

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики

Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»

Кафедра «Технология автоматизированного машиностроительного производства»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Расчет и конструирование месильных и транспортных элементов двухшнековых экструдеров полимерной промышленности

УДК 621

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Янь Цзюнь		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Ким А.Б.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТАМП	Арляпов А.Ю.	к.т.н., доцент		

Томск – 2016г.

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач.
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения.
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства.
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях.
Универсальные компетенции	
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Кибернетики
 Направление подготовки (специальность) 15.04.01 Машиностроение
 Кафедра «Технология автоматизированного машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ41	Янь Цзюнь

Тема работы:

Расчет и конструирование месильных и транспортных элементов двухшнековых экструдеров полимерной промышленности	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	779/с 05.02.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	проектирование сечение шнеков и кулачков и 3D-модель по программе КОМПАС, проверка по программе Math-CAD для проектирования сечения двухшнековых экструдера
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Обзор научно-технической литературы, исследование свойство экструдеров, выбрать оптимальную технологию обработки шнеков и кулачков.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	-

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Ким А.Б.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	
Исследовательский (на английском языке)	Степура С.Н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Исследовательский раздел	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Ким А.Б.			01.10.2014

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Янь Цзюнь		01.10.2014

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ41	Янь Цзюнь

Институт	ИК	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	Магистры	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	...
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	...

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	...
2. Разработка устава научно-технического проекта	...
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	...
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	...

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Ким А.Б.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Янь Цзюнь		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ41	Янь Цзюнь

Институт	ИК	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	Магистры	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

- Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:
 - вредных проявлений факторов производственной среды
(метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)
 - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)
 - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)
 - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)

- Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

- Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:
 - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
 - действие фактора на организм человека;
 - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
 - предлагаемые средства защиты
(сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)
- Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности
 - механические опасности (источники, средства защиты);
 - термические опасности (источники, средства защиты);
 - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники,

средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	План эвакуации

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Янь Цзюнь		

Аннотация

Ключевые слова: двухшнековый экструдер, форма сечения шнеков и кулачков, прочность, твердость.

В данной работе рассматривается проектирование изнашиваемых элементов двухшнековых экструдеров полимерной промышленности. В настоящее время мы изучаем пять моделей NR-46, NR-75, ZSK-130, ТЕК-70 STS-75. Сначала необходимо спроектировать сечение шнеков и кулачков и создать 3D-модель в программе КОМПАС-3Д, затем проверить, используя программу Math-CAD. Целью работы, в соответствии с заказом компанией ОАО “Полимеркомпаунд”, является выполнение расчетов геометрии изнашиваемых элементов, формулирование рекомендации по материалу и механическим свойствам данных элементов, и, тем самым, предложить замену импортным комплектующим, поставляемым из Германии, Японии, Кореи и Китая.

Экспериментальные исследования выполнены в лабораторных условиях на кафедре ТАМП ИК ТПУ.

Оглавление

Аннотация.....	8
Введение	11
1 Литературный обзор.....	14
1.1 Экструдер	14
1.1.1 Виды экструдеров.....	15
2 Конструкторский раздел	24
2.1 Проверка по программе Math-CAD для проектирования сечения двухшнековых экструдера	26
2.2 Построение 3D-модели в программе КОМПАС-3D.....	36
2.3 Технологическая подготовка черновой обработки проектируемых элементов на примере экструдера STS-75	45
2.4 Фрезерование винтовых канавок шнеков	47
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	52
3.1 Предпроектный анализ	52
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	52
3.1.3 SWOT-анализ.....	55
3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	58
3.2 Инициация проекта	60
3.2.1 Организационная структура проекта.....	61
3.2.2 Ограничения и допущения проекта.....	62
3.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	63
3.3.1 Продолжительность этапов работ	64
3.3.2 Расчет накопления готовности работ	68
3.3.3 Расчет сметы затрат на создание проекта	71
3.3.4 Расчет затрат на материалы	71
3.3.5 Расчет основной заработной платы	71
3.3.6 Расчет отчислений от заработной платы.....	72
3.3.7 Расчет амортизационных расходов	73
3.3.8 Расчет общей себестоимости разработки.....	73

3.3.9	Оценка экономической эффективности проекта	74
3.3.10	Оценка научно-технического уровня НИР	74
4	Социальная ответственность	78
4.1	Профессиональная социальная безопасность.....	78
4.1.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	78
4.1.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	79
4.1.3	Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	83
4.2	Экологическая безопасность	84
4.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	85
4.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	86
	Заключение	89
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	90
	Приложение А	93

Введение

Актуальность проблемы. Двухшнековые машины находят широкое применение в Европе, особенно для переработки поливинилхлорида, смешения и гранулирования композиций из него. По мере экономического развития, расширения рынка, спрос на двухшнековый экструдер постоянно растет. В России спрос на рынке большой, но подавляющее большинство машин поставляется из-за рубежа. Таким образом, необходимо разработать на своей такое оборудование, для удовлетворения потребностей нашего рынка и промышленности.

В настоящее время двухшнековые экструдеры занимают достойное место в промышленности переработки полимеров и используются главным образом для экструзии профильных изделий из материалов с низкой термостабильностью (таких как жесткий ПВХ) и для особых операций при переработке полимеров, таких как смешение, дегазация, химические реакции и т. д. Двухшнековые экструдеры, используемые для профильной экструзии, имеют малый шаг нарезки шнеков и работают при относительно низкой частоте вращения шнека: около 20 об/мин. По сравнению с одношнековыми экструдерами они имеют лучшие характеристики по загрузке и транспортировке, что дает возможность перерабатывать даже плохо сыпучие материалы. Кроме того, они обеспечивают небольшую продолжительность переработки, а также узкое распределение времени пребывания. Улучшенные характеристики смешения и теплопередачи позволяют обеспечить хороший контроль за температурой перерабатываемого материала и временем переработки, что является очень важным для экструзии профильных изделий из материалов с ограниченной термостабильностью. Большинство двухшнековых экструдеров, используемых для профильной экструзии, имеют шнеки, вращающиеся в противоположных направлениях, с нарезкой с плотным зацеплением витков, хотя используются также двухшнековые экструдеры с однонаправленно вращающимися шнеками

Цель работы: В рамках программы импортозамещения, выполняемой компанией ОАО "Полимеркомпаяунд", выполнить расчеты геометрии изнашиваемых элементов, дать рекомендации по материалу и механическим свойствам данных элементов, и, тем самым, предложить замену импортным комплектующим, поставляемым из Германии, Японии и Кореи.

