.1 – Чертеж детали «Кронштейн обивки двери передней»

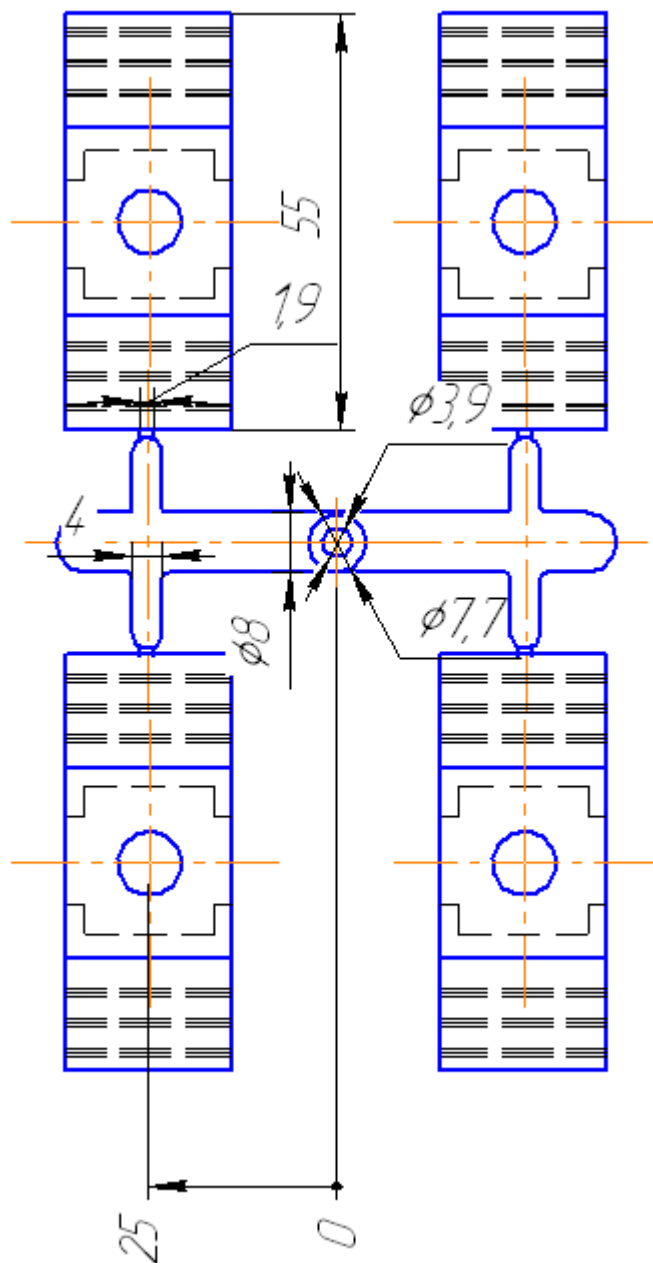


Рисунок 1.2 – Схема процесса литья

1.3 Задачи бакалаврской работы

Для устранения выявленного недостатка и достижения цели бакалаврской работы были поставлены следующие задачи для выполнения:

- 1) разработать новую усовершенствованную технологию изготовления детали;
- 2) рассчитать и начертить пресс-форму для изготовления данной детали;
- 3) рассчитать параметры процесса литья под давлением;
- 4) выбрать соответствующее параметрам литья оборудование;
- 5) дать экономическое обоснование разработанной технологии изготовления детали и доказать снижение ее себестоимости;
- 6) проверить процесс литья на предмет безопасности и экологичности.

2 Разработка технологии изготовления детали

2.1 Предлагаемая технология изготовления детали

При литье под давлением полимер в вязко-текучем состоянии впрыскивается под давлением в непрерывно охлаждаемую пресс-форму, где происходит его формование и охлаждение.

Литьем под давлением изготавливаются изделия различной конфигурации и фактуры, и имеющие массу от долей грамм до нескольких десятков килограмм. Изделия, изготовленные этим методом, могут быть армированные, полые, иметь различную окраску, могут быть прозрачными или наоборот не пропускать свет. Этот способ переработки полимеров является наиболее распространенным, так как имеет ряд преимуществ перед другими видами производства пластмасс.

Оборудованием процесса литья являются литьевые машины – термопластавтоматы, на которых установлены пресс-формы.

К достоинствам этого метода можно отнести:

- 1) универсальность применения различных марок полимеров;
- 2) высокая производительность процесса изготовления деталей;
- 3) высокое качество поверхности литьевых изделий;
- 4) возможное изготовление деталей, имеющих тонкие стенки или достаточно сложную конфигурацию;
- 5) отсутствие послеоперационной обработки изделия, за исключением зачистки следов литника при необходимости;
- 6) возможность полной автоматизации процесса изготовления изделия.

Литье под давлением как процесс имеет свои недостатки, такие как:

- 1) термопластавтоматы и пресс-формы являются достаточно дорогим оборудованием, что требует внесения больших первоначальных затрат;
- 2) ограничение изготовления деталей по толщине (наиболее качественно получают детали с толщиной стенки не более 3-4 мм).

Принцип литья под давлением заключается в следующем. Полимер разогревается в цилиндре термопластавтомата до перехода его в вязкотекучее состояние и подготавливается для впрыскивания в форму. При этом расплав пластицируется, то есть перемешивается до однородного состояния так, чтобы в каждой точке расплава была одинаковая вязкость, температура и давление. Затем материальный цилиндр подводится к пресс-форме и под действием плунжера или шнека расплав под давлением дозированно поступает в непрерывно охлаждаемую пресс-форму. Расплав заполняет все литниковые каналы и оформляющие полости (гнезда) формы, изделия формуются и охлаждаясь, затвердевают. После окончательного отверждения форма размыкается с помощью рычажных механизмов машины и изделия извлекаются из матриц и литниковых каналов в приемную тару. Далее цикл литья повторяется.

Схема предлагаемой технологии изготовления изделия показана на рисунке 2.1. Она также представляет собой процесс литья под давлением, но за цикл изготавливается не четыре, а двенадцать деталей, что значительно увеличивает производительность процесса.

2.2 Расчет количества оформляющих полостей в форме и объема впрыска для их заполнения

Количество оформляющих полостей в пресс-форме зависит от массы изготавливаемой детали.

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

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

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

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

Принимаем количество оформляющих гнезд:

$$n_0 = 12.$$

Объем впрыска для заполнения оформляющих гнезд:

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

где V_u – объем одной детали, см^3 ;

$k_1 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий наличие литниковых каналов в форме [13];

$\beta_1 = 0,7$ – коэффициент использования оборудования - термопластавтомата;

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

2.3 Расчет энергосиловых параметров процесса литья

К энергосиловым параметрам процесса литья под давлением относятся: пластикационная производительность, скорость впрыска полимера в пресс-форму и усилие запираания пресс-формы.

Расчет пластикационной производительности ведем с учетом количества гнезд, массы детали и времени на ее охлаждение:

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

где $G_{узод} = 0,0038 \text{ кг}$ – масса детали;

$\tau_{охл}$ – время охлаждения детали, с, определяется 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 детали;

t_ϕ – температура пресс-формы, $^{\circ}\text{С}$ [13]; $t_\phi = 90^{\circ}\text{С}$ для полипропилена;

t_n – температура полимера, $^{\circ}\text{С}$ [13]; $t_n = 280^{\circ}\text{С}$ для полипропилена;

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

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

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

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

Скорость впрыска расплава определяется по формуле:

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

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

Усилие запираения пресс-формы зависит прежде всего от площади проекций всех деталей и литниковой системы на плоскость разъема формы:

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

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

F_{np} – проекций всех деталей и литниковой системы на плоскость
разъема формы (без учета сечения отверстий), m^2 ;

$$F_{np} = 0,00115 m^2$$

$k_2 = 1,11$ – коэффициент, учитывающий площадь проекции
литниковой системы на плоскость разъема пресс-формы;

$k_3 = 1,25 \dots 1,11$ – коэффициент, учитывающий использование
максимального усилия запираения пресс-формы.

