



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Голыятинский государственный университет»

Институт машиностроения

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В.Бобровский

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

**(уровень специалиста)**

**направление подготовки 151001.65 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
автоматизированных машиностроительных производств**

**Специальность «Технология машиностроения»**

Студент Векшину Никите Павловичу, гр. ТМз-1001

1. Тема Проектирование специального термопласт автомата для получения деталей из полимерных заготовок.
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «\_\_» \_\_\_\_ 2016 г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе *Материалы преддипломной практики, чертежи деталей и сборочных единиц*
4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 90-120 с.)

*Титульный лист. Задание. Реферат (аннотация). Содержание.*

ВВЕДЕНИЕ

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3 ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

5 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА

6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

8 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА ЛИТЬЯ ПЛАСТИКОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ПРИЛОЖЕНИЯ

# АННОТАЦИЯ

УДК 621.0.01

Векшин Никита Павлович

Проектирование специального термопласт автомата для получения деталей из полимерных заготовок

Дипломный проект. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2016.

В проекте выполнена разработка термопластавтомата для производства полимерных изделий малых габаритов.

Основные предлагаемые конструктивные особенности:

-Применение термостабилизатора, за счет чего уменьшается термоокислительный процесс при пуске и остановке оборудования,

-Использование концентрата «Ревтол» для восстановления свойств вторичного полиэтилена,

-Использование Терморегулятора для поддержания постоянной температуры пресс-формы, чтобы получить изделие с более равномерной кристаллической структурой.

Дипломный проект состоит из пояснительной записки и комплекта чертежей, поясняющих материал, рассмотренный в записке.

Пояснительная записка состоит из следующих разделов: описание исходных данных, цель и задачи проекта, технологическая часть, конструкторская часть. Представлен раздел, посвященный экологической безопасности технического объекта производства. Также представлен раздел, определяющий показатели экономической эффективности от внедрения предлагаемых решений.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

ПРОЕКТА

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3 ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

5 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА

6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО

ОБЪЕКТА

7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

8 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА ЛИТЬЯ ПЛАСТИКОВЫХ

ДЕТАЛЕЙ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ПРИЛОЖЕНИЯ

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является ведущей отраслью народного хозяйства, которая производит орудия труда. В связи с этим машиностроение должно находиться на высшем уровне по развитию на базе новейших достижений науки и техники.

Интенсивное развитие производства товаров народного потребления сопряжено с развитием индустрии машин и механизмов, при помощи которых обрабатываются различные композиционные материалы. Эти материалы (различного вида) применяются практически во всех сферах потребления, которыми пользуется современный человек. Сюда можно отнести обувь и одежду, бытовую технику, медицинские изделия – во многих из них применяются полимерные и композитные материалы. Значительная часть из них изготавливается методами горячего прессования исходного твердого сырья. Это производится с помощью так называемых термопласт автоматов – машин и комплексов машин, в которых расплавленный материал под давлением подается в каналы и заполняет полости технологической оснастки (пресс – формы). Таким образом получают готовые полимерные изделия.

В настоящее время снижается удельная металлоемкость машин и оборудования (в том числе для получения композиционных и полимерных деталей) за счет совершенствования конструкции машин, широкого применения металла повышенной прочности, фасонных профилей, проката высокой точности, конструктивных пластмасс, оптимизации систем подогрева и смазки рабочих частей.

В связи с этим актуальной для настоящего времени является разработка термопласт автомата, реализующего последние и передовые тенденции и технические решения в сфере оборудования и технологий для получения деталей из композиционных материалов.

# 1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

Рассмотрим общую структуру машин типа «термопласт автомат», их устройства, технические характеристики, основные особенности.

На Рисунке 1.1 представлен общий вид типового термопласт автомата.

Термопласт автомат представляет специальное устройство, которое выполняет отлив полимерных изделий заданной формы. Данное устройство относится к разряду наиболее востребованных на рынке, поскольку устройство и принцип его работы являются нетрудоемкими, но при этом высокопроизводительными.



Рисунок 1.1- Общий вид термопласт автомата

Термопласт автомат относится к автоматизированной по принципу работы технике, которая практически не требует применения никакого ручного труда (кроме вспомогательных процессов загрузки сырья,

некоторых функций контроля и тд). Данное оборудование имеет множество преимуществ перед другими техническим устройствами, посредством которых осуществляется отливка пластмассовых изделий. К этим преимуществам можно отнести такие как очень высокий уровень производительности, который имеет первостепенное значение при выборе данного оборудования. Термопластавтомат выполняет такие функции, как производство различных деталей и частей, которые по технологии должны отливаться с высокой производительностью (в условиях серийного и массового производства). Как правило, формируются специализированные предприятия, которые оснащены парком используемых термопласт автоматов. На Рисунке 1.2 представлено фото типового участка, организованного с использованием термопласт автоматов.



Рисунок 1.2- Участок с термопласт автоматами

Высокая скорость работы данной установки обеспечивается специальными устройствами дистанционного управления. Машина отличается так же высокоточным изготовлением, поскольку оснащена

специальными контроллерами, которые позволяют задать необходимые параметры для изготовления деталей.

Работа всей конструкции термопласт автоматов осуществляется посредством гидроцилиндров, которые делают управление машиной легким и не требующим дополнительных применения ручного труда. Также оборудование оснащается специальными датчиками, которые производят контроль над правильной температурой, при которой работа всей установки будет производиться бесперебойно и качественно.

Основной комплектацией данного оборудования являются такие элементы как специальные плиты, с пазами в форме буквы Т, впрыскивающий узел, который основан на направляющих элементах, насос переменного типа действия, клапаны, распределительного характера. Использование данного типа оборудования позволяет производить множество штучных изделий, любой заданной формы. На Рисунке 1.3 представлен типовой современный автоматизированный термопласт автомат.



Рисунок 1.3 – Типовой современный термопласт автомат

Установки для литья пластмасс позволяют сократить время на изготовление любого пластмассового изделия, при этом все издержки производства, сводятся при его использовании к минимуму, главное это производить материалы в больших количествах.

Сформулируем цель и задачи дипломного проекта.

Целью работы является обеспечение выпуска актуальных полимерных изделий с использованием термопласт автомата. Для достижения указанной цели необходимо разработать термопласт автомат, с использованием которого возможно получение мелко и среднеразмерных деталей, изготавливаемых из полиамида, полипропилена, капролоктана, полиэтилена.

Необходимо выполнить все технические расчеты, которые позволят осуществить проектирование и компонование механизмов и узлов термопласт автомата.

Также в работе требуется предложить инженерные методы защиты охраны труда, окружающей среды при эксплуатации технического объекта (в данном случае – проектируемого термопласт автомата).

Решению этих вопросов посвящены последующие разделы проекта.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### Основные параметры технологического процесса

Переработка окрашенных суперконцентратами полиэтилена высокого давления требует корректировки режимов пластикации [11]:

увеличения скорости вращения шнека до 0,2 м/мин

Давление пластикации - 10 МПа

Давление впрыска 50 – 60 МПа

Давления литья - 140 МПа

Время выдержки под давлением для литника с круглым сечением по номограмме составляет 10 сек.

Температура формы 60°C, т.к. температура максимальной скорости кристаллизации для ПВД составляет 60°C

Температура изделия составляет  $(T_{\phi} + 30^{\circ}\text{C}) = 90^{\circ}\text{C}$

Температура сопла (расплава) - 210 °C

Температура 1 зоны - 180

Температура 2 зоны - 190

Температура 3 зоны - 200

Время охлаждения – 15 с

Продолжительность цикла - 40 с

### Техническая характеристика основного технологического оборудования

1. Загрузочное устройство ЗГВ – 300 предназначено для автоматической загрузки гранул полимера в бункер термопластавтомата. Технические характеристики:

Производительность, кг/ч

300

Ёмкость бункера, м <sup>3</sup> , не менее	0,15
Высота подачи материала, м, не более	3
Мощность всасывания, кВт	1,1
Масса, кг, не более	23

2. Термопластавтомат ДЕ 3330Ф1, предназначен для литья под давлением изделий из полиэтилена. Технические характеристики:

Усилие запирания, кН	1150
Номинальный объём впрыска, см <sup>3</sup>	178
Номинальное давление литья, МПа	178
Ход подвижной плиты, мм	310
Диаметр червяка, мм	40
Мощность нагревателей цилиндра, кВт	6
Габаритные размеры, м	4,2 1,1 2
Масса, кг	3500

3. Измельчитель пластмасс роторный ИПР – 350 М. Предназначен для измельчения отходов термопластов до необходимого размера, пригодного для дальнейшей переработки в литьевых машинах. Технические характеристики:

Максимальные размеры пустотелых отходов, мм	15 75 75
Толщина стенки до, мм	5
Производительность, кг/ч	50 – 150
Диаметр калибрующих отверстий	8
Частота вращения ротора, об/мин	1125
Мощность привода, кВт	3,2
Габаритные размеры,	мм
960 590 1410	
Масса, кг	250

4. Холодильник с водяным охлаждением НС – 08WCL  
 предназначен для охлаждения водооборотной воды. Технические  
 характеристики:

Производительность по замораживанию, кКал/ч	21150
Расход охлаждающей воды, л/мин	100
Расход охлажденной воды, л/мин	125
Потребляемая мощность, кВт	5
Габаритные размеры,	мм
1070 800 1100	
Масса, кг	

5. Термостат водяного подогрева СТW 9/95

Мощность нагрева, кВт	9
Мощность насоса, кВт	0,75
Объем бака, л	5
Габаритные размеры, мм	330 660 700
Масса, кг	50

Технологические расчеты

Материальные расчеты

- потери при загрузке 0,2%,

- потери при транспортировке 0,002%,

- потери при сушки 0,1%

- потери при формовании 0,001%

- потери грануляции (пыль) 0,1%

Масса одной крышки 0,0132 кг, отсюда выход продукции  
 составляет  $997,123 : 0,0132 = 75539$  крышек

Расчет материальных ресурсов представим в Таблице 2.1

Таблица 2.1 – Материальный баланс

Наименование компонента	% соотношение компонентов	Приход, кг	Расход с учётом потерь, кг
1. ПЭНП	84,2	842	847,433
2. Суперконцентрат "Баско"	5	50	49,85
3. Пластификатор "Ревтол"	3	30	29,91
4. Вторичный полиэтилен	7	70	69,93
5. Термостабилизатор	0,8	8	0,002
Итого:	100	1000	997,123

Энергетический баланс червячной машины.

При движении в рабочих органах червячной машины полимер нагревается до температуры переработки теплотой, подводимой от нагревателей и теплотой, выделяющейся в самом полимере за счёт механической энергии привода. Часть теплоты расходуется на увеличение давления в винтовом канале, на потери в окружающую среду и на охлаждение червяка и зоны транспортирования.

Уравнение энергетического баланса червячной машины [24]:

$$P_{\text{охл}} + P_{\text{пер}} + P_{\text{пот}} + G\Delta pV = P_{\text{н}} + P_{\text{м}},$$

откуда,

мощность нагревателей необходимая для нагрева полимера до определённой температуры:

$$P_n = P_{\text{пер}} + P_{\text{пот}} + P_{\text{охл}} - P_m,$$

где  $P_{\text{пер}}$  - энергия, необходимая для переработки полимера Дж/с;

$P_{\text{пот}}$  - потери теплоты в окружающую среду Дж/с;

$P_{\text{охл}}$  - энергия, отводимая при охлаждении транспортирующей зоны червяка Дж/с ;

$P_m$  - энергия, выделяемая в полимер за счёт работы, совершаемой приводом Дж/с .

Определяем энергию необходимую для переработки полимера:

$$P_{\text{пер}} = G_m \Delta i_p,$$

где  $\Delta i_p = 342$  кДж/кг - изменение энтальпии полимера в процессе переработки, [22, рис. 9];

$$G_m = \alpha_m n_{\text{об}},$$

где  $\alpha_m = 3,89 \cdot 10^{-3}$  кг/с - производительность машины за один оборот шнека.

$$P_{\text{пер}} = \alpha_m n_{\text{об}} \Delta i_p,$$

$$P_{\text{пер}} = 3,89 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 342000 = 2128,6 \text{ Дж/с}.$$

Определяем тепловой поток с поверхности теплообмена:

$$P_{\text{воз}} = \alpha_n F_{\text{пов}} (t_{\text{пов}} - t_{\text{воз}}),$$

Определяем тепловой поток с поверхности теплообмена, [22, стр. 44]:

$$P_{\text{воз}} = 1,3\pi D^{0,74} l_{\text{ц}} (t_{\text{пов}} - t_{\text{воз}})^{1,26} + \pi D l_{\text{ц}} \sigma_0 \varepsilon_{\text{пов}} (T_{\text{пов}}^4 - T_{\text{воз}}^4),$$

где  $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8}$  - постоянная Стефана-Больцмана [23, стр 403];

$\varepsilon_{\text{пов}} = 1$  - тепловое излучение абсолютно черного тела [23, стр 185];

$$P_{\text{воз}} = 1,3 * 3,24 * (9 * 10^{-2})^{0,74} * 0,47 * (200 - 20)^{1,26} + 3,14 * 9 * 10^{-2} * 0,836 * 5,67 * 10^{-8} * 1 * (473^4 - 293^4) = 545 \text{ Дж/с.}$$

В политропном режиме экструдирования на их охлаждения затрачивается определённое количество теплоты:

$$P_{\text{охл}} = G_{\text{ж}} c_{\text{рж}} (t_{\text{ж2}} - t_{\text{ж1}}),$$

где  $G_{\text{ж}}$  - расход охлаждающей жидкости;

$c_{\text{рж}}$  - её удельная теплоёмкость;

$t_{\text{ж1}}, t_{\text{ж2}}$  - температура охлаждающей жидкости на входе и выходе.

$$P_{\text{охл}} = 4,75 * 10^{-2} * 4,89 * 10^3 * 10 = 2374,3 \text{ Дж/с.}$$

Определяем тепловой поток в корпусе при работе с установившейся производительностью:

$$P_{\text{кор}} = [\lambda_{\text{ц}} S_{\text{п.ц.}} (t_{\text{ц}}^3 - t_{\text{воз}}) / (l_{\text{ц}} - l_{\text{н}})] + [\lambda_{\text{ч}} S_{\text{п.ч.}} (t_{\text{ч}}^3 - t_{\text{воз}}) / (l_{\text{ц}} - l_{\text{н}})] + [\lambda_{\text{под}} S_{\text{п.п.}} (t_{\text{ц}}^{\text{д}} - t_{\text{воз}}) / h_{\text{п}}],$$

где  $\lambda_{\text{ц}}, \lambda_{\text{ч}}, \lambda_{\text{под}} = 46,5 \text{ Вт/мК}^0$  теплопроводность цилиндра, червяка и подставки, [23, таб. XXIII];

$S_{п.ц.}, S_{п.ч}, S_{п.п}$  - площадь поперечного сечения цилиндра, червяка  
и  
подставки;

$l_{ц}$  - длина цилиндра;

$l_{н}$  - длина участка цилиндра на котором расположены нагреватели.

$$P_{кор} = [46,5 * 5,1 * 10^{-3} * (200^3 - 20) / (0,47 - 0,4)] + \\ + [46,5 * 9,62 * 10^{-4} * (200^3 - 20) / (0,47 - 0,4)] + \\ + [46,5 * 1,5 * 10^{-3} * (200 - 20) / 0,154] = 3169,74 \text{ Дж/с.}$$

Определяем общие потери от рабочих органов червячной машины:

$$P_{пот} = P_{воз} + P_{кор}, \\ P_{пот} = 545 + 3169,74 = 3714,74 \text{ Дж/с.}$$

Определяем количество энергии выделяющейся в полимере при  
работе  
привода:

$$P_{м} = P_{м.р.} + P_{м.гр.},$$

где  $P_{м.р.}$  - энергия, выделяемая при работе сил трения;

$P_{м.гр.}$  - энергия, выделяемая при трении твёрдого  
гранулированного  
материала о поверхность цилиндра и червяка.