Обзор научно-технической литературы позволил сделать следующие выводы:

- Как использовать программное обеспечение для создания модели;
- Как мы можем проверить точность модели по методу математической;
- Какие факторы будут влиять на эффективность работы оборудования;
- Это устройство имеет преимущества и недостатки по сравнению с другими устройствами.

Все это позволяет считать исследование в данной области актуальным.

На основании анализа литературных данных, обобщения производственного опыта, а также в соответствии с целью работы определены следующие **задачи исследования:**

- изучить способ расчета сечения транспортного шнека и месильного кулачка;
- создать параметрические 3Д-модели элементов экструдера;
- провести измерение точности, твердости и прочности шнеков и кулачков;
- выбрать оптимальную технологию обработки шнеков и кулачков.

Методы исследования.

1. Анализ научно-технической и патентной литературы.
2. Анализ существующего оборудования.
3. Проектирование сечения шнека и кулачка.
4. Проведение испытаний по определению точности, твердости и прочности шнека и кулачка.
5. Сравнительный анализ эффективности профиля элемента с разными зазорами.

1 Литературный обзор

1.1 Экструдер

Экструдер состоит из нескольких основных узлов — корпуса, оснащенного нагревательными элементами, рабочего органа (шнека, диска, поршня), размещенного в корпусе, узла загрузки перерабатываемого продукта, привода, системы задания и поддержания температурного режима и других контрольно-измерительных и регулирующих устройств.

Наибольшее распространение в промышленности получили шнековые экструдеры. Захватывая исходный продукт, шнек перемещает его от загрузочного устройства вдоль корпуса экструдера. При этом продукт сжимается, разогревается, пластифицируется и гомогенизируется. Давление в экструдере достигает 15... 100 МПа. По частоте вращения шнека экструдеры подразделяют на нормальные и быстроходные с окружной скоростью соответственно до 0,5 и 7 м/мин, а по конструктивному исполнению — на стационарные и с вращающимся корпусом, с горизонтальным и вертикальным расположением шнека.

Существуют экструдеры со шнеками, осуществляющими не только вращательное, но и возвратно-поступательное движение. Для эффективной гомогенизации продукта на шнеках устанавливают дополнительные устройства — зубья, шлицы, диски, кулачки и др. В последнее время получают распространение планетарно-вальцовые экструдеры, у которых вокруг центрального рабочего органа (шпинделя) вращается несколько дополнительных шнеков (от 4 до 12).

В двухшнековых самоочищающихся экструдерах обеспечиваются более быстрый пуск шнека и работа на повышенной скорости. В них реже возникают подъемы давления, так как не происходит накопление продукта. Двухшнековый экструдер более подвержен износу. Изнашиваются шнеки в местах загрузки и выгрузки продукта. В этой связи свойства конечного продукта и эффективность процесса экструдирования в большой степени зависят от износа рабочих органов машины при обработке в двухшнековом

экструдере. При использовании двухшнекового экструдера не требуется предварительной гидротермической обработки продукта, что упрощает производственный процесс. В двухшнековом экструдере зоны пластификации и повышения давления отделены друг от друга, что позволяет независимо осуществлять пластификацию и экструдирование продукта. Известно, что затраты, связанные с приобретением одношнековых экструдеров, ниже по сравнению с затратами на приобретение двухшнековых машин. Однако последние компенсируются меньшими эксплуатационными расходами. Высокие расходы по эксплуатации одношнековых машин связаны с длительными простоями при чистке, большими трудозатратами и объемом работ по обслуживанию[1].

1.1.1 Виды экструдеров

Основным оборудованием для переработки полимерных материалов методом экструзии разделяют одно- и многошнековые экструдеры.

В отличие от одночервячных машин в корпусе двухчервячных экструдеров параллельно располагаются два червяка. Поскольку транспортирование материала в таком экструдере происходит не за счет сил трения, а принудительным его продавливанием под действием согласованно вращающихся червяков, то морфология и агрегатное состояние полимерного материала не влияют на производительность машины. Поэтому двухчервячные экструдеры могут перерабатывать порошковые и гранулированные материалы, композиции с дисперсным и коротковолокнистым наполнителем, расплавы или пасты, прилипающие к червяку, и создавать значительные давления на пластмассы в зоне выхода из материального цилиндра [2].

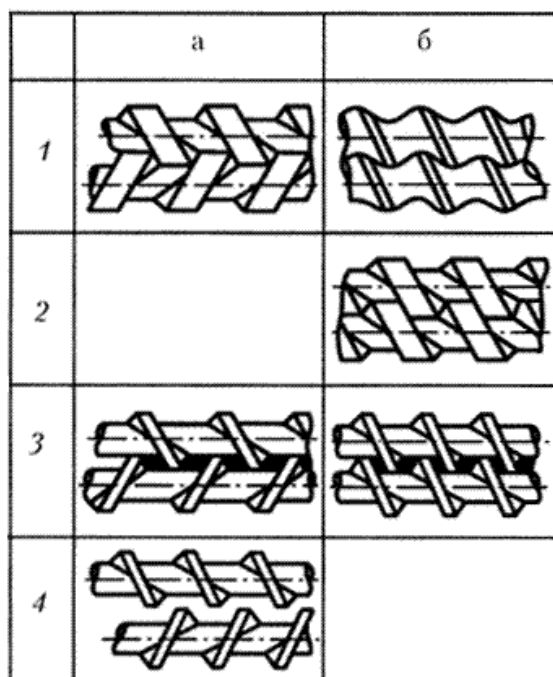


Рис. 1. Конструкции червяков двухшнекового экструдера: 1,а - плотное зацепление, встречное вращение червяков; 1,б; 2,б - плотное зацепление, однонаправленное вращение червяков; 3,а - неплотное зацепление, встречное вращение червяков; 3,б - неплотное зацепление, однонаправленное вращение червяков; 4,а - червяки незацепляющиеся, со встречным вращением.