Следовательно, усилие запираения рассчитывается по формуле:

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

3 Выбор термопластавтомата. Технические характеристики и кинематика

3.1 Выбор марки термопластавтомата

Литьевые машины – термопластавтоматы выбираются в зависимости от следующих энергосиловых параметров: объем впрыска, усилие запираания и пластикационная производительность. Все эти параметры были рассчитаны в разделе 2, соответственно:

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

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

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

Таким образом, выбираем термопластавтомат с номинальными параметрами, большими, чем рассчитанные в разделе 2. Это термопластавтомат Siger Classic 90S (A). Его энергосиловые параметры соответственно:

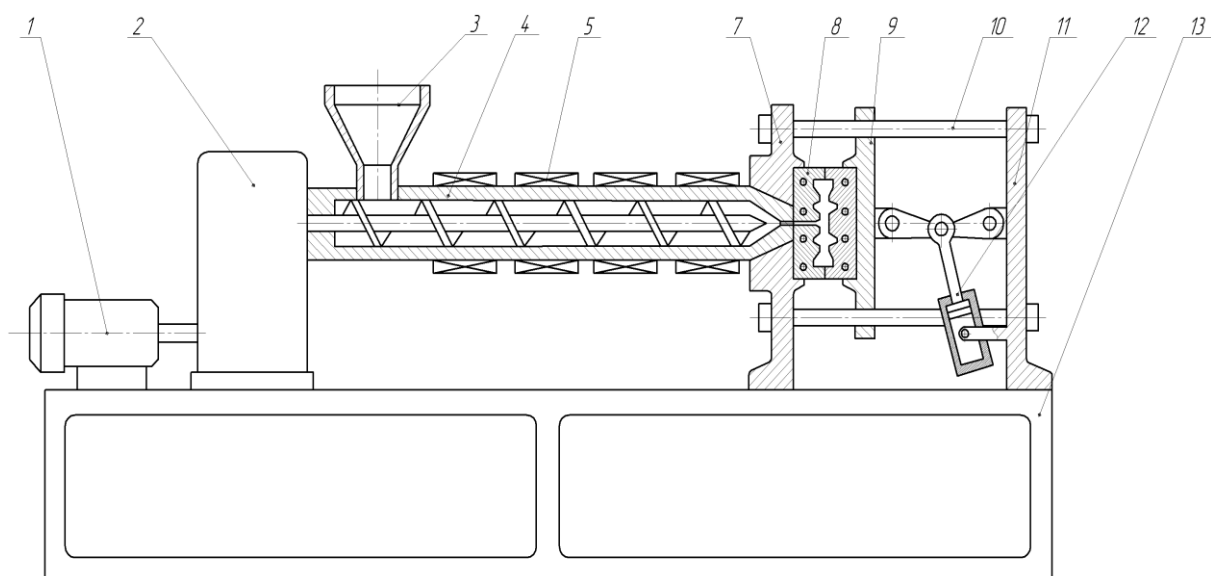
$$Q_n = 122 \text{ см}^3;$$

$$P_n = 900 \text{ кН};$$

$$W_n = 105 \text{ см}^3/\text{с}.$$

Схема термопластавтомата Siger Classic 90S (A) показана на рисунке 3.1, а его технические характеристики представлены в таблице 3.1.

Термопластавтомат работает по следующему принципу. Полипропилен в виде порошка засыпается в загрузочный бункер 3, затем продавливается в цилиндр 4 литьевой машины, нагревается с помощью нагревательных элементов 5 и перемешивается шнеком (червяком) 6 до однородного состояния. Причем однородность характеризуется не только составом полипропилена, но и его хорошей пластикацией. Пластикация материала считается достаточной, если в каждой его точке температура и давление



1 – ЭД; 2 – редукционная передача; 3 – бункер для загрузки материала; 4 – цилиндр; 5 – нагреватели; 6 – червяк; 7, 11 – плиты неподвижные; 8 – пресс-форма; 9 – плита подвижная; 10 – направляющие колонки; 12 – привод подвижной плиты; 13 – корпус

Рисунок 3.1 – Термопластавтомат Siger Classic 90S (A)

Таблица 3.1 – Технические характеристики термопластавтомата Siger Classic 90S (A)

Техническая характеристика	Значение
Номинальный объем отливки, см ³	122
Давление в цилиндре ТПА, МПа	236
Номинальная объемная скорость впрыска, см ³ /с	105
Номинальное усилие смыкания пресс-формы, кН	900
Высота пресс-формы, мм:	
максимальная	280
минимальная	130
Максимальное расстояние между плитами полуформ, мм	690
Ход плиты, мм	330
Максимальный ход толкателей, мм	100
Расстояние между колонками, мм:	
по ширине	360
по высоте	360

будут одинаковыми. Только в этом случае можно получить деталь с минимальными остаточными напряжениями по сечению, а, следовательно, без поверхностных дефектов и дефектов, проявляющихся в процессе эксплуатации изделия.

К замкнутой пресс-форме 8 подводится сопло термопластавтомата. Червяк вращается с помощью электродвигателя 1 через редукционную передачу 2 и впрыскивает необходимое дозированное количество материала в пресс-форму. В пресс-форме предусмотрена система охлаждения, с помощью которой расплав, поступив в форму, сразу начинает охлаждаться и сжиматься. После охлаждения изделий до необходимой температуры начинается размыкание полуформ с помощью гидромеханического привода 12. Подвижная плита 9 движется по направляющим колонкам 10 и пресс-форма раскрывается. При этом изделия вместе с застывшими литниками удаляются напровал через разъем формы.

3.2 Кинематика ТПА

Термопластавтоматы полностью автоматизированы на протяжении всего цикла литья. За автоматизацию процесса отвечают такие узлы, как: система перемещения плит, системы удаления изделий, система центрирования полуформ, система подвода сопла к пресс-форме. Работа пресс-форма должна полностью исключать ручные приемы.

Кинематический расчет средств автоматизации в данной работе заключался в определении диаметра гидроцилиндра, обеспечивающего перемещение сопла машины к пресс-форме, а также диаметров гидроцилиндров, осуществляющих перемещение шнека и подачу материала в форму.

Диаметр гидроцилиндров считаем по формуле: исходя из давления

$p = 0,4 \text{ МПа}$:

$$P_0 = \frac{P}{F}, \quad (3.1)$$

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

P_0 - усилие смыкания полуформ расчетное, $P_0 = 138 \text{ кН}$.

$$\text{Следовательно: } d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4p}{P_0 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,4 \cdot 10^6}{138 \cdot 10^3 \cdot \pi}} = 1,92 \text{ м} = 1920 \text{ мм}.$$

Усилие, которое необходимо для перемещения сопла машины к пресс-форме, определяется по формуле:

$$P_{\text{расч}} = F_c \cdot p, \quad (3.2)$$

где F_c - площадь контакта сопла с пресс-формой:

$$F_c = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} \quad (3.3)$$

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

Площадь контакта:

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

Тогда расчетное усилие определяется следующим образом:

$$P_{\text{расч}} = 0,0079 \cdot 0,4 \cdot 10^6 = 3,16 \text{ кН}.$$

Из условия, что:

$$P_{\text{расч}} = p \cdot 2 \cdot F_{\text{ц}}, \quad (3.4)$$

где $F_{\text{ц}}$ - площадь поперечного сечения цилиндров, $F_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ц}}^2}{4}$,

находим диаметр цилиндров:

$$d = \sqrt{\frac{4F_{\text{ц}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4P_{\text{расч}}}{2 \cdot p \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,16 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,4 \cdot 10^3 \cdot \pi}} = 2,243 \text{ м}.$$

Из условия, что допустимое напряжение, находится по формуле:

$$[\sigma] = P_{\text{расч}} \cdot 2 \cdot F_{\text{ш}}, \quad (3.5)$$

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

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

находим диаметр штока в цилиндре:

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

Такой диаметр может выдержать расчетное давление, но нерационален по конструктивным соображениям, поэтому диаметр штока принимаем равным 6 мм.

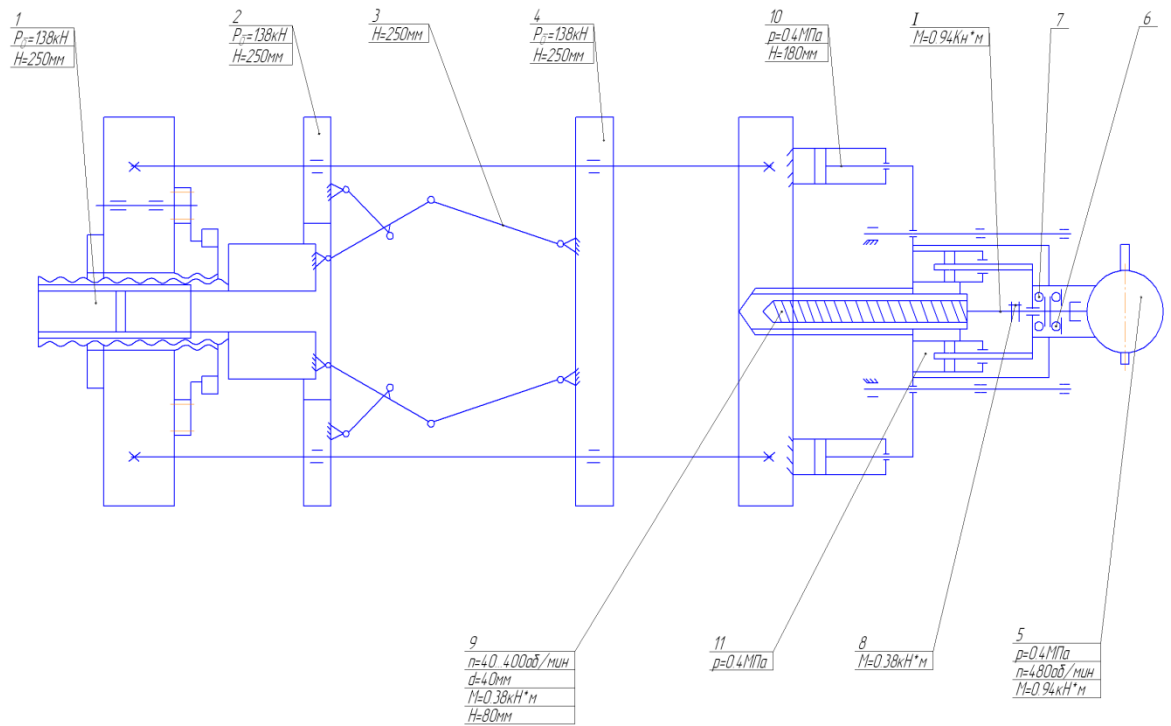
Определяем площадь поперечного сечения кольца гидроцилиндра по формуле:

$$F_k = \frac{\pi(d_u^2 - d_w^2)}{4} = \frac{\pi(2,243^2 - 0,006^2)}{4} = 4 \text{ м}^2.$$

Кинематическая схема ТПА представлена на рисунке 3.2.