Определяем энергию, выделяемую при работе сил трения:

$$P_{м.р.} = \left( \left\{ \left[ \left( \pi^2 D^2 (b_n - k_t c_n) (\cos^2 \varphi \operatorname{ctg} \varphi + 4 \sin \varphi \cos \varphi) (1 - e^{-b(t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}})}) \right) l_p \mu_{\text{ВХ}} \right] / (b h (t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}})) \right\} \right) \\ + \left( \pi^2 D^2 c_n l_p \mu_{\text{ВХ}} (1 - e^{-b c h (t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}}) / b h}) / (b \delta \operatorname{tg} \varphi (t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}})) \right\} n_{\text{об}}^2 + \\ + \left[ (b_n - k_t c_n) h^3 \sin 2\varphi \Delta p_p^2 F_p^2 (e^{b(t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}})} - 1) / (24 F_d^2 l_p b \mu_{\text{ВХ}} (t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}})) \right],$$

где  $b = (\ln \mu_{\text{вх}} - \ln \mu_{\text{вых}}) / (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})$ ,

где  $\mu_{\text{вх}}$ ,  $\mu_{\text{вых}}$  - вязкость расплава при температуре входа и выхода, [32, стр17],

$t_{\text{вых}}$ ,  $t_{\text{вх}}$  - температура на выходе и входе,

$$b = (\ln 7 \cdot 10^4 - \ln 2 \cdot 10^4) / (200 - 20) = 6,96 \cdot 10^{-3}$$

$$P_{\text{м.р.}} = [(3,14^2 \cdot 0,04^2 (0,04 - 1 \cdot 0,004) (\cos^2 17 \operatorname{ctg} 17 + 4 \sin 17 \cos 17)) \cdot (1 - 2,72^{-0,00696 \cdot (200-20)}) \cdot 0,04 \cdot 7 \cdot 10^4] / (6,96 \cdot 10^{-3} (200-20)) + (3,14^2 \cdot 0,04^2 \cdot 0,04 \cdot 0,4024 \cdot 2 \cdot 10^4 (1 - 2,72^{-0,00696 \cdot 0,04(200-20)/0,04}) / (6,96 \cdot 10^{-3} \cdot \operatorname{tg} 17 (200-20))) \cdot 1,67^2 + [(0,04 - 1 \cdot 0,004) \cdot 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 2 \cdot 17 \cdot (50 \cdot 10^6)^2 \cdot 1,4^2 (2,72^{0,00696 \cdot (200-20)} - 1)] / (24 \cdot 1,4^2 \cdot 0,4024 \cdot 6,96 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot (200-20)) = 1566,98 \text{ Дж/с.}$$

Определяем энергию, выделяющуюся при перемещении полимера в загрузочной зоне:

$$P_{\text{м.гр.}} = (2 a_{\text{м}3} f_{\text{ср}} n_{\text{об}}) / (\rho_{\text{п}} h_{\text{ср}} \sin(\omega_{\text{к}} - \varphi)),$$

где  $\omega_{\text{к}} = G_{\text{м}} \operatorname{arctg}((\cos^2 \varphi - 0,5) / \sin 2\varphi) / G_{\text{м max}}$ ,

где  $G_{\text{м max}}$  - максимальный расход материала, [35, стр. 115 ],

$$\omega_{\text{к}} = 3,89 \cdot 10^{-3} \cdot \operatorname{arctg}((\cos^2 17 - 0,5) / \sin 2 \cdot 17) / 8,88 \cdot 10^{-3} = 0,42$$

Определяем общие потери теплоты от рабочих органов червячной машины,

$$P_{\text{м.гр.}} = (2 \cdot 2,92 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 1,9 \cdot 1,8 \cdot 10^6) / (785 \cdot 2,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(0,42 + 17)) = 3239,02 \text{ Дж/с.}$$

Определяем энергию нагревателей червячной машины,

$$P_{\text{н}} = P_{\text{пер}} + P_{\text{пот}} + P_{\text{охл}} - P_{\text{м.гр.}}$$

$$P_n = 2128,6 + 3714,74 + 2374,3 - 3239,02 = 4,98 \text{ кДж/с.}$$

Расчёт геометрических параметров и размеров шнека

Исходные данные

- литьевая машина с объёмом впрыска за цикл  $U = 125 \text{ см}^3$ ,
- наибольшая пластификационная способность  $q = 38 \text{ кг/ч}$ ,
- номинальное давление литья  $P_{л} = 100 \text{ МПа}$ ,
- давление в гидросистеме  $P_{гд} = 5 \text{ МПа}$ ,
- мощность электронагревателей  $P_n = 5 \text{ кВт}$ .

Определяем диаметр шнека для обеспечения, требуемого объёма впрыска:

$$D_1 = (U_n k / 0,785 k_1)^{1/3},$$

где  $k = 1,25$  - коэффициент, учитывающий утечки и сжатие полимера

при впрыски, [24, таб. 3.9];

$k_1 = 1,7$  - отношение хода шнека к диаметру, [24, таб. 3.9].

$$D_1 = (125 * 10^{-6} * 1,25 / 0,785 * 1,7)^{1/3} = 3,88 * 10^{-2} \text{ м.}$$

Определяем диаметр шнека из условия обеспечения заданной пластификации:

$$D_2 = (q_{пл} / 0,7)^{1/2,5} * 10^{-2},$$

$$D_2 = (14 / 0,7)^{1/2,5} * 10^{-2} = 3,3 * 10^{-2} \text{ м.}$$

Определение номинального диаметра поршня:

$$D_n = (P_{\text{л}} D_1^2 / P_{\text{гд}})^{1/2},$$

$$D_n = (100 * 10^6 * (3,88 * 10^{-2})^2 / 5 * 10^6)^{1/2} = 0,173 \text{ м.}$$

По стандартному ряду диаметров принимаем  $D_n = 0,175 \text{ м.}$

По найденному значению  $D_{n1}$ , определяем диаметр шнека :

$$D_3 = (P_{\text{гд}} D_{n1}^2 / P_{\text{л}})^{1/2},$$

$$D_3 = (5 * 10^6 * (0,175)^2 / 100 * 10^6)^{1/2} = 3,91 * 10^{-2} \text{ м.}$$

Определяем фактическое давление литья:

$$P_{\phi} = P_{\text{гд}} D_{n1}^2 / D_n^2,$$

где  $D_n$ - наибольшее из трёх значений диаметров  $D_1, D_2, D_3$ ,

$$P_{\phi} = 5 * 10^6 * (0,175)^2 / (3,91 * 10^{-2})^2 = 100,2 \text{ МПа.}$$

Определяем ход шнека при расчётном диаметре :

$$H_{\text{ш}} = 4U_p / \pi D_n^2,$$

где  $U_p = U_n k$ ,

где  $k = 1,25$ - коэффициент учитывающий утечки и сжатие полимера при

впрыски, [24, таб. 3.9].

$$U_p = 125 * 10^{-6} * 1,25 = 78,75 * 10^{-6} \text{ м}^3.$$

$$H_{\text{ш}} = 4 * 78,75 * 10^{-6} / 3,14 * (4 * 10^{-2})^2 = 6,3 * 10^{-2} \text{ м.}$$

## Расчёт профиля шнека

Объём полимера в межвитковом пространстве шнека определяется

геометрическими параметрами шнека, диаметром, шагом, шириной витка, глубиной канала, длиной каждой зоны, числом витков.

Определяем объём межвиткового пространства каждой зоны:

$$U_{\text{ш}} = U_3 + U_{\text{п}} + U_{\text{д}} = U_3' z_3 + U_{\text{п}}' z_{\text{п}} + U_{\text{д}}' z_{\text{д}},$$

где  $U_3, U_{\text{п}}, U_{\text{д}}$  - объём межвиткового пространства шнека в зонах загрузки, пластификации и дозирования  $\text{м}^3$ ;

$U_3', U_{\text{п}}', U_{\text{д}}'$  - объём одного витка в зонах  $\text{м}^3$ ;

$z_3, z_{\text{п}}, z_{\text{д}}$  - число витков в каждой зоне шт.

Объём витка шнека  $U'$  равен объёму развёрнутой пластины

длиной,

$$L = (a_b^2 + (\pi D_{\text{ср}})^2)^{1/2},$$

шириной,

$$B = (a_b - b) \cos \alpha,$$

высотой,

$$H = h,$$

$$U' = LBH = (a_b^2 + (\pi D_{\text{ф}})^2)^{1/2} (a_b - b) \cos \alpha h,$$

Основные геометрические параметры шнека заменим коэффициентами

$k_2, k_3, k_4,$

$$U_3' = (\pi D^3 k_3 (k_3 - k_4) ((1 - k_2)^2 + (k_3/\pi)^2)^{1/2} / (1 + (k_3/\pi)^2)^{1/2},$$

где  $k_2 = h/D = 0,13$  - коэффициент в зоне загрузки, [24, таб. 3.10];

$k_3 = ab/D = 1$  - коэффициент в зоне загрузки, [24, таб. 3.10];

$k_4 = b/D = 0,13$  - коэффициент в зоне загрузки, [24, таб. 3.10].

$$U_3' = (3,14 * 0,04 * 0,13 * (1 - 0,13) * ((1 - 0,13)^2 + (1/3,14)^2) / (1 + (1/3,14)^2)^{1/2} = 2 * 10^{-5} \text{ м}^3.$$

По аналогии определяем объём одного витка в зоне дозировки:

$$U_d' = (\pi D^3 (k_2/k_5)(k_3 - k_4)((1 - (k_2/k_5)^2) + (k_3/\pi)^2)^{1/2} / (1 + (k_3/\pi)^2)^{1/5},$$

где  $k_5 = 1,2$  - коэффициент, [24, таб. 3.10].

$$U_d' = (3,14 * 0,04^3 * (0,13/1,2) * (1 - 0,13) * ((1 - (0,13/1,2)^2) + (1/3,14)^2)^{1/2} / (1 + (0,13/3,14)^2)^{1/2} = 1,9 * 10^{-5} \text{ м}^3.$$

При расчёте объёма одного витка шнека в зоне пластификации,

примем высоту канала, равную полусумме высот каналов в зоне

загрузки и дозировки.

Определяем объём одного витка шнека в зоне пластификации:

$$U_n' = \pi D^3 k_2 (k_3 - k_4) (1 + (1/k_5)) ((1 - 0,5 k_5 (1 + (k_5)^{-1})^2 (k_3/\pi)^2)^{1/2} (1 + (k_3/\pi)^2)^{-1/2},$$
$$U_n' = 3,14 * 0,04^3 * 0,13 * (1 - 0,13) * (1 + (1/1,2)) * (1 + 0,5 * 0,13 * (1 + (1,2)^{-1})^2 * (1/3,14)^2)^{1/2} = 11,7 * 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Определяем общий объём полимера в межвитковом пространстве:

$$U_{шм} = U_p k_6 = U_n k k_6,$$

$$U_{3M} = U_H k k_7,$$

$$U_{PM} = U_H k k_8,$$

$$U_{DM} = U_H k k_9,$$

где  $k_6 = k_7 + k_8 + k_9$ ;

где  $k_7 = 1,8$  - коэффициент для расчёта профиля шнека, [19, таб. 3.10];

$k_8 = 0,3$  - коэффициент для расчёта профиля шнека, [19, таб. 3.10];

$k_9 = 0,5$  - коэффициент для расчёта профиля шнека, [19, таб. 3.10].

$$U_{шм} = 125 * 10^{-6} * 1,25 * 1,8 = 1,4175 * 10^{-4} \text{ м}^3,$$

$$U_{3M} = 125 * 10^{-6} * 1,25 * 1 = 7,878 * 10^{-4} \text{ м}^3,$$

$$U_{PM} = 125 * 10^{-6} * 1,25 * 0,3 = 2,3625 * 10^{-4} \text{ м}^3,$$

$$U_{DM} = 125 * 10^{-6} * 1,25 * 0,5 = 3,9375 * 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Выражаем объём цилиндра в каждой зоне через объём одного витка, числа витков и коэффициент загрузки.

$$U_{3M}' = U_3' (z_3 - z_{ход}) \gamma_3,$$

$$U_{PM}' = U_{п}' z_{п} \gamma_{п},$$

$$U_{DM}' = U_{д}' z_{д} \gamma_{д},$$

откуда следует,

$$z_3 = ((U_H k k_7) / (U_3' \gamma_3)) + z_{ход},$$

$$z_{п} = (U_H k k_8) / (U_{п}' \gamma_{п}),$$

$$z_{д} = (U_H k k_9) / (U_{д}' \gamma_{д}),$$

где  $\gamma_3 = 0,5$  - коэффициент заполнения полимера межвиткового пространства, [24, таб. 3.10];

$\gamma_{\text{п}}=0,8$  - коэффициент заполнения полимера межвиткового пространства, [24, таб. 3.10];

$\gamma_{\text{д}}=1$  - коэффициент заполнения полимера межвиткового пространства, [24, таб. 3.10].