1.2 Принцип работы

Кинематически двухчервячный экструдер состоит из материального цилиндра 1, двух шнеков 2, как правило, с параллельными осями вращения, механической передачи 3 и электродвигателя 4.

Червяки могут быть зацепляющимися и незацепляющимися (рис. 2), вращаться в одном или встречном направлении, иметь правую или левую нарезку. Зацепление червяков может быть плотным или неплотным. Зазоры в зацеплении червяков и между червяками и цилиндром способствуют как обеспечению их геометрической совместимости, так и перетоку перерабатываемого материала между витковыми секциями. Производительность зоны питания таких экструдеров зависит от свободного объема между двумя витками и от равномерности подачи материала.

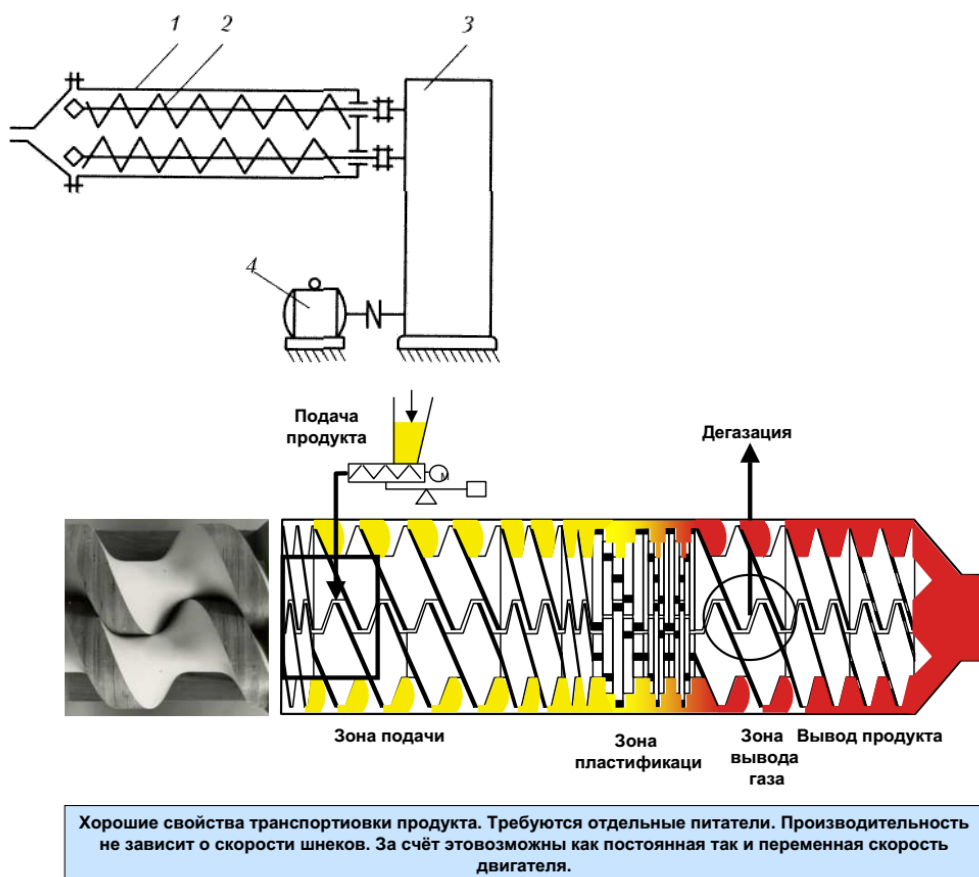


Рис. 2. Кинематическая схема двухшнекового экструдера.

В стандартном двухшнековом экструдере шнеки имеют пять зон:

- зона входа (захват материала и предварительный разогрев);
- зона пластификации (разогрев и агломерация);
- зона сжатия (герметизация зоны дегазации и поддержка пластификации);
- зона дегазации (дегазация расплава, включая отвод воздуха);
- зона выхода (полное расплавление, гомогенизация и выталкивание).

В зоне входа осуществляется захват смеси и ее предварительный разогрев через внутреннее и внешнее трение, а также теплопередачу. В зоне пластификации этот процесс продолжается до того состояния, когда порошок смеси на поверхности настолько нагревается, что под влиянием механической энергии он начинает агломерироваться. После начала процесса агломерации начинают быстро образовываться крупные агломераты, создающие большее сопротивление процессу резания.

Важным элементом экструдера является дозатор, имеющий как правило дозирующий шнек, с помощью которого осуществляется точная регулировка подачи сырья.

Зона сжатия поддерживает процесс пластификации путем того, что осуществляется дальнейшее уплотнение агломерата и возрастает обратное давление в направлении зоны пластификации. В результате этого давления усиливается обратный поток смеси через зазор обоих шнеков. Кроме того зона сжатия служит уплотнением перед зоной дегазации.