Гидромотор 5 передает вращение валу I, который установлен в подшипниках качения 6 и 7. При достижении необходимого количества оборотов муфта 8 зацепляет вал со шнеком (червяком) 9. Перемещение шнека вперед осуществляется посредством гидравлических цилиндров 10, 11. Так происходит подача расплава в пресс-форму.

Смыкание пресс-формы происходит с помощью рычажной системы 3.



I – вал; 1 – гидроцилиндр; 2 – промежуточная плита; 3 – система рычагов;
 4 – плита подфизная; 5 – гидромотор; 6, 7 – подшипники качения; 8 – муфта-
 тормоз; 9 – червяк; 10, 11 – гидравлические цилиндры

Рисунок 3.2 – Кинематическая схема ТПА

4 Расчет и проектирование пресс-формы

4.1 Структура и работа пресс-формы

Пресс-форму условно можно разделить на несколько систем по функциональному назначению: система перемещения деталей в пресс-форме, система оформляющих деталей, система удаления изделий из формы, система охлаждения, система газоотведения (вентилирования), система центрирования, система установки и крепления на термопластавтомате и система литья.

Расплав полимера поступает в пресс-форму, оформляется в изделие, охлаждается и затем, в виде готового изделия извлекается из нее. Следовательно, качество отливаемых изделий напрямую зависит от того, насколько правильно рассчитаны и спроектированы все системы пресс-формы.

Разрез пресс-формы для изготовления изделия «Крепление обивки двери передней» представлена на рисунке 4.1

Данная пресс-форма состоит из подвижной и неподвижной полуформ. Конструкция неподвижной полуформы включает в себя следующие детали: неподвижное основание 1, плита пуансонов 2, вставки пуансонов 9 и 10, знаки 11, литниковая втулка 13, упоры 18, кольца 40-42, направляющие колонки 32. В подвижной полуформе расположены: основание подвижное 7, хвостовик 8, ограничители 19, плита матриц 3, знаки 20, плита толкателей 5, выталкиватели 15, выталкиватель литника 16 и втулки центрирующие 31.

Перед началом цикла пресс-форма сомкнута. Через литниковую втулку 13 расплав из сопла литьевой машины поступает в пресс-форму, течет по литниковым каналам и попадает в оформляющие полости, в которых оформляется изделия и застывает. После того как охлаждение изделия достигнет определенной температуры, при которой оно может извлекаться без поверхностных дефектов, начинается размыкание полуформ. Подвижное основание 7 увлекает за собой плиту матриц 3 посредством винтов 29 и

A-A

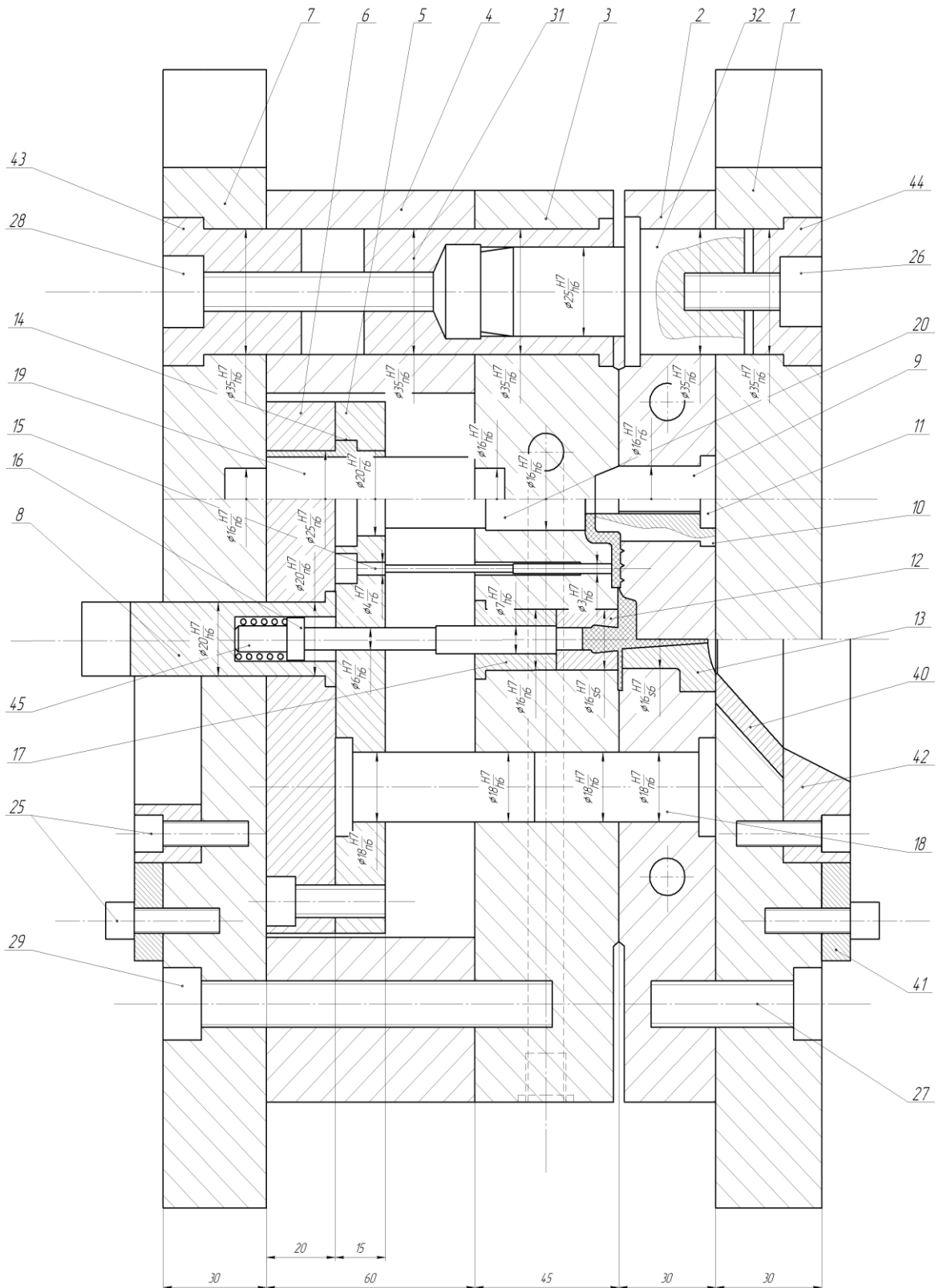


Рисунок 4.1 – Конструкция пресс-формы для изготовления изделия «Крепление обивки двери передней» (разрез А-А)

соответственно брус 4. В это время блок, состоящей из промежуточной плиты 6 и плиты толкателей 5, остается неподвижным. Выталкиватели 15 удерживают изделия на пуансонах до тех пор, пока плита матриц 3 не начнет увлекать за собой плиту толкателей 5. Свободные изделия с литниками удаляются напровал в разъем между полуформами в приемную тару.

4.2 Расчеты на прочность и выбор соответствующего материала деталей пресс-формы

Основные требования, предъявляемой к пресс-форме – это:

- ✓ надежность,
- ✓ простота конструкции,
- ✓ долговечность.

Надежность и долговечность пресс-формы во многом зависят от того, насколько правильно подобран материал, из которого изготовлены ее детали. Чтобы рационально выбрать материал деталей, необходимо предварительно провести их расчет на прочность. Для этого необходимо понимать, какие нагрузки будут испытывать эти детали в процессе эксплуатации пресс-формы, необходимо учесть некоторые экономические показатели, конфигурацию и размеры будущего изделия, требования к качеству поверхности и пр. Также на износостойкость пресс-формы влияет качество механической и термической обработки ее деталей.

