

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой _____

СОМДиРП

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы

Студента Аскерова Гусейна Ровшан Оглы

по теме Технология изготовления изделия «Крышка бака топлива» и проектирование формы для его литья

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Анализ существующей технологии изготовления изделия.	04.03.2019	11.03.2019	Выполнено	
2. Новая технология изготовления изделия.	13.03.2019	15.03.2019	Выполнено	
3. Выбор оборудования для изготовления изделия методом литья.	20.03.2019	24.03.2019	Выполнено	
4. Проектирование формы для литья.	15.04.2019	22.04.2019	Выполнено	
5. Безопасность и экологичность технического объекта.	22.04.2019	26.04.2019	Выполнено	
6. Расчет экономических показателей технологии изготовления изделия.	06.05.2019	13.05.2019	Выполнено	
7. Разработка чертежей.	20.05.2019	24.05.2019	Выполнено	
8. Подготовка доклада и презентации.	02.06.2019	04.06.2019	Выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись)

П.Н. Шенбергер

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

Г.Р. Аскеров

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Бакалаврская работа посвящена разработке технологии изготовления изделия «Крышка бака топлива», а также разработке формы для его литья. В начале работы была проанализирована базовая технология изготовления изделия, выявлены недостатки и доказана ее неэффективность. Далее представлена новая технология, позволяющая устранить недостаток базовой. Рассчитаны технические параметры, а именно объем впрыска и усилие смыкания, для выбора оборудования – термопластавтомата Sound FTN 130(B).

Для проектирования литьевой формы был проведен ряд расчетов ее систем, а именно:

- литниковая система – расчет диаметров центрального, разводящего и впускных каналов, а также их длины по сечению формы, расположение и тип.

- система вентиляции – расчет размеров сечения вентиляционных каналов, их расположение и количество на одном гнезде;

- система охлаждения – выбор формы и расчет размеров охлаждающих каналов посредством выявления расхода хладагента за счет составления теплового баланса цикла литья;

- система удаления изделий из формы – расчет усилия сталкивания, определение количества толкателей на одном гнезде;

- система оформляющих деталей – расчет исполнительных размеров рабочих инструментов.

Доказана безопасность и экологичность разработанной технологии, а также приведено экономическое обоснование преимущества ее перед базовой технологией.

ABSTRACT

The bachelor's work "Cap of fuel tank" presents the technology of manufacturing the detail, 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 Sound FTN 130 (B) 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.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 Анализ существующей технологии изготовления изделия	10
1.1 Анализ изделия на технологичность.....	10
1.2 Анализ существующей технологии	12
1.3 Недостатки существующей технологии	13
1.4 Задачи выпускной квалификационной работы.....	14
2 Новая технология изготовления изделия	15
2.1 Схема предлагаемой технологии изготовления изделия	15
2.2 Расчет количества гнезд и объема впрыска расплава в форму	17
2.3 Расчет технических параметров оборудования	18
3 Выбор оборудования для изготовления изделия методом литья..	21
3.1 Выбор термопластавтомата и описание его основных технических характеристик	21
3.2 Кинематика работы оборудования.....	24
4 Проектирование формы для литья	29
4.1 Структура и принцип действия формы для литья.....	29
4.2 Расчеты на прочность и выбор марки материала деталей литьевой формы	34
4.3 Расчет количества и проектирование месторасположения деталей различных систем формы	37
4.3.1 Литниковая система.....	37
4.3.2 Система газоотводящих каналов.....	41
4.3.3 Система охлаждения.....	42
4.3.4 Система удаления изделий.....	45
4.4 Расчет толщины стенки рабочего инструмента.....	46
4.5 Расчет исполнительных размеров рабочих инструментов	47
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	49

6 Расчет экономических показателей технологии изготовления изделия	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	67
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	69

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития производства полимерных изделий особое внимание уделяется экономической эффективности процесса их изготовления. Соотношение цены и качества продукции особенно относится к производству деталей автомобилестроения. Во многом решение таких вопросов зависит от рационально спроектированного процесса изготовления изделий.

Существует несколько методов переработки полимеров в изделия, однако наиболее прогрессивным считается метод литья под давлением. Этот метод имеет ряд преимуществ перед другими, так как обеспечивает высокую точность размеров изделий, обеспечивает безупречное качество поверхности, позволяет изготовить несколько деталей за цикл, причем деталей сложной конфигурации, различной формы и цвета, с отверстиями, резьбой, арматурой и пр. Помимо этого, литьевые формы практически не испытывают фрикционных нагрузок при работе, вследствие малого количества трущихся поверхностей, что делает их достаточно долговечными и универсальными.

Особое внимание необходимо уделять не только технологичности самой детали, но и конструкции литьевой формы, даже небольшое изменение которой может значительно упростить процесс изготовления, сделать его технологичным, экономичным и производительным. При производстве полимерных изделий особое внимание необходимо уделять качеству их поверхности, так как именно по внешнему виду изделий определяют наличие в них определенных дефектов.

Несомненно, формы для литья должны быть безопасны, надежны и долговечны. Частичная или полная автоматизация их работы позволяет увеличить производительность, снизить количество обслуживающего персонала, что естественно отражается на себестоимости изготовления изделия.

Актуальность бакалаврской работы обусловлена повышенным спросом на конструкторов и инженеров-технологов в полимерной промышленности и, в частности, в области проектирования форм для литья. Безусловно, проектирование формующего инструмента – задача сложная, требующая командной работы и принятия компромиссных решений. Во многом на современном этапе помогают системы автоматизированного проектирования и программы, посвященные моделированию процессов литья с целью исключения появления дефектов еще на стадии проектирования.

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологии изготовления изделия «Крышка бака топлива», а также разработке формы для его литья.

Целью бакалаврской работы ставится: снизить себестоимость изготовления изделия «Крышка бака топлива» посредством экономии материала.

1 Анализ существующей технологии изготовления изделия

1.1 Анализ изделия на технологичность

Изделие считается технологичным, если его конструкция способствует легкой его формуемости и менее трудоемкому проектированию литейной формы для литья. Анализируя на технологичность изделия из пластмасс, необходимо учитывать и физико-механические свойства марки материала, и саму технологию изготовления, и условия, при которых изделия будут эксплуатироваться в дальнейшем.

Процесс изготовления изделия будет технологичным, если деталь получается с минимальной стоимостью, экономится материал, конструкция формы упрощенная, надежная и долговечная, сокращен цикл изготовления, а также если учтены все параметры процесса литья, влияющие и на заполнение формы, и на свойства получаемых изделий. В изделиях, получаемых методом литья под давлением, остаются разного рода напряжения, которые могут повлиять на поведение изделий при дальнейшей их эксплуатации, например, деталь может покоробить. Следовательно, при проектировании техпроцесса необходимо учесть и технологические свойства марки материала.

При рассмотрении пластмассовых изделий на технологичность, необходимо придерживаться следующих норм:

- 1) наличие технологических уклонов для облегчения удаления изделий из формы;
- 2) допуски должны соответствовать допускам именно на пластмассовые изделия, а не на металлические;
- 3) отсутствие поднутрений, мешающих извлечению изделий из формы;
- 4) отсутствие разъемных формующих деталей, которые влекут за собой проектирование двух и более плоскостей разъема в форме;

5) отсутствие острых углов, препятствующих полному заполнению формы и являющихся центром возникновения остаточных напряжений, что впоследствии приведет к растрескиванию изделия при эксплуатации;

6) наличие компактности без удлинённых консольных элементов, которые в процессе литья могут остаться незаполненными;

7) отсутствие разнотолщинности по сечению изделий, а также резких переходов по толщине, иначе на изделии образовывается спай;

8) арматура должна быть закреплена наиболее рациональным способом, чтобы исключить появления в полимере напряжений, связанных с упругими нагрузками;

9) наличие оптимального расположения литниковой системы, способствующей одновременному заполнению гнезд полимером в форме.

Таким образом, изделие должно быть компактным, иметь максимально упрощённую форму, закруглённые углы, технологические уклоны. В этом случае изделия получаются более точными нежели изделия более сложной конфигурации.

Существующая технология изготовления изделия представляет собой изготовление детали «Крышка бака топлива» из марки полимера: АБС-пластик. Чертеж изделия представлен на рисунке 1.1.

Анализ изделия «Крышка бака топлива» позволяет сделать следующие выводы:

- 1) крышка имеет достаточные для лёгкого съёма технологические уклоны в 1° ;
- 2) поднутрения на изделии в виде выступов и впадин отсутствуют;
- 3) в конструкции изделия присутствуют необходимые закругления и технологические уклоны, которые не только облегчают заполнение расплавом форму и беспрепятственное извлечение, но и улучшают внешний вид детали;
- 4) изделие имеет одинаковую толщину по сечению;
- 5) арматура на изделии отсутствует;

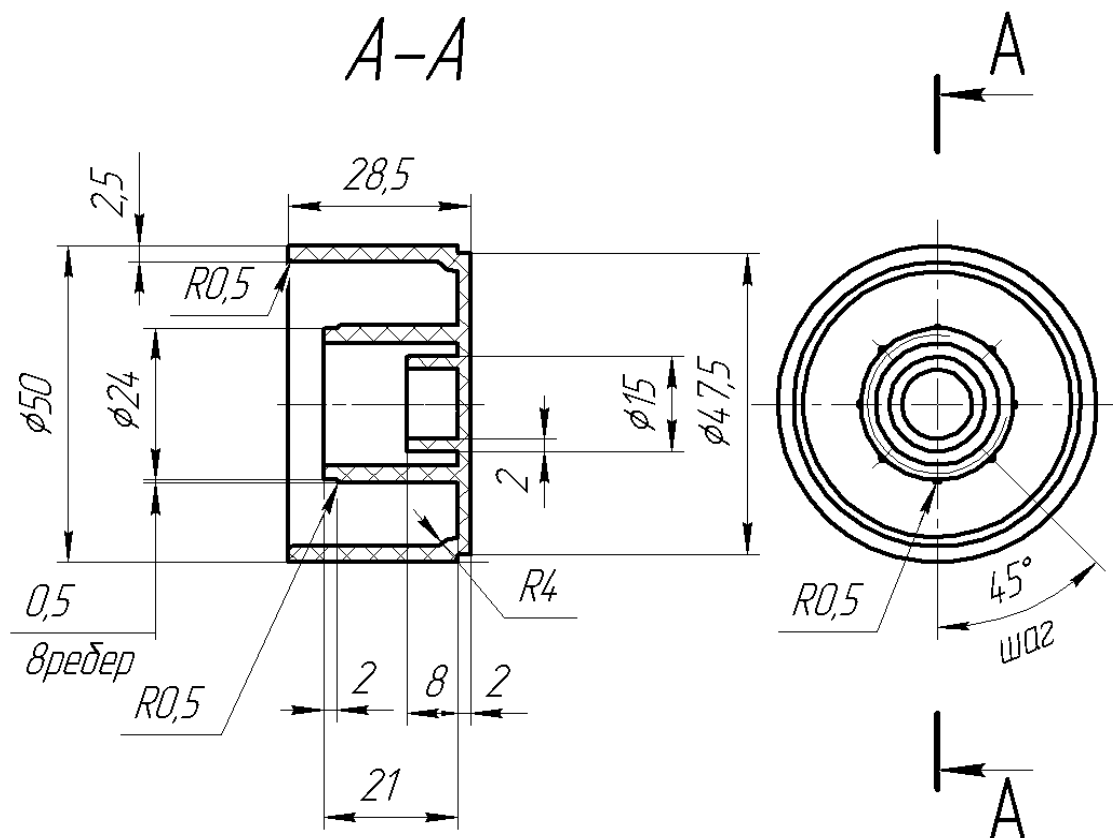


Рисунок 1.1 – Изделие «Крышка бака топлива»

- б) впрыск расплава предусмотрен в центр основания крышки;
- 7) материал АБС-пластик по своим технологическим свойствам удовлетворяет условиям эксплуатации изделия.

Таким образом можно сделать вывод, что рассматриваемое нами изделие «Крышка бака топлива» технологично.