Функция зоны дегазации в удалении из пластифицированного (агломерированного) пластического материала газообразных включений и захваченного воздуха. Для этой цели шаг винтовой линии в этой зоне увеличен, в результате чего пространство между витками шнеков здесь заполнено лишь на 60 - 80% и для процесса дегазации образуется большая поверхность. Весьма важно, чтобы пластический материал проходил эту зону в требуемом агрегатном состоянии. В результате слишком слабой или неравномерной предварительной пластификации может иметь место всасывание порошкообразного ПВХ. В случае же слишком сильной пластификации газообразные включения могут захватываться расплавом и в связи со слишком большой вязкостью ПВХ больше уже не смогут быть отсосаны.

После зоны дегазации пластический материал в зоне выхода проходит окончательную пластификацию и в нем создается достаточное давление для продавливания через фильеру. При этом по возможности не должно происходить дальнейшего подвода энергии, а осуществляться лишь уплотнение агломерата (начинающего пластифицироваться материала) до однородной массы. В этой зоне почти всегда необходимо осуществлять отвод энергии через охлаждение цилиндра, чтобы не происходило перегрева расплава в результате трения.

В двухшнековом экструдере эффективно осуществляются процессы сдвига, вальцевания и перетирания материала; принудительное перемещение

обуславливает незначительное налипание материала на шнеки, при этом исключается застой материала. Поэтому в двухшнековых экструзионных машинах могут быть совмещены операции смешения, пластикация, а если это требуется, то и окрашивания массы.

По сравнению с одночервячными машинами, двухшнековые экструдеры обладают следующими преимуществами:

- более высокая производительность;
- меньшее удельное потребление энергии;
- большая универсальность;
- точный контроль напряжений и усилий сдвига;
- большая перемешивающая и гомогенизирующая способность, за счет чего можно вводить большое количество наполнителей.[3]

1.3 Применение и характеристики двухшнековых экструдеров

Двухшнековые экструдеры различных конструкций используют также для специальных операций по переработке полимеров. Так, высокоскоростные экструдеры с двумя зацепляющимися однонаправленно вращающимися шнеками используют при смешении и дегазации, а также как химические реакторы. Они работают при высокой частоте вращения шнеков, обычно от 300 до 600 об/мин, хотя существуют экструдеры такого же типа, которые могут работать при еще большей частоте — от 1200 до 1400 об/мин. Очевидно, не все полимеры могут быть переработаны при таких высоких скоростях.

Экструдеры с незацепляющимися шнеками используют при смешении, проведении химических реакций и дегазации. Механизм транспортировки в таких экструдерах существенно отличается от механизма транспортировки в экструдерах с зацепляющимися шнеками и ближе к механизму подачи в одношнековых экструдерах, хотя между ними имеются также значительные различия. Поэтому двухшнековые экструдеры с незацепляющимися шнеками не обладают существенными преимуществами транспортировки. Однако следует отметить, что при хороших характеристиках по транспортировке обычно имеют место плохое качество осевого (аксиального) смешения.

Следовательно, если необходимо провести осевое смешение, то положительные характеристики подачи могут стать недостатком. В таблице 1 приведено сравнение высокоскоростных и низкоскоростных двухшнековых экструдеров. [4]

Таблица 1: Сравнение высокоскоростных и низкоскоростных двухшнековых экструдеров

Высокоскоростные двухшнековые экструдеры	Низкоскоростные двухшнековые экструдеры
Используются в основном для смешения	Используются в основном для экструзии профильных изделий
Частота вращения шнека от 200 до 1400 об/мин	Частота вращения шнека от 10 до 40 об/мин
Всегда работают при неполной загрузке	Могут работать при неполной загрузке
Работают при низкой степени заполнения, обычно около 20-40%	Работают при высокой степени заполнения
Хорошие характеристики смешения в большинстве случаев	Плохая способность смешения в большинстве случаев
Удовлетворительные характеристики транспортировки, ограниченная способность создания давления	Хорошие характеристики транспортировки, хорошая способность создания давления
Удовлетворительная стабильность работы	Хорошая стабильность работы
Давление в экструдере обычно низкое	Давление может быть относительно высоким
Большое отношение L/D, обычно более 30	Небольшое отношение L/D, обычно меньше 30
Используется последовательная загрузка сырья	Последовательная загрузка сырья обычно не используется
Наличие модульных шнеков и цилиндра	Обычно отсутствуют модульные шнеки и цилиндр
Загрузка жидкости невозможна	В некоторых случаях возможна подача жидкости

Высокая стоимость, намного выше, чем стоимость одношнековых экструдеров того же диаметра	Низкая стоимость, ближе к стоимости одношнековых экструдеров
Параллельные шнеки используются в высокоскоростных экструдерах, конические шнеки не используются	Экструдеры с малым диаметром могут иметь конические шнеки, экструдеры с большим диаметром всегда параллельны

1.4 Информация об элементах: шнеках и кулачках



Рис. 3.3-D модель шнека

Шнек — стержень со сплошной винтовой поверхностью вдоль продольной оси.

Шнек (или шнековый конвейер, винтовой конвейер) – рабочая деталь механизма, предназначенного для транспортировки груза перемещением вдоль вращающейся винтовой поверхности внутри трубы. Шнек это транспортирующее устройство для сыпучих, мелкокусковых, пылевидных, порошкообразных материалов.



Рис. 4.3-D модель кулачки

Такие кулачки, называемые также дисками или шайбами, вызывают интенсивное поперечное смещение расплава в результате возникновения полей напряжений сдвига различной величины. Благодаря составной (сборной) конструкции рабочих органов машины эти криволинейные кулачки могут устанавливаться в любом месте между обычными шнековыми элементами. Месительные кулачки тоже выполнены с уплотнительным («беззазорным», контактным) профилем, поэтому они имеют такое же поперечное сечение, что и шнековые элементы, и аналогичным образом обкатывают и очищают друг друга. Выбор соответствующего угла «набегания» (угла смещения) и ширины кулачков определяет различную эффективность смещения и пластикации. Поскольку шнеки машин ZSK обычно выполняются трехзаходными, месительные кулачки имеют форму «треугольных дисков». Посредством месительных кулачков материал подвергается воздействию касательных (сдвиговых) и нормальных сил и, кроме того, изменяет направление течения при обтекании «седловины» корпуса. Сдвиговая деформация возникает известным образом за счет градиентов скоростей, которые имеют место между шнеками и стенкой корпуса (в области «седловины» корпуса — между обоими шнеками).