Для самых ответственных оформляющих деталей пресс-формы – матриц и пуансонов назначают марку материала - сталь 4X5МФС с твердостью 50HRC. Для менее ответственных, с экономической точки зрения - сталь 40X с твердостью 60HRC.

В данной работе произведен расчет выталкивателей на прочность и на сжатие.

Расчет на прочность:

Рассчитаем максимально усилие P_{\max} и сравним его с усилием от давления впрыска P_q и усилием размыкания $P_{\text{разм}}$

P_q находим по формуле:

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

где q - давление материала в оформляющей полости, $q=32$ МПа;

F - площадь сечения выталкивателей:

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

Следовательно, усилие от давления впрыска определится, как:

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

$P_{\text{разм}}$ действует на выталкиватели с опорной стороны и принимается равным 10 % от номинального усилия ТПА:

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

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

$$P_q < P_{\text{разм}}$$

В итоге:

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

Расчет на сжатие.

Допускаемое напряжения сжатия материала выталкивателей находится по формуле:

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

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

Следовательно:

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

что меньше допускаемого, следовательно, условие сжатия выполняется.

4.3 Расчет систем пресс-формы

4.3.1 Система литья

Система литья играет огромную роль в работе пресс-формы. От ее правильного проектирования, расчета и выбора расположения литниковых каналов зависит качество отливаемых в форме изделий. Назначение системы – передача расплава из литейной машины в оформляющие гнезда формы. Система литья включает три вида каналов: центральный литниковый канал, разводящие каналы и каналы-питатели (впускные каналы). Каждый канал имеет свою специфику расчета, так как имеет свое назначение в цикле литья.

Центральный литник предназначен для впрыска расплава в форму. Далее полимер растекается в оформляющие полости по разводящим каналам и непосредственно в гнезда поступает через каналы-питатели.

Каналы необходимо проектировать так, чтобы в процессе растекания материала в форме потери температуры и давления были минимальными. В противном случае изделие будет охлаждаться неравномерно, в нем будут сосредотачиваться остаточные напряжения, которые впоследствии приведут к растрескиванию изделия при эксплуатации. Недостаточное давление может стать причиной недоливов изделий или появления на поверхности изделий впадин и углублений. Неравномерная усадка может также привести к короблению детали после извлечения его из формы.

Расчет литниковой втулки, чертеж которой представлен на рисунке 4.2.

Диаметр на входе во втулку рассчитывается по формуле:

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

где Q_0 – объем отливки, рассчитанный в п.2, ($см^3$);

v – средняя по сечению скорость течения полимера во, $\left(\frac{см}{с}\right)$ [13, табл.6];

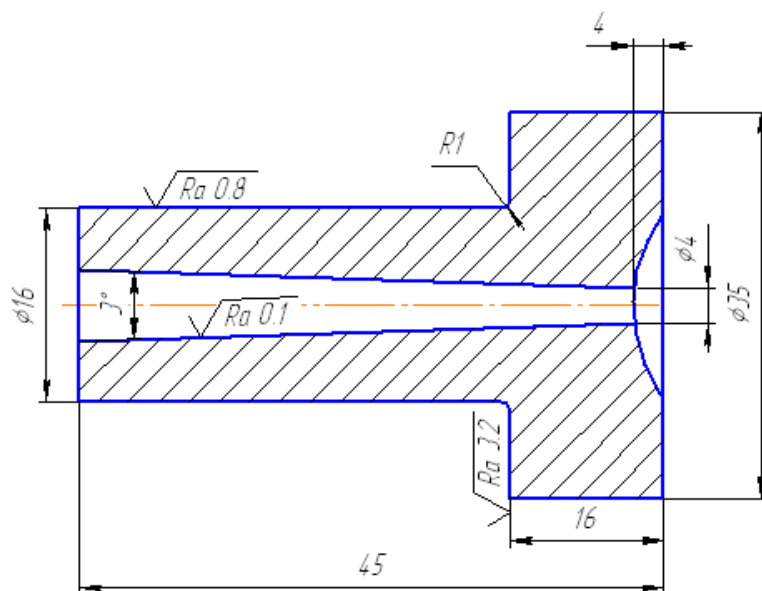


Рисунок 4.2 – Литниковая втулка

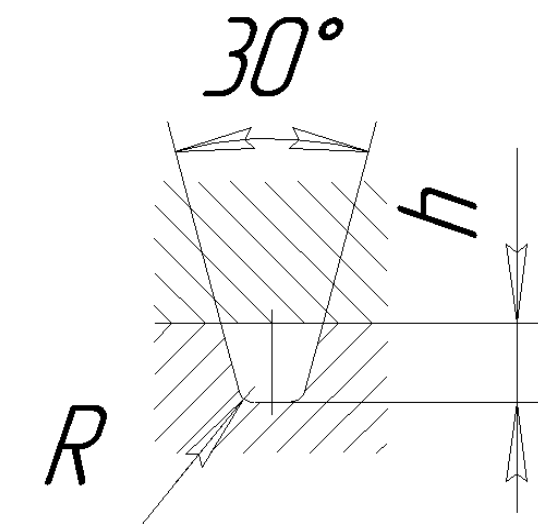


Рисунок 4.3 – Сечение разводящих каналов

$$v = 450 \left(\frac{cm}{c} \right);$$

τ – время впрыска полмера, (с); $\tau = 2(c)$ [13, табл.6].

Тогда диаметр на входе во втулку:

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

В зависимости от рассчитанного диаметра d_1 выбираем диаметр d_2 на выходе из втулке, а также ее максимальную длину L :

$$d_1 = 4 \text{ мм};$$

$$d_2 = 6,9 \text{ мм};$$

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

$$L = 45 \text{ мм} [13, \text{табл.7}].$$

Литниковые втулки стандартизованы. Для нашей пресс-формы подбираем втулку по ГОСТ 22077-76: Втулка №0602-0472 [4, табл.25].

Расчет разводящих каналов, сечение которых представлено на рисунке 4.3. В данной работе проектируются трапециевидальные разводящие каналы, так как они наиболее рационально доставляют расплав от центрального литника до оформляющих гнезд с минимальными потерями температуры и давления.

Высота канала определяется по формуле:

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

где d_s – диаметр эквивалентного некруглого сечения, $d_s = 4 \text{ мм}$ при $m = 9 \text{ г}$ и $L = 70 \text{ мм}$;

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

Следовательно, имеем:

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

Расчет каналов-питателей.

Для расчета диаметров впускных каналов необходимо определить характеристический размер изделия, который зависит от площади его поверхности:

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

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

Следовательно:

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

Для полученного характеристического размера диаметр впускного канала:

$$d_g = 1,9 \text{ мм}, \text{ а длина канала } l = 1 \text{ мм}.$$

Так как в пресс-форме проектируется рядная литниковая система, необходимо провести балансировку впускных каналов, назначение которой состоит в создании условий для одновременного заполнения всех гнезд расплавом и одновременное начало и конец их охлаждения. Для выполнения этого условия необходимо, чтоб каналы, наиболее удаленные от центрального литника, имели больший диаметр по сравнению с каналами, расположенными ближе к центру.

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 каналов-питателей, мм;

L_1, L_2, L_3, \dots - расстояние от центрального литникового канала до каналов соответственно d_1, d_2, d_3, \dots ;

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

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

$$d_1 = d_g = 1,9 \text{ мм};$$

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

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

4.3.2 Система вентиляции формы (газоотведения)

Система вентиляции формы предназначена для отвода воздуха и газов из пресс-формы. Расплав, поступающий в форму, имеет температуру, достигающую 300 – 400 °С. соприкасаясь с оставшимся в гнезде воздухом или газом, полимер может обуглиться, и на изделии появится дефект в виде темного пятна. Кроме того, воздух мешает полному заполнению оформляющей полости, создавая противодействие при литье, что может привести к таким дефектам, как недолив, бугристая поверхность и пр. Для предотвращения подобных дефектов в форме проектирует вентиляционные каналы. Причем каналы эти назначают в местах, наиболее от места впуска, так как именно туда расплав и гонит воздух.

При изготовлении тонкостенных изделий и при большой вязкости полимера газоотводящие каналы проектировать необязательно. Их роль могут играть зазоры между деталями пресс-формы. Однако в этом случае необходимо тщательно рассчитать усилие смыкания полуформ для исключения вытекания полимера из гнезда.

Расчет системы газоотведения сводится к расчету количества вентиляционных каналов на одном гнезде и их размеров.

Для того, чтобы посчитать суммарную ширину каналов на одном гнезде, необходимо рассчитать площадь сечения каналов по формуле:

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

где f – коэффициент, учитывающий время впрыска полимера в форму,

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

V_2 – объем одного оформляющего гнезда, [см³];

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

X_{cp} – средняя усадка полимера, % (для полипропилена $X_{cp} = 1,7\%$);

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

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

Следовательно, суммарная ширина каналов на одном гнезде:

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

где e – глубина вентиляционного канала, [мм].