$$z_3 = ((125 * 10^{-6} * 1,25 * 1) / (2 * 10^{-5} * 0,5)) + 1 = 8,88 ,$$
$$z_{\text{п}} = ((125 * 10^{-6} * 1,25 * 0,3) / (11,7 * 10^{-5} * 0,8)) = 0,25 ,$$
$$z_{\text{д}} = ((125 * 10^{-6} * 1,25 * 0,5) / (1,9 * 10^{-5} * 1)) = 2,07 .$$

Определяем длину шнека по зонам :

$$l_3 = a_b z_3 = 4 * 10^{-2} * 8,88 = 0,355 \text{ м} ,$$

$$l_{\text{п}} = a_b z_{\text{п}} = 4 * 10^{-2} * 0,25 = 0,01 \text{ м} ,$$

$$l_{\text{д}} = a_b z_{\text{д}} = 4 * 10^{-2} * 2,07 = 0,0836 \text{ м} ,$$

Определяем общее число витков:

$$z_{\text{общ}} = z_3 + z_{\text{п}} + z_{\text{д}} = 8,88 + 0,25 + 2,07 = 11,2.$$

Определяем эффективную длину шнека:

$$L_{\text{эф}} = z_{\text{эф}} a_b ,$$

где

$$z_{\text{эф}} = U_{\text{п}} k ((k_7 / U_3 \gamma_3) + (k_8 / U_{\text{п}} \gamma_{\text{п}}) + (k_9 / U_{\text{д}} \gamma_{\text{д}})) ,$$

$$z_{\text{эф}} = 125 * 10^{-6} * 1,25 * ((1/2 * 10^{-5}) + (0,3/30,5 * 10^{-5}) + (0,5/1,9 * 10^{-5})) = 10,06$$

$$L_{\text{эф}} = 10,6 * 4 * 10^{-2} = 0,4024 \text{ м}.$$

отсюда,

$$L_{\text{общ}} = L_{\text{эф}} + k_1 D ,$$

$$L_{\text{общ}} = 0,4024 + 1,7 * 0,04 = 0,4704 \text{ м}.$$

Используемое число витков на машине объёмом 125 см<sup>3</sup> удовлетворяет условию эффективной работы машины

#### Расчёт основных параметров оснастки

Особенностью формования изделий литьём под давлением является способ передачи давления (усилия) на формуемый материал (расплав пластмассы). Формование изделия осуществляется в сомкнутой форме, когда формующие поверхности (матрица и пуансон) неподвижны, поэтому для получения качественного изделия усилие создаётся гидростатически, через систему подводящих расплав каналов (литников). Передача давления на материал в форме способствует увеличению температуры материала, которая повышает его текучесть. Давление, действующее на материал в форме, оказывает значительное влияние на качество готового изделия, повышая плотность отливки и снижая величину усадки изделия. Поэтому регулирование давления в процессе переработки литьём позволяет улучшить эксплуатационные свойства изделий.

В формующей полости величина давления на материал непостоянна и снижается от входа в форму к задней стенке, т. е. зависит от конфигурации и размеров изготавливаемого изделия. На передачу в форму давления влияет расстояние от впуска до стенки и периметра сечения оформляющей поверхности перпендикулярного направлению течения расплава.

$$P_x = P_m(0,72e^{-0,134K'} + 0,28e^{-3,98K'}),$$

где  $P_x$  – давление в форме в любой точке;

$P_m$  - давление материала у впуска в форму;

$K' = 1$  - коэффициент, зависящий от геометрических размеров формы и вязкости расплава;

$T_m$  - температура впрыскиваемого расплава.

$$P_x = 100 / (0,72 / 2,72^{-0,13} + 0,28 / 2,72^{-3,98}) = 63,7 \text{ МПа.}$$

Определяем среднее удельное давление в форме:

$$P_{cp} = P_m(0,07/K' + 0,045K' + 0,72),$$

где  $K' = 1$  - коэффициент, зависящий от длины изделия и перерабатываемого материала, [14, стр. 122];

$$P_{cp} = 100 / (0,07/ 1 + 0,045 + 0,72) = 83,5 \text{ МПа.}$$

Определяем размер поперечного сечения литникового канала цилиндрической формы:

$$r_{ц.л.} = \sqrt[3]{\tau_{охл.л.} 5,76\alpha / \ln(1,6 \theta)},$$

где  $\tau_{охл.л.} = 20$  с - время охлаждения изделия ;

$$\alpha = 0,102 / 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с.}$$

$$\theta = (T_m - T_\phi) / (T_c - T_\phi),$$

$$\theta = (200 - 50) / (110 - 50) = 3$$

$$r_{ц.л.} = \sqrt[3]{20 / 5,76 * 0,102 * 10^{-6} / \ln(1,6 * 3)} = 2,73 * 10^{-3} \text{ м.}$$

Определяем потерю давления в центральном литнике:

$$\Delta P_{ц.л.} = 2l_{ц.л.} \tau_\omega / r_{ц.л.},$$

где  $l_{ц.л.}$  – длина центрального литника;

$r_{ц.л.}$  – средний радиус литника;

$\tau_w$  – напряжение сдвига на стенке литникового канала, которое определяется по кривой течения для расплава перерабатываемого материала при температуре литья и скорости сдвига  $\gamma'$ .

$$\gamma' = 4Q/(\pi r_{ц.л.}^3),$$

где  $Q$  – объёмный расход;

$$Q = v/r_B,$$

где  $v$  – объём впрыскиваемого материала;

$r_B$  – время впрыска.

$$Q = 42 * 10^{-6} / 1,2 = 3,5 * 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$\gamma' = 4 * 3,5 * 10^{-5} / (3,14 * (0,00178)^3) = 7901,7 \text{ с}^{-1}.$$

По таблице определяем течения расплава полиэтилена при температуре литья в зависимости от скорости сдвига, определяем напряжение сдвига на стенке литникового канала, [14, таб. 3.15].

$$\Delta P_{ц.л.} = 2 * 0,05 * 0,258 / 0,003 = 8,6 \text{ МПа}.$$

Снижение потерь давления в литниковой системе осуществляют путём изменения их длины или диаметра. Эффект снижения потерь давления может быть достигнут также путём повышения температуры расплава. Центральный литниковый канал выполняют обычно в виде усечённого

конуса с углом  $2-4^\circ$  для удобства извлечения литника из канала.

Если литник будет толстым, то расплав в нём долго не будет застывать, в форме будет сохраняться высокое давление за счёт подпитки расплавом. Соответственно, время цикла будет удлиняться. Наоборот, тонкий литник быстро застывает, подпитка формы расплавом будет недостаточна, уменьшится масса изделия, увеличится его усадка.

Для проверки работоспособности формы определяем сумму потери в литевой форме:

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_{\text{ц. л.}} + \Delta P_{\text{ф}},$$

Определяем время охлаждения:

$$\tau_T = \ln[1,27(T_M - T_{\text{ф}})/(T_H - T_{\text{ф}})] \delta^2 / (\pi^2 \alpha),$$

$$\tau_T = \ln[1,27(200 - 50)/(70 - 50)] 1 * 10^{-3} / (3,14^2 * 1,02 * 10^{-7}) = 8,96 \text{ с.}$$

Определяем время впрыска:

$$\tau_{\text{впр.}} = v_0 / Q_{\text{впр.}},$$

$$\tau_{\text{впр.}} = 125 / 42 = 2,9 \text{ с.}$$

Определяем потери давления:

$$\Delta P_{\text{ф}} = 2l_{\text{ф}} \tau_M / [\delta(1 - \tau_{\text{впр.}} / \tau_T)],$$

где  $\tau_M = 0,258$  – напряжение сдвига [14, таб. 3.15].

$$\Delta P_{\text{ф}} = 2 * 9,6 * 10^{-2} * 0,258 / [2 * 10^{-3} (1 - 2,9 / 4,59)] = 46,75 \text{ МПа.}$$

Определяем сумму потерь в литниковой форме:

$$\Sigma \Delta P = 8,96 + 46,75 = 55,71 \text{ МПа.}$$

Таким образом, сумма потерь в литниковой форме меньше, чем давление создаваемое литьевой машиной. Это значит, что при выбранном технологическом режиме  $P_m = 70 \text{ МПа}$  и  $T_m = 200^\circ\text{C}$  формирующая полость будет заполняться расплавом полностью.

Расчёт литниковой системы.

Центральный литниковый канал является – наиболее простым элементом. Этот канал должен иметь достаточно большое сечение, возрастающее с увеличением вязкости расплава и толщины стенки изделия. Диаметр отверстия центрального литникового канала на входе в литниковую втулку можно принять по зависимости  $d_1$  от массы  $m$  отливки. Для развитой литниковой системы размеры следует принимать ближе к верхнему краю зоны.

Диаметр на входе в литниковую втулку:

$$d_p = 0,2 \sqrt[3]{v / (\pi v \tau)},$$

где  $v$  - объём впрыска;

$v$  – средняя скорость течения материала;

$\tau$  – продолжительность впрыска.

Для отливок объёмом до  $100 \text{ см}^3$  -  $v = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ , [25, стр 71].

$$d_p = 0,2 \sqrt[3]{42 \cdot 10^{-6} / (3,14 \cdot 7,4 \cdot 10^{-3} \cdot 2,9)} = 4,99 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Диаметр сопла  $d_c = d_p - (0,4 \dots 0,5) = 5 * 10^{-3} - 0,5 = 4,5 * 10^{-3} \text{ м}^3$ .

Диаметр центрального литника на выходе и длину литникового канала выбираем  $d_2 = 7,8 \text{ мм}$ ;  $L = 80 \text{ мм}$ . [14, таб. 24].

Разводящие каналы являются частью литниковой системы, выбираем сегментную форму канала [25, таб. 26].

Определяем диаметр разводящего канала:

$$d = d_2 (l/l_1)^\alpha (N_1/N)^\beta ,$$

$$h_1 = (2/3) d,$$

где  $d$  и  $l$  - параметры рассчитываемого канала,

$$l = 85 \text{ мм} \text{ [14, рис 33]},$$

$d_1$  и  $l_1$  - параметры центрального канала,

$N$  и  $N_1$  - число каналов соответственно  $d$  и  $d_1$ ,

$\alpha$  и  $\beta$  - коэффициенты, зависящие от свойств материала [25,].

$$d = 7,8 (85/80)^{0,45} (1/5)^{0,18} = 5,99 \text{ мм},$$

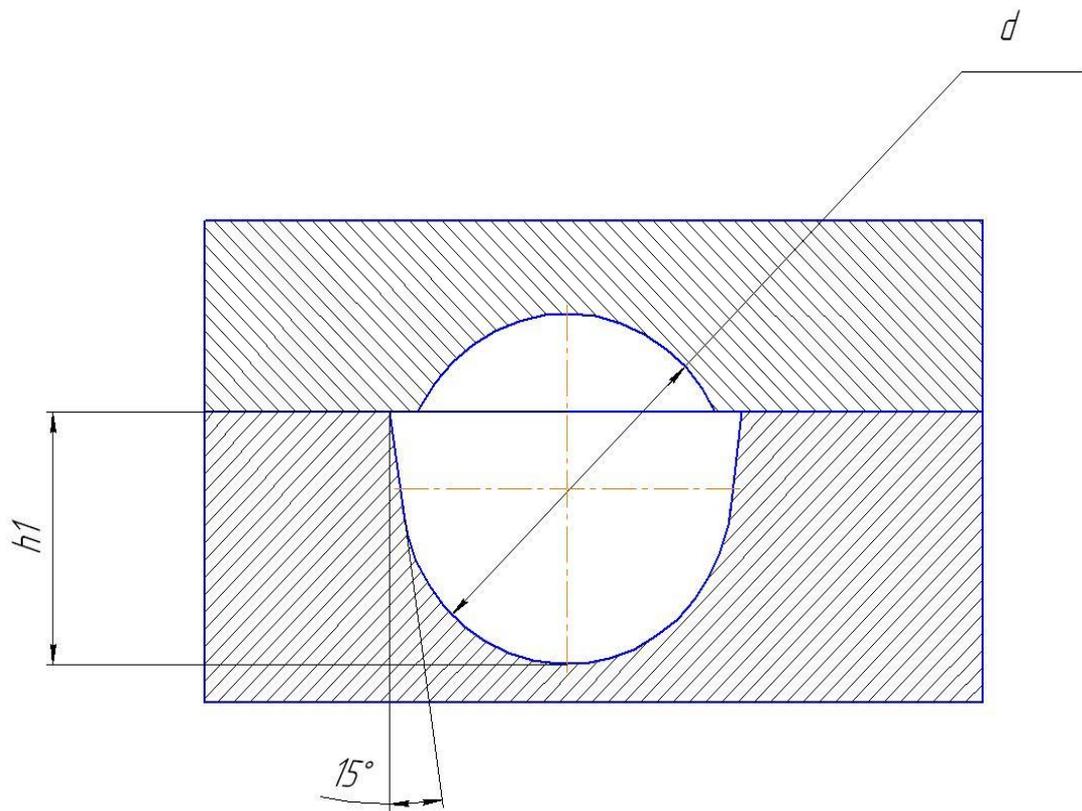


Рисунок 2.1 –Разводящий канал

Определяем глубину канала:

$$h = (2/3) 5,99 = 3,9 \text{ мм.}$$

Впускные каналы имеют особое значение при литье под давлением. От их размеров и расположения зависит качество отливаемых изделий.

Определяем размеры и число впускных каналов:

Объём изделия:

$$V_{и} = 0,25\pi(84^2 * 14 - 81^2 * 12) = 15,748 \text{ см}^3.$$

Площадь поверхности изделия:

$$S_{\text{и}} = 0,25\pi * 84^2 + \pi * 84 * 14 + 0,25\pi(84^2 - 81^2) + \pi * 81 * 12 + 0,25\pi * 81^2 = 17,83 \text{ см}^2.$$

Определяем характеристический размер:

$$H = 2V_{\text{и}}/S_{\text{и}} = 2 * 15,75 / 17,83 = 1,8 \text{ мм.}$$

По табл. 28 стр. 84 [25], выбираем угол впускного канала  $20^\circ$ ,  $d_{\text{в}} = 1,2$  мм,

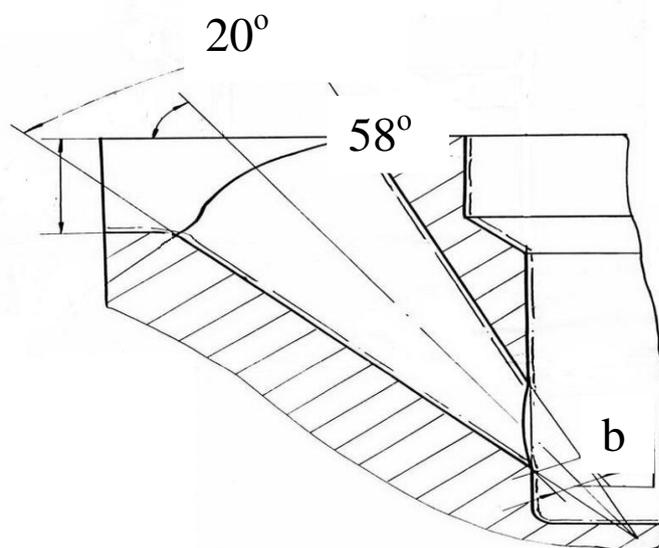


Рисунок 2.2 – Впускной канал

Определяем сумму объёмов одновременно отливаемых деталей:

$$V_{\text{с}} = V_{\text{и}} * 5 = 15748 * 5 = 78740 \text{ мм}^3,$$

Номинальная объёмная скорость впрыска в одно гнездо:

$$W = W_{\text{м}} V_{\text{и}} / V_{\text{с}} = 125 * 15,75 / 78,74 = 25 \text{ см}^2/\text{с.}$$

Определяем количество впускных каналов  $n_o = 1$ , по рис. 38 [25], в зависимости от  $W$  и  $d_b$ .