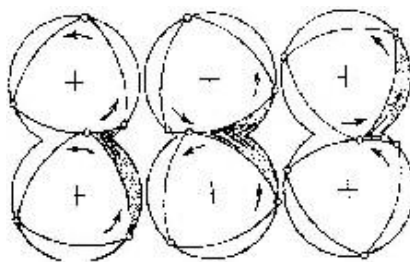


Рис. 5. Принцип действия месительных кулачков в машине ZSK

Так как поперечные сечения пяти показанных клиновых зон изменяются за один оборот от максимального до минимального значений, при уменьшении поверхности поперечного сечения материал подвергается воздействию нормальных нагрузок в виде циклических деформирующих усилий сжатия, которые приводят к отклонению (перемещению) материала в зоны соседних, расположенных со ступенчатым смещением по винтовой

спирали, месительных кулачков. От угла смещения месительных кулачков зависит, устремится ли большая часть вытесненного материала по направлению прямого потока и произойдет ли осевая транспортировка (продольная подача) месительными кулачками или же большая часть материала, совершив возвратно-ступенчатое продвижение, сможет направиться в задний (по ходу основного потока) месительный кулачок и тем самым будет обеспечено усиленное продольное смешение.

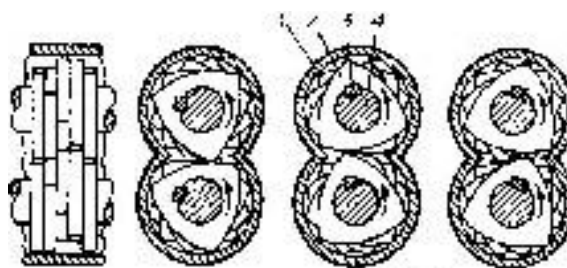


Рис. 6. Месительные кулачки в шнековых пластикаторах с
взаимозащепляющимися вращающимися в одном направлении шнеками. 1 -
корпус; 2 – кулачок; 3 – шпонка

Описываемые кулачки можно применять в комбинации со шнековыми секциями, создавая тем самым зоны (рабочие участки) с определенными напряжениями сдвига. Для двухшнековых машин со шнеками вращающимися в одном направлении, эти «криволинейные» кулачки могут быть выполнены аналогично зонам самоочищающихся шнеков с уплотнительным контактным профилем [5].

2 Конструкторский раздел

В текущем контексте нашего исследования мы будем изучать следующие модели экструдеров: ZSK-130, NR-46, NR-75, ТЕК-70 и STS-75. Мы изучили их различные параметры, затем получили различные формы элементов экструдеров. Таким образом, мы записали следующие параметры этих экструдера: L (длина экструдера), P (шаг спирали), N (количество заходов), n (количество ходов), d (внутренний диаметр элемента), D (наружный диаметр элемента) и A_w (межосевое расстояние).

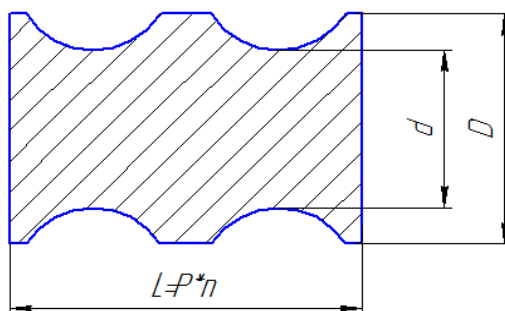


Рис. 7. Размеры шнека

Во-первых, мы изучили первый экструдер ZSK-130. Это производство экструдера Германия. Этот экструдер имеет следующие параметры L , P , N , d , D и A_w .

Таблица 2. Параметры для ZSK-130

ZSK-130	L	P	N	d	D	A_w
60-60	60	60	1	90	129	110
80-80	80	80	1	90	129	110
120-120	120	120	1	90	129	110

Наше исследование второго экструдера NR-46, этот экструдер производится в Японии. Далее мы посмотрим на таблицу, существуют следующие параметры.

Таблица 3. Параметры для NR-46

NR-46	L	P	N	d	D	A_w
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-------

90-60	90	60	1,5	31	46,5	39,5
90-45	90	45	2	31	46,5	39,5

Наше исследование третий экструдер NR-75, этот экструдер также производится в Японии. Далее мы посмотрим на таблицу, существуют следующие параметры.

Таблица 4. Параметры для NR-75

NR-75	L	P	N	d	D	Aw
150-75	150	75	2	48	77	63
150-100	150	100	1,5	48	77	63

Наше исследование четвертого экструдера ТЕК-70, этот экструдер производится в Корее. Далее мы посмотрим на таблицу, существуют следующие параметры.