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

Ширина одного вентиляционного канала:

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

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

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

Так как расчетная ширина получилась очень мала ($b < 2 \text{ мм}$), делаем вывод, что в нашем случае зазоров между матрицей и пуансоном, а также между матрицей и выталкивателями будет достаточно для того, чтобы лишний воздух вышел из формы.

4.3.3 Система охлаждения (термостатирования) пресс-формы

Назначение системы заключается в обеспечении быстрого и равномерного охлаждения изделия по всему сечению. Для этого необходимо регулировать температуру формы посредством хладагента, циркулирующего в охлаждающих каналах.

Медленное охлаждение может привести к большой усадке, так как процессы кристаллизации в этом случае происходят полнее. При быстром же

охлаждении наблюдается замораживание кристаллической структуры и, следовательно, усадка будет меньше. В результате же неравномерного охлаждения могут наблюдаться такие дефекты, как: коробление, анизотропия, усадочные раковины и пр.

Расчет системы термостатирования сводится к расчету диаметра и длины охлаждающих каналов, а также определению их оптимального расположения в деталях пресс-формы. Для определения диаметра каналов необходимо составить тепловой баланс цикла, который заключается в следующем: количество теплоты, которое расплав отдаст охлаждающей жидкости, должно быть равно количеству теплоты, которое хладагент заберет у расплава.

Количество теплоты, содержащееся в расплаве и которое расплав отдаст охлаждающей жидкости, определяется по формуле:

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

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

$$C_m = 1,92 \cdot 10^3 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}\right) [13, \text{табл.3}];$$

G_u – масса детали;

t_n – температура полимера в начале цикла, $^\circ\text{C}$;

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

t_{cp} – средняя по объему температура изделия после охлаждения и при извлечении его из формы, $^\circ\text{C}$, определяется из формулы:

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

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

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

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

Таким образом:

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

Количество теплоты, которое хладагент заберет у расплава.

определяется по формуле:

$$Q_X = C_X \cdot g_X (t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}}), \quad (4.13)$$

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

Для воды:

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

$(t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}})$ – разница между температурой хладагента на входе и на выходе из пресс-формы, в среднем $(3 \dots 4^\circ \text{C})$;

g_X – расход воды, (кг);

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

Тогда тепловой баланс цикла выглядит следующим образом:

$$Q_m = Q_X$$

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

Расход воды, проходящей через оформляющие детали пропорционален площадям их поверхностей.

Расход воды, проходящей через матрицу и пуансон:

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

где $F_{\text{общ}}$ – общая площадь поверхностей оформляющих деталей;

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

$$F_M = 0,00121 \text{ м}^2;$$

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

Диаметр охлаждающего канала определяется по формуле:

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

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

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

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

Для воды:

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

τ_u – время цикла литья, ($с$);

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

где $\tau_{зан}$ – время замыкания пресс-формы, ($с$);

$$\tau_{зан} = 3с;$$

$\tau_{впр}$ – время впрыска полимера в форму, ($с$);

$$\tau_{впр} = 2с;$$

$\tau_{разм}$ – время раскрытия пресс-формы, ($с$);

$$\tau_{разм} = 5с;$$

τ_n – время на обслуживание пресс-формы, ($с$);

$$\tau_n = 5с;$$

$$\tau_u = 3 + 2 + 22 + 5 + 5 = 37(с).$$

ω – скорость течения воды в каналах, $\left(\frac{м}{с}\right)$;

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

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

$$d_k^M = 1,13 \sqrt{0,000001} = 0,001 м.$$

По конструктивным соображениям принимаем диаметр охлаждающего канала: $d_k^M = 10 мм$, $d_k^n = 10 мм$.

Общая длина всех каналов охлаждения:

$$l_k \geq \frac{F_m}{\pi \cdot d_k} = \frac{0.00121}{3,14 \cdot 0,001} = 0,385 \text{ м.}$$

Проектируем каналы охлаждения в матрице глухие, с резьбовыми гнездами для штуцеров СТП 171-127-91 и пробок ГОСТ 12202-60.

4.3.4 Система удаления деталей из пресс-формы

Наиболее частые дефекты на поверхности изделий, изготовленных методом литья под давлением, являются дефекты, полученные при сталкивании изделий, когда последние еще не достигли окончательной температуры охлаждения. назначение системы состоит в обеспечении безопасного и беспрепятственного извлечения изделий и застывших литников из формы. Данные функции выполняют детали, составляющие выталкивающую систему пресс-формы – это плита толкателей, сами выталкиватели и привод, осуществляющий перемещение этих деталей.

В проектируемой пресс-форме используется

Эти функции выполняет механическая выталкивающая система, используя возвратно – поступательное передвижение подвижной части формы. Для удаления и сталкивания изделий применяются 24 выталкивателя диаметром 3 мм.

Расчет системы удаления сводится к расчету усилия сталкивания, безопасного для изделия, но достаточного для удаления, которое определяется по формуле:

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

где d - диаметр одного выталкивателя, м;

a - толщина детали под выталкивателем, м;

m - количество выталкивателей, м;

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

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

$$[\sigma] = 32 \text{ МПа} \quad \cdot$$

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

Усилие размыкания формы составляет 10% от расчетного усилия:

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

Усилие сталкивания не должно превышать усилие размыкания полуформ. Согласно расчетам: $14 \text{ кН} < 81,7 \text{ кН}$. Следовательно, условие выполняется.

4.4 Определение давления в полости и соответствующей ему толщины оформляющих деталей

При литье под давлением полимер впрыскивается в пресс-форму под давлением. Когда оформляющие гнезда и литниковые каналы уже заполнены, поступление расплава в форму не прекращается. Под нарастающим давлением происходит досылка в полости дополнительных порций материала для восполнения уменьшающегося объема вследствие охлаждения и уплотнения отливки. Большое давление горячего полимера может привести к деформации оформляющих деталей, если у них недостаточная толщина стенок. Для определения толщин оформляющих деталей нашей пресс-формы, которые выдержат максимальное давление литья, воспользуемся формулой для прямоугольной матрицы:

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

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

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

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

$$a = 0,01 \text{ м}$$

где $[\sigma]$ – предел прочности материала матрицы, $[\sigma] = 300 \text{ МПа}$ – для легированных и термообработанных сталей;

P_{max} – максимальное давление литья в оформляющей полости, (МПа).

4.5 Определение размеров матрицы и пуансона

Размеры оформляющего гнезда всегда отличаются от размеров детали на чертеже. Объясняется это уплотнением отливки в результате охлаждения. Следовательно, размеры матрицы и пуансона должны отличаться от размеров самой детали на величину усадки, которая в свою очередь зависит от марки материала. Для элементов, которые оформляют наружные поверхности изделия, а именно матриц, исполнительные размеры определяются по формулам:

$$L_{.M} = \left[L \left(1 + \frac{X_{cp}}{100} \right) - \Delta_{узн} \right]^{+\Delta_{узк}} ; H_{.M} = \left[H \left(1 + \frac{X_{cp}}{100} \right) - \Delta_{узн} \right]^{+\Delta_{узк}} .$$

L, H – наибольшие размеры детали, (мм); $L = 55 \text{ мм}, H = 22 \text{ мм}$;

$\Delta_{узн}$ – допуск на износ матрицы за время эксплуатации пресс-формы, (мм);

$\Delta_{узк}$ – допуск на изготовление матрицы.

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

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

Для элементов, которые оформляют внутренние поверхности изделия, а именно пуансонов, исполнительные размеры определяются по формулам:

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

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

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

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

5 Безопасность и экологичность технологии изготовления детали

5.1 Описание рабочего места, оборудования и выполняемых технологических операций

Изготовление детали осуществляется на термопластавтомате Siger Classic 90S (A) в двенадцатигнездной пресс-форме методом литья под давлением. Обслуживание и программное управление термопластавтоматом осуществляется литейщиком.

Участок, на котором проводится литье под давлением, занимает площадь 1338,8м² и огражден по всему периметру остекленной перегородкой и представлен на рисунке 5.1. Термопластавтомат Siger Classic 90S (A) расположен от остекленной перегородки на расстоянии 1,5м. Рабочее место оснащено устройством подачи технической холодной воды для охлаждения рабочих частей пресс-формы с отводом в канализацию и устройством подачи сжатого воздуха, давлением 6 атмосфер, электрическим шкафом и местным вентиляционным отсосом.

Операция литья под давлением осуществляется в автоматическом режиме, под контролем оператора (литейщика). Регулирование режимов цикла, замена изношенных рабочих частей и ремонт литьевой формы осуществляет также оператор (литейщик).