Проверочный расчёт количества выбранных впускных каналов.

Определяем:

$$K = V_{\text{н}}/H^2 = 15,75/1,8^2 * 10^{-2} = 486 \text{ см,}$$

Определяем  $n_{\text{min}} < 1$ , по рис. 39, [14, стр 85], поэтому принимаем  $n_o = 1$ .

Определяем ширину впускного канала:

$$b = a \sqrt{A/30},$$

где  $A$  - площадь поверхности вставки матрицы,

$$b = 0,6 \sqrt{A/30} = 0,6 \sqrt{1020/30} = 3,49 \text{ мм.}$$

Определение производительности литейной машины

$$Q = (3600 * m * n) / \tau_{\text{ц}}, \text{ кг/ч}$$

где  $m$  – масса изделия,  $m = 0,0132$  кг;

$n$  – число гнезд в форме,  $n = 5$ ;

$\tau_{\text{ц}}$  - время цикла.

Расчет продолжительности цикла литья производят по формуле [14]:

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{T}} + \tau_{\text{M}} + \tau_{\text{п}},$$

где  $\tau_{\text{M}}$  – машинное время, с;

$$\tau_{\text{M}} = \tau_{\text{разм}} + \tau_{\text{см}} + \tau_{\text{впр}} = \tau_{\text{холостой}} + \tau_{\text{впр}} = 6 + 2,9 = 8,9 \text{ с}$$

$\tau_{\text{п}}$  – продолжительность паузы, с,  $\tau_{\text{п}} = 2\text{с}$ .

где  $\tau_{\text{T}}$  – технологическое время, с, для цилиндрического изделия:

$$\tau_{\text{T}} = \{\ln[1,6((T_{\text{м}}-T_{\text{ф}})/(T_{\text{и}}-T_{\text{ф}}))] \times r^2\} / 5,76 * \alpha,$$

где  $T_{\text{м}}$  – температура впрыскиваемого в форму материала;

$T_{\text{ф}}$  – температура формы;

$T_{\text{и}}$  – температура изделия;

$r$  – толщина стенки изделия,  $r = 2\text{мм}$ ;

$\alpha$  – коэффициент температуропроводности полимерного материала при температуре переработки,  $\text{м}^2/\text{с}$ ,  $\alpha = 0,102 * 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

$$\tau_{\text{T}} = \{\ln[1,6((200-60)/(70-60))] * (2 * 10^{-3})^2\} / 5,76 * 0,102 * 10^{-6} = 21,1 \text{ с}$$

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{T}} + \tau_{\text{м}} + \tau_{\text{п}},$$

$$\tau_{\text{ц}} = 21,1 + 8,9 + 2 = 32\text{с}$$

$$Q = (3600 * 0,0132 * 5) / 32 = 7,425 \text{ кг/час}$$

Производительность литьевой машины в год:

$$Q_{\text{г}} = 7,425 * (365 - 115)\text{час} = 14850 \text{ кг}$$

### Теплоэнергетические расчеты

Данное производство является периодическим. Продолжительность рабочей недели 40 часов, календарный фонд времени 250 дней (2000 часов).

Электрооборудование литьевой машины предназначено для привода гидросистемы, электрообогрева и терморегулирования цилиндра пластикации, а также программного управления технологическими параметрами литья. Суммарная мощность

электродвигателей 20,4 кВт [26]. Электрообогрев цилиндра пластикации и мундштука конструктивно выполнены на элементах сопротивления, представляющие собой нихромовые спирали, помещенные в специальные изоляторы. Цилиндр пластикации разделен на три независимые зоны обогрева. Нумерация зон ведется от бункера.

Общая мощность зон обогрева цилиндра пластикации 5,4 кВт мощность двух трансформаторов, питающих системы терморегулирования и программного управления 0,8 кВт. Мощность электродвигателя привода ножевой дробилки 1 кВт.

Электродвигатель привода гидросистемы работает 8 часов в день, потребляя:

$$15 \text{ кВт} * 8 \text{ часов} = 120 \text{ кВт/часов.}$$

Обогрев цилиндра 30 минут до смены 3,75кВт/часов. За смену:

$$5,4 \text{ кВт} * 8 \text{ часов} = 43,2 \text{ кВт/часов.}$$

Питание систем терморегулирования:

$$0,8 \text{ кВт} * 8 \text{ часов} = 6,4 \text{ кВт/часов.}$$

Общие энергозатраты литейной машины:

$$120 + 3,75 + 43,2 + 6,4 = 173,35 \text{ кВт/часов в день,}$$

$$173,35 * 250 \text{ дней} = 43337,5 \text{ кВт/часов в год.}$$

Производительность дробилки 9 кг/час.

Мощность дробилки 3,2 кВт/час, за год 6400 кВт/час. Требуется переработать 2178 кг литников. За смену можно переработать:

$$9 \text{ кг/час} * 8 \text{ час} = 72 \text{ кг литников.}$$

Потребуется 30 дней для переработки литников или

$$30 * 8 \text{ час} * 3,2 \text{ кВт/час} = 768 \text{ кВт/часов.}$$

Общая потребляемая мощность:

$$43337,5 + 768 = 44105,5 \text{ кВт/часов в год.}$$

Дополнительные энергозатраты в год составляют:  
(вспомогательное оборудование, свет) 37050 кВт/час в год.

Общая потребляемая мощность производства в год составляет:

$$44105,5 + 37050 = 260505,5 \text{ кВт/часов.}$$

Расход воды на охлаждение литейной формы и горловины бункера  $0,7 \text{ м}^3/\text{час}$ , на охлаждение гидроагрегата  $0,85 \text{ м}^3/\text{час}$  [26].

Общий расход воды в год на охлаждение ТПА составляет:

$$(0,7+0,85)*2000 = 3100 \text{ м}^3$$

Расход воды на бытовые нужды  $1000 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Общий расход воды составляет:

$$3100 + 1000 = 4100 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Расчёт количества электрокар для транспортировки сырья и готовой продукции

Требуемое количество электрокар:

$$K = (k * G * T_1) / T_2 * g * n_0,$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки,

$T_1$  – время, затраченное на движение при скорости 0,7 м/сек и расстоянии 200 м

$$T_1 = 200 / 0,7 = 285 \text{ сек} = 4,75 \text{ мин},$$

$G$  – расход сырья (0,12375 кг/ мин),

$T_2$  – продолжительность смены ( 7ч. 40 мин = 460 мин),

$g$  – грузоподъёмность кары,

$n_0$  – число смен,

$$K = (0,85 * 0,12375 * 4,75) / 460 * 1000 * 1 = 1$$

Принимаем 1 кару для вывоза продукции на склад и погрузочно-разгрузочных работ.

### 3 ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Задачи патентных исследований: поиск лучших аналогов композиций на основе полиэтилена для улучшения физико-механических характеристик, повышения свето- и термостабильности, перерабатываемости полиэтилена путем введения различных добавок (наполнителей, пластификаторов, стабилизаторов, красителей) и улучшения процесса литья, и повышения качества готовой продукции.

Поиск проведен по материалам, представленным в таблице 2.1.

Таблица 3.1 – Результаты патентных исследований

Предмет поиска (объект и его составные части)	Цель поиска (для решения каких проблем и обеспечения каких показателей)	Страна поиска	Классификационные индексы	Патентная документация
1	2	3	4	5
Композиции на основе полиэтилена	Полимерные композиции для улучшение физико-механических свойств, повышение свето- и термостабильности, перерабатываемости полиэтилена	РФ	МПК С 08 К 48/06, С 08 J 23/18 МПК С 08 L 23/16, С 08 J 3/24 МПК <sup>7</sup> С 09 D 123/04, С 09 D 191/06 МПК С 08 L 23/04, С 08 К 5/20	<a href="http://www.fips.ru">http://www.fips.ru</a> .

**Патент № 2239643**, , Российская Федерация, МПК С 08 К 48/06, С 08 J 23/18. Полимерная композиция / Лапицкая Т.В.; Лапицкий В.А.; Александров В.П.; Булкин С.Ю.; заявитель и патентообладатель ООО "ЭЛАСТИС"/ - 2008122623/04; заявл. 13.08.08; опубл. 10.06.09// Изобретения. Полезные модели. – 2009. - № 15 – 4с.

Полимерная композиция на основе полиэтилена высокого давления устойчива к воздействию радиации, позволяет изолировать от окружающей среды высокорadioактивные отходы в крупногабаритных контейнерах и обеспечивает надежную устойчивость изолированной массы при воздействии ударов, вибраций и температурных колебаний от - 60 до + 120°С.

**Пат. 2276167**, Российская Федерация, МПК С 08 L 23/16, С 08 J 3/24. Термопластичная эластомерная композиция и способ ее получения / Наумов С.В., Панкратов Д.А., Тросман Г.М., Иванов А.Г.; заявитель и патентообладатель ОАО Науч.-произв. объединение «Композитные материалы» / - № 2007107484/04; заявл. 18.03.07; опубл. 10.05.08 // Изобретения. Полезные модели. – 2008. - № 13 (II ч.). – 20с.

Получение термопластов на основе полиолефинов и тройного этилен-пропилен-диенового каучука, и использование для эластичных, атмосферостойких материалов в строительстве, кабельной, автомобильной, легкой промышленности, при производстве различных товаров народного потребления. Получают композицию путем полной динамической вулканизации смеси компонентов, мас.ч.: СКЕПТ – 100,0, полипропилен – 25-60, полиэтилен низкой плотности – 1-10, масло – 20-100, серноускорительная вулканизация: сера – 0,1-2,0, тиурам – 0,1-1,5, альтакс – 0,1-0,5, стеариновая кислота – 0,1-2,0, окись цинка – 0,5-8,0, или пероксидная вулканизация: перекись дикумила – 0,1-2,0, бисмалеинид – 0,1-2,5, новолачная алкилфенолоформальдегидная смола – 0,2-10,0, органический фосфит – 0,02-1,0, пигмент – 0,01-2,0,

наполнитель – 0,1-50,0, антиоксидант – 0,1-2,0, фталатные пластификаторы – 0,5-10,0. технический результат состоит в повышении термостабильности, устойчивости к многократным температурным воздействиям в процессе технологической переработки, устойчивости к вредному каталитическому воздействию металлов переменной валентности, улучшению экологического процесса.

**Пат. 2216563** Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> С 09 D 123/04, С 09 D 191/06. Термопластичные маркирующие композиции / Ялвак Селим, Карьяля Тереса (US); заявитель и патентообладатель Дау Глобал Текнолоджиз Инк. (US), Нор-Скилт (NO) / - № 2008112532/04; заявл. 19.10.08; опубл. 20.11.09 // Изобретения. – 2009. – 5с.

Изобретение относится к термопластичным маркирующим композициям. Композиция, включающая 10-80 мас. % связующего компонента, который, в свою очередь, включает 1-99 мас. % по меньшей мере одного гомогенного полимера этилена, 5-70 мас. % по меньшей мере одного повышающего клейкость вещества, 0-10 мас. % полиэтилена, который имеет боковые заместители с кислотной функциональной группой, или нефункционализованного воска и 0-20 мас. % пластификатора; и 20-90 мас. % неорганического наполнителя. Технический результат – улучшение упругости адгезии и трения при низких температурах.

**Пат. 2286997** Российская Федерация, МПК С 08 J 11/04, С 08 L 23/06, С 08 K 5/14. Полимерная композиция / Юрханов В.Б., Капранчик В.П., Карасев А.Н.; заявитель и патентообладатель ООО «Научно-произв. объединение по переработке пластмасс им. «Комсомольской правды» / № 2006132987/04; заявл. 05.11.06; опубл. 27.04.07 // Изобретения. Полезные модели. – 2007. - № 31 (II ч.). – 4с.

Изобретение относится к полимерной композиции на основе вторичного термопластичного сырья, предназначенной для

дальнейшей переработки методом литья под давлением. Композиция содержит вторичный полиэтилен и модифицирующую добавку в массовом соотношении 9:1. В качестве модифицирующей добавки использована смесь перекиси дикумила и сополимера этилена и винилацетата – промышленный севилен марки 10708-125. сочетание компонентов в определенном соотношении обеспечивает получение полимерной композиции с улучшенными физико-механическими свойствами, пригодной для дальнейшей многократной переработки методом литья под давлением на обычном производственном оборудовании.

**Пат. 2267504** Российская Федерация, МПК С 08 L 23/04, С 08 К 5/20. Композиция на основе полиэтилена и способ получения формованных изделий из указанной композиции / Ванден Берг Паскаль (BE), Плюм Дени (BE); заявитель и патентообладатель Солвей Полиолефин Юроп-Бельджем (Сосьете Аноним) (BE) / - № 2008128143/04; заявл. 15.03.08; опубл. 10.01.09 // Изобретения. Полезные модели. – 2009. - № 01 (II ч.). – 8с.

Изобретение относится к композиции на основе полиэтилена, а также к способу изготовления из нее формованных изделий. Композиция содержит по меньшей мере 94,5 мас. % полиэтилена, имеющего стандартную плотность выше 940 кг/м<sup>3</sup>, от 0,05 до 0,5 мас. % по меньшей мере одного амида насыщенной жирной кислоты, содержащей от 8 до 30 атомов углерода, от 0 до 0,15 мас. % вспомогательного смазывающего вещества и от 0 до 5 мас. % одной или нескольких добавок, выбранных среди антиоксидантов, кислотостойких веществ, анти-УФ, красителей и антистатиков, причем сумма количеств вышеуказанных соединений равна 100%. Влияние амида насыщенной жирной кислоты на свойства композиции в отношении вкуса/запаха позволяет получить формованные

изделия с улучшенными органолептическими показателями и хорошими свойствами скольжения.