Таблица 5. Параметры для ТЕК-70

ТЕК-70	L	P	N	d	D	Aw
45-45	45	45	1	45,5	70,5	58,8
60-60	60	60	1	45,5	70,5	58,8
90-90	90	90	1	45,5	70,5	58,8

Наше исследование последнего экструдера STS-75, этот экструдера производство в Германии. В таблице в драме, которая имеет некоторые из параметров на этом экструдера

Таблица 6. Параметры для STS-75

STS-75	L	P	N	d	D	Aw
--------	---	---	---	---	---	----

28-56	28	56	0,5	47	71	60
56-56	56	56	1	47	71	60
72-72	72	72	1	47	71	60
96-96	96	96	1	47	71	60
112-112	112	112	1	47	71	60

2.1 Проверка по программе Math-CAD для проектирования сечения двухшнековых экструдера

Когда мы проектируем сечение двухшнековых экструдера, мы можем разделить на пять шагов. Мы смотрим на первой части. Мы сначала определить a (межосевое расстояние). Тогда по диаметром d (внутренний диаметр элемента) и D (наружный диаметр элемента). Нарисуйте две концентрические окружности. s является зазор экструдера. Во второй части которого мы можем видеть, Угол между двумя пересекающимися цилиндрическими участки между $2\alpha_i$. В третьей части мы можем видеть, что Угол α_t является дополнительным угла $2\alpha_i$. В четвертой части мы делаем прямую линию, проходящую через центр круга, и внутренний круг получить точку пересечения. При радиусе a_w вращения против часовой стрелки, тогда получить другое пересечение с внешним.

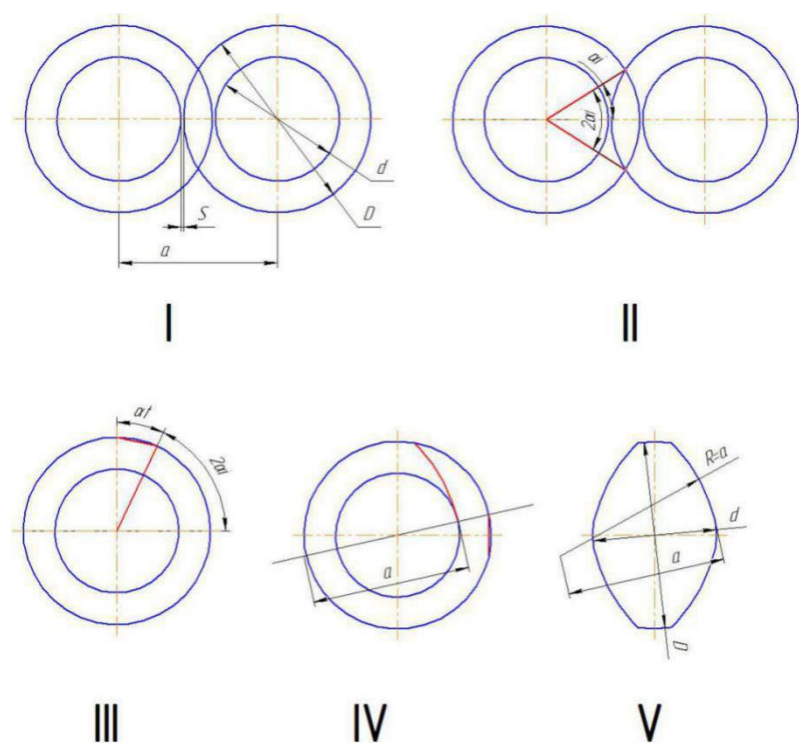


Рис. 8. Шаги проектирования сечения двухшнековых экструдеров

Наше сечение состоит из четырех частей, но они симметричны по осям X и Y . Поэтому когда мы проектируем сечение элемента экструдера, мы только проектируем одну часть. Далее мы рассмотрим первую часть расчета.

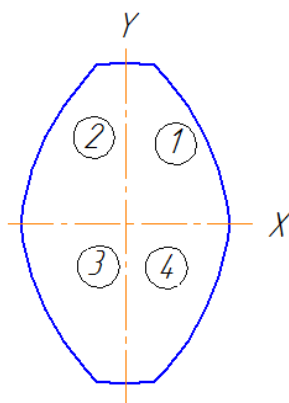


Рис. 9. Сечение элемента двухшнекового экструдера

Теперь мы посмотрим построение каждой части в программе Math-Cad. Первая часть состоит из трех дуг окружности 1, 2 и 3. Нам нужно рассчитать каждую часть по программе Math-CAD и проверить.

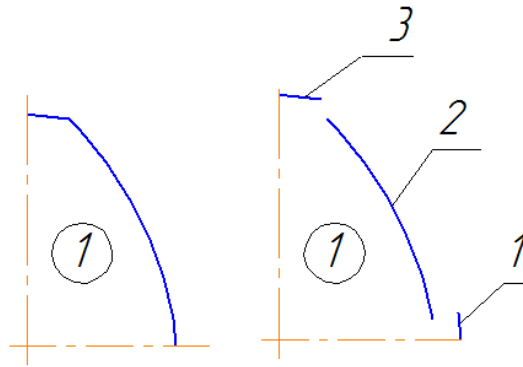


Рис. 10. Первая часть сечения

Исходные условия функции:

ORIGIN := 1

$A_w := 60$

$D := 71$

$d := 47$

$\alpha_1 := \arccos\left(\frac{A_w}{D}\right)$

$\alpha_1 = 0.564$

$\alpha_t := \frac{\pi}{2} - 2\alpha_1$

$\alpha_t = 0.443$

$R := \frac{D}{2}$

$r := \frac{d}{2}$

Мы сейчас разрабатываем исходные данные, $A_w=60$ мм, $D=71$ мм, $d=47$ мм. Тогда можно найти по формуле $\alpha_1 = \arccos\left(\frac{A_w}{D}\right)$ (1) и $\alpha_t = \frac{\pi}{2} - 2\alpha_1$ (2) $\alpha_1 = 0.564$ и $\alpha_t = 0.443$.

Где A_w – межосевое расстояние; D – наружный диаметр элемента; R – наружный радиус элемента; d – внутренний диаметр элемента; r – внутренний радиус элемента.

По формуле мы можем найти угол $\alpha_1=0.564$ и угол $\alpha_t=0.443$.