В верхнем правом углу схемы участка находится место отдыха, где рабочие могут находиться в свободное от работы время. В верхнем правом углу расположено место хранения материала для испытаний (пластмасса). Смеси затвердевших разнородных пластмасс хранятся в ящиках, предназначенных для отходов.

5.2 Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ) участка литья

При изготовлении детали «Крепление обивки двери передней» присутствуют следующие ОВПФ:

1. Так как процесс полностью автоматизированный, то, следовательно, имеют место присоединения к электрической сети 380В и 220В, что может вызывать поражение электрическим током.
2. Для функционирования термопластавтома (ТПА) необходим подвод сжатого воздуха. Работа оборудования и подвод сжатого воздуха создают шумы на рабочем месте. На данном участке имеется и другое оборудование, которое при работе также создают шумы.
3. При изготовлении изделий из пластмасс необходимо помнить, что при нагревании свыше 300°С пластические массы обладают повышенной токсичностью.
4. В процессе изготовления выделяются большое количество веществ, которое в соединениях с воздухом могут быть взрывоопасны.
5. Наличие в цехе электромостовых кранов и движущегося транспорта создают опасность получения травм. И при обслуживании пресс-форм (очистка формообразующей полости, бункерного устройства ТПА и цилиндра литьевой машины от остатков материала) также существует возможность получения травм.

Опасные и вредные факторы, а также виды работ, при которых они наблюдаются представлены в таблице 5.1.

5.3 Воздействие производственных факторов на организм работающих

1. Так как процесс литья полностью автоматизирован и на основном оборудовании присутствует большое количество электрических частей - это может вызвать поражение электрическим током и замыкание в теле человека.

Таблица 5.1 – Опасные и вредные производственные факторы участка литья

Наименование фактора	Виды работ, при выполнении которых встречается данный фактор
Электрооборудование	При включении и отключении электросети
Шумы и вибрации	При работе оборудования и подачи сжатого воздуха
Испарение токсичных газов	В процессе изготовления деталей
Пожаро- и взрывоопасные испарения и соединения	При выделении токсичных веществ
Движение (смыкание и размыкание) частей литьевой формы	При обслуживании пресс-формы и термопластавтомата; при передвижении по цеху от движущегося транспорта
Смазочно-охлаждающая жидкость	При обслуживании пресс-формы; при нагреве в процессе обработки

2. Смазка ЦИАТИМ-221 ГОСТ 9433-60, которая наносится на трущиеся поверхности деталей для плавного перемещения относительно друг друга.

Постоянный контакт рабочего со смазывающим веществом может вызвать раздражение кожи или дыхательных путей.

3. В процессе литья под давлением происходит нагрев термопласта до температуры плавления, сопровождающийся выделением вредных паров и газов. Токсические вещества попадают в человеческий организм через дыхательные пути и поверхность кожи, таким образом, могут вызвать раздражение кожи и травмирование дыхательных путей, а также привести к развитию серьезных заболеваний.

4. В местах большого скопления различных легковоспламеняемых материалов, промасленной ветоши есть риск возникновения пожаров.

5. При обслуживании пресс-формы формы может произойти травмирование рабочих, т. к. в процессе происходит движение полуформ (смыкание и размыкание).

6. Шумы и вибрация, возникающие при работе термопластавтомата также отрицательно сказываются на здоровье рабочих и могут привести со временем к профессиональным заболеваниям.

5.4 Общие требования безопасности при работе на участке литья

При обслуживании ТПА должны быть выполнены следующие обязательные указания по технике безопасности:

1. Не приступать к работе без предварительного ознакомления с руководством по эксплуатации ТПА.
2. К наладке и работе на литейной машине допускается литейщик пластмасс, имеющий квалификацию в соответствии с “Единым тарифно-квалификационным справочником”.

Категорически запрещается:

- приступать к работе без заземления электрического шкафа, шкафа терморегулирования, системы управления и машины;
- работать при неисправных сигнальных устройствах, а также при отсутствии стекла в подвижном ограждении;
- открывать дверь подвижного ограждения во время выполнения цикла машины и работать с открытой дверью;
- извлекать изделия из пресс-формы рукой;
- оставлять работающую машину без надзора;
- оставлять машину после окончания смены, не отключив ее от электросети и не закрыв краны водяного охлаждения;
- рабочее место у машины не должно быть скользким и загроможденным.

Для защиты от воздействия химических производственных факторов применяются средства индивидуальной защиты. Перед началом смазки подвижных частей необходимо надеть перчатки и респиратор.

Для снижения уровня токсичности на рабочих местах применяют устройство местного вентиляционного отсоса и герметизацию оборудования. Необходимо постоянно следить за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны и за работой общей вентиляционной системы.

5.5 Инструкция литейщика пластмасс

Инструкция содержит основные требования, обеспечивающие безопасную работу литейщиков пластмасс на ТПА. Литейщик пластмасс должен строго руководствоваться данной инструкцией и соблюдать правила техники безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности.

Требования:

1. К работе в качестве литейщика пластмасс допускаются лица, не моложе 18 лет, прошедшие предварительный и периодический медицинский осмотр, а также аттестацию по электробезопасности на 1-ю группу, обучение согласно утвержденной программе с последующей аттестацией на знание:
 - а) технологического процесса изготовления деталей и требований технологических инструкций;
 - б) правил пожарной безопасности;
 - в) правила пользования средствами индивидуальной защиты;
 - г) опасных и вредных производственных факторов, связанных с применением материала, характер их воздействия на организм человека;
 - д) правил оказания первой помощи;
 - е) правил личной гигиены.
2. Литейщик пластмасс, как работник вредного производства, для предупреждения профессиональных заболеваний должен не реже одного раза в год проходить медицинский осмотр.
3. Ежеквартально проходить инструктаж по технике безопасности с пометкой в личной карточке инструктажа.
4. Литейщик пластмасс обязан выполнять только ту работу, которые поручил мастер, при перемещении на новую работу получить дополнительный инструктаж по безопасному ее выполнению.
5. Содержать рабочее место в чистоте, не загромождать его в течение рабочего дня.
6. При движении по территории цеха, корпуса литейщик пластмасс обязан:

- а) быть внимательным к сигналам, подаваемым крановщиками электромостовых кранов и водителями движущегося транспорта и выполнять их;
- б) пользоваться только установленными проходами, не перебегать дорогу движущемуся транспорт, не подлезать под движущиеся трактовые транспортеры, не заходить без разрешения за ограждения;
- в) не находиться под поднятым грузом;
- г) не прикасаться к электрооборудованию, электропроводам, клеммам, не открывать дверцы электрошкафов, не наступать на концы оборванных проводов;
- д) руководствоваться инструкцией по безопасному движению пешеходов И37.101.7207.

6 Экономическое обоснование работы

6.1 Сравнительный анализ двух технологий изготовления детали

В данном пункте работы сравниваются две различных технологии изготовления детали «Крепление обивки двери передней». Экономическое обоснование заключается в доказательстве снижения себестоимости изготовления детали за счет внедрения новой технологии ее изготовления. Базовая технология представляет собой процесс изготовления четырех деталей толщиной 2,4 мм на термопластавтомате KuASY 100/125. По новой технологии предложено увеличить количество гнезд с четырех до двенадцати. Процесс изготовления детали по новой технологии предлагается осуществлять на термопластавтомате Siger Classic 90S (A). Эксплуатационные характеристики и цена термопластавтоматов представлены в таблице 6.1, эксплуатационные характеристики и цена пресс-форм в таблице 6.2.

Таблица 6.1 – Эксплуатационные характеристики и цена ТПА

ТПА	Норма времени		Мощность М _у , кВт	Площадь S _у , м ²	Цена Ц _{об} , руб.
	T _{шт} , мин.	T _{маш} , мин.			
KuASY 100/125	0,55	0,436	27	5,352	415000
Siger Classic 90S (A).	0,55	0,436	17	3,82	320000

Таблица 6.2 – Эксплуатационные характеристики и цена пресс-форм

Пресс-форма	Стойкость пресс-формы T _{и.шт} , циклов	Цена пресс-формы Ц _{шт} , руб.
Четырехгнездная	1200000	611516
Двенадцатигнездная	1200000	700635

6.2 Расчет затрат на изготовление пресс-форм

Для базовой технологии первоначальные затраты на материал составляют 4890р.

Транспортно-заготовительные расходы составляют 1,38% от затрат на материал – 67,48р. Для расчета зарплаты рабочим тарифную ставку необходимо умножить на норма/часы $C_T = 142,17 \text{ руб/час}$, $T_n / ч^B = 864 \text{ н/ч}$

ТЗР (баз) = 122835р.

На социальный налог считаем 36% от зарплаты рабочих: 44220,6р.

На содержание оборудования 214,9%: 263972р.

Цеховые расходы 142,9%: 175531р.

Итого, цеховая себестоимость изготовления пресс-формы для базовой технологии составляет **611516р.**

Аналогично, считаем себестоимость для изготовления пресс-формы новой по предлагаемой технологии.