1.2 Анализ существующей технологии

Существующая технология изготовления изделия «Крышка бака топлива» представляет собой литье полимера под давлением и представлена на рисунке 1.2. В качестве полимера используется материал АБС-пластик,

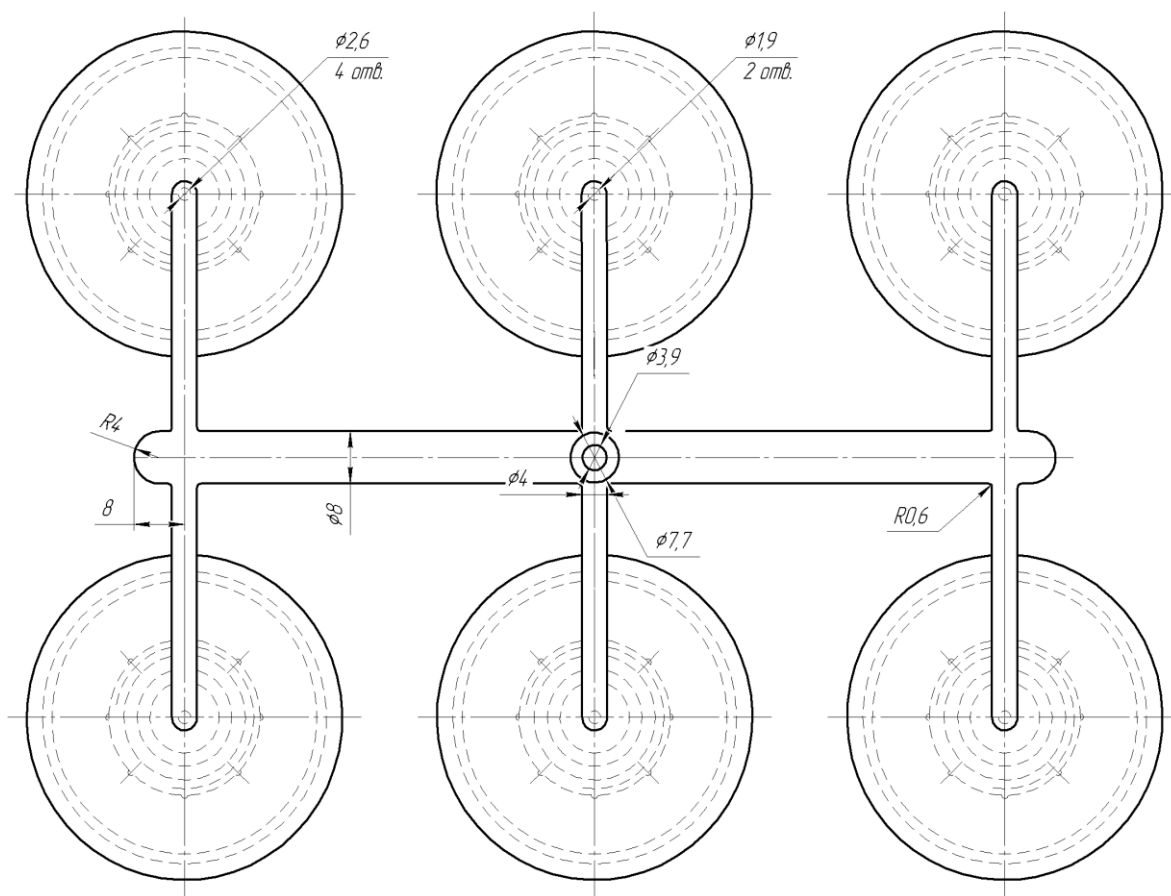


Рисунок 1.2 – Существующая технология изготовления изделия «Крышка бака топлива» (литниковая система в плане)

который по своим технологическим и реологическим свойствам вполне подходит для условий эксплуатации детали.

В качестве оборудования используется термопластавтомат марки Sound FTN 130 (B). Оборудование полностью автоматизировано. За один цикл изготовления выпускается 6 деталей, что делает процесс достаточно производительным.

1.3 Недостатки существующей технологии

Литье под давлением предусматривает изготовление изделий с толщиной от 0,3 мм до 4 мм. Однако, толщина 3-4 мм является для данного метода уже критической. При охлаждении изделия слои, прилегающие к

стенкам литевой формы, охлаждаются быстрее, чем внутренние слои. В результате на их границе образуются напряжения сдвига, которые впоследствии способствуют расслаиванию материала. Также в изделии образуются температурные напряжения: на внешнем слое напряжения сжатия, на внутреннем – напряжения растяжения, которые приведут к неравномерной усадке, особенно уже после извлечения изделий из формы.

В существующей технологии изготовления изделие имеет толщину 3 мм, что, по нашему мнению, неоправданно для литья под давлением. Условия эксплуатации изделия не предусматривают циклических нагрузок, которые требуют увеличения толщины.

На рисунке 1.2 представлена литниковая система существующей технологии. Это рядная литниковая система, которая не обеспечивает одновременного заполнения расплавом всех гнезд, а значит изделия получают с разными свойствами, так как в крайние гнезда расплав попадает уже с потерей давления и температуры.

1.4 Задачи выпускной квалификационной работы

Проанализировав существующую технологию изготовления изделия «Крышка бака топлива» и поставив цель снизить себестоимость изготовления изделия, были поставлены следующие задачи бакалаврской работы:

- 1) спроектировать новую технологию изготовления изделия;
- 2) подобрать термопластавтомат для литья изделия;
- 3) спроектировать форму для литья изделия;
- 4) проверить новую технологию на безопасность и экологичность;
- 5) рассчитать экономические показатели, доказывающие экономическую эффективность и снижение себестоимости изготовления изделия.

2 Новая технология изготовления изделия

2.1 Схема предлагаемой технологии изготовления изделия

Для устранения недостатка существующей технологии изготовления изделия предлагается новая технология, в которой рядная литниковая система заменяется круговой. Литниковая система в плане представлена на рисунке 2.1.

Такая схема литниковой системы позволяет расплаву попадать во все гнезда одновременно, а значит с одинаковой температурой и с одинаковым давлением. Все изделия в форме начинают и заканчивают охлаждаться также одновременно. Это позволяет получить детали с одинаковыми свойствами. Кроме этого круглый тип литниковой системы позволяет экономить материал, так как литниковые каналы значительно укорочены по сравнению с рядной литниковой системой.

Новая технология предлагает устранить и недостаток большой толщины изделия. Уменьшив толщину изделия с 3 мм до 2,5 мм можно не только сэкономить материал, но и получить качественное изделие с минимальными остаточными напряжениями по сечению детали. Тем более это отрицательно не влияет на прочность изделия. Наоборот, уменьшая температурные напряжения в изделии, можно исключить его растрескивание при дальнейшей эксплуатации.

Литье изделия под давлением происходит следующим образом. В начале цикла литьевая форма закрыта. К ней подводится сопло цилиндра термопластавтомата и происходит дозированный впрыск полимера в форму. Там расплав под давлением по литниковым каналам попадает в гнезда, оформляются изделия и происходит охлаждение. Причем охлаждение полимера происходит сразу после того как расплав начинает поступать в форму, так как система термостатирования спроектирована так, чтобы хладагент непрерывно циркулировал в форме и поддерживал ее

определенную температуру. Это уменьшает время цикла и делает процесс более производительным.

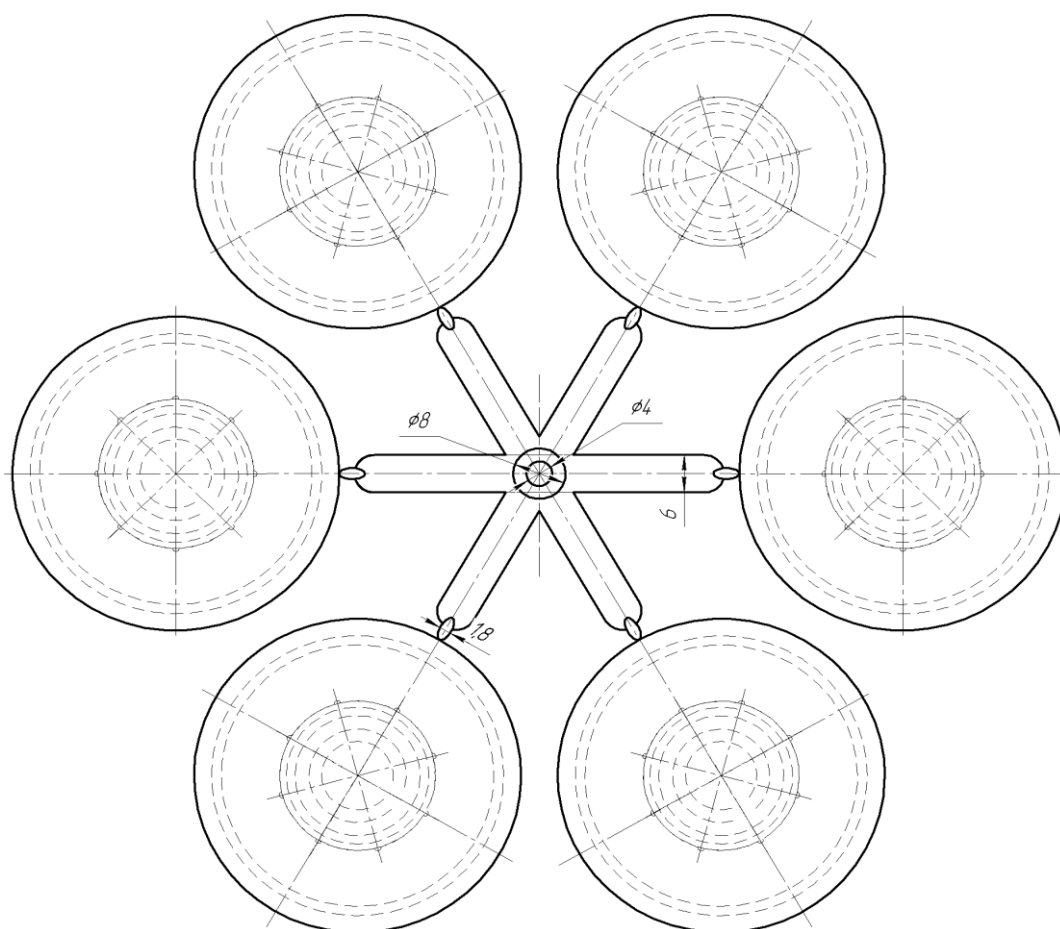


Рисунок 2.1 – Литниковая система предлагаемого технологического процесса

Когда все гнезда заполнены, поступление расплава в форму не прекращается. Так как любой полимер имеет усадку, то для того, чтобы объем при охлаждении уменьшался, а размеры изделия становились равными размерам, заданным на чертеже, необходимо досылать в полость дополнительные порции материала. И только когда полимер застывает в центральном литнике, сопло машины отводится.

Когда полимер приобретает температуру приблизительно равную температуре формы, последняя раскрывается и с помощью системы удаления изделия с литником извлекаются из формующего инструмента и удаляются на провал. Даже после извлечения изделий из формы, в них продолжают происходить процессы, связанные с остыванием материала, а именно происходит свободная усадка.

Свободной усадкой называется усадка, при которой уменьшаются размеры изделия и этому процессу не мешают стенки формующего инструмента. На этой стадии очень важным моментом является распределение ориентационных напряжений в изделии.

Известно, что усадка происходит в направлении ориентации молекул, поэтому так важно правильно выбрать место впуска полимера в гнездо. Правильный выбор место впуска обеспечивает фронтальное ламинарное течение материала в оформляющем гнезде, а значит по возможности одностороннюю ориентацию молекул. В противном случае свободная усадка будет происходить в различных направлениях и в результате изделие покоробит, т.е. искривит.

2.2 Расчет количества гнезд и объема впрыска расплава в форму

Выбор количества гнезд в форме первоначально определяется в зависимости от массы изделия, а затем уточняется расчетами.

Масса изделия $m = 0,019 \text{ кг}$. Следовательно, первоначально выбираем количество гнезд в форме $n_0 = 10$.

Однако, учитывая то, что новая технология не предусматривает смену оборудования, необходимо учитывать параметры плиты термопластавтомата, которая в свою очередь имеет размеры, не позволяющие разместить на ней такое количество гнезд. Учитывая это, принимаем количество гнезд $n_0 = 6$.

Объем впрыска расплава в форму определяется по формуле:

$$Q_0 = \frac{n_0 \cdot V_u \cdot k_1}{\beta_1}, \quad (2.1)$$

где $V_{изд}$ – объем изделия, $см^3$;

$k_1 = 1,1$ – коэффициент, добавляющий полимер на литники [10];

$\beta_1 = 0,7$ – коэффициент, показывающий возможности оборудования.

Объем отливки считаем, зная массу и плотность АБС-пластика, по формуле:

$$V_{изд} = \frac{m}{\rho}, \quad (2.2)$$

где ρ - плотность АБС-пластика, $\rho = 1100 \frac{кг}{м^3}$.

Тогда:

$$V_{изд} = \frac{0,018}{1100} = 0,000016 м^3 = 16 см^3.$$

Объем отливки для такого объема:

$$Q_0 = \frac{6 \cdot 16 \cdot 1,1}{0,7} \approx 150,9 см^3.$$

2.3 Расчет технических параметров оборудования

К техническим параметрам оборудования относятся производительность машины, скорость впрыска полимера в форму и усилие запаривания формы для литья.

Производительность термопластавтомата считаем по формуле:

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

где $\tau_{охл}$ – время охлаждения изделия, $с$, которое 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, показывающая скорость распространения температуры в расплаве, $\frac{M^2}{c}$ [10]; температуропроводность зависит от марки материала, для АБС-пластика $a = 1,3 \cdot 10^{-7} \frac{M^2}{c}$; $\delta = 0,0025 м$ – толщина изделия;

t_ϕ – поддерживаемая температура формы, $^{\circ}C$ [10]; для АБС-пластика $t_\phi = 70^{\circ}C$;

t_n – температура полимера при впрыске в форму, $^{\circ}C$ [10]; для АБС-пластика $t_n = 220^{\circ}C$;

t_k – конечная температура изделия при извлечении из формы
 $t_k = 25^{\circ}C + t_\phi$;

$$t_k = 25^{\circ}C + 70^{\circ}C = 95^{\circ}C.$$

Тогда:
$$\tau_{охл} = \frac{0,405}{1,3 \cdot 10^{-7}} \left(\frac{0,0025}{2} \right)^2 \cdot \left(\ln 1,27 - \ln \frac{95-70}{220-70} \right) \approx 10 \text{ с}.$$

Производительность машины при таком времени охлаждения:

$$A_0 = \frac{0,018 \cdot 6 \cdot 1,1}{10} \approx 0,012 \frac{кг}{с}.$$

Скорость впрыска полимера в форму определяем по формуле:

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

$$W_0 = \frac{0,012}{1100} = 10,9 \cdot 10^{-6} \frac{M^3}{с} = 11 \frac{см^3}{с}.$$

Усилие запираания формы для литья определяем по формуле:

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

где $q = 32 МПа$ – давление полимера в форме;

F_{np} – площадь проекции изделия на плоскость разъема формы, $м^2$, определяем по формуле круга:

$$F_{np} = \pi \cdot R^2, \quad (2.7)$$

$$F_{np} = 1963 \text{ мм}^2 = 1963 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2;$$

$k_2 = 1,11$ – коэффициент, добавляющий усилие от давления полимера в литниках;

$k_3 = 1,25 \dots 1,11$ – коэффициент, добавляющий усилие на смыкание плит формы;

Отсюда: $P_0 = 32 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 1963 \cdot 10^{-6} \cdot 1,11 \cdot 1,25 \approx 523 \text{ кН} .$

3 Выбор оборудования для изготовления изделия методом литья

3.1 Выбор термопластавтомата и описание его основных характеристик

Новая технология не предусматривает смены оборудования. Задача сводится лишь к тому, чтобы проверить, насколько параметры нового техпроцесса соответствуют параметрам термопластавтомата Sound FTN 130 (B).