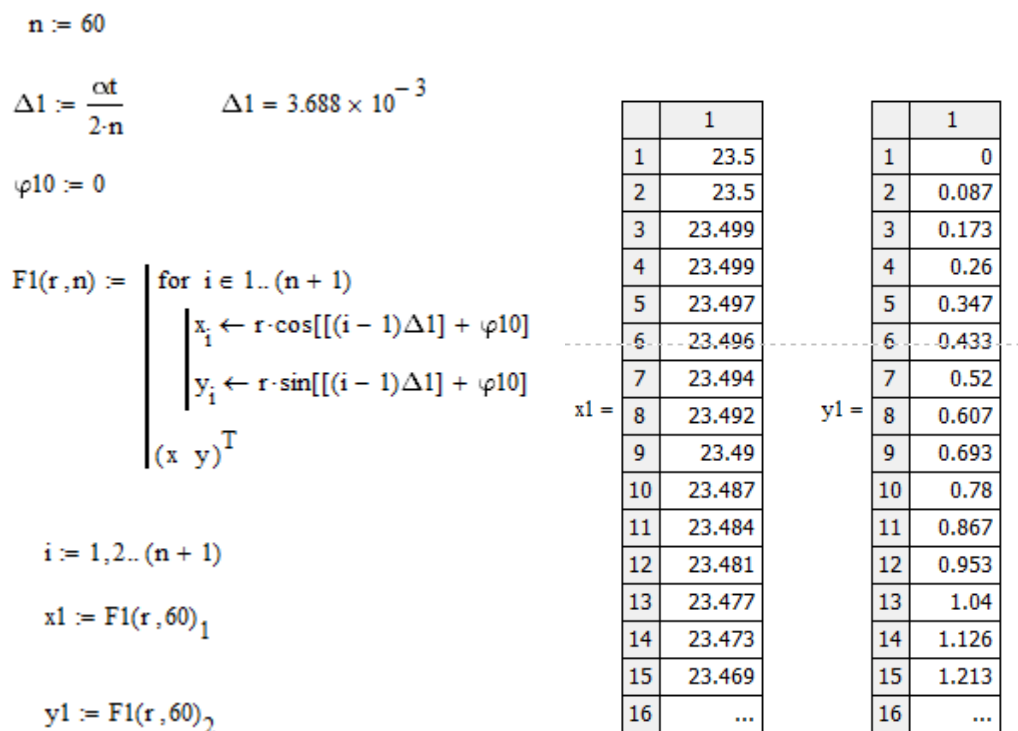


Рис. 11. Координаты точек первой части

В первой части мы возьмем 60 точек: $n=60$. По формуле $\Delta 1 = \frac{\alpha t}{2n}$ каждый угол между двумя точками мы можем вычислить. $\varphi 10$ это отправная точка. По формуле $x_i = r \cos(i-1)\Delta 1 + \varphi 10$ (3), $y_i = r \sin(i-1)\Delta 1 + \varphi 10$ (4) Мы можем найти координаты каждой точки, где n – количество шагов; $\Delta 1$ – угол каждого шага; $\varphi 10$ – исходный угол; $F1(r, n)$ – функция цикла для чтения координаты.

Мы определяем исходный угол первой части $\varphi 10=0$, и шаг $n=60$. По формуле нашел угол каждого шага $\Delta 1 = 3.688 \times 10^{-3}$, по функции цикла мы можем найти каждую координату x и y . После этого мы можем получить график первой части. Диапазон первой части $\alpha t/2 = 0.2215$.

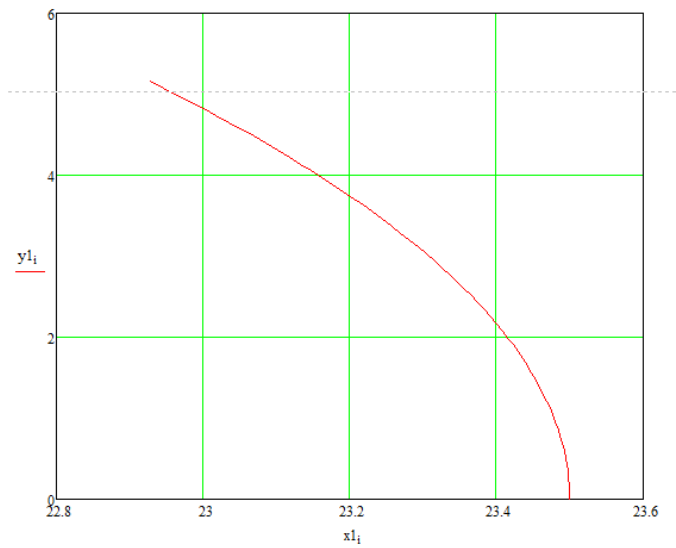


Рис. 12. График первой части

Кривая первой части контура представлена на рис. 12.

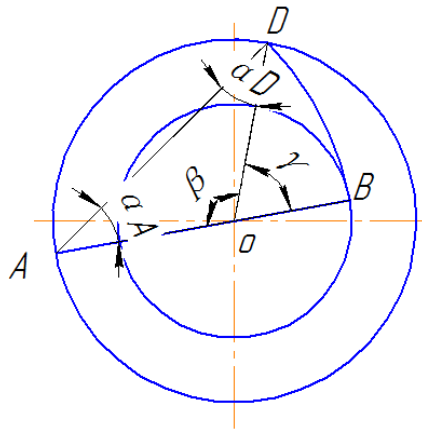


Рис. 13. Процесс проектирования второй части дуги

На рис. 13 представлены данные для расчета второго участка контура.

```

k := tan( $\frac{\alpha t}{2}$ )    k = 0.225
yL := 0              xL := 0

Given

yL - k·xL = 0
yL2 + xL2 = r2

B := Find(xL, yL)

B = ( $\begin{pmatrix} 22.927 \\ 5.158 \end{pmatrix}$ )

yA := 1              xA := 1

Given

yA - k·xA = 0
(xA - B1)2 + (yA - B2)2 = Aw2

A := Find(xA, yA) = ( $\begin{pmatrix} -35.61 \\ -8.012 \end{pmatrix}$ )

```

Рис.14 к о о р д и н а т ы точки А и В

В данном расчете используются следующие формулы.