Затраты на материал составляют 5543р.

Транспортно-заготовительные расходы: 76,49р.

Социальный налог: 50669,4р.

На содержание оборудования: 302468,1р.

Цеховые расходы: 201129,3р.

Итого: **700635р.**

6.3 Расчет капитальных вложений

Расчет капитальных вложений, включающий расчет затрат на литьевые машины, пресс-формы и занимаемые производственные площади, представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Расчет капитальных вложений

Наименование	Расчет	Значение, руб.	
		Базовая	Предлаг.
Капитальные вложения в литьевые машины	$K_{ОБ} = n_{ОБ} \cdot Ц_{ОБ} \cdot K_3$ $K_{ОБ}^Б = 1 \cdot 415000 \cdot 0,7 = 290500$ $K_{ОБ}^{ПР} = 1 \cdot 320000 \cdot 0,7 = 224000$	290500	224000
Дополнительные вложения, руб.:			
Затраты на доставку и монтаж литьевых машин	$K_M = K_{ОБ} \cdot K_{МОНТ}$ $K_M^Б = 290500 \cdot 0,25 = 72625$ $K_M^{ПР} = 224000 \cdot 0,25 = 56000$	72625	56000
Затраты на пресс-формы	$K_{И} = Ц_{ИТТ} \cdot n_{ИТТ}$ $K_{И}^Б = 611516 \cdot 1 = 611516$ $K_{И}^{ПР} = 700635 \cdot 1 = 700635$	611516	700635
Затраты на занимаемую производственную площадь	$K_{ПЛ} = n_{ОБ} \cdot S_v \cdot Ц_{ПЛ} \cdot K_3$ $K_{ПЛ}^Б = 1 \cdot 5,352 \cdot 4500 \cdot 0,7 = 16859$ $K_{ПЛ}^{ПР} = 1 \cdot 3,82 \cdot 4500 \cdot 0,7 = 12033$	16859	12033
Всего:	$K_{СОП} = K_M + K_{И} + K_{ПЛ}$ $K_{СОП}^Б = 72625 + 611516 + 16859 = 701000$ $K_{СОП}^{ПР} = 56000 + 700635 + 12033 = 768668$	701000	768668
Общие капитальные вложения	$K_{ОБЩ} = K_{ОБ} + K_{СОП}$ $K_{ОБЩ}^Б = 290500 + 701000 = 991500$ $K_{ОБЩ}^{ПР} = 224000 + 768668 = 992668$	991500	992668
Удельные капитальные вложения, приходящиеся на единицу изделия руб.	$K_{уд} = \frac{K_{ОБЩ}}{N_{Г}}$ $K_{уд}^Б = \frac{991500}{350000} = 2,83$ $K_{уд}^{ПР} = \frac{992668}{350000} = 2,84$	2,83	2,84

6.4 Сравнительный анализ себестоимости изготовления детали

Для расчета себестоимости изготовления детали необходимо посчитать эффективный фонд времени работы термопластавтомата по формуле:

$$\Phi_{\text{Э}} = (D_p \cdot T_{\text{СМ}} - D_{\text{ПР}} \cdot T_{\text{СОК}}) \cdot C \cdot (1 - B),$$

где D_p – кол-во рабочих дней;

$T_{\text{СМ}}$ – продолжительность одной смены;

$D_{\text{ПР}}$ – кол-во праздничных дней;

$T_{\text{СОК}}$ – учет времени сокращенных предпраздничных дней;

C – кол-во смен;

B – коэффициент, учитывающий время на амортизацию.

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

Для предлагаемой технологии: $\Phi_{\text{Э.П.}} = \frac{\Phi_{\text{Э}} \cdot 48\%}{100} = \frac{3816 \cdot 48}{100} \approx 1832 \text{ час.}$

Таблица 6.4 – Расчет себестоимости изготовления детали

Наименование	Расчет	Значение, руб.	
		Базовая	Предлаг.
1	2	3	4
Затраты на материал, учитывая отход	$M = (M_3 \cdot C_M \cdot K_{ТЗ}) - (M_{\text{ОТХ}} \cdot C_{\text{ОТХ}})$ $M^B = (0,026 \cdot 63,4 \cdot 1,0133) - (0,011 \cdot 1,9) = 1,65$ $M^{\text{ПР}} = (0,055 \cdot 63,4 \cdot 1,0133) - (0,023 \cdot 1,9) = 3,49$	1,65	3,49
Заработная плата литейщиков	$Z_{\text{ПЛ}} = \frac{P_{\text{ОП}} \cdot C_T \cdot \Phi_{\text{Э.П.}} \cdot K_{\text{ЗПЛ}} \cdot K_3}{N_T}$ $Z_{\text{ПЛ}} = \frac{4 \cdot 34,84 \cdot 1832 \cdot 2,24 \cdot 0,7}{350000} = 1,14$	1,14	

Продолжение таблицы 6.4

1	2	3	4
Затраты на монтаж и ремонт литейной машины	$P_A = \frac{C_{ОБ} \cdot (1 - B_{р.}) \cdot H_A \cdot T_{шт} \cdot 1,3}{\Phi_{\text{э}} \cdot K_{ВН} \cdot 60 \cdot 100}$ $P_{A_0} = \frac{415000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,55 \cdot 1,3}{3816 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100} = 0,08$ $P_{A_{пр}} = \frac{320000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,55 \cdot 1,3}{3816 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100} = 0,06$	0,08	0,06
Затраты на электричество	$P_{\text{э}} = \frac{M_{\text{в}} \cdot T_{\text{маш}} \cdot K_{\text{од}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} \cdot C_{\text{э}}}{КПД \cdot 60}$ $P_{\text{э}}^B = \frac{27 \cdot 0,436 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3}{0,75 \cdot 60}$ $P_{\text{э}}^{пр} = \frac{17 \cdot 0,436 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3}{0,75 \cdot 60}$	0,36	0,23
Затраты на пресс-форму	$P_{\text{п}} = \frac{C_{\text{шт}} (1 - B_{р.п.})}{T_{\text{п.шт.}}}$ $P_{\text{п}}^B = \frac{611516 \cdot (1 - 0,55)}{1200000} = 0,23$ $P_{\text{п}}^{пр} = \frac{700635 \cdot (1 - 0,55)}{1200000} = 0,26$	0,23	0,26
Затраты на производственные площади	$P_{\text{пл}} = \frac{S_{\text{в}} \cdot n_{\text{об}} \cdot C_{\text{пл}} \cdot K_3}{N_{\text{г}}}$ $P_{\text{пл}}^B = \frac{5,352 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,7}{350000} = 0,05$ $P_{\text{пл}}^{пр} = \frac{3,82 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,7}{350000} = 0,03$	0,05	0,03
Заработная плата наладчика литейной машины	$З_{\text{нал}} = \frac{n_{\text{об}} \cdot C_{\text{т}} \cdot \Phi_{\text{э.н.}} \cdot K_{\text{зпл}} \cdot K_3}{n_{\text{обс}} \cdot N_{\text{г}}}$ $З_{\text{нал}}^B = \frac{1 \cdot 45 \cdot 1850 \cdot 2,24 \cdot 0,7}{6 \cdot 350000} = 0,06$	0,06	
Итого: технологическая себестоимость	$C_{\text{тех}} = M + З_{\text{пл}} + P_A + P_{\text{э}} + P_{\text{п}} + P_{\text{пл}} + З_{\text{нал}}$ $C_{\text{тех}} = 1,65 + 1,14 + 0,08 + 0,36 + 0,23 + 0,05 + 0,06 = 3,57$ $C_{\text{тех}} = 3,49 + 1,14 + 0,06 + 0,23 + 0,26 + 0,03 + 0,06 = 5,27$	3,57	5,27

Продолжение таблицы 6.4

1	2	3	4
Расходы по цеху	$P_{ЦЕХ} = 3_{ПЛ} \cdot K_{ЦЕХ}$ $P_{ЦЕХ} = 1,14 \cdot 1,5 = 1,71$	1,71	1,71
Итого: цеховая себестоимость	$C_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ}$ $C_{ЦЕХ}^Б = 1,71 + 3,57 = 5,28$ $C_{ЦЕХ}^{ПР} = 1,71 + 6,79 = 8,5$	5,28	6,98
Удельная себестоимость	$C_{ед.изд.} = C_{ЦЕХ} : n$ $C_{ед.изд.}^Б = 5,28 : 4 = 1,32$ $C_{ед.изд.}^{ПР} = 8,5 : 12 = 0,71$	1,32	0,58

Структура себестоимости изготовления детали по двум технологиям представлена в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Структура себестоимости

Затраты	Часть в руб.				Часть в %	
	Базовая		Предлаг.		Базовая	Предлаг
	[4]	[1]	[12]	[1]		
Материал	1,65	0,41	3,49	0,29	31	50
Заработная плата	1,2	0,3	1,2	0,1	23	17
Затраты на литьевую машину	0,08	0,02	0,06	0,01	2	1
Затраты на электричество	0,36	0,09	0,23	0,02	7	3
Затраты на перформу	0,23	0,06	0,26	0,02	4	4
Затраты на производственные площади	0,05	0,01	0,03	0,01	1	1
Расходы по цеху	1,71	0,43	1,71	0,13	32	24
Цеховая себестоимость	5,28	1,32	6,98	0,58	100	100

6.5 Экономическое обоснование эффективности предлагаемой технологии

Для доказательства экономической эффективности был проведен расчет срока окупаемости и годового эффекта от внедрения новой технологии изготовления детали «Крепление обивки двери передней». Расчеты занесены в таблицу 6.6.