Вывод: таким образом, проведенный анализ патентной документации позволяет сделать вывод, что введение пластифицирующих, стабилизирующих добавок и дисперсных наполнителей позволяет получать изделия с улучшенными физико-механическими показателями, повышенной термостабильностью, лучшей устойчивостью к многократным температурным воздействиям в процессе эксплуатации, улучшению экологии процесса.

Все это в результате приводит к повышению производительности труда, улучшению качества продукции и снижению ее себестоимости, что и являлось целью данного дипломного проекта.

Проведенные патентные исследования указывают на перспективность выбранного направления исследований; выбранное направление, несомненно, является актуальным и имеет большое как научное, так и народно-хозяйственное значение.

## 4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### Проектирование станочного приспособления

Для термопласт автомата необходимо станочное приспособление с пневматическим поршневым приводом двухстороннего действия (для подачи давления в момент горячего прессования). В поршневых приводах двустороннего действия сжатый воздух поочередно подается в обе полости А и Б пневмоцилиндра и перемещает поршень 1 со штоком 2 при разжиме и зажиме. Золотник 3 распределительного крана 4 при повороте рукоятки производит последовательную подачу сжатого воздуха в полость А и Б пневмоцилиндра и выпуск воздуха из полостей в атмосферу (см. рис 3.1).

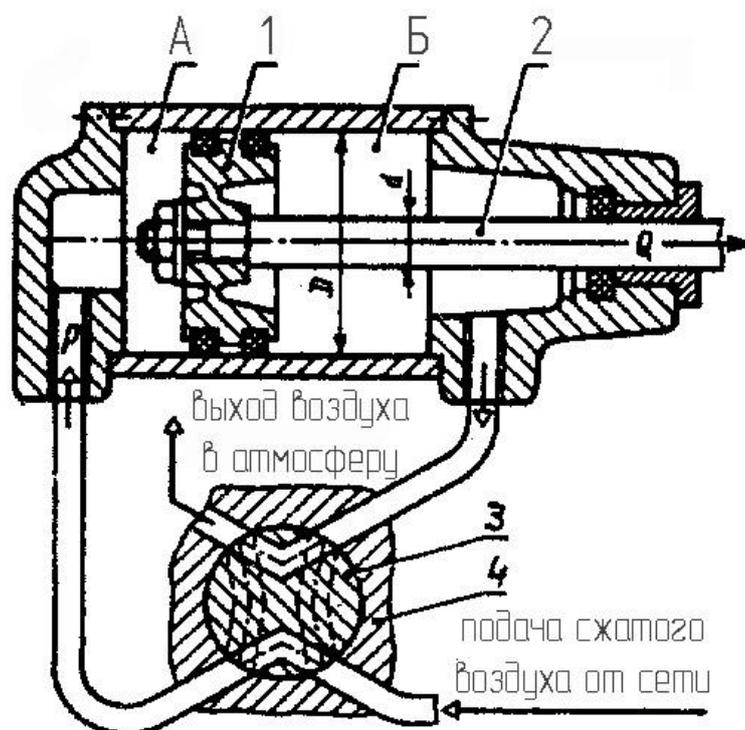


Рисунок 4.1 - Поршневой привод двустороннего действия

При расчете пневмоприводов определяют осевую силу на штоке поршня, зависящую от диаметра пневмоцилиндра и давления сжатого воздуха в полостях его.

Расчет осевой силы  $Q$  для пневмоцилиндра двустороннего действия при давлении сжатого воздуха на поршень в бесштоковой полости:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta}{4} . \quad (4.1)$$

В штоковой полости

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta}{4} , \quad (4.2)$$

где  $D$  – диаметр пневмоцилиндра (поршня), см;

$d$  – диаметр штока поршня, см;

$p$  – давление сжатого воздуха, МПа,  $p = 0,6$ ;

$\eta = 0,85 \dots 0,89$  – к.п.д., учитывающий потери в пневмоцилиндре.

Тогда

$$Q = \frac{3,14 \cdot 16^2 \cdot 0,6 \cdot 0,85}{4} = 102H ,$$

$$Q_1 = \frac{3,14 \cdot (16^2 - 2^2) \cdot 0,6 \cdot 0,85}{4} = 100,8H .$$

## Расчет и проектирование контрольного приспособления

Контрольное приспособление служит для замера радиального биения на шпинделе термопласт автомата  $\varnothing 127_{-0,20}^{-0,08}$  и торца  $T$  относительно  $\varnothing 80^{+0,030}$  мм, которое должно быть не более 0,05 мм. Контроль осуществляется с помощью индикатора, закрепленного на штанге и находящегося в непосредственном соединении с электроконтактной

приставкой со световым табло. Быстродействующее пневматическое приспособление с гидропластом – простое в обслуживании, обеспечивает достаточную точность, позволяет использовать его на рабочем месте станочника.

Отклонение от номинального диаметра размера фиксируется на индикаторе. Световое табло (красный и зеленые цвета) облегчает визуальное контролировать отклонения от заданного размера.

Крепление заготовки осуществляется с помощью гидропласта через тонкостенную втулку. Установка приспособления на заданный размер осуществляется при помощи эталонного образца.

Надежность и правильность работы гидрооправки зависит от правильной конструкции и размеров центрирующей втулки и плунжера. Принцип действия приспособления с гидрорпластмассой основан на равномерной передаче давления гидропластмассы на центрирующие и зажимные элементы приспособления.

Расчет сводится к расчету центрирующей втулки.

Исходные данные для расчета:

$D=80^{+0,03}$  – диаметр базовой поверхности, в мм.

$t$  – толщина тонкостенной части втулки, в мм.

$l_p=18$  – длина тонкостенной части втулки, в мм.

$T=4$  – толщина опорных поясков, в мм.

$t_k=6$  - толщина втулки, в мм.

$\Delta S$  – наибольший зазор между базовой поверхностью втулки и измеряемой деталью.

$\delta$  - диаметральный натяг между опорными поясками втулки и кронштейном оправки.

$p$  - давление гидропластмассы, необходимое для деформации тонкостенной части центрирующей втулки.

$l_{\text{эф}}$  – длина контактной поверхности втулки в ее рабочем положении.

Величина  $\Delta S$  выбирается из обязательного условия  $\Delta S < \Delta D$  обеспечивающего точное центрирование.

Величина  $\Delta D$  зависит от размера  $D$ , предела пропорциональности материала  $[\sigma_T]$  (E) для стали

$$\Delta D = \frac{\sigma_T}{E \cdot K}, \quad (4.3)$$

где  $K$  - коэффициент запаса прочности, равный отношению предела текучести к допускаемому напряжению при  $l_p < 0,3D$   $K=2$ .

Максимально допустимое приращение диаметра втулки будет равно:

$$\Delta D_{\text{max}} = 0,002D, \quad (4.4)$$

$$\Delta D_{\text{max}} = 0,002 \cdot 80 = 0,16 \text{ мм},$$

$\sigma_T = 8500$  МПа.

$E = 2,09 \cdot 10^6$  МПа.

$$\Delta D_{\text{дон}} = \frac{8500 \cdot 8,0}{2,09 \cdot 10^6 \cdot 2} = 0,0162 \text{ см}.$$

Толщина цилиндрической оболочки втулки:

$$t = (0,03 \div 0,05) \frac{D}{2}, \quad (4.5)$$

$$t = 0,05 \frac{80}{2} = 2,0 \text{ мм}.$$

$$\Delta S = 0,030 + 0,075 = 0,105 \text{ мм},$$

где  $D = 80^{+0,03}$ ,  $\Delta S < \Delta D$ ,  $0,105 < 0,162$ .

Давление в полости втулки необходимое для установки и закрепления детали:

$$p = 1,25 \cdot \frac{\Delta D \cdot E \cdot t}{D^2 \cdot n}, \quad (4.6)$$

где  $n = \frac{l_p}{D}$ ,  $n = 0,187$ .

$$p = 1,25 \cdot \frac{0,0162 \cdot 2,09 \cdot 10^6 \cdot 0,2}{8^2 \cdot 0,187} = 65 \text{ Н}.$$

Сила, действующая на плунжер:

$$N = p \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}; \quad (4.7)$$

$$N = 65 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} = 130,6 \text{ Н}$$

Основные параметры тонкостенной втулки представлены на рис. 4.2.

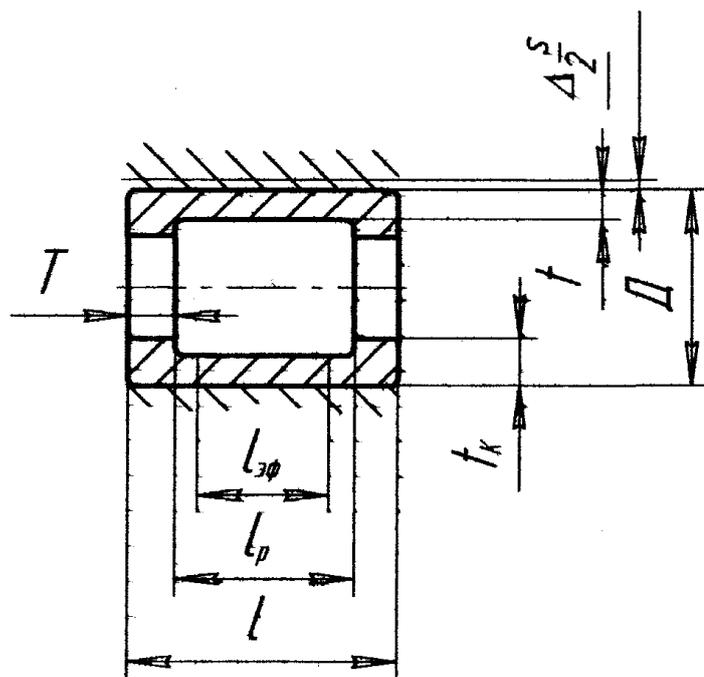


Рисунок 4.2- Параметры тонкостенной втулки

## 5 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА

Цель автоматизации литья под давлением – обеспечить автоматическое управление технологическим процессом, автоматический контроль за режимом работы агрегатов (степенью наполнения бункера, изменением цикла работы термопласт автомата, холодильника, термостата и др.), контроль за ведением технологического процесса.

Для ведения процесса литья под давлением необходимы разнообразные приборы учёта и контроля на всех стадиях процесса. Перечень параметров контроля и регулирования представлен в таблице 5.1, а место контроля на рис 5.1.

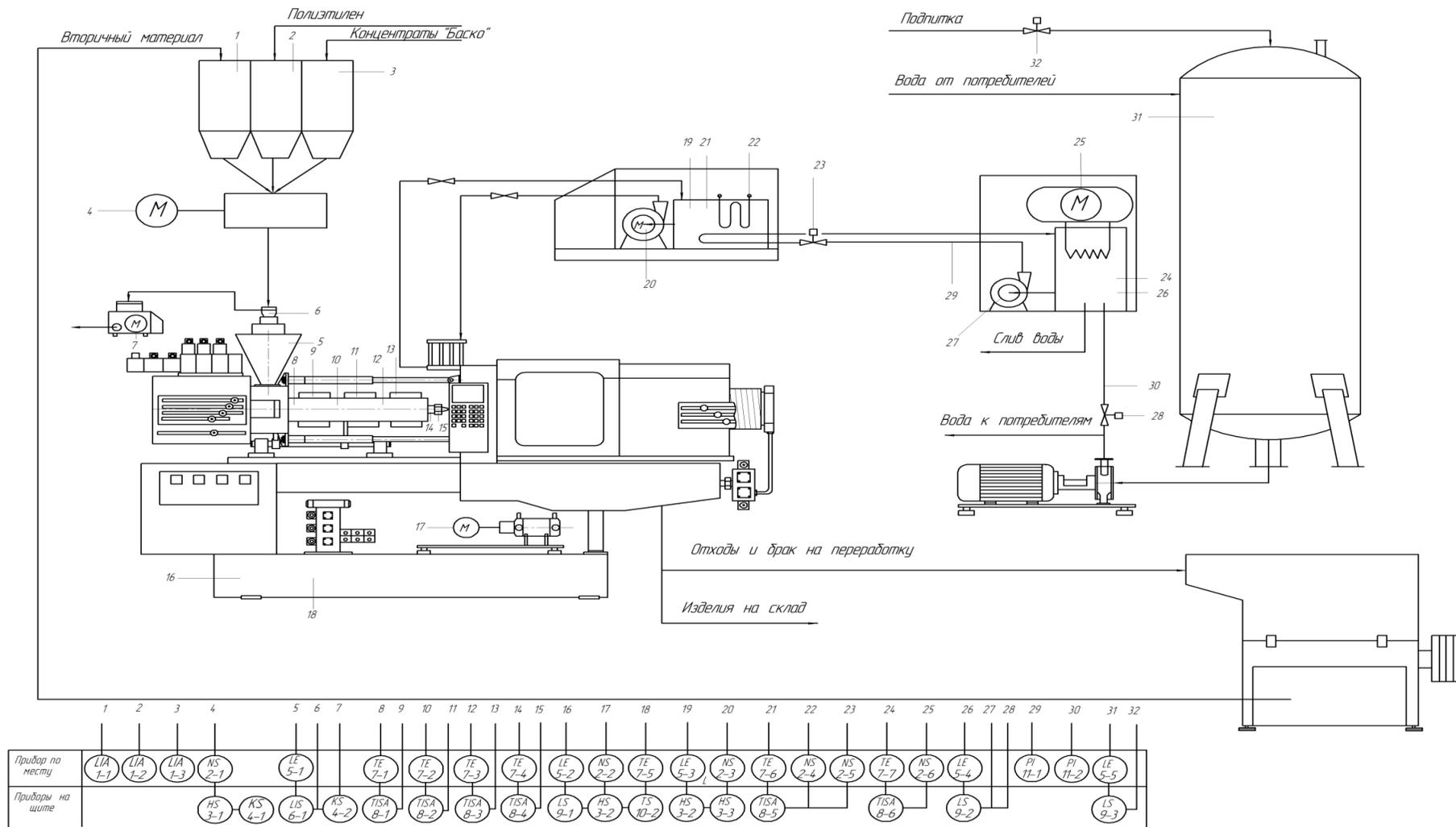
Таблица 5.1 - Перечень параметров контроля и регулирования по всем объектам технологической схемы