Номинальный объем впрыска оборудования:

$$Q_n = 240 \text{ см}^3.$$

Рассчитанный объем впрыска по новой технологии:

$$Q_0 = \frac{6 \cdot 16 \cdot 1,1}{0,7} \approx 150,9 \text{ см}^3.$$

$$Q_0 < Q_n.$$

Термопластавтомат может впрыснуть больше рассчитанного значения объема впрыска, но меньше – нет. Следовательно, по объему впрыска оборудование подходит для новой технологии.

Проверяем по усилию заперения. Номинальное значение:

$$P_0 = 1300 \text{ кН}.$$

Рассчитанное в п.2:

$$P_0 = 523 \text{ кН}.$$

По усилию заперения термопластавтомат также подходит для новой технологии изготовления изделия.

Делаем вывод о том, что литье под давлением будем осуществлять на термопластавтомате Sound FTN 130 (B), схема которого представлена на рисунке 3.1.

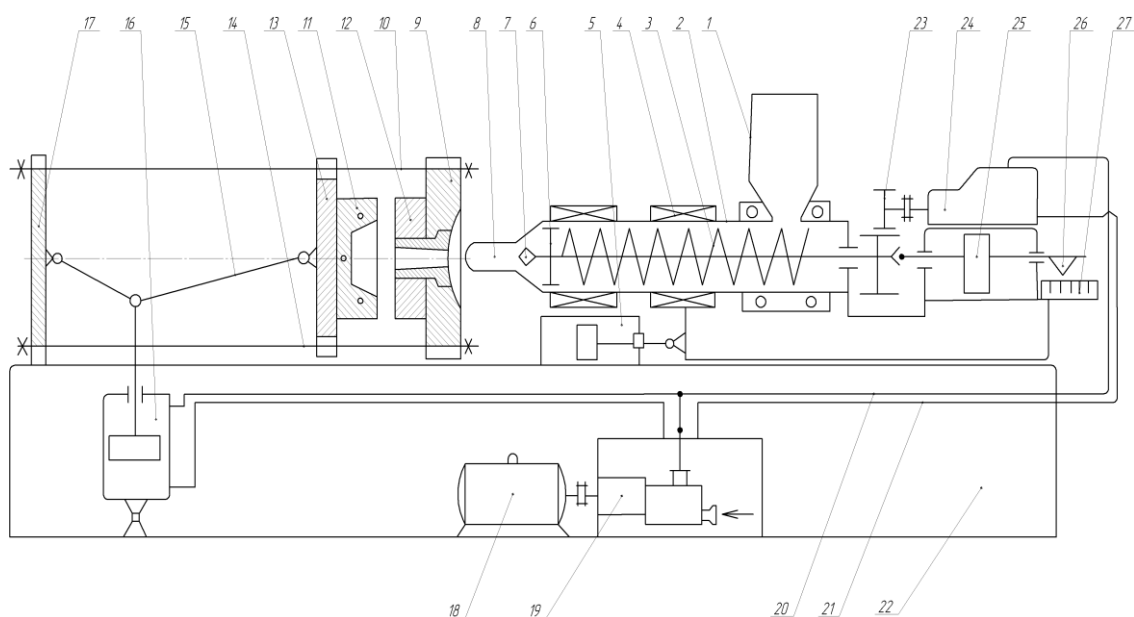
Принцип работы оборудования заключается в следующем.

Все узлы литьевой машины крепятся к станине 22. Материал в виде порошка из загрузочного устройства 1 поступает в цилиндр 2 литьевой

машины, и с помощью червяка 3 передается в сопла 8. Полимер в процессе этой транспортировки нагревается от нагревательных элементов 4, перемешивается, и, проходя через обратный клапан 6, накапливается в специальной зоне цилиндра до расчетной дозированной величины. Накопленный полимер под давлением отодвигает червяк, при этом Под действием возникающего при этом давления червяк отодвигается вправо, смещая поршень гидропривода 25 и на концевой выключатель 26 подается сигнал. На линейке 27 расположен ответный выключатель, который регулирует обратный ход червяка. Когда срабатывает концевой выключатель, червяк перестает вращаться, давая сигнал, что в специальной зоне цилиндра литьевой машины накопилось расчетное дозированное количества полимера, необходимого для впрыска в форму. Далее подводится сопло к литниковой втулке в неподвижной плите 9 литьевой формы, плотное смыкание обеспечивается гидроприводом 5. Плиты 9 и 17 соединены четырьмя направляющими 10 и 14, по которым перемещается плита подвижная 13 и замыкает матрицу 11 и пуансон 12. Перемещение плиты 13 обеспечивается гидравлическим узлом 16.

Затем происходит впрыск расплава в форму посредством гидравлического привода 25. Полимер по литниковым каналам попадает в гнезда формы, где формируются изделия. После охлаждения полимера в форме до определенной температуры, форма раскрывается и детали вместе с литником удаляются с помощью системы удаления через разъем формы напровал.

Движение всех узлов термопластавтомата обеспечивается главным приводом, в состав которого входит электродвигатель 18, насос 19, трубопровод высокого давления 20 и трубопровода низкого давления 21. Гидродвигатель 24 посредством зубчатой передачи 23 обеспечивает вращение червяка.



1 – загрузочное устройство; 2 – цилиндр; 3 – червяк;
 4 – нагревательные элементы; 5 – гидропривод; 6 – обратный клапан; 7 –
 наконечник червяка; 8 – сопло литьевой машины; 9 – неподвижная плита
 формы; 10 – направляющие; 11 – матрица; 12 – пуансон; 13 – подвижная
 плита формы; 14 – направляющие; 15 – рычажный механизм; 16 –
 гидравлический узел; 17 – задняя плита; 18 – электродвигатель; 19 – насос;
 20 – трубопровод высокого давления; 21 – трубопровод низкого давления; 22
 – станина; 23 – зубчатая передача; 24 – гидродвигатель; 25 – гидравлический
 привод; 26 – концевой выключатель; 27 – линейка концевых выключателя

Рисунок 3.1 – Схема термопластавтомата Sound FTN 130 (B)

Термопластавтомат Sound FTN 130 (B) отличается высокой производительностью, надежностью и безопасностью работы. На данном оборудовании возможна переработка различных марок полимера в изделия, что говорит о его универсальности. Полная автоматизация процесса обеспечивает удобство в обслуживании и управлении машиной.

Несомненно, любое оборудование имеет и свои недостатки. Несущественным недостатком представленного оборудования является низкая скорость впрыска вследствие потерь на трение полимера при

перемешивании его червяком в цилиндре литьевой машины. Этот недостаток не оказывает существенного влияния на проектируемый техпроцесс.

Технические параметры оборудования представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические параметры оборудования

Параметр	Значение
Объем отливки, см ³	240
Давление полимера при литье, МПа	180
Скорость впрыска, г/с	122
Усилие смыкания полуформ, кН	1300
Высота литьевой формы, мм:	
максимальная	580
минимальная	130
Максимальный ход плиты подвижной, мм	350
Максимальный ход толкателей, мм	110
Расстояние между направляющими колонками, мм:	410x410
Габаритные размеры оборудования, м	4,6x1,3x1,7
Общая масса оборудования, кг	3700

3.2 Кинематика работы оборудования

Кинематика оборудования представляет собой тесную взаимосвязь и взаимодействие между термопластавтоматом и такими системами литьевой формы, как: система перемещения деталей и узлов, система центрирования, система удаления изделий из формы. Все системы должны синхронно работать с механизмом перемещения сопла и механизмом впрыска у оборудования.

Автоматизация процесса литья позволяет полностью или частично исключить ручной труд, что сказывается на экономике производства изделия, и, следовательно, его себестоимости. Причем, чем технологичнее изделие,

тем более простые используются кинематические пары, которые реже дают сбой в работе. Их легко настраивать и ими легче управлять.

Система центрирования в литейной форме играет огромную роль и решающим образом влияет на качество получаемых изделий. Несоблюдение соосности между матрицей и пуансоном может привести в лучшем случае к разнотолщинности изделия по сечению, к образованию спаев, короблению; в худшем – к заклиниванию литейной формы. Основными деталями системы центрирования являются направляющие колонки и втулки, в которых, как правило, предусмотрены канавки для смазки с целью уменьшить их износ. Для более сложных изделий деталями системы центрирования могут являться конические выступы, направляющие штифты, ползушки и пр.

Система удаления имеет не меньшее значение для обеспечения качества отливов. Система включает выталкиватели, сбрасыватели, толкатели, пружины и пр. Задача системы удаления состоит в том, чтобы удалению изделий не мешали другие детали формы, например, колонки возврата. Кроме этого, при столкновении еще не до конца остывших изделий на месте контакта с выталкивателем может образоваться видимый след, а также скопление напряжений. Следовательно, при проектировании системы удаления необходимо в первую очередь произвести расчет осевого усилия столкновения, чтобы исключить и появление таких дефектов, как смятие и гофрирование при стягивании изделий с пуансонов.

Система удаления состоит не только из деталей, непосредственно контактирующих с изделием и находящихся внутри формы. Она еще включает все приводы и передачи, которые задействованы в реализации всей системы перемещения. Это гидравлические, механические и пневматические устройства, а также зубчатые, червячные передачи.

Расчет основных кинематических параметров

- 1) Диаметр гидроцилиндров, которые обеспечивают впрыск материала в форму, определяется, исходя из их площади сечения:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.1)$$

Отсюда, диаметр определяется как:

$$d = \frac{\sqrt{4F}}{\pi}, \quad (3.2).$$

Площадь сечения гидроцилиндров можно определить, в свою очередь, через усилие и давление по формуле:

$$P_0 = \frac{p}{F}, \quad (3.3)$$

где p - давление в гидроцилиндре, $p = 0,4 \text{ МПа}$;

P_0 - усилие смыкания, рассчитанное в п.2, $P_0 = 523 \text{ кН}$.

Отсюда:

$$F = \frac{p}{P_0}. \quad (3.4)$$

Тогда диаметр гидроцилиндра:

$$d = \frac{\sqrt{4F}}{\pi} = \frac{\sqrt{4p}}{P_0 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 10^6}{523 \cdot 10^3 \cdot \pi} = 0,987 \text{ м} = 987 \text{ мм}.$$

2) Диаметр гидроцилиндров, обеспечивающих подвод сопла, определяется аналогично:

$$d = \frac{\sqrt{4F_{\text{ц}}}}{\pi}, \quad (3.5)$$

Площадь цилиндров определяется, исходя из формулы давления твердого тела (учитывая, что цилиндра два):

$$P_{\text{расч}} = p \cdot 2 \cdot F_{\text{ц}}, \quad (3.6)$$

Следовательно:

$$F_{\text{ц}} = \frac{P_{\text{расч}}}{2p}. \quad (3.7)$$

Усилие, которое необходимо, чтобы подвести сопло к литниковой втулке, определяется по формуле:

$$P_{\text{расч}} = F_c \cdot p, \quad (3.8)$$

где F_c - площадь контакта сопла с втулкой, определяемая по формуле:

$$F_c = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4}, \quad (3.9)$$

где d_c - диаметр сопла машины, для термопластавтомата

Sound FTN 130 (B) $d_c = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$.

Тогда:

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

Таким образом, усилие, необходимое для подвода сопла к литниковой втулке:

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

Отсюда, диаметр гидроцилиндров, обеспечивающих подвод сопла:

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

3) Для определения площади сечения кольца гидроцилиндра воспользуемся формулой площади кольца:

$$F_k = \frac{\pi (d_{\text{ц}}^2 - d_{\text{ш}}^2)}{4} \quad (3.10)$$

где $d_{\text{ш}}$ - диаметр штока, м.

Диаметр штока рассчитывается, исходя из площади сечения штока:

$$d = \frac{\sqrt{4F_{\text{ш}}}}{\pi}, \quad (3.11)$$

А площадь сечения штока, исходя из допускаемого напряжения стали:

$$\sigma = P_{\text{расч}} \cdot 2 \cdot F_{\text{ш}}, \quad (3.12)$$

где σ - допускаемое напряжение, Мпа. Шток изготовлен из стали 20Х, для которой $\sigma = 200 \text{ МПа}$.

Тогда диаметр штока:

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

Так как шток диаметром 3,2 мм считается нетехнологичным, принимаем его равным 6 мм.

По конструктивным соображениям диаметр штока принимаем 6мм.