Таблица 6.6 – Расчет экономической эффективности

Наименование показателя эффективности	Расчет	Значение, руб	
Годовая экономия	$\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПП}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (1,32 - 0,58) \cdot 350000$	259000	
Затраты и вложения	$3_{\text{ПП}} = C_{\text{ЦЕХ}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{ВД}}$ $3_{\text{ПП}}^{\text{Б}} = 1,32 + 0,33 \cdot 2,83 = 2,25$ $3_{\text{ПП}}^{\text{Б}} = 0,58 + 0,33 \cdot 2,84 = 1,52$	2,25	1,52
Срок окупаемости вложений, год	$T_{\text{ОК}} = \frac{K_{\text{ВВ}}}{\mathcal{E}_{\text{УГ}}}$ $T_{\text{ОК}} = \frac{700635}{259000} = 2,7 \approx 3$	3	
Годовой экономический эффект	$\mathcal{E}_{\Gamma} = (3_{\text{ПП}}^{\text{Б}} - 3_{\text{ПП}}^{\text{ПП}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\mathcal{E}_{\Gamma} = (2,25 - 1,52) \cdot 350000 =$ $= 255500$	255500	

Выводы по разделу: в результате внедрения новой технологии процесса изготовления детали «Крепление обивки двери передней» себестоимость изделия снизилась с 1,32 руб. до 0,58 руб., что составляет 0,74 рубля (56%). Снижение себестоимости изделия произошло за счет повышения производительности, а именно увеличения гнезд в пресс-форме с четырех до двенадцати.

Годовая экономия от снижения себестоимости на 0,74 руб. составила 259000 руб., а годового экономический эффект – 255500 рублей при сроке окупаемости пресс-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 Siger Classic 90S (A).

При разработке пресс-формы было выполнено следующее:

- расчет на прочность и выбор материала оформляющих деталей формы;
- расчет количества и местоположения литниковых и газоотводящих каналов;
- расчет сечения и длины охлаждающих каналов системы термостатирования, выбор хладагента;
- расчет на устойчивость и контактную прочность выталкивателей системы удаления;
- расчет давления материала, необходимого для оформления детали и предотвращения раскрытия формы;
- расчет исполнительных размеров матрицы и пуансонов.

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 четырех лет.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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. Бортников, В.Г. Теоретические основы и технология переработки пластических масс [Электронный ресурс] : учебник / В. Г. Бортников. - 3-е изд. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 480 с.
5. Видгоф, Н.Б. Основы конструирования литьевых форм для термопластов [Текст] / Н.Б. Видгоф. – М. : Машиностроение, 1979. – 264 с.
6. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие [Текст] / Л.Н. Горина. – Тольятти : ТГУ, 2016. – 22 с.
7. 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.
8. Казаков, С.И. Производство пресс-форм и штампов [Текст] / С.И. Казаков, А.А. Холмов. – Тольятти: Ника, 2004г. – 27 с.
9. 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.
10. Крыжановский, В.К. Производство изделий из полимерных материалов [Текст] / В.К. Крыжановский. – СПб. : Профессия, 2008. – 465 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. Сутягин, В. М. Общая химическая технология полимеров [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. М. Сутягин, А. А. Ляпков. - Изд. 3-е, испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 208 с.
 15. Сутягин, В. М. Основы проектирования и оборудование производств полимеров [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. М. Сутягин, А. А. Ляпков, В. Г. Бондалетов. - Изд. 3-е, испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 464 с.
 16. Фетисова, Т.С. Изготовление пластмассовых изделий: Учебно-метод. пособие к выполнению курсового проектирования [Текст] / Т.С. Фетисова. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 62 с.
 17. 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.
 18. 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.

19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Utracki, L.A. Pressure-volume-temperature dependencies of polystyrenes / L.A. Utracki // Polymer. – 2005. – V. 46. – P. 11548–11556.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Лист	Листов			
									Изм.	Лист	№ докум.
Справ. №	А1			Документация							
				18.БР.СОМДyРП.144.6100.000	Сборочный чертеж						
					Сборочные единицы						
			1	18.БР.СОМДyРП.144.6101.000	Электродвигатель	1					
			2	18.БР.СОМДyРП.144.6102.000	Редуктор	1					
			3	18.БР.СОМДyРП.144.6103.000	Загрузочное устройство	1					
			4	18.БР.СОМДyРП.144.6104.000	Цилиндр литьевой машины	1					
			5	18.БР.СОМДyРП.144.6105.000	Нагревательный элемент	4					
			6	18.БР.СОМДyРП.144.6106.000	Шнек	1					
			7	18.БР.СОМДyРП.144.6107.000	Неподвижная плита	1					
			8	18.БР.СОМДyРП.144.6108.000	Литьевая форма	1					
			9	18.БР.СОМДyРП.144.6109.000	Подвижная плита	1					
			10	18.БР.СОМДyРП.144.6110.000	Направляющая колонна	4					
	11	18.БР.СОМДyРП.144.6111.000	Неподвижная плита	1							
	12	18.БР.СОМДyРП.144.6112.000	Гидромеханический привод	1							
	13	18.БР.СОМДyРП.144.6113.000	Станина	1							
				18.БР.СОМДyРП.144.6100.000							
Изм. № подл.	Разраб.	Тимофеев А.С.			Комплекс оборудования термопластавтомат Siger Classic 90S (A)			Лит.	Лист	Листов	
	Проб.	Скрипачев А.В.									1
	Н.контр.	Виткалов В.Г.						ТГУ, ИМ, зр. МСП-1401			
Утв.	Ельцов В.В.			Формат А4							

Рисунок А.1 – Спецификация на термопластавтомат

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Формат	Этап	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дробл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	Изм.				
														Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
				Документация														
A1			18.БР.СОМДырП.144.61.08.000	Сборочный чертеж Пресс-форма для изготовления детали "Крепления обшивки двери передней"														
				Детали														
		1	18.БР.СОМДырП.144.61.08.001	Основание неподвижное			1											
		2	18.БР.СОМДырП.144.61.08.002	Плита пюансонов			1											
		3	18.БР.СОМДырП.144.61.08.003	Плита матриц			1											
		4	18.БР.СОМДырП.144.61.08.004	Брус			1											
		5	18.БР.СОМДырП.144.61.08.005	Плита толкателей			1											
		6	18.БР.СОМДырП.144.61.08.006	Плита промежуточная			1											
		7	18.БР.СОМДырП.144.61.08.007	Основание подвижное			1											
		8	18.БР.СОМДырП.144.61.08.008	Хвостовик			1											
		9	18.БР.СОМДырП.144.61.08.009	Вставка пюансона			12											
		10	18.БР.СОМДырП.144.61.08.010	Вставка пюансона			12											
		11	18.БР.СОМДырП.144.61.08.011	Знак			12											
		12	18.БР.СОМДырП.144.61.08.012	Вставка			1											
		13	18.БР.СОМДырП.144.61.08.013	Втулка литниковая			1											
		14	18.БР.СОМДырП.144.61.08.014	Втулка центрирующая			1											
		15	18.БР.СОМДырП.144.61.08.015	Выталкиватель			24											
		16	18.БР.СОМДырП.144.61.08.016	Выталкиватель литника			1											
		17	18.БР.СОМДырП.144.61.08.017	Втулка центральная			1											
		18	18.БР.СОМДырП.144.61.08.018	Упор			4											
		19	18.БР.СОМДырП.144.61.08.019	Ограничитель			4											
		20	18.БР.СОМДырП.144.61.08.020	Знак			12											
													18.БР.СОМДырП.144.61.08.000					
													Лит. Лист Листов					
													1 2					
													ТГУ, ИМ, гр. МСп-1401					
													Формат А4					
													Копировал					
													Пресс-форма для изготовления детали "Крепления обшивки двери передней" (разрез А-А)					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата														
Разраб.		Тимофеев А.С.																
Проб.		Скрипачев А.В.																
Т.контр.																		
Н.контр.		Виткалов В.Г.																
Утв.		Ельцов В.В.																

Рисунок Б.1 – Спецификация на пресс-форму (лист 1)