№ поз	Наименование	Контролируемый параметр	Способ контроля	Норма и технический показатель	Тип прибора
1	2	3	4	5	6
1	Бункер для хранения сырья	Уровень заполнения	Визуально	Не менее 2/3	Смотровое стекло
2	Бункер для хранения сырья	Уровень заполнения	Визуально	Не менее 2/3	Смотровое стекло
3	Бункер для хранения сырья	Уровень заполнения	Визуально	Не менее 2/3	Смотровое стекло
4	Перемешивающее устройство	Время перемешивания	Визуально	5 мин	РСА-512 Диапазон 0,1сек – 24 часа
5	Уровень материала в бункере ТПА	Уровень заполнения	Автоматически по уровню	Необходимый объём	Механическая планка
6	Бункер вакуумзагрузчика	Уровень заполнения	Автоматически по времени	Необходимый объём	Микровыключатель

7	Вакуум загрузчик	Вакуум в линии	Автоматически по герметичности	Герметичность линии	Механическая передача на микровыключатель
8	Температура в зоне пластикации	Измерение температуры	Визуально монитор литевой машины	210 ± 5 °С 200 ± 5 °С 190 ± 5 °С 180 ± 5 °С	ТСП-5081-01
9	Регулировка температуры пластикации	Регулировка температуры	Монитор литевой машины	± 5 °С	Прибор программного упр. УС-05 Д
16	Уровень масла в баке гидросистемы литевой машины	Измерение уровня масла в баке литевой машины	Визуально	Не менее 2/3	Уровнемер буйковый электрический УБ-ЭВ
17	Электродвигатель ТПА	Работа	Визуально	Или, или	Электромагнитный пускатель
18	Температура масла в баке	Измерение температуры масла в	Визуально монитор ТПА	37 – 55 °С	ТСП-5081-01

		баке машины			
19	Уровень воды в ёмкости термостата	Контроль и поддержание заданного уровня жидкости	Визуально через смотровое стекло ёмкости	2/3 уровня бака	САУ-М7.Е
20	Электродвигатель термостата	Работа	Приборная панель	Или, или	Электромагнитный пускатель
21	Температура воды в баке термостата	Измерение	Приборная панель	По заданию 60 °С	ТСП-5081-01
22	Электроподогреватель термостата	Подогрев	Приборная панель	По заданию 60 °С	Электромагнитный пускатель
23	Электромагнитный клапан	Подача холодной воды	Приборная панель	Ток воды	Электромагнитная катушка
24	Температура воды в баке чиллера	Контроль температуры	Приборная панель чиллера	15 – 20 °С	ТСП-5081-01

25	Компрессор	Работа	Визуально	Или, или	Электромагнитный пускатель
26	Уровень воды в баке чиллера	Измерение	По месту	2/3 уровня бака	Поплавковый датчик ДРУ-1ПМ
27	Электродвигатель чиллера	Работа	Визуально	Или, или	Электромагнитный пускатель
28	Электромагнитный клапан	Подача воды	Приборная панель	Ток воды	Электромагнитная катушка
29	Давление воды	Контроль давления воды	По месту	0-1 МПа	МП 4-V
30	Давление воды	Контроль давления воды	По месту	0-1 МПа	МП 4-V
31	Уровень воды в ёмкости	Измерение	По месту	2/3 уровня бака	Датчик уровня РУПТ-АМ
32	Электромагнитный клапан	Подача воды	По месту	Ток воды	Электромагнитная катушка



Рисуной 5.1 – Схема автоматизации процесса литья пластиков

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Современное машиностроение предусматривает использование сложных технических систем и устройств. Автоматизирована значительная часть основных технологических операций. Но в то же время даже при работе оборудования с высоким уровнем автоматизации сохраняется значительное участие человека в производственном процессе. В связи с этим особую важность представляет собой инженерное решение вопросов по защите труда и окружающей среды.

### Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Разработанный в дипломном проекте термопласт – автомат предназначен для получения деталей, изготавливаемых из полимерных материалов. Принцип работы таких установок основан на подаче под давлением расплавленного сырья полимера. Предварительно сырье находится в состоянии гранул. Во всех термопласт –автоматах предусмотрены зоны для подогрева и расплава материала. Также на участке обязательны к использованию установки для сушки исходного сырья. Рабочие зоны всех современных термопласт – автоматов выполнены в «кабинетном» (закрытом) исполнении. Это позволяет обеспечить максимальную защиту персонала от воздействия химических веществ, выделяющихся в воздух производственного помещения при нагреве и расплаве исходного полимерного сырья.

На Рисунке 6.1 показан общий вид закрытой рабочей зоны термопласт – автомата. На Рисунке 6.2 приведен вид базовой рабочей зоны автомата. Рисунок 6.3 показывает расположение матрицы (полуформы) термопласт –

автомата в момент окончания единичного цикла подачи под давлением сырья и формовки заготовки.



Рисунок 6.1 – Общий вид закрытой рабочей зоны термопласт – автомата



Рисунок 6.2 – Базовая рабочая зона термопласт – автомата

Расположение термопласт – автоматов на территории участка осуществляется согласно операциям технологического процесса. Расположение оборудования, расстояние между ними соответствуют СанПиН 5804-91, СНиП 12-03-2001 и ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ.

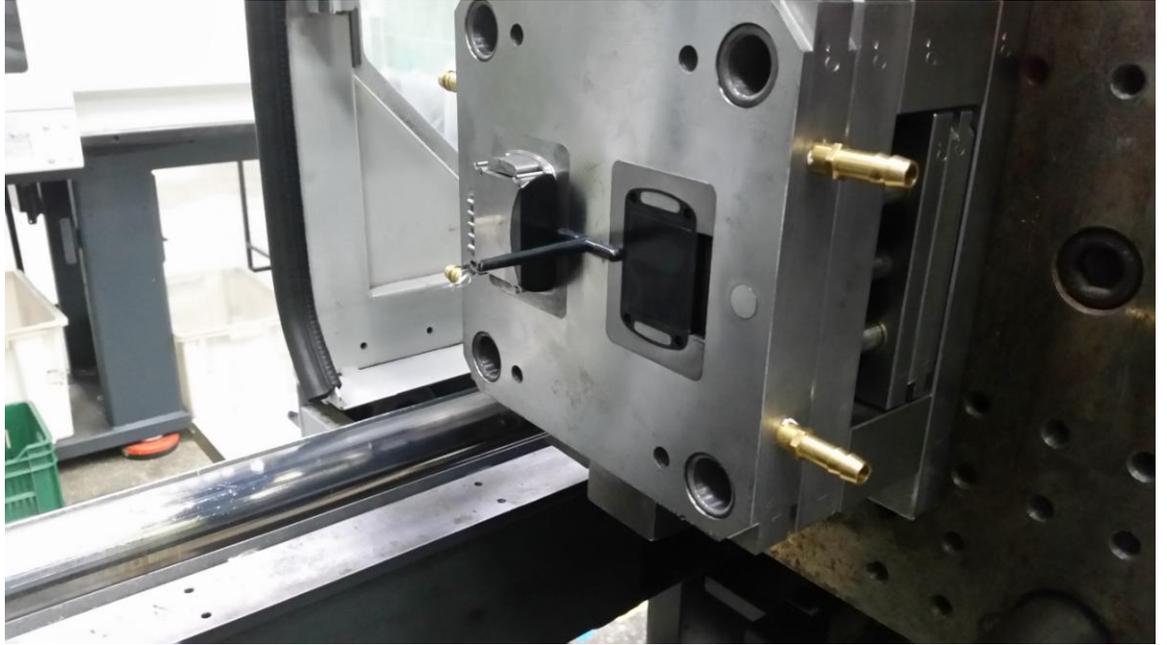


Рисунок 6.3 –Расположение матрицы (полуформы) автомата в момент окончания цикла подачи сырья под давлением

Таблица 6.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Формование	Специальная	16045 9 Оператор	Специальный термопласт –	АБС-пластик,

	полимерной заготовки под давлением с использованием термопласт - автомата	термическ и – прессовочная операция	станков с ПУ 4 02 8211	автомат для получения заготовок из предварительно высушенного гранулированно го сырья .	угленаполненный полиамид, полипропилен, поливинилхлорид.  Жидкость специальная MobiPrexx для каналов охлаждения
2	Сушка исходного сырья	Сушильня	16045 9 Оператор станков с ПУ 4 02 8211	Специальная сушильная камера	АБС-пластик, угленаполненный полиамид, полипропилен, поливинилхлорид.  Материал для сушки находится в гранулированном состоянии

Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 6.2 - Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	Специальная термически – прессовочная операция	Движущиеся механизмы термопласт – автомата (шпиндели с закрепленными на них пуансоном и матрицей); повышенная загазованность воздуха рабочей зоны (выделение вредных веществ при плавлении сырья); повышенная температура поверхностей	Специальный термопласт – автомат для получения заготовок из предварительно высушенного гранулированного сырья .

		<p>оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте (смыкание пуансона и матрицы). Вероятность неудаления в автоматическом режиме облоя после цикла прессования (что вызовет ручное удаление облоя с помещением рук оператора в рабочую зону действия шпинделей автомата).</p>	
2	Сушильная операция	<p>Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны (при испарении вредных веществ, сопровождающих сушку материала); повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;</p>	Специальная сушильная камера

## Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

В целях частичного снижения или полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора необходимо подобрать оптимальные организационно-технические методы и технические средства (способы, устройства) защиты.

Таблица 6.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Движущиеся машины и механизмы	Соблюдение правил техники безопасности выполнения работ	Каска защитная ГОСТ 12.4.207-99, очки защитные ГОСТ 12.4.253-2013, маска защитная
2	Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия,	Ограждение оборудования, выделение с помощью окрашивания в яркий	Закрытый комбинезон ГОСТ Р 50962-96, очки

	заготовки	цвет подвижных частей оборудования	защитные
3	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Применение приточно-вытяжной вентиляции	Респиратор ГОСТ Р 22.9.14-2014
4	Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Ограждение оборудования	Перчатки, защитная маска, очки
5	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Наладка и модернизация оборудования и техоснастки, улучшение техпроцесса	Беруши, наушники ГОСТ Р 12.4.209-99
6	Лазерное и инфракрасное излучение	Изоляция техпроцесса, ограждение непрозрачными экранами, окрашивание стен помещения в матовый цвет	Очки со светофильтрами СЗС-22 (ГОСТ 9411—66), халат, комбинезон

Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

Для выявления опасных факторов пожара и разработки средств и методов по улучшению пожарной безопасности объекта необходима идентификация потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара.

#### Идентификация опасных факторов пожара

В соответствии со строительными нормами и правилами СНИП 11–90–81 пожары классифицируются по виду горючего материала и подразделяются на следующие классы:

- 1) пожары, связанные с горением твердых горючих веществ и конструкционных материалов (А);
- 2) пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В);
- 3) пожары, связанные с воспламенением и горением газов (С);
- 4) пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D);
- 5) пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е);
- 6) пожары радиоактивных веществ материалов и радиоактивных отходов (F).

К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и материальное имущество, относятся:

- 1) пламя и искры;
- 2) тепловой поток;
- 3) повышенная температура окружающей среды;

4) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;

5) пониженная концентрация кислорода;

6) снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).

К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся:

1) образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, агрегатов и трубопроводных нефтегазоамиакопроводов, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества;

2) образующиеся радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества горящего технического объекта;

3) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;

4) опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара;

5) термохимические воздействия на предметы и людей огнетушащих веществ, используемых при пожаре.

Систематизируем результаты идентификации опасных факторов пожара.

Таблица 6.4 Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Участок прессования полимерных заготовок	Специальный термопласт - автомат	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Пламя и искры, тепловой поток	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
2	Участок сушки исходного гранулированного	Специальная сушильная камера	Пожары, связанные с воспламенением и горением полимерных	Пламя и искры, тепловой поток, излучение	Вынос (замыкание) высокого электрического

	сырья		материалов (D)		напряжения на токопроводя щие части технологиче ских установок, оборудовани я, агрегатов, изделий и иного имущества
--	-------	--	-------------------	--	--

Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта (дипломного проекта)

Таблица 6.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки систем бы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
----------------------------------	----------------------------------	--	------------------------------	-----------------------	--	---	---

		ния					
Огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Оборудование для пенного пожаротушения	Приборы приемно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией	Напорные пожарные рукава, рукавные разветвления	Веревки пожарные, карабины пожарные, респираторы, противогазы	Ломы, багры, топоры, лопаты, комплект диэлектрический	Автоматические извещатели, ГГС

Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению возникновения пожара или опасных факторов, способствующих возникновению пожара, можно систематизировать в соответствии с технологическим процессом, оборудованием технического

объекта.

Таблица 6.6 - Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Термопласт автомат	Контроль правильной эксплуатации оборудования, содержание оборудования в исправном состоянии, проведение инструктажа по пожарной опасности, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров	Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недопущенных местах, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огнеопасных работ, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств оповещения о пожаре

Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

При реализации технологического процесса возникают негативные (вредные, опасные) экологические факторы. Необходимо разработать конкретные технические и организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, которое оказывается данным техническим объектом в процессе его производства, технической эксплуатации и конечной утилизации по завершению его жизненного цикла.

Идентификация негативных экологических факторов по виду реализуемого производственно-технологического процесса и осуществляемой функциональной эксплуатацией технического объекта

Таблица 6.7 - Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологически	Воздействия технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующиеся сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) - образование отходов, выемка плодородного слоя почвы,
--	---	--	--	--

	е операции, оборудование), энергетическая установка, транспортное средство и т.п.			отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.
Производство пластика	Специальный термопласт автомат	Продукты испарения при нагревании полимера до температур ы плавления, ГСМ. Производст венная пыль	Взвешенные вещества, нефтепродукт ы	Основная часть отходов идет во вторичную переработку

Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта (дипломного проекта) согласно нормативным документам

Таблица 6.8 - Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду (СниП 11–32–74).

<p>Наименование технического объекта</p>	<p>Получение полимерных деталей с использованием термопласт – автоматов.</p>
<p>Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу</p>	<p>Применение механических пылеуловителей, фильтров</p>
<p>Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу</p>	<p>Переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения, применение инновационных технологий очистки сточных вод – абсорберов, песколовок, песковых площадок, усреднителей, флотационных установок, отстойников, илоуплотнителей, биологических фильтров, сооружений для насыщения сточных вод кислородом</p>
<p>Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу</p>	<p>Соблюдении правил хранения отходов производства. В проекте не предусматривается захоронение отходов в землю, т.к. основная масса отходов идет в переплавку (стружка)</p>

Утилизация технического объекта дипломного проекта после завершения жизненного цикла

Утилизация технического объекта представляет собой простую технологическую задачу. Поскольку изделие изготовлено из однородного материала (полимерное сырье), по окончании жизненного цикла оно поступает во вторичное сырье (для дальнейшего получения гранулированного материала).