И тогда площадь сечения кольца гидроцилиндра:

$$F_k = \frac{\pi (d_y^2 - d_{ш}^2)}{4} = \frac{\pi (6,243^2 - 0,006^2)}{4} = 4,8 \text{ м}^2.$$

4 Проектирование формы для литья

4.1 Структура и принцип действия формы для литья

Структура литевой формы состоит из взаимосвязанных между собой систем, синхронность работы которых обеспечивает качественный и производительный техпроцесс. Форма для литья состоит из следующих систем:

- система транспортировки, установки и крепления;
- система центрирования;
- система литниковых каналов;
- система оформляющих деталей;
- система газоотведения;
- система охлаждения;
- система удаления изделий;
- система перемещения узлов формы.

Каждая система имеет свое назначение, однако ее функции не должны входить в противоречие с назначениями других систем. Следовательно, очень важно еще на этапе проектирования установить тесную взаимосвязь между некоторыми элементами разных систем.

Структурными компонентами систем являются детали, выполняющие свои функции. Однако, детали одной системы могут принадлежать и к другой системе. Именно так возможно осуществить взаимодействие между системами. Например, матрица, как правило, относится к системе оформляющих деталей. С другой стороны, если в матрице спроектированы каналы охлаждения, то она автоматически становится и деталью системы охлаждения. Таким образом, разделение структуры формы для литья на системы является условным.

Система транспортировки, установки и крепления литевых форм предназначена для доставки формы к оборудованию, установки ее на термопластавтомате и крепления ее к плитам литевой машины. К

функциональным деталям системы относятся: рым-болты, Т-образные пазы, сухари, болты и другие крепежные и несущие детали и элементы.

От того как будет взаимосвязана форма с термопластавтоматом зависит возможность безопасной работы, возможность подведения к форме сопла машины, беспрепятственного удаления изделий, удобная установка запорных кранов для системы охлаждения и прочее. Система также должна обеспечить соосность матрицы и пуансона, поэтому форму транспортируют, устанавливают и закрепляют в сомкнутом виде.

Одной из важнейших систем формы является системы литниковых каналов, которая состоит из трех видов каналов: центрального литника, разводящих и впускных каналов. Назначение системы: передача материала из цилиндра литьевой машины через сопло и литниковые каналы в оформляющие гнезда формы. От того, насколько правильно спроектирована литниковая система зависит качество получаемых изделий. Она влияет в основном на появление или отсутствие дефектов на изделии.

Литниковую систему необходимо проектировать так, что она обеспечивала фронтальное ламинарное течение полимера как в гнездах, так и в самих литниковых каналах. Не допускается спрыск полимера свободной струей, так как при этом молекулы материала начинают ориентироваться в различных направлениях, что вызывает в изделии массу нежелательных напряжений. Эти напряжения приводят к растрескиванию и расслаиванию изделия в процессе эксплуатации, к короблению из-за неравномерной усадки и прочим дефектам.

В любом случае литниковые каналы необходимо по возможности укорачивать, так как слишком удлиненные каналы приводят к потере давления и температуры. Сечение каналов не должно быть слишком большим, так как это может спровоцировать появление утяжины в районе впуска. С другой стороны, сечение каналов не должно быть слишком маленьким, так как материал может застывать во впускном канале. Следует также помнить, что литьевая форма постоянно охлаждается и материал,

прилегающий к стенкам литниковых каналов, застывает, уменьшая его эффективное сечение.

Назначение системы оформляющих деталей состоит в формировании изделия самой различной конфигурации и включает все детали, оформляющие гнездо, то есть те детали, которые непосредственно контактируют с расплавом при оформлении изделия: матрицы, пуансоны, выталкиватели, сбрасыватели, оформляющие знаки, поверхности сталкивающих плит и прочие.

Качество обработки деталей этой системы существенным образом влияет и на качество поверхности самих получаемых изделий. Однако, чистота поверхности не единственное требование к оформляющим деталям. Так как расплав поступает в гнездо под большим давлением и имея высокую температуру, существует возможность прогиба стенок оформляющих деталей. В связи с этим необходимо выбирать правильно материал этих деталей. Выбор материала производится на основании расчетных величин давления полимера при литье и справочных допускаемых напряжений стали.

Система газоотведения служит для удаления воздуха и газов из оформляющей полости и состоит из вентиляционных каналов, предусмотренных в местах, наиболее отдаленных от места впуска, так как именно там сосредотачивается воздух, гонимый расплавом. Вентиляционные каналы должны иметь сечение, позволяющее выйти воздуху и газам, но в то же время исключающее вытекание расплава через них.

Неправильно спроектированные вентиляционные каналы или отсутствие их в форме приводит к многим дефектам на изделии. В первую очередь это пережог – темное пятно на изделии. Так как расплав имеет температуру порядка 200-300 градусов, то при контакте с кислородом, происходит обугливание полимера. Углубления, неровности на поверхности изделий также вызваны скоплением воздуха между полимером и стенками формы. В тех углах изделий, где скопился воздух или газ, может быть недолив изделия, так как они создают противодействие материалу. Таким

образом, система газоотведения требует особого внимания при проектировании литевых форм.

Система охлаждения предназначена для охлаждения изделий и поддержания температуры формы. Основная ее задача – это равномерное охлаждение изделия по сечению и толщине. К деталям системы охлаждения относятся: каналы охлаждения, детали, в которых расположены эти каналы, уплотнительные элементы и канавки для них, а также специальные устройства, необходимые для регулировки температуры формы.

Расчет системы охлаждения сводится к расчету диаметра и длины охлаждающих каналов, которые в свою очередь зависят от выбора хладагента и его расхода на конкретное изделие. Расчет ведется путем составления теплового баланса цикла.

Системы центрирования, удаления изделий и перемещения деталей формы во взаимодействии с узлами оборудования рассмотрены в п.3.2.

Литевая форма, спроектированная для новой технологии изготовления изделия «Крышка бака топлива», представленная на рисунке 4.1, состоит из двух полуформ: неподвижной и подвижной. Неподвижная полуформа состоит из следующих деталей: кольцо 22, основание неподвижное 20, плита матриц 19, литниковая втулка 23, направляющие втулки 21. Неподвижная полуформа состоит из следующих деталей: хвостовик 1, кольцо 8, основание подвижное 11, траверса 12, плита толкателей 6, брус 14, плита пуансонов 15, пуансоны 26, вставки пуансонов 25, сталкивающая плита 17, центральный толкатель 9, выталкиватели 2, колонки возврата 16.

Принцип работы формы для литья заключается в следующем.

В начале цикла литья форма сомкнута. К ней подводится сопло термопластавтомата и производится впрыск расплава в форму. После формования, выдержки под давлением и охлаждения изделий происходит размыкание формы.

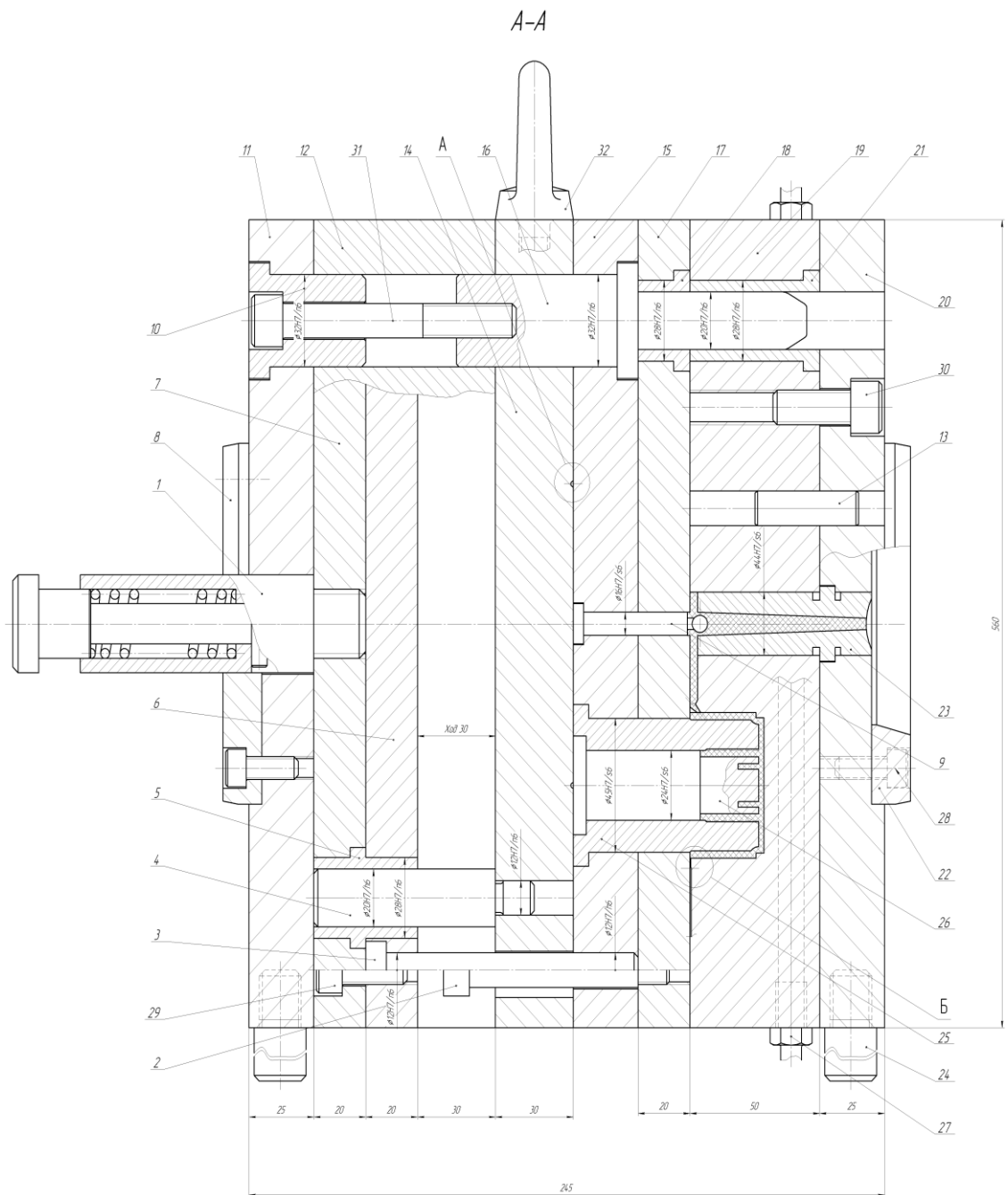


Рисунок 4.1 – Литьевая форма новой технологии изготовления детали «Крышка бака топлива» (в разрезе А-А)

Кольцо 8, соединенное с основанием подвижным 11 отводится в сторону. Плиты 6 и 7 увлекаются хвостовиком 1. Размыкание формы осуществляется путем отвода подвижного фланца 8 и соединенной с ним подвижной плиты 11. Хвостовик 1 тянет за собой плиты 7 и 6. Вставки 25,

пуансоны 26 и центральный толкатель 9 увлекаются плитой пуансонов 15, которую в свою очередь приводят в движение колонки возврата 16.

В это время сталкивающая плита 17, соединенная резьбой с толкателями 2, остается неподвижна. Она снимает опорной поверхностью изделия с пуансонов и оформляющих знаков. После того как брус 14 достигнет толкателей 2, сталкивающая плита также начинает отводиться. Таким образом форма размыкается, а изделия с литником извлекаются из гнезд плиты матриц. Свободному извлечению способствует усадка полимера и смазка поверхности гнезда.

Направление полуформ относительно друг друга осуществляется посредством колонок возврата 16 и направляющих втулок 21. Колонки возврата 16 выполняют двойную функцию, не только центрирование полуформ, но еще и прижимают сталкивающую плиту 17 к плите матриц 19.

4.2 Расчеты на прочность и выбор марки материала деталей литейной формы

1) Произведем расчет контролкаталя на прочность.

Расчет сводится к расчету напряжения сжатия в контролкателе и сравнении его с допускаемым для взятого материала.

Напряжение сжатия определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{P_{MAX}}{Fm} \leq \sigma_{СЖ}, \quad (4.1)$$

где P_{max} - максимальное усилие на контролкателе, кН. Определяется выбором максимального между P_q - усилием от давления полимера в форме и $P_{разм}$ - усилием размыкания полуформ;

F - площадь поперечного сечения контролкателей, которая определяется по формуле круга:

$$F = \frac{\pi d^2}{4}; \quad (4.2)$$

m - количество контролокателей;

$\sigma_{сж}$ - допускаемое напряжение сжатие для материала контролокателя,

$\sigma_{сж} = 455 \text{ МПа}$.

Усилие от давления полимера в форме определяется по формуле:

$$P_q = q \cdot F, \quad (4.3)$$

где q - давление, достаточное для заполнения гнезда, обычно $q = 60$ МПа;

F - площадь поперечного сечения контролокателя:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,012^2}{4} = 0,000113 \text{ м}^2.$$

Следовательно:

$$P_q = 60 \cdot 10^6 \cdot 0,000113 = 6,780 \text{ кН},$$

Усилие размыкания полуформ находится по формуле:

$$P_{разм} = 0,1 \cdot P_0 = 0,1 \cdot 523000 = 52,3 \text{ кН}.$$

Выбираем максимальное усилие:

$$P_{\max} = P_{разм} = 52,3 \text{ кН}.$$

Тогда напряжение сжатия:

$$\sigma_{сж} = \frac{52,3 \cdot 10^3}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,012^2 \cdot 4} = 113 \text{ МПа} < 455 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется, следовательно, контролокатели удовлетворяют условию прочности.

2) Произведем расчет пуансонов на контактную прочность по формуле:

$$\sigma_k = \frac{P_{\max}}{F_k \cdot m} \leq \sigma_{см}, \quad (4.4)$$

где F_k - площадь поперечного сечения пуансонов, которая определяется по формуле круга;

m - количество пуансонов;

$\sigma_{см}$ - допускаемое напряжение смятия, МПа; для стали 40Х $\sigma_{см} = 230 \text{ МПа}$.

Тогда контактное напряжение:

$$\sigma_{\kappa} = \frac{52,3 \cdot 10^3}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,056^2 \cdot 6} = 3,5 \text{ МПа} < 230 \text{ МПа}.$$

Следовательно, пуансоны удовлетворяют условиям контактной прочности.

3) Произведем расчет контролокателей на устойчивость по формуле Эйлера:

$$P_{\kappa} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\mu^2 \cdot l_{\max}^2} \cdot \left(\frac{J_4}{n_4^2} + \frac{J_8}{n_8^2} \right), \quad (4.5)$$

где μ - коэффициент длины стержня с закрепленными концами, $\mu = \frac{1}{2}$;

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

n - количество контролокателей;

J - момент инерции сечения стержня:

$$J = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,012^4}{64} = 10 \cdot 10^{-13} \text{ м}^4. \quad (4.6)$$

Из формулы 4.5 выражаем длину стержня:

$$l_{\max} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\mu^2 P_{\max}} \left(\frac{J_4}{n_4^2} + \frac{J_8}{n_8^2} \right)} \quad (4.7)$$
$$l_{\max} = \sqrt{\frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{\frac{1}{2} \cdot 69800} \cdot \frac{10 \cdot 10^{-13}}{4^2}} = 0,048 \text{ м} = 48 \text{ мм} < l_{np},$$

где $l_{np} = 105 \text{ мм}$ – проектная длина контролокателей.

Условие выполняется. Следовательно, спроектированные контролокатели по длине удовлетворяют условиям устойчивости.

Для обеспечения надежной и долговечной работы формы необходимо выбирать материал деталей рекомендуемой твердости и термообработке в соответствии с условиями работы. Детали и выбранный для них материал представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Марка материалов деталей формы, их рекомендуемая твердость и термообработка

Деталь	Марка материала	Рекомендуемая твердость	Рекомендуемая термообработка
1	2	3	4
Плита матриц	4X5MФC	51...53HRC	закалка, отпуск
Плита пуансонов	4X5MФC	51...53HRC	закалка, отпуск
Подвижное и неподвижное основания	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Плита опорная	40X	37...42HRC	За калка, отпуск
Ползушка	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Держатель пуансонов	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Брус	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Сталкивающая плита	40X	37...42HRC	закалка, отпуск
Колонка возврата	4X5MФC	51...53HRC	закалка, отпуск
Выталкиватель	У8А	58...62	закалка, отпуск
Втулка направляющая	4X5MФC	51...53HRC	закалка, отпуск
Державка	40X	32...37HRC	закалка

4.3 Расчет количества и проектирование месторасположения деталей различных систем формы

4.3.1 Литниковая система

При расчете литниковой системы необходимо определить размеры литниковой втулки, а также размеры разводящих и впускных литниковых каналов.

Для центрального литника необходимо выбрать стандартную литниковую втулку. Для этого считаем диаметр на входе в нее:

$$d_1 = 2\sqrt{\frac{Q_0}{\pi \cdot \vartheta \cdot \tau}}, \quad (4.8)$$

где Q_0 – объём отливки, $Q_0 = 150,9 \text{ см}^3$

v – скорость течение полимера во втулке, для объема $Q_0 = 150,9 \text{ см}^3$:

$v=450\text{см/с}$;

τ – продолжительность впрыска, с; для объема $Q_0=150,9\text{м}^3$: $\tau=3\text{с}$.

Тогда диаметр на входе во втулку:

$$d_1 = 2\sqrt{\frac{150,9}{3,14 \cdot 450 \cdot 3}} = 0,37\text{см} = 4\text{мм}.$$

Подбираем стандартную литниковую втулку с диаметром на выходе $d_2=7,7\text{мм}$, углом рассеивания $\alpha=3^\circ$ и длиной $L=70\text{мм}$: Втулка 0602-0514 ГОСТ 22077-76. Материал литниковой втулки – сталь У8А ГОСТ 1435-74 (СТ СЭВ 288-81). Твердость HRC 49,5...53 [14, табл.9].

Проектирую разводящие каналы, учитываем их форму трапеции, как самую оптимальную для данного вида каналов. Форма канала в сечении представлена на рисунке 4.2.

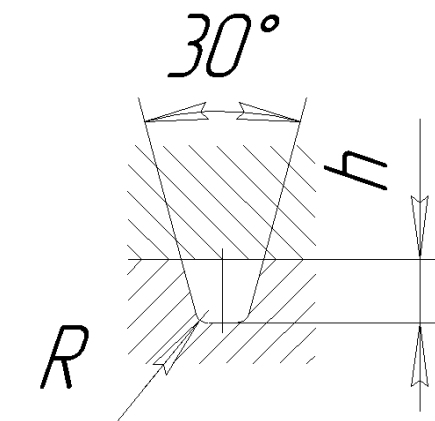


Рисунок 4.2 – Разводящие каналы (в сечении)

Чтобы эффективное сечение канала не уменьшалось из-за остывания полимера у его стенок, каналы редко изготавливают площадью сечения менее 7мм^2 , а чтобы не потерять давление – более 80мм^2 .

Высоту канала определяем по формуле:

$$h = 0,5d_s \sqrt{\frac{\pi \left(+ \sin\alpha + k \cos\alpha \right)}{\left(+ \tan\alpha \right) \cos\alpha}}, \quad (4.9)$$

где d_s – эквивалентный диаметр трапециевидального сечения, мм.

Эквивалентный диаметр выбирается в зависимости от массы отливаемой детали и пути течения полимера в канале. При $m=19\text{г}$ и $L=57\text{мм}$:
 $d_3=5,5\text{мм}$.

α – коэффициент, зависящий от свойств марки полимера, для АБС-пластика: $\alpha=0,47$.

Следовательно, высота канала:

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

Стенка канала на пути течения полимера может стать препятствием для его фронтального течения. При резком торможении материала последний начинает распространяться в канале свободной струей, что недопустимо для литья под давлением. Чтобы избежать этого разводящие каналы удлиняют на величину канавки:

$$b=(1,0 \dots 1,5)d_3=7,7\text{мм}.$$

В отличие от существующей технологии изготовления изделия, где литниковая система представлена рядным типом, литниковая система новой технологии имеет круговую структуру, которая в свою очередь обеспечивает равные пути течения от центрального литника до впускных каналов в гнезда и идентичные условия заполнения, оформления и охлаждения изделий. Здесь важным моментом является переход от разводящего канала к впускному. Переход не должен быть резким, с крутыми поворотами. Сечение перехода представлено на рисунке 4.3.

Впускные каналы служат для непосредственной передачи материала в оформляющие гнезда формы и существенным образом влияют на качество отливаемых деталей. Для крупногабаритных деталей часто проектируют многовпускное литье, так как при назначении одного впускного канала расплав может застыть, не достигнув конечных стенок гнезда. Кроме этого не стоит назначать место впуска в местах с наименьшей толщиной изделия. Для детали «Крышка бака топлива», не имеющей разнотолщинности по сечению достаточно назначить один впускной канал в центр основания.

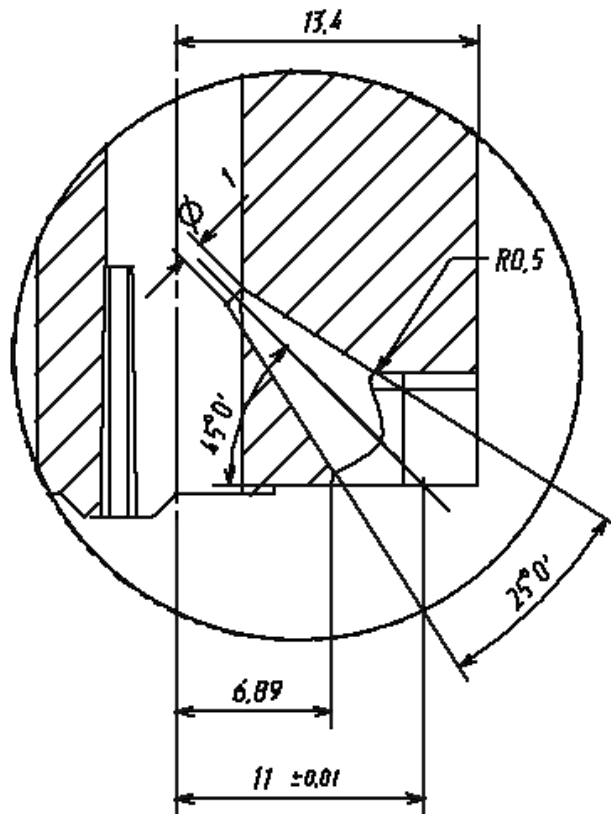


Рисунок 4.3 – Сечение перехода разводящего канала во впускной

Впускные каналы назначаем круглыми в поперечном сечении и их диаметр определяем, исходя из характеристического размера детали:

$$H = \frac{2V_u}{S_u}, \quad (4.10)$$

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

И тогда:

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

Для полученного характеристического размера выбираем диаметр впускного канала:

$$d_g = 2,8 \text{ мм}.$$

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

4.3.2 Система газоотводящих каналов

При расчете газоотводящих каналов необходимо определить их размеры и количество на одном гнезде. Для определения размеров канала рассчитаем его площадь сечения по формуле:

$$F = f \cdot V_2, \quad (4.11)$$

где $\tau = 3c$ - время, за которое происходит впрыск полимера в оформляющую полость формы;

$\delta = 0,0025m$ - толщина крышки;

$f = 5 \cdot 10^{-3} \frac{mm^2}{cm^3}$ - коэффициент, который выбирается по диаграмме в зависимости от времени впрыска [14, рис.2];

V_2 - объем гнезда, который превышает размеры изделия на величину усадки и определяется по формуле:

$$V_2 = V_u \cdot \left(1 + \frac{x_{cp}}{100}\right) = 19,253 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100}\right) = 19,349cm^3, \quad (4.12)$$

где x_{cp} - средняя усадка полимера, %; для материала АБС – пластик: $x_{cp} = 0,5\%$, [14, табл.9].

Тогда площадь сечения вентиляционного канала:

$$F = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 19,349 = 0,0967 mm^2.$$

Общая ширина всех каналов одного гнезда определяется делением площади сечения канала на его глубину:

$$B = \frac{F}{e} = \frac{0,0967}{0,05} = 1,94mm. \quad (4.13)$$

где e – рекомендуемая глубина газоотводящих каналов при литье, мм; для марки АБС-пластик рекомендуемая глубина $e = 0,05mm$. [14, табл.10].

Обычно ширина канала не назначается более 2 мм для того, чтобы расплав не вытекал из гнезда, поэтому назначаем только один канал на гнезде и располагаем его в месте, наиболее удаленном от места впускного питателя.

Так как канал шириной 1,94 мм является нетехнологичным, назначаем ширину, равную 2 мм, что допустимо по конструктивным и технологическим соображениям.

4.3.3 Система охлаждения

Правильно спроектированная система охлаждения существенное влияние оказывает на качество изделия в целом. Для того, чтобы изделия быстро и равномерно охлаждалось, не обходимо рассчитать систему охлаждения в соответствии с тепловым балансом цикла. Цикловой баланс заключается в следующем: количество теплоты, которое может забрать хладагент, должно быть равно количеству теплоты, которое нужно забрать у расплава.

При расчете системы охлаждения необходимо учитывать, что слишком медленное охлаждение позволяет протекать процессам кристаллизации в изделии более полно, что увеличивает усадку деталей. С другой стороны, слишком быстрое охлаждение может привести к появлению напряжений по сечению изделия, что может спровоцировать коробление.

Проектируя систему охлаждения необходимо определить прежде всего размеры охлаждающих каналов (диаметр и длину), обеспечивающие правильный тепловой режим.

Составляем тепловой баланс цикла:

$$Q_m = Q_x, \quad (4.14)$$

где Q_m - количество теплоты, которое необходимо забрать у полимера, Дж;

Q_x - количество теплоты, которое может забрать хладагент, Дж.

Количество теплоты, которое необходимо забрать у полимера определяется по формуле:

$$Q_m = c_m \cdot G_u \cdot (t_n - t_{cp}), \quad (4.15)$$

где c_m - удельная теплоемкость пластмассы, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$; для АБС-пластика:

$$c_m = 1,33 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} [14, \text{табл.3}];$$

t_{cp} - средняя температура детали в конце охлаждения, определяется исходя из формулы:

$$\frac{t_{cp} - t_{\phi}}{t_n - t_{\phi}} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{a \cdot \tau_{охл}}{\delta^2}\right) \quad (4.16)$$

$$\frac{t_{cp} - 60}{220 - 65} = \frac{8}{3,14^2} \cdot \exp\left(-\frac{3,14^2}{4} \cdot \frac{1,33 \cdot 10^{-7} \cdot 4,5}{0,0025^2}\right)$$

$$\frac{t_{cp} - 65}{155} = 0,45$$

$$t_{cp} = 135^\circ\text{C}$$

Тогда количество теплоты, которое необходимо забрать у полимера:

$$Q_m = c_m \cdot G_u \cdot (t_n - t_{cp}) = 1,33 \cdot 10^3 \cdot 0,021178 \cdot (220 - 135) = 2394 \text{ Дж}.$$

Количество теплоты, которое может забрать хладагент, определяется по формуле:

$$Q_x = c_x \cdot g_x \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}), \quad (4.17)$$

где c_x - удельная теплоемкость хладагента, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$; в качестве хладагента выбираем минеральное масло, для него удельная теплоемкость составляет: $c_x = 1,67 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} [14, \text{табл.3}];$

$(t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})$ - разница между температурой хладагента при входе в форму и при выходе из нее; обычно не превышает 3-4 градусов;

g_x - расход хладагента, который и будет определяться из теплового баланса цикла.