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса получения полимерных заготовок с использованием термопласт – автоматов. Перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу получения полимерных деталей, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ.

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара. Разработаны средства и мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

Идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

}}

## 7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

Производство пластмасс и синтетических смол в последние годы остается одним из наиболее динамично развивающихся секторов российского химического комплекса. Одним из перспективных направлений производства является предприятия по переработке пластмассы в товары народного потребления. Таких предприятий становится всё больше и больше, конкуренция между ними увеличивается. И в этой экономической обстановки необходимо не только выживать предприятию, но и развиваться. В этих условиях предприятию требуется концентрация усилий по выпуску большого количества качественной продукции, удовлетворяемой запросам потребителя.

Расчет годовой производственной мощности.

Годовая производственная мощность рассчитывается по формуле:

$$M = N * T_{\text{эф}}$$

где:  $N$  – производительность оборудования, шт/ч;

$T_{\text{эф}}$  – эффективный фонд рабочего времени.

$$T_{\text{эф}} = 365 - T_{\text{вых.}} - T_{\text{празд.}} - T_{\text{рем.}} - T_{\text{т.о.}}$$

$$T_{\text{эф}} = 365 - 104 - 11 = 250 \text{ дней}$$

$$T_{\text{эф}} = 250 * 8 = 2000 \text{ часов.}$$

Базовая производительность термопластавтомата

Определяем число циклов машины за 1 час:

$$n_{\text{час}} = \frac{3600}{t_T + \frac{3600}{B}},$$

где  $t_T = 36$  с - среднее время охлаждения,

$B = 520$  циклов/час - быстроходность машины,

$$n_{\text{час}} = \frac{3600}{36 + \frac{3600}{520}} = 88 \text{ циклов в час.}$$

т. е. в час термопластавтомат производит  $88 \times 5 = 440$  крышек, где

5 - число гнезд.

Рассчитываем производительность за смену:

$$N_{\text{смена}} = n_{\text{час}} \times 5 \times 8\text{ч} = 88 \times 5 \times 8 = 3520 \text{ шт}$$

Рассчитываем производительность с 1 тоны материала с учётом потерь:

$$N_{\text{год}} = 997,123 / 0,066 / 5 = 75539 \text{ шт}$$

Определяем количество смен затраченных на производство 75539 шт крышек:

$$75539 / 3520 = 21 \text{ смена}$$

Рассчитываем годовую мощность производства крышки:

$$M = 440 \times 2000 = 880000 \text{ шт/год}$$

Проектная производительность термопластавтомата

С использованием нового оборудования – терморегулятора энергозатраты увеличатся, а время цикла машины уменьшится.

Число циклов машины за 1 час при уменьшении времени охлаждения:

$$n_{\text{час}} = \frac{3600}{t_T + \frac{3600}{B}} = \frac{3600}{30 + \frac{3600}{550}} = 98 \text{ циклов в час.}$$

Рассчитываем производительность за смену:

$$N_{\text{смена}} = n_{\text{час}} \times 5 \times 8\text{ч} = 98 \times 5 \times 8 = 3920 \text{ шт}$$

Определяем количество смен затраченных на производство 75539 шт крышек по проекту:

$$75539 / 3920 = 19 \text{ смена}$$

Рассчитываем годовую мощность производства крышки:

$$M = 490 \times 2000 = 980000 \text{ шт/год}$$

## Расчет дополнительных капитальных вложений

В проекте предусмотрена использование нового типа оборудования направленного на увеличение как качества продукции, так и количества. В технологическую схему вводится терморегулятор для поддержания постоянной температуры пресс-формы.

Таблица 7.1 – Расчет дополнительных капитальных вложений

Наименование оборудования	Кол	Цена за 1 ед., руб.	Стоимость, руб.	Затраты на доставку и монтаж, руб.	Всего, руб.	Амортизация, руб.
Терморегулятор	1	80000	80000	1500	81500	8150

## Расчет себестоимости продукции

Таблица 7.2 –Калькуляция себестоимости при литье крышки

Статьи затрат	Ед. изм	Нормы расхода (из материального баланса)	Цена за единицу, руб.	Сумма затрат	
				На единицу продукции, руб	На вес выпуск, руб
1. Сырье и основные материалы	кг	997,123	62	0,8184	62000
2. Вспомогательные материалы (упаковка)	руб.		6,3	6,3	951,3

3. Энергозатраты технологические	кВт	3720,08	3,5	0,17	130 20, 28
4. Заработная плата основных рабочих			0,04	0,04	302 1,56
5. Единый Социальный налог 26 % от заработной платы	руб.	26%		0,01	785, 6
6. Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования	руб.			1,73	130 748, 6
7. Цеховые расходы	руб.			0,04	302 1,56
8. Общехозяйственные расходы				0,03	241 7,25
9. Коммерческие расходы 3% от суммы всех статей	руб.			0,07	557 1,44
10. Полная себестоимость				2,93	221 537, 59

Расчет энергозатрат.

Базовый вариант

Электродвигатель привода гидросистемы работает 8 часов в день, потребляя:

$$P_{\Gamma} = 15 \text{ кВт} * 8 \text{ часов} = 120 \text{ кВт/часов.}$$

Обогрев цилиндра 30 минут до смены 3,75кВт/часов. За смену:

$$P_o = 5,4 \text{ кВт} * 8 \text{ часов} = 43,2 \text{ кВт/часов.}$$

Общие энергозатраты литейной машины:

$$P_c = 120 + 3,75 + 43,2 + 6,4 = 173,35 \text{ кВт/часов в смену,}$$

$$P_{\text{тпа}} = 173,35 * 21 \text{ дней} = 3720,08 \text{ кВт/часов.}$$

### Проектный вариант

Рассчитываем энергозатраты терморегулятора:

$$P_p = 26,2 \text{ кВт} * 8 \text{ часов} = 209,6 \text{ кВт/ч.}$$

Энергозатраты литейной машины по проекту:

$$P_{\text{тпа}} = 173,35 * 19 \text{ дней} = 3293,65 \text{ кВт/ч.}$$

Общая потребляемая мощность:

$$P = 3293,65 + 209,6 = 3503,25 \text{ кВт/ч.}$$

Вода расходуется на охлаждение пресс-формы.

Расчет расхода воды:

$$B = P_v * V ,$$

где,  $P_v$  – стоимость 1 м<sup>3</sup> воды, руб.,

$V$  – общее количество воды, м<sup>3</sup>.

$$V = V_{\text{формы}} + V_{\text{тер}} + V_{\text{пот}} = 0,5 \times 10^{-3} + 10 \times 10^{-3} + 3 \times 10^{-3} = 0,0135 \text{ м}^3$$

где  $V_{\text{формы}} = 0,5$  л – объём воды в пресс-форме,

$V_{\text{тер}} = 10$  л - объём воды в терморегуляторе,

$V_{\text{пот}} = 3$  л – величина потерь.

Расчет энергозатрат по проекту представлен в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Расчет энергозатрат

Статьи затрат	Ед. изм	Цена за ед. руб	Затраты на ед. продукции, руб	Затраты на весь выпуск, руб.
Энергозатраты всего:				12267,02
электроэнергия	кВт·ч	3,5	0,16	12261,38
вода	м <sup>3</sup>	22	0,0000748	5,64

Затраты на единицу продукции составят:

$$12267,02 / 75539 = 0,16 \text{ руб.}$$

#### Расчёт затрат на заработную плату

В базовом варианте, как и в проектном зарплата остаётся величиной постоянной, так как из 1000 кг сырья производится одно и тоже количество крышек, а заработная плата основных рабочих при сдельной оплате труда рассчитывается исходя из расценок на каждый вид продукции.

#### Расчёт расходов по содержанию и эксплуатации оборудования

Смета базовых расходов по содержанию и эксплуатации оборудования представлена в таблице 7.4.

Таблица 7.4- Смета базовых расходов на эксплуатацию и содержание оборудования

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
1. Амортизация	6300
2. Эксплуатация оборудования:	
- заработная плата вспомогательных рабочих	7636,36
- отчисления в фонд на социальные нужды (26 %)	1985,45
3. Материалы и зап. части (2,5% от стоимости оборудования)	18750
4. Текущий ремонт оборудования (10% от стоимости оборудования)	75000
5. Прочие расходы (1% от предыдущих статей)	1076,86
	110748,6736

Смета расходов по содержанию и эксплуатации оборудования после усовершенствования представлена в таблице 6.3.4.

Таблица 7.5- Смета расходов на эксплуатацию и содержание оборудования

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
1. Амортизация	6919,4
2. Эксплуатация оборудования:	
- заработная плата вспомогательных рабочих	6909,09
- отчисления в фонд на социальные нужды (26 %)	1796,36
3. Материалы и зап. части (2,5% от стоимости оборудования)	20787,5
4. Текущий ремонт оборудования (10% от стоимости оборудования)	83150
5. Прочие расходы (1% от предыдущих статей)	1772,87
	103149,11

Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования на единицу продукции составят:

$$103149,11 / 980000 = 0,01\text{руб}$$

Калькуляция себестоимости продукции по проекту представлена в таблице 7.6

Таблица 7.6 – Калькуляция себестоимости литья детали

Статьи затрат	Ед. изм	Нормы расхода (из материального баланса)	Цена за единицу, руб.	Сумма затрат	
				На 1 единицу продукции, руб	На весь выпуск, руб
1. Сырье и основные материалы	кг	997,123	62	0,8184	62000
2. Вспомогательные материалы (упаковка)	руб.		6,3	6,3	951,3
3. Энергозатраты технологические	кВт	3503,51	3,5	0,16	12262,29
4. Заработная плата основных рабочих			0,04	0,04	3021,56
5. Единый Социальный налог 26 % от заработной платы	руб.	26%		0,01	785,6
6. Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования	руб.			0,11	103149,11
7. Цеховые расходы	руб.	100%		0,01	824,27
8. Общехозяйственные расходы		80%		0,0087	659,41
9. Коммерческие расходы 3% от суммы всех статей	руб.	3%		0,072	5426,57
10. Полная себестоимость				2,5	188508,81

## Расчёт отпускной цены и рентабельность

В базовом варианте отпускная цена одной крышки без НДС равна 3,5 руб.

За счёт нововведений и модернизации качество изделий улучшилось. Отпускная цена остаётся прежней 3,5 руб, что позволяет на рынке сбыта не потерять потребителей.

Расчёт ожидаемой прибыли

$$\Pi = (\text{Отп.ц.} - \text{П с-ть}) \times N,$$

где N – производственная мощность

Базовый вариант

$$\Pi = (3,5 - 2,93) \times 880000 = 501600 \text{ руб}$$

Проектный вариант

$$\Pi = (3,5 - 2,5) \times 980000 = 980000 \text{ руб}$$

## Расчёт экономической эффективности

Экономия на 1 единицу продукции составит:

$$2,93 - 2,5 = 0,43 \text{ руб.}$$

Экономия от снижения себестоимости составит:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 0,43 \times 980000 = 421400 \text{ руб.}$$

Расчет окупаемости дополнительных капитальных затрат.

$$T_{\text{ок}} = \text{Доп. кап. вложения} / \mathcal{E}_{\text{год}}$$

где  $\mathcal{E}_{\text{год}}$  – годовая экономия на 1 единицу продукции, руб.

$$T_{\text{ок}} = 81500 / 421400 = 0,19 \text{ года}$$

Технико-экономические показатели проекта представлены в таблице 7.7.

Таблица 7.7 –Технико – экономические показатели проекта

Наименование показателей	Ед. измер.	Базовый вариант	По проекту	Изменения (+/-)	
				абсолют	относит. , %
1. Производственная мощность	тыс. шт	880000	980000	+ 100	+ 11,4
2. Дополнительные капитальные вложения	тыс. руб.	-	81,5	+ 81,5	-
3. Себестоимость ед. продукции	руб.	2,93	2,5	-0,43	-14,7
4. Годовая экономия от снижения себестоимости	-		421,4	-421,4	
5. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений.	год		0,2	-	-

Вывод: таким образом экономические расчеты подтверждают целесообразность усовершенствования технологии производства крышки лёгкой, т.к. себестоимость крышки снизилась на 14,7%. Годовая экономия составила 421 тыс. рублей. Дополнительные капитальные вложения окупаются в течении года.

## 8 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА ЛИТЬЯ ПЛАСТИКОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

При серийном производстве могут быть две формы организации производства: поточная и непоточная.

А т. к. у нас имеется четыре типоразмера пластиковой крышки, то организуется поточное производство. Поточное форма организации производства является передовой и прогрессивной, при этой форме улучшаются все технико – экономические показатели.

Переход от изготовления одной детали к другой осуществляется с переналадкой части рабочих мест линии с изменением режимов литья и оснастки, поэтому выбираем переменную – поточную линию.

Для такой линии необходимо определить частные такты:

Деталь представитель  $N_1=10050$  шт.;  $t_1=39,45$  мин;

Условные детали  $N_2=20000$  шт.;  $t_2=45,05$  мин;

$N_3=35000$  шт.;  $t_3=48,52$  мин;

Определяем коэффициенты приведения:

$$K_1 = \frac{t_1}{t_1} = \frac{39,45}{39,45} = 1 \quad K_2 = \frac{t_2}{t_1} = \frac{45,05}{39,45} = 1.14 \quad K_3 = \frac{t_3}{t_1} = \frac{48,52}{39,45} = 1.23$$

Определяем приведенную программу:

$$\sum N_{np} = N_1 \cdot K_1 + N_2 \cdot K_2 + \dots + N_n \cdot K_n, \quad (8.1)$$

$$\sum N_{np} = 10050 \cdot 1 + 20000 \cdot 1,14 + 35000 \cdot 1.23 = 75900 \text{ шт}$$

Определяем условный такт

$$r_y = \frac{60 \cdot F_o (1 - h)}{\sum N_{np}}, \quad (8.2)$$

где  $h$  – допустимый коэффициент на переналадку линии,  
 для крупносерийного производства  $h = (0,02 \dots 0,03)$ ;

#### 4.2 Расчет количества рабочих мест и коэффициента загрузки

Расчетное количество рабочих мест на операции

$$, \quad (4.7)$$

Коэффициент загрузки на каждой операции:

$$, \quad (4.8)$$

где  $С_{пр i}$  – принятое число рабочих мест на  $i$  операции;

Рассчитаем  $С_{р i}$  и  $К_{з i}$  для первой операции:

$$; \quad С_{пр 1} = 1;$$

Данные расчета для всех операций приводим в таблице 4.1

Таблица 4.1 - Количество и загрузка рабочих мест

№

п/п            Оборудование    Цена

оборуд.