Таким образом, количество теплоты, которое может забрать хладагент:

$$Q_x = c_x \cdot g_x \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}) = 1,67 \cdot 10^3 \cdot g_x \cdot 3 = 5010 \cdot g_x$$

А так как $Q_m = Q_x$, то:

$$2394 = 5010 \cdot g_x$$

Получили $g_x = 0,478 \text{ кг}$ - общий расход хладагента через оформляющий инструмент формы. Так как охлаждающие каналы проектируем только в матрице, рассчитываем расход хладагента, проходящего через матрицу, по формуле:

$$g_x^M = g_x \cdot \frac{F_M}{F_{\text{общ}}}, \quad (4.18)$$

где $F_{\text{общ}}$ - площадь всех оформляющих поверхностей рабочих инструментов.

Тогда

$$g_x^M = g_x \cdot \frac{F_M}{F_{\text{общ}}} = 0,478 \cdot \frac{6440}{15196,7} = 0,2 \text{ кг}$$

Диаметр охлаждающего канала определяется по формуле:

$$d_k = 1,13 \cdot \sqrt{f_k}, \quad (4.19)$$

где f_k - площадь сечения охлаждающего канала, м^2 , определяется по формуле:

$$f_k = \frac{g_x^M}{\rho_x \cdot \tau_{\text{ц}} \cdot \omega}, \quad (4.20)$$

где ω - скорость, с которой хладагент распространяется по каналам формы, м/с; варьируется от 0,5 до 1,0 м/с в зависимости от материала хладагента; для минерального масла $\omega = 1,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;

ρ_x - плотность хладагента; $\text{кг}/\text{м}^3$; для минерального масла:
 $\rho_x = 0,88 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$;

$\tau_{\text{ц}}$ - время цикла литья, определяется по формуле:

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{зан}} + \tau_{\text{охл}} + \tau_{\text{разм}} + \tau_n + \tau, \quad (4.21)$$

где $\tau_{\text{зан}} = 3\text{с}$ - время закрытия литейной формы;

$\tau_{\text{разм}} = 2\text{с}$ - время раскрытия литейной формы;

$\tau_n = 5\text{с}$ - время паузы между соседними циклами литья;

$\tau_{охл} = 10с$ – время охлаждения изделия, расчет см. п.2.3;

$\tau = 3с$ – время впрыска полимера в форму; см. п.4.3.1.

Тогда общее время цикла:

$$\tau_{ц} = 3 + 2 + 5 + 10 + 3 = 23с .$$

Следовательно, площадь сечения охлаждающего канала:

$$f_{к} = \frac{g_x^M}{\rho_x \cdot \tau_{ц} \cdot \omega} = \frac{0,2}{0,88 \cdot 10^3 \cdot 23 \cdot 1,0} = 0,00001м^2 ,$$

а диаметр охлаждающего канала:

$$d_{к} = 1,13 \cdot \sqrt{f_{к}} = 1,13 \cdot \sqrt{0,000012} = 0,00355м = 3,55мм .$$

Так как канал диаметром 3,55 мм является нетехнологичным, назначаем диаметр, равный 10 мм, что допустимо по конструктивным и технологическим соображениям.

Общая длина охлаждающих каналов литьевой форме определяется по формуле:

$$l_{к} \geq \frac{F_M}{\pi \cdot d_{к}} = \frac{6440}{3,14 \cdot 4} = 0,512 м . \quad (4.22)$$

4.3.4 Система удаления изделия

При проектировании системы удаления важно учесть, что при сталкивании изделия на его поверхности могут появиться дефекты, а по сечению – внутренние напряжения. Для предотвращения нежелательных последствий необходимо правильно рассчитать усилие сталкивания.

В новой технологии изготовления сталкивание изделий с пуансонов производится сталкивающей плитой по опорной поверхности изделия. Удалить литник помогает центральный выталкиватель.

Для предотвращения смятия опорной поверхности изделия и образования задиров на боковых его поверхностях усилие сталкивания принимаем равным 10 % от общего рассчитанного осевого усилия:

$$P_{разм} = 0,1P_0 = 0,1 \cdot 523 = 52,3кН . \quad (4.23)$$

4.4 Расчет толщины стенки рабочего инструмента

Расплав полимера впрыскивается в литьевую форму под давлением. Попадая в гнездо и заполняя его, давление увеличивается до своего максимального значения. При этом оформляющие детали формы должны выдержать такое давление. Для предотвращения прогиба стенок матрицы необходимо произвести расчет ее толщины в зависимости от максимального усилия, создаваемого в полости, которое определяется по формуле:

$$P_{\max} = p_m \cdot K_m \cdot K_n^{\frac{d_n}{d_m}} \cdot K_k^{\frac{A}{B}}, \quad (4.24)$$

где K_k – коэффициент, который выбирается в зависимости от формы и конфигурации изделия, для изделий простой формы: $K_k = 1,03$;

$K_n = 1,05$ – коэффициент, добавляющий 5% на давление в литниковых каналах формы;

K_m – коэффициент, выбираемый в зависимости от марки полимера, для АБС-пластика: $K_m = 1,1$ [14, табл.12];

p_m – давление, зависящее от толщины детали S и отношения наибольшего размера изделия к этой толщине, т.е. L/S ; для $S=2,5$ мм и $L/S=20$: $p_m = 32,0$ МПа [14, табл.11];

$A=50$ мм - диаметр крышки;

$B=28,5$ мм – высота крышки, причем $A \geq B$;

$d_n = 1,5$ мм – диаметр пальцевого канала [14, табл.13];

$d_m = 1,2$ мм – диаметр точечного литника [14, табл.14].

Тогда максимальное усилие, создаваемое в полости:

$$P_{\max} = 32 \cdot 10^6 \cdot 1,1 \cdot 1,05^{\frac{1,5}{1,2}} \cdot 1,03^{\frac{50}{28,5}} = 39,2 \text{ МПа}$$

Так как новая технология предусматривает многогнездную форму (шесть гнезд), максимальное давление необходимо увеличить на 10%:

$$P_{\max} = 39,2 \text{ МПа} + 10\% = 43,2 \text{ МПа}$$

Формула определения толщины стенки матрицы выбирается в зависимости от формы последней. Так, для круглой матрицы толщина стенки определяется по формуле:

$$a = \frac{P_{\max} \cdot r}{\sigma_{\text{ст}}}, \quad (4.25)$$

где $r = 0,025\text{ м}$ – радиус крышки;

$\sigma_{\text{ст}}$ – напряжение, которое выбирается по справочнику в зависимости от марки стали, из которой изготовлена матрица, Па; выбираем легированную, термообработанную сталь, для которой $\sigma_{\text{ст}} = 3 \cdot 10^8 \text{ Па}$.

Тогда толщина стенки матрицы:

$$a = \frac{43,2 \cdot 0,025}{300} = 0,0036\text{ м}.$$

Необходимо заметить, что толщина стенки в 3,5 мм – это минимальная толщина, которое выдержит рассчитанное максимальное давление полимера. Можно проектировать матрицу с большей толщиной без ущерба экономике технологии, но с меньшей толщиной уже нельзя.

4.5 Расчет исполнительных размеров рабочих инструментов

После литья размеры полученного изделия должны соответствовать размером на чертеже. Однако, если размеры гнезда сделать такими, как и на техническом задании, то изделие получится с меньшими размерами, так как полимер в процессе охлаждения и уплотнения претерпевает усадку, т.е. уменьшение диаметральных и линейных размеров.

Следовательно, исполнительные размеры формующего инструмента необходимо задавать больше на процент средней усадки полимера. Кроме этого требуется задавать допуски на износ рабочих деталей.

Размеры матрицы (высоту и диаметр) определяем по формулам:

$$L_{\text{м}} = \left[L \cdot \left(1 + \frac{x_{\text{сп}}}{100} \right) - \Delta_{\text{изн}} \right]^{+\Delta_{\text{из2}}}, \quad (4.26)$$

$$D_{.M} = \left[D \cdot \left(1 + \frac{x_{cp}}{100} \right) - \Delta_{изн} \right]^{\Delta_{изз}}, \quad (4.27)$$

где $\Delta_{изн} = (0,02 \dots 20)_{мм}$ – допуск на износ оформляющий поверхности детали в процессе эксплуатации литейной формы; выбирается в зависимости от допуска на изделие и программы выпуска; принимаем;

$\Delta_{изз}$ – допуск на изготовление оформляющей детали, принимается на 1-2 класса выше допуска на изделие.

Тогда размеры матрицы:

$$L_{.M} = \left[L \cdot \left(1 + \frac{x_{cp}}{100} \right) - \Delta_{изн} \right]^{\Delta_{изз}} = \left[28,5 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100} \right) - 0,15 \right]^{\Delta_{изз}} = 28,5^{+0,03} \text{ мм}$$

$$D_{.M} = \left[D \cdot \left(1 + \frac{x_{cp}}{100} \right) - \Delta_{изн} \right]^{\Delta_{изз}} = \left[50 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100} \right) - 0,2 \right]^{\Delta_{изз}} = 50,05^{+0,039} \text{ мм.}$$

Размеры пуансона:

$$l_n = \left[l \cdot \left(1 + \frac{x_{cp}}{100} \right) + \Delta_{изн} \right]_{-\Delta_{изз}} = \left[26 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100} \right) + 0,1 \right]_{-0,03} = 26,23_{-0,03} \text{ мм}, \quad (4.28)$$

$$h_1 = \left[h \cdot \left(1 + \frac{x_{cp}}{100} \right) + \Delta_{изн} \right]_{-\Delta_{изз}} = 45,42_{-0,039} \text{ мм.}$$

$$H_1 = \left[H \cdot \left(1 + \frac{x_{cp}}{100} \right) - \Delta_{изн} \right]^{\Delta_{изз}} = 24,02^{+0,03} \text{ мм} \quad (4.29)$$

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

Таблица 5.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Изготовление пластмассового изделия	Литье под давлением	Оператор ТПА	Термопластавтомат, литьевая форма	АБС-пластик 2020

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
Литье пластмассы под давлением	Физические: движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы.	Термопластавтомат, литьевая форма
Литье пластмассы под давлением	Физические: повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.	Расплавленный полимер, нагретая поверхность оборудования и формы
Литье пластмассы под давлением	Химические: токсические через органы дыхания	Нагретый до температуры плавления полимер

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5.3 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Физические: движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы.	Инструктаж по технике безопасности, ограждение литейной формы в термопластавтомате	Головной убор, нарукавники.
Физические: повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.	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
Химические: токсические через органы дыхания	Приточно-вытяжная вентиляция, совмещенная с воздушной системой отопления	Респираторы, полумаски

5.4 Обеспечение пожарной безопасности

5.4.1 Идентификация опасных факторов

Таблица 5.4.1 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок литья пластмасс под давлением	Термопласт-автомат	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

5.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта

Таблица 5.4.2 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки систем пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Огнетушители (ОП-100, ОУ-80); песок, кошма	Пожарные автомобили; приспособленные технические средства	Водяные, газовые и порошковые установки систем пожаротушения.	Дымовые и тепловые датчики; приемно-контрольные	Пожарные рукава; пожарный инвентарь; пожарные колонки	Противогазы (ГП-7); носилки; защитные костюмы	Пожарные багры, топоры; штыковые лопаты	Звуковые и ручные оповещатели о пожаре; световые указатели

			при-ры.				«ВЫХО Д».
--	--	--	---------	--	--	--	--------------

5.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Таблица 5.4.3 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные 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. 	<p>Требования согласно:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Федеральному закону от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"</u>. Статья 93.1. Требования пожарной безопасности к технологическому оборудованию с обращением пожароопасных, пожаровзрывоопасных и взрывоопасных технологических сред. 2. «ГОСТ 12.1.004-91. Межгосударственный стандарт. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования»

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Таблица 5.5.1 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
Литье пластмасс под давлением	Термопласт-автомат, сушильный шкаф	Пыли пластмасс, фенол, формальдегид, углерода оксид, стирол, органические кислоты, аммиак	Сброс в водоемы промышленных неочищенных сточных вод.	Загрязнение почвы токсичными отходами производства.

Таблица 5.5.2 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Литье пластмасс под давлением
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Пылегазоочистные установки: аппараты мокрой очистки; пылеосадительные камеры; циклоны; центробежные скрубберы; мокрые аппараты ударно-инерционного действия; установки каталитического дожигания растворителей.
Мероприятия по снижению негативного воздействия на гидросферу	- уменьшение объема сточных вод, за счет организации малоотходных и безотходных технологий; - внедрение системы замкнутого оборотного водоснабжения; - принудительная очистка сточных производственных вод.
Мероприятия по снижению негативного воздействия на литосферу	Совершенствование технологии производства, заключающееся в переработке отходов - повторной переплавке пластика.

5.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» 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 методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов, а именно: инструктажи по технике безопасности, ограждение литьевой формы в термопластавтомате, тепловая изоляция нагретого оборудования; приточно-вытяжная вентиляция. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 5.3).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.4.1). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.4.2). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 5.4.3).

5. Идентифицированы негативные экологические факторы (таблица 5.5.1) и разработаны организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду (таблица 5.5.2).

6 Расчет экономических показателей технологии изготовления изделия

6.1 Сравнительный анализ вариантов технологических процессов

Базовый вариант технологического процесса – серийное производство, работа в автоматическом режиме, условия труда нормальные, деталь «Корпус крышки топливного бака» толщиной 3 мм изготавливается методом литья под давлением в шестигнездной (рядной) литейной форме на оборудовании – термопластавтомате Sound FTN 130 (B). Предлагаемый вариант технологического процесса – серийное производство, работа в автоматическом режиме, условия труда нормальные, деталь «Корпус крышки топливного бака» толщиной 2,5 мм изготавливается методом литья под давлением в шестигнездной (круглой) литейной форме на оборудовании – термопластавтомате Sound FTN 130 (B).

Таблица 6.1 – Общие исходные данные

Показатели	Обозначение	Значение	
Годовая программа выпуска, комплект	$N_{Г}$	100000	
Эффективный фонд времени работы, час:			
— оборудования	$\Phi_{Э}$	3816	
— рабочего	$\Phi_{Э.р.}$	1832	
— наладчика	$\Phi_{Э.н.}$	1850	
Коэффициент выполнения норм	$K_{ВН}$	1,1	
Коэффициент многостаночного обслуживания	$K_{МН}$	1,0	
Коэффициент потерь времени на отпуск работников, %	$K_{О}$	13,4	
Коэффициент монтажа:			
— в расчете себестоимости	$K_{МОНТ}$	1,1 – 1,25	
— в расчете капитальных вложениях		0,1 – 0,25	
Цена материала, руб./кг.	$Ц_{М}$	61	
Цена отходов, руб./кг. 3,2% от $Ц_{М}$	$Ц_{ОТХ.}$	1,952	
Масса заготовки, кг.	$M_{З}$	0,0684	0,0599
Масса отходов, кг.	$M_{ОТХ}$	0,0228	0,0219

Продолжение таблицы 6.1

Показатели	Обозначение	Значение
Коэффициент трансп.-загот-ных расходов	$K_{ТЗ}$	1,035 – 1,05
Коэффициенты доплат по заработной плате (от 3 до 5 разряда):		
до часового фонда зарплаты	$K_{Д}$	1,08
за профессиональное мастерство	$K_{ПФ}$	1,06-1,12
за условия труда	$K_{У}$	1,12
за вечерние и ночные часы	$K_{Н}$	1,2
премиальные	$K_{ПР}$	1,2
на социальные нужды	$K_{С}$	1,27
Итого общий коэффициент доплат $K_{ЗПД} = K_{Д} \cdot K_{ПФ} \cdot K_{У} \cdot K_{Н} \cdot K_{ПР} \cdot K_{С}$	$K_{ЗПД}$	2,48
Коэффициент загрузки оборудования по мощности	$K_{М}$	0,8
Коэффициент загрузки оборудования по времени	$K_{В}$	0,7
Коэффициент потерь в сети	$K_{П}$	1,03
Коэффициент одновременной работы электродвигателей	$K_{ОД}$	0,8 – 1
Выручка от реализации, % от Ц:		
– изношенного оборудования	$V_{Р}$	5
– изношенной литейной формы	$V_{Р.И.}$	55
Норма амортизации, %	$N_{А}$	8
Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	$K_{ЦЕХ}$	2,18
Часовая тарифная ставка, руб./час.:		
— рабочего	$C_{Т}$	45,25
— наладчика	$C_{Т}$	51,53
Цена электроэнергии, руб./кВт	$Ц_{Э}$	2,11
Цена площади, руб./м ²	$Ц_{Пл}$	5500
Норматив экономической эффективности	$E_{Н}$	0,33
КПД		0,7 – 0,8

1) Эффективный фонд времени работы оборудования:

$$\Phi_{\text{э}} = (D_P \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{пр}} \cdot T_{\text{сок}}) \cdot C \cdot (1 - B) \quad (6.1)$$

где D_P – рабочие дни;

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

$D_{\text{пр}}$ – праздничные дни;

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

C – количество смен;

B – коэффициент, учитывающий время на ремонт оборудования.

$$\Phi_{\text{э}} = (52 \cdot 8 - 8 \cdot 1) \cdot 2 \cdot (1 - 0,05) \approx 3816 \text{ час.}$$

2) Эффективный фонд времени работы рабочего:

$$\Phi_{\text{э.р.}} = \frac{\Phi_{\text{э}} \cdot 48\%}{100} = \frac{3816 \cdot 48}{100} \approx 1832 \text{ час.} \quad (6.2)$$

Таблица 6.2 – Описание вариантов технологического процесса

Базовый вариант	Проектный вариант
Количество оформляющих полостей – 6.	Количество оформляющих полостей – 6.
Материал изделия – АБС-пластик 2020	Материал изделия – АБС-пластик 2020
Толщина изделия: 3мм	Толщина изделия: 2,5 мм
Объем одного изделия: $V_{\text{изд}} = 19,2 \text{ см}^3$;	Объем одного изделия: $V_{\text{изд}} = 16 \text{ см}^3$;
Масса одного изделия: $m_{\text{изд}} = 22 \text{ г} = 0,022 \text{ кг}$	Масса одного изделия: $m_{\text{изд}} = 18 \text{ г} = 0,018 \text{ кг}$
Объем отливки: $Q_0 = 220 \text{ см}^3$	Объем отливки: $Q_0 = 202 \text{ см}^3$
Масса заготовки: $M_{\text{заг.}} = Q_0 \cdot \rho = 220 \cdot 10^{-6} \cdot 1100 \approx 0,24 \text{ кг}$	Масса заготовки: $M_{\text{заг.}} = Q_0 \cdot \rho = 202 \cdot 10^{-6} \cdot 1100 \approx 0,22 \text{ кг}$
Масса отходов: $M_{\text{отх.}} = M_{\text{заг.}} - M_{\text{дет.}} \cdot n =$ $= 0,24 - 0,022 \cdot 6 = 0,108 \text{ кг}$	Масса отходов: $M_{\text{отх.}} = M_{\text{заг.}} - M_{\text{дет.}} \cdot n =$ $= 0,22 - 0,018 \cdot 6 = 0,112 \text{ кг}$

Таблица 6.3 – Эксплуатационные данные оборудования

Наименование оборудования		Норма времени		Мощность M_y , кВт	Площадь S_y , м ²	Цена ЦОБ, руб.	Норма обслуживания поБС
		$T_{шт}$, мин.	$T_{маш}$, мин.				
Sound FTN 130 (B)	Базовый	0,59	0,47	58	8,16	420000	6
	Проектный	0,54	0,43				

Расчет штучного и машинного времени для базового и предлагаемого вариантов технологического процесса производится, исходя из времени цикла изготовления изделия:

$$\tau_{ц} = \tau_{зан} + \tau_{г} + \tau_{охл} + \tau_{разм} + \tau_{н}, \quad (6.3)$$

где $\tau_{зан}$ – время запираания формы, с; $\tau_{зан} = 3с$;

$\tau_{г}$ – время впрыска, с; $\tau_{г} = 3с$;

$\tau_{охл}$ – время пластикации, с; $\tau_{охл} = 12с$;

$\tau_{разм}$ – время размыкания формы, с; $\tau_{разм} = 5с$;

$\tau_{н}$ – время обслуживания формы, с; $\tau_{н} = 5с$.

$$\tau_{ц}^B = 3 + 3 + 12 + 5 + 5 = 28с.$$

$$T_{маш}^B = \tau_{ц}^B = 28с = 0,47мин;$$

$$T_{шт}^B = 1,26 \cdot T_{маш}^B = 1,26 \cdot 0,47 = 0,59мин.$$

$$\tau_{ц}^{PP} = 3 + 3 + 10 + 5 + 5 = 26с.$$

$$T_{маш}^{PP} = \tau_{ц}^{PP} = 26с = 0,43мин;$$

$$T_{шт}^{PP} = 1,26 \cdot T_{маш}^{PP} = 1,26 \cdot 0,43 \approx 0,54мин.$$

Таблица 6.4 – Исходные данные о литьевых формах

Наименование	Стойкость $T_{шт}$, циклов	Цена Цшт, руб.
Литьевая форма шестигнездная, толщина изделия 3 мм	1200000	668159
Литьевая форма шестигнездная, толщина изделия 2,5 мм	1200000	679354

6.2 Расчет затрат на изготовление литейной формы

Таблица 6.5 – Затраты на изготовление новой литейной формы

Наименование	Обозначение	Сумма, руб.		Примечание
		Базовый	Проектный	
Материалы	M	217200	—	
Транспортно-заготовительные расходы	$TЗР$	3150	—	1,45% от M
Основная зарплата рабочих $Z_{ПЛ}^{ОСН} = C_T \cdot T_H / ч$	$Z_{ПЛ}^{ОСН}$	88770	2219,20	$C_T = 147,95 \text{ руб} / \text{час}$ $T_H / ч^Б = 600 \text{ н} / \text{ч}$ $T_H / ч^{ПР} = 15 \text{ н} / \text{ч}$
Единый социальный налог	$ЕСН$	23968	599,20	27% от $Z_{ПЛ}^{ОСН}$
Расходы на содержание оборудования	$РСО$	172249	4306,10	194,04% от $Z_{ПЛ}^{ОСН}$
Цеховые расходы	$Р_{ЦЕХ}$	162822	4070,50	183,42% от $Z_{ПЛ}^{ОСН}$
Итого: цеховая себестоимость	$C_{ЦЕХ}$	668159	11195	
		679354		

Таблица 6.6 – Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента загрузки, численности рабочих-операторов и литьевых форм

Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
		Базовый	Проектный
Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт.	$n_{OB} = \frac{T_{шт} \cdot N_{\Gamma}}{\Phi_{\varepsilon} \cdot K_{BH} \cdot 60}$ $n_{OB}^B = \frac{0,59 \cdot 100000}{3816 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,33 \approx 1$ $n_{OB}^{PP} = \frac{0,54 \cdot 100000}{3816 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,27 \approx 1$	1	1
Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции	$K_3 = \frac{n_{OB}^{PACЧ}}{n_{OB}^{ПРИН}}$ $K_3^B = \frac{0,23}{1} = 0,23$ $K_3^{PP} = \frac{0,21}{1} = 0,21$	0,23	0,21
Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.	$P_{оп} = \frac{T_{шт} \cdot N_{\Gamma} \cdot \left(1 + \frac{K_o}{100}\right)}{\Phi_{\varepsilon, P} \cdot K_{MH} \cdot 60}$ $P_{оп}^B = \frac{0,59 \cdot 100000 \cdot \left(1 + \frac{13,4}{100}\right)}{1832 \cdot 1 \cdot 60} = 0,61 \approx 1 \times 2 \text{ смены} = 2$ $P_{оп}^{PP} = \frac{0,54 \cdot 100000 \cdot \left(1 + \frac{13,4}{100}\right)}{1832 \cdot 1 \cdot 60} = 0,56 \approx 1 \times 2 \text{ смены} = 2$	2	2
Число литьевых форм для выпуска годовой программы, шт.	$n_{шт} = \frac{N_{\Gamma}}{T_{и.шт}}$ $n_{шт} = \frac{100000}{1200000} = 0,08 \approx 1$	1	1

Таблица 6.7 – Расчет капитальных вложений

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1.	Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{OB} = n_{OB} \cdot C_{OB} \cdot K_3$ $K_{OB}^B = 1 \cdot 420000 \cdot 0,23$ $K_{OB}^{PP} = 1 \cdot 420000 \cdot 0,21$	96600	88200
2.	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
1)	Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_M = K_{OB} \cdot K_{МОНТ}$ $K_M^B = 96600 \cdot 0,25$ $K_M^{PP} = 88200 \cdot 0,25$	24150	22050
2)	Затраты на литевную форму, руб.	$K_{И} = C_{ИГТ} \cdot n_{ИГТ}$ $K_{И}^B = 668159 \cdot 1$ $K_{И}^{PP} = 679354 \cdot 1$	668159	679354
3)	Затраты на производственную площадь, руб.	$K_{ПЛ} = n_{OB} \cdot S_y \cdot C_{ПЛ} \cdot K_3$ $K_{ПЛ}^B = 1 \cdot 8,16 \cdot 5500 \cdot 0,23$ $K_{ПЛ}^{PP} = 1 \cdot 8,16 \cdot 5500 \cdot 0,21$	10322,4	9424,8
	Итого:	$K_{СОП} = K_M + K_{И} + K_{ПЛ}$	702631,4	710828,8
3.	Общие капитальные вложения, руб.	$K_{ОБЩ} = K_{OB} + K_{СОП}$	799231,4	799028,8
4.	Удельные капвложения (комплект), руб.	$K_{УД} = \frac{K_{ОБЩ}}{N_{Г}}$ $K_{УД}^B = \frac{799231,4}{100000}$ $K_{УД}^{PP} = \frac{799028,8}{100000}$	7,99	7,99
5.	Дополнительные капвложения, руб.	$K_{ДОП} = K_{ОБЩ}^{PP} - K_{ОБЩ}^B$ $K_{ДОП} = 799028,8 - 799231,4$	-202,6	