руб.   шт

мин    $С_{р i}$     $С_{пр i}$     $К_{з i}$

005	Термопласт автомат 1	150000	2,99	0,99	1	0,99
010	Термопласт-автомат 2	150000	2,71	0,90	1	0,90

015	Термопласт-автомат 3	150000	1,87	0,62	1	0,62
020	Термопласт-автомат 4	150000	2,76	0,92	1	0,92
025	Термопласт-автомат 5	250000	2,87	0,95	1	0,95
030	Термопласт-автомат 6	620002,59	0,86	1	0,86	
035	Термопласт-автомат 7	620001,92	0,64	1	0,64	

$$K_T = 0,8 \cdot 0,75 = 0,6;$$

$l_{cp} = 100$  м – средний пробег тележки за один рейс туда и обратно;

$V_{cp} = 20$  м/мин – средняя скорость тележки;

$t_z = 5$  мин – время на загрузку тележки;

$t_r = 4$  мин – время на разгрузку тележки;

тогда: .

Принимаем  $K_{тпр.} = 1$ .

Определяем коэффициент загрузки тележки

Т.к. тележка загружена очень мало, то она будет использоваться для перевозки грузов и на других участках.

$$r_y = \frac{60 \cdot 4015 (1 - 0,05)}{75900} = 3,01 \text{ мин}$$

Частные такты для каждой из деталей

$$r_1 = K_1 \cdot r_y = 1 \cdot 3,01 = 3,01 \text{ мин};$$

$$r_2 = K_2 \cdot r_y = 1,14 \cdot 3,01 = 3,43 \text{ мин};$$

$$r_3 = K_3 \cdot r_y = 1,23 \cdot 3,01 = 3,70 \text{ мин};$$

Определяем действительный годовой фонд времени для детали  
представителя

$$F_{д1} = C_m \cdot T_m, \quad (8.3)$$

где  $C_m$  – число смен занятых на изготовление данной детали;

$T_m$  – продолжительность смены,  $T_m = 8$  часов;

Определяем число смен:

$$C_m = \frac{N}{R}, \quad (8.4)$$

где  $R$  – темп выпуска деталей в смену:

$$R = \frac{T_{см}}{r}, \quad (8.5)$$

$$R = \frac{8 \cdot 60}{3,01} \approx 160 \text{ шт/смен};$$

$$C_m = \frac{10050}{160} = 62,8 \text{ смен};$$

$$F_{д1} = 62,8 \cdot 8 = 503 \text{ часов}$$

Определяем % времени от действительного годового фонда времени  
работы линии для детали представителя:

$$K_{\%} = \frac{F_{д1}}{F_o} \cdot 100\%, \quad (8.6)$$

$$K_{\%} = \frac{F_{д1}}{F_o} \cdot 100\% = \frac{503}{4015} \cdot 100\% = 12,5\% .$$

Таблица 8.1 – Распределенный фонд времени работы оборудования на  
участке

040	Термопласт-автомат 1	250000	6,78	2,25	3	0,75
045	Термопласт-автомат 2	300000	5,7	0,95	1	0,95

050	Термопласт-автомат 3	300000	3,54	1,18	2	0,59
055	Термопласт-автомат 4	19900	1,05	0,35	1	0,35
060	Термопласт-автомат 5	19900	1,87	0,62	1	0,62
065	Термопласт-автомат 6	6000	2,80	0,93	1	0,93
	Всего:		39,45	12,16	16	12,16

$$K_{з.сп.} = \frac{\sum C_{pi}}{\sum C_{npi}}, \quad (8.9)$$

$$K_{з.сп.} = \frac{12,16}{16} = 0,76$$

Расчет количества рабочих мест с учетом совмещения операций представляем в таблице 8.2.

Таблица 8.2. - Расчет количества рабочих мест и рабочих с учетом совмещения операций

N п/п	Количество рабочих мест		% загрузки рабочих мест	С учетом совмещения операций	
	$C_{pi}$	$C_{npi}$		номер рабочего	% загрузки рабочего
005	0,99	1	99	1 ←	96
010	0,90	1	90	1 ←	
015	0,62	1	62	1 ←	
020	0,92	1	92	1 ←	
025	0,95	1	95	2 ←	79
030	0,86	1	86	2 ←	
035	0,64	1	64	2 ←	
040	2,25	3	95	2 ←	

			95	2	←	
			35	3	←	95
045	0,95	1	95	3	←	
050	1,18	2	90	3	←	
			28	3	←	
055	0,35	1	35	4	←	97
060	0,62	1	62	4	←	
065	0,93	1	93	5		93
ИТО Г		16				

Т. к. практически на всех операциях установлены станки с ЧПУ, то необходимо учесть многостаночное обслуживание.

Количество станков, которые может обслужить один рабочий, можно найти по формуле:

$$M_{\partial} = \frac{T_{\text{маш}}}{T_{\text{руч}}} + 1, \quad (8.10)$$

где  $T_{\text{маш}} = 10,33 \text{ мин}$  – машинное время;

$T_{\text{руч}}$  – время выполнения ручных приемов, а также время наблюдения за работой станков и на переход от станка к станку

$$T_{\text{руч}} = T_{\text{вп}} + (1 \dots 0,5), \text{ мин} \quad (8.11)$$

где  $T_{\text{вп}}$  – вспомогательное время на установку и снятие детали;

$$T_{\text{вп}} = 2,1 \text{ мин}$$

$$T_{\text{руч}} = 2,1 + 0,6 = 2,7 \text{ мин}$$

$$M_{\partial} = \frac{8,25}{2,4} + 1 = 4,05$$

Т. е. рабочий может обслужить сразу 4 станка.

Количество основных производственных рабочих определяем из таблицы 8.2, учитывая что работа в две смены принимаем

$$5 \cdot 2 = 10 \text{ человек.}$$

Расчет календарно – плановых нормативов

1) Предварительно определяем минимальный размер партии деталей

$$n_{\min} = \frac{(1 - \alpha) \cdot t_{nz}}{\alpha \cdot t_{umi}} \quad (8.12)$$

где  $\alpha = (0,03 \dots 0,1)$  – коэффициент допускаемых потерь времени на переналадку оборудования;

$t_{nz}$  – подготовительно – заключительное время принимаем наибольшее из всех операций равное 7.

$$n_{\min} = \frac{(1 - 0,03) \cdot 7}{0,03 \cdot 10} = 13,3 \text{ (штук)}$$

2) Среднесуточное потребление деталей, штук

$$d = \frac{N_{zan}}{254} \text{ (штук)} \quad (8.13)$$

$$d = \frac{10050}{254} = 40 \text{ (штук)}$$

3) Периодичность запуска партии деталей (ритм)

$$R = \frac{n_{\min}}{d} \quad (8.14)$$

$$R = \frac{14}{40} = 0.35$$

Необходимо принять по унифицированному ряду.

Принимаем  $R_H = 1$

4) Оптимальное количество деталей в партии, штук

$$d = \frac{N_{зан} R_H}{254} \text{ (штук)} \quad (4.15)$$

$$d = \frac{10050 \cdot 1}{254} = 40 \text{ (штук)}$$

Организация транспорта на участке

Расчетное количество тележек [ 1, стр.375, ф. 278]

$$K_{mp} = \frac{Q \cdot i}{q \cdot 60 \cdot F \cdot m \cdot K_m} \cdot \left( \frac{l_{cp}}{V_{cp}} + t_3 + t_p \right) , \quad (8.16)$$

где  $Q$  – вес деталей, транспортируемых в год, кг

$$Q = N_3 \cdot (m_3 + m_{дет})_3 , \quad (8.17)$$

$m_3$  - масса заготовки,  $m_3 = 2,3$  кг.

$m_{дет}$  – масса детали,  $m_{дет} = 1,8$  кг.

$N_3$  – программа запуска,  $N_3 = 10050$  штук.

$$Q = 10050 \times (2,3 + 1,8) = 41205 \text{ (кг)}.$$

где  $i$  – среднее количество транспортных операций на одну деталь

(перевоз заготовок из склада в цех и перевоз готовых деталей на склад готовой продукции) т. е.  $i = 2$ .

$q$  – средняя грузоподъемность тележки за один рейс,  $q = 150$  кг;

$F$  – номинальный годовой фонд времени работы тележки в одну смену,  $F = 2070$  часов.

$m$  – количество смен,  $m = 2$ .

$K_m$  – коэффициент использования тележки

$$K_m = K_c \cdot K_z \quad (8.18)$$

где  $K_c = 0,8$  – коэффициент использования суточный;

$K_z = 0,75$  – коэффициент использования номинальной

грузоподъемности;

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном проекте рассматривались вопросы проектирования специального термопласт автомата, предназначенного для получения полимерных изделий. При вводе в конструкцию автомата термостабилизатора уменьшается термоокислительный процесс при пуске и остановки оборудования. Добавочный материал Ревтол - изменяет свойства вторичного полиэтилена. Терморегулятор предназначен для поддержания постоянной температуры пресс-формы, чтобы получить изделие с более равномерной кристаллической структурой. При модернизации процесс литья под давлением проходит в более щадящем технологическом режиме (снижается давление литья, температура пластикации, цикл литья), физика-механика готовых изделий улучшается, качество изделий повышается.

Выполнены следующие расчеты:

- материальный расчёт производства крышки из 1 тонны сырья;
- технологический расчет машины и её основных узлов, влияющих на производительность машины.

Исследованы конструктивные особенности пресс-формы, подтверждающие целесообразность эксплуатации выбранной оснастки. Кроме того, в проекте прорабатывались вопросы автоматизации технологического процесса, предложены инженерные мероприятия по обеспечению экологической безопасности технического объекта. Приведены технико-экономические показатели модернизации. Спроектирован участок цеха пластикового литья деталей.

При выполнении проекта использовалась техническая литература, журналы и интернет. Расчёты производились с помощью

компьютерных программ, с применением адекватных и современных инженерных методик.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.

2 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.

3 Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.

4 Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.

5 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.

6 Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.

7 Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.

8 Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.

10 Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Байм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988.

11 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина . - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 278 с.

12 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 295 с. : ил. - Библиогр.: с. 292-293.

13 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.

14 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.

15 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.

16 Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364, [1] с.

17 Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

18 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.

19 Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.

20 Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.

21 Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с. : ил. - 34-00.

22 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 1 / Т. М. Аврамова [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 608 с.

23 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 2 / В. В. Бушуев [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 586 с.

24 Блюменштейн В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие для вузов / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 219 с.

25 Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, И. А. Коротков. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 431 с.

26 Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.

27 Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 309 с.

28 Тарабарин, О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие для вузов / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов,

В. Б. Ступко. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 303 с.

29 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.

30 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.

31 Григорьев, С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ : [справочник] / С. Н. Григорьев, М. В. Кохомский, А. Р. Маслов ; под общ.ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2006. - 544 с.

32 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. / У Болтон – М : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002 – 384 с.

33 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 576 с.

34 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 608 с.

35 Артамонов, Е.В. Проектирование и эксплуатация сборных инструментов с сменными твердосплавными пластинами [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. - Электрон.дан. - Тюмень :ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2013.

36 Булавин, В.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. - Электрон. дан. - Пенза : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2009. — 100 с.

37 Кожевников, Д.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. - Электрон. дан. - М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.

38 Кирсанова, Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: учебное пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / Под общ. ред. Г.Н. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 386 с.

39 Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с. : ил. - Библиогр.: с. 202-203.

40 Романенко, А.М. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. - 103 с.

41 Шагун, В. И. Металлорежущие инструменты : учеб. пособие для студ. вузов / В. И. Шагун. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2008. - 423 с.

42 Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.

43 Вороненко, В.П. Проектирование машиностроительного производства : учеб. для вузов / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. - 3-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Дрофа, 2007. - 380 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 378-380.

44 Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.

45 Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию

технологических процессов механической обработки деталей / Н.В. Зубкова  
– Тольятти : ТГУ, 2005.

46 Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие.  
[Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И.  
Чибисова. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2009. - 146 с.

47 Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы  
«Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое  
пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## . Применение ЭВМ в дипломном проектировании

В ходе работы над дипломным проектом применялась программа Microsoft Office Excel 2007 для технологических расчётов.

<b>1.7.4. Расчёт профиля шнека</b>	
Определяем объём межвиткового пространства каждой зоны	
	$U_{ш} = U_3 + U_{п} + U_{д} = U_3' z_3 + U_{п}' z_{п} + U_{д}' z_{д},$
длиной,	
	$L = (a_b^2 + (\pi D_{cp})^2)^{1/2},$
шириной,	
	$B = (a_b - b) \cos \alpha ,$
высотой,	
	$H = h,$
	$U' = LBH = (a_b^2 + (\pi D_{ф})^2)(a_b - b) \cos \alpha h,$
Основные геометрические параметры шнека заменим коэффициентами	
$k_2, k_3, k_4,$	
	$U_3' = (\pi D^3 k_3 (k_3 - k_4) ((1 - k_2)^2 + (k_3/\pi)^2)^{1/2} / (1 + (k_3/\pi)^2)^{1/2}$
$k_2 =$	0,13
$k_3 =$	1
$k_4 =$	0,13
По аналогии	
	$U_{д}' = (\pi D^3 (k_2/k_5)(k_3 - k_4) ((1 - (k_2/k_5)^2) + (k_3/\pi)^2)^{1/2} / (1 + (k_3/\pi)^2)^{1/5}$
$k_5 =$	1,2
объём одного витка шнека в зоне пластификации	
	$U_{п}' = \pi D^3 k_2 (k_3 - k_4) (1 + (1/k_5)) ((1 - 0,5 k_5 (1 + (k_5)^{-1})^2 (k_3/\pi)^2)^{1/2} (1 + (k_3/\pi)^2)^{-1/2},$
Определяем общий объём полимера в межвитковом пространстве	
	$U_{шм} = U_{п} k_6 = U_{н} k k_6 ,$
	$U_{зм} = U_{н} k k_7 ,$
	$U_{пм} = U_{н} k k_8 ,$
	$U_{дм} = U_{н} k k_9 ,$
$k_6 = k_7 + k_8 + k_9 =$	2,6
$k_7 =$	1,8
$k_8 =$	0,3
$k_9 =$	0,5
Число витков выражено через объём одного и коэффициент загрузки	
	$z_3 = ((U_{н} k k_7) / (U_3' \gamma_3)) + z_{ход},$