Таблица 6.8 – Расчет сравнительной себестоимости изготовления детали

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
		Базовый	Проектный
Основные материалы за вычетом отходов, руб.	$M = M_3 \cdot C_M \cdot K_{ТЗ} - M_{отх} \cdot C_{отх}$ $M^B = 0,24 \cdot 61 \cdot 1,05 - 0,108 \cdot 1,952$ $M^{PP} = 0,22 \cdot 61 \cdot 1,05 - 0,112 \cdot 1,952$	15,16	13,87
Зарплата рабочих-операторов, руб.	$Z_{ПЛ} = \frac{P_{оп} \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.Р.} \cdot K_{ЗПЛ} \cdot K_3}{N_{Г}}$ $Z_{ПЛ}^B = \frac{2 \cdot 45,25 \cdot 1832 \cdot 2,48 \cdot 0,23}{100000}$ $Z_{ПЛ}^{PP} = \frac{2 \cdot 45,25 \cdot 1832 \cdot 2,48 \cdot 0,21}{100000}$	0,95	0,86
Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования, руб.	$P_A = \frac{C_{об} \cdot (-B_{р.}) \cdot H_A \cdot T_{шт} \cdot 1,3}{\Phi_э \cdot K_{вн} \cdot 60 \cdot 100}$ $P_A^B = \frac{420000 \cdot (-0,05) \cdot 8 \cdot 0,59 \cdot 1,3}{3816 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100}$ $P_A^{PP} = \frac{420000 \cdot (-0,05) \cdot 8 \cdot 0,54 \cdot 1,3}{3816 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100}$	0,1	0,1
Расходы на электроэнергию, руб.	$P_э = \frac{M_э \cdot T_{маш} \cdot K_{од} \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_{п} \cdot C_э}{КПД \cdot 60}$ $P_э^B = \frac{58 \cdot 0,47 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,11}{0,8 \cdot 60}$ $P_э^{PP} = \frac{58 \cdot 0,43 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,11}{0,8 \cdot 60}$	0,69	0,63
Расходы на литьевую форму, руб.	$P_{и} = \frac{C_{шт} \cdot (-B_{р.и.})}{T_{и.шт.}}$ $P_{и}^B = \frac{668159 \cdot (-0,55)}{1200000}$ $P_{и}^{PP} = \frac{679354 \cdot (-0,55)}{1200000}$	0,25	0,26

Продолжение таблицы 6.8

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
		Базовый	Проектный
Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{ПЛ} = \frac{S_V \cdot n_{ОБ} \cdot Ц_{ПЛ} \cdot K_3}{N_{Г}}$ $P_{ПЛ}^Б = \frac{8,16 \cdot 1 \cdot 5500 \cdot 0,23}{100000}$ $P_{ПЛ}^{ПР} = \frac{8,16 \cdot 1 \cdot 5500 \cdot 0,21}{100000}$	0,1	0,09
Расходы на зарплату наладчика, руб.	$З_{НАЛ} = \frac{n_{ОБ} \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.Н.} \cdot K_{ЗПЛ} \cdot K_3}{n_{ОБС} \cdot N_{Г}}$ $З_{НАЛ}^Б = \frac{1 \cdot 51,53 \cdot 1850 \cdot 2,48 \cdot 0,23}{6 \cdot 100000}$ $З_{НАЛ}^{ПР} = \frac{1 \cdot 51,53 \cdot 1850 \cdot 2,48 \cdot 0,21}{6 \cdot 100000}$	0,09	0,08
Итого: Технологическая себестоимость, руб.	$C_{ТЕХ} = M + З_{ПЛ} + P_A + P_{Э} + P_{И} + P_{ПЛ} + З_{НАЛ}$	17,34	15,89
Цеховые расходы, руб.	$P_{ЦЕХ} = З_{ПЛ} \cdot K_{ЦЕХ}$ $P_{ЦЕХ}^Б = 0,95 \cdot 2,18$ $P_{ЦЕХ}^{ПР} = 0,86 \cdot 2,18$	2,07	1,87
Всего: Цеховая себестоимость, руб.	$C_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ}$ $C_{ЦЕХ}^Б = 7,361 + 2,96$ $C_{ЦЕХ}^{ПР} = 6,275 + 2,42$	19,41	17,76

Таблица 6.9 – Структура себестоимости

Наименование затрат	Сумма, руб.	
	Базовый	Проектный
Материалы	15,16	13,87
Основная зарплата	1,04	0,94
Расходы на содержание оборудования	0,1	0,1
Расходы на электроэнергию	0,69	0,63
Расходы на литевую форму	0,25	0,26
Расходы на произв. площадь	0,1	0,09
Цеховые расходы	2,07	1,87
Цеховая себестоимость	19,41	17,76

Таблица 6.10 – Расчет экономической эффективности

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПП}}) \cdot N_{\text{Г}}$ $\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (19,41 - 17,76) \cdot 100000$	165000	
Приведенные затраты, руб.	$Z_{\text{ПП}} = C_{\text{ЦЕХ}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{УД}}$ $Z_{\text{ПП}}^{\text{Б}} = 19,41 + 0,33 \cdot 7,99$ $Z_{\text{ПП}}^{\text{П}} = 17,76 + 0,33 \cdot 7,99$	22,05	20,4
Срок окупаемости капвложений, год	$T_{\text{ОК}} = \frac{K_{\text{ВВ}}}{\mathcal{E}_{\text{УГ}}} = \frac{C_{\text{ИТ}}^{\text{П}} - C_{\text{ИТ}}^{\text{Б}}}{\mathcal{E}_{\text{УГ}}}$ $T_{\text{ОК}} = \frac{11195}{165000} = 0,07 \approx 1$	1	
Годовой экономический эффект, руб.	$\mathcal{E}_{\text{Г}} = (Z_{\text{ПП}}^{\text{Б}} - Z_{\text{ПП}}^{\text{П}}) \cdot N_{\text{Г}}$ $\mathcal{E}_{\text{Г}} = (22,05 - 20,4) \cdot 100000$	165000	

6.3 Вывод по разделу «Расчет экономических показателей технологии изготовления изделия»

В результате внедрения нового технологического процесса изготовления детали «Корпус крышки топливного бака» себестоимость продукции снизилась с 19,41 руб. до 17,76 руб. на 1,65 руб. (8,5%) за счет экономии материала.

Условно годовая экономия от снижения себестоимости составляет 165000рублей, экономический эффект от внедрения нового проекта составил 165000 рублей при сроке окупаемости литьевой формы в течение одного года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для достижения цели в бакалаврской работе были решены следующие задачи:

1. Спроектирована новая технология изготовления изделия «Крышка бака топлива», которая представляет собой литье АБС-пластика под давлением. За цикл изготавливается шесть изделий. Толщина крышки уменьшена на 2,5 мм, а литниковая система заменена с рядной на круговую, что тем самым снижает расход материала и позволяет получать изделия с одинаковыми свойствами.
2. Для новой технологии изготовления изделия применяется то же оборудование, что и для существующей технологии изготовления, а именно термопластавтомат Sound FTN 130 (B), энергосиловые параметры которого не превышают расчетных параметров в бакалаврской работе.
3. Спроектирована форма для литья изделия «Крышка бака топлива», произведены расчеты всех систем формы, расчеты на прочность деталей формы, исполнительные размеры формующего инструмента, толщина стенки матрицы. Кроме этого, рациональным образом спроектированы литниковые каналы, газоотводящие каналы и каналы охлаждения.
4. Доказана безопасность и экологичность новой технологии изготовления изделия. Представлены вредные и опасные факторы, которые встречаются при производстве изделий из пластмасс, а именно при литье под давлением. Рассмотрены мероприятия по технике безопасности.
5. В бакалаврскую работу входит раздел по экономической целесообразности внедрения новой технологии изготовления изделия. Доказана экономическая эффективность. Годовой эффект составляет 165000 рублей при сроке окупаемости 12 месяцев.

СПИСОК ИСПОЛУЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александрова, Н.В. Экономика машиностроительного производства: Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы / Н.В. Александрова. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 26с.
2. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3т. Т. 1. – 8-е изд., перераб. и доп. / В.И. Анурьев. – М. : Машиностроение, 2001. – 920 с.
3. Белкин, И.М. Справочник по допускам и посадкам для рабочего машиностроителя / И.М. Белкин. – М. : Машиностроение, 1985. – 320 с.
4. Видгоф, Н.Б. Основы конструирования литьевых форм для термопластов / Н.Б. Видгоф. – М. : Машиностроение, 1979. – 264 с.
5. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие / 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 / С.И. Казаков, А.А. Холмов. – Тольятти: Ника, 2004г. – 27 с.
8. Калинин, Э.Л. Высокие технологии в полимерных материалах: модифицирующие концентраты / 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 / В.К. Крыжановский. – СПб. : Профессия, 2008. – 465с.
10. Кулезнев, В.Н. Смеси и сплавы полимеров / В.Н. Кулезнев. СПб. : Научные основы и технологии, 2013. – 216 с.
11. Мэллой, Р.А. Конструирование пластмассовых изделий для литья под давлением / Р.А. Мэллой. – СПб. : Профессия, 2006. – 512 с.

12. Освальд, Т. Литье пластмасс под давлением / Т. Освальд, Л.-Ш. Тунг, П.Дж. Грэмманн. – СПб. : Профессия, 2006. – 712 с.
13. Пантелеев, А.П. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс / 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 / 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» / Т.С. Фетисова. – Тольятти : ТГУ, 2012. – 113 с.
16. Чалая, Н.М. Модификация свойств и крашение пластмасс при литье под давлением / 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, No 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.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Формат Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Приме- чание
<i>Документация</i>					
A1		19.БР.СОМДyРП.219.61.00.000В0	Вид общий		
<i>Сборочные единицы</i>					
1		19.БР.СОМДyРП.219.61.01.000	Загрузочное устройство	1	
2		19.БР.СОМДyРП.219.61.02.000	Цилиндр	1	
3		19.БР.СОМДyРП.219.61.03.000	Червяк	1	
4		19.БР.СОМДyРП.219.61.04.000	Нагревательный элемент	4	
5		19.БР.СОМДyРП.219.61.05.000	Гидропривод	1	
6		19.БР.СОМДyРП.219.61.06.000	Обратный клапан	1	
7		19.БР.СОМДyРП.219.61.07.000	Наконечник червяка	1	
8		19.БР.СОМДyРП.219.61.08.000	Сопло литьевой машины	1	
9		19.БР.СОМДyРП.219.61.09.000	Неподвижная плита	1	
10		19.БР.СОМДyРП.219.61.10.000	Направляющая	2	
11		19.БР.СОМДyРП.219.61.11.000	Матрица	1	
12		19.БР.СОМДyРП.219.61.12.000	Пуансон	1	
13		19.БР.СОМДyРП.219.61.13.000	Подвижная плита	1	
14		19.БР.СОМДyРП.219.61.14.000	Направляющая	2	
15		19.БР.СОМДyРП.219.61.15.000	Рычажный механизм	1	
16		19.БР.СОМДyРП.219.61.16.000	Гидравлический узел	1	
17		19.БР.СОМДyРП.219.61.17.000	Плита задняя	1	
18		19.БР.СОМДyРП.219.61.18.000	Электродвигатель	1	
19		19.БР.СОМДyРП.219.61.19.000	Насос	1	
20		19.БР.СОМДyРП.219.61.20.000	Трубопровод высокого давления	1	
21		19.БР.СОМДyРП.219.61.21.000	Трубопровод низкого давления	1	
22		19.БР.СОМДyРП.219.61.22.000	Станина	1	
19.БР.СОМДyРП.219.61.00.000В0					
Изм. Лист		№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб. Аскеров					
Проб. Шенбергер					
Н.контр. Егоров					
Утв. Ельцов					
Комплекс оборудования: термопластавтомат Sound FTN 130 (B)				Лит.	Лист
				1	2
				ТГУ ИМ гр. МСП-1501	
				Формат А4	

Копировал

Рисунок А.2 – Спецификация на оборудование (лист 2)
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Инв. №	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Инв. №	Изм.	Лист	Листов	Подп. и дата		Инв. №	Изм.	Лист	Листов	Инв. №	Изм.	Лист	Листов
														Изм.	Дата								
Перв. примен.																							
Документация																							
АО 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.000СБ Сборочный чертеж 3																							
Сборочные единицы																							
1 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.001 Хвостовик 1																							
Детали																							
2 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.002 Выталкиватель 4																							
3 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.003 Контртолкатель 4																							
4 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.004 Колонка направляющая 4																							
5 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.005 Втулка направляющая ступенчатая 4																							
6 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.006 Плита толкателей 1																							
7 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.007 Плита толкателей 1																							
8 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.008 Кольцо 1																							
9 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.009 Центральный толкатель 1																							
10 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.010 Шайба опорная 4																							
11 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.011 Основание подвижное 1																							
12 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.012 Траверса 2																							
13 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.013 Штифт 2																							
14 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.014 Брус 1																							
15 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.015 Плита пунсонов 1																							
16 19.БР.СОМДyРП.219.62.00.016 Колонка возврата 4																							
19.БР.СОМДyРП.219.62.00.000СБ																							
Литьевая форма для изготовления изделия "Крышка бака топлива"																							
ТГУ ИМ, гр. МСп-1501																							
Формат А4																							

Копировал

Рисунок Б.2 – Спецификация на литьевую форму (лист 2)