Функция линии:

$$yL - kxL = 0. \quad (5)$$

Функция маленькой окружности:

$$yL^2 + xL^2 = r^2 \quad (6)$$

Функция дуги BD:

$$(xA - B_1)^2 + (yA - B_2)^2 = Aw^2, \quad (7)$$

где А – центр дуги BD.

Функция линии:

$$yA - kxA = 0. \quad (8)$$

Когда мы читаем вторую часть, в первую очередь нам нужно найти прямую линию АВ. По углу αt мы можем найти градиент линии АВ $K=0,225$ и функцию линии $yL - kxL = 0$. Потом по двум формулам (5) (6) мы можем

найти точку В. Точка А в линии и мы получим функцию $y_A - kx_A = 0$ (8), по формулам (7) и (8) мы можем найти точку А.

$$AO := \sqrt{(A_1)^2 + (A_2)^2} = 36.5$$

$$AD := A_w = 60$$

$$DO := \frac{D}{2} = 35.5$$

$$\alpha A := \arccos\left(\frac{AD^2 + AO^2 - DO^2}{2 \cdot AD \cdot AO}\right) = 0.577$$

$$\alpha D := \arcsin\left(\frac{AO \cdot \sin(\alpha A)}{DO}\right) = 0.595$$

$$\gamma := \alpha A + \alpha D = 1.171$$

Нам еще нужно найти диапазон второй части – угол γ . По закону косинусов мы можем найти угол αA :

$$\alpha A = \arccos\left(\frac{AD^2 + AO^2 - DO^2}{2 \cdot AD \cdot AO}\right) \quad (9)$$

И по закону синусов мы можем найти угол αD :

$$\alpha D = \arcsin\left(\frac{AO \cdot \sin(\alpha A)}{DO}\right) \quad (10)$$

По формуле $\gamma = \alpha A + \alpha D$, мы получим диапазон второй части $\gamma = 1,171$.

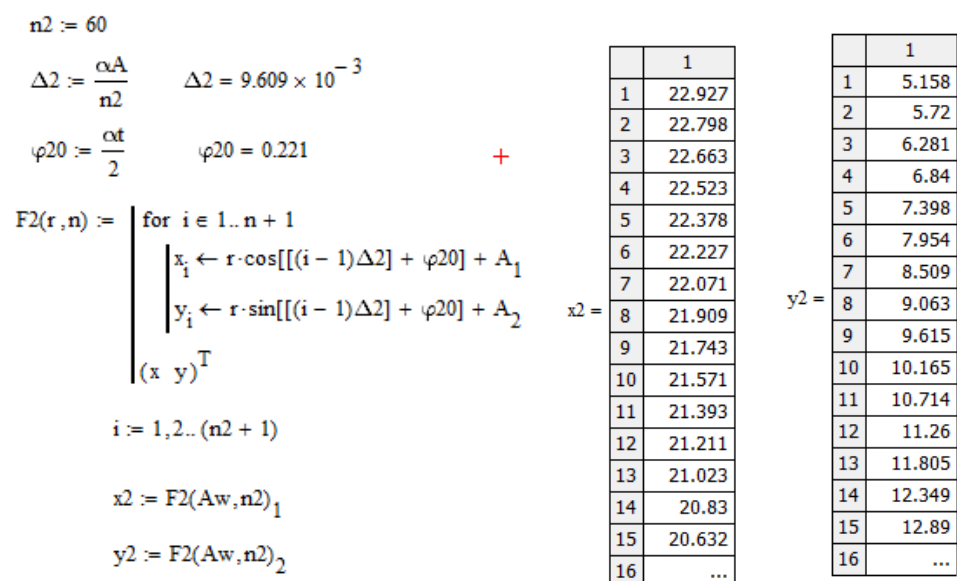


Рис. 15. Координаты точки второй части

На рис. 16 представлены данные расчета, где n – количество шагов; $\Delta 2$ – угол каждого шага второй части; $\phi 20$ – исходный угол второй части; $F2(r, n)$ – функция цикла для чтения координаты второй части.

Мы определяем исходный угол первой части $\phi 20=0,221$ и шаг $n=60$. по формуле нашел угол каждого шага $\Delta 2=9.609 \times 10^{-3}$, по функции цикла мы можем найти координаты X и Y . После этого мы можем получить график второй части. Диапазон второй части $Y=1,171$.

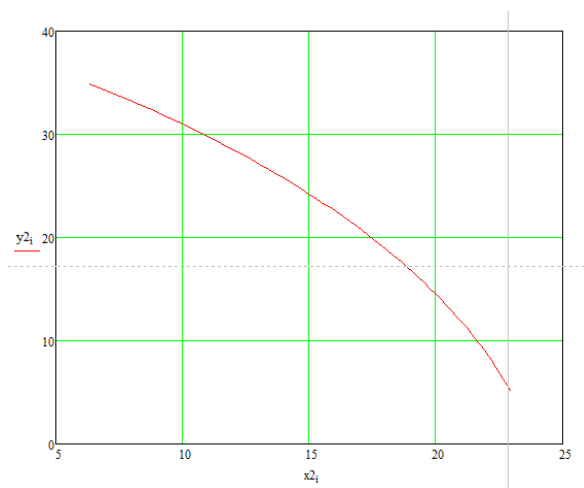


Рис. 16. График второй части контура

На рис. 17 представлены данные расчета третьей части контура, где n – количество шагов; $\Delta 3$ – угол каждого шага тритий части; $\Phi 30$ – исходный угол тритий части; $F2(r,n)$ – функция цикла для чтения координаты тритий части.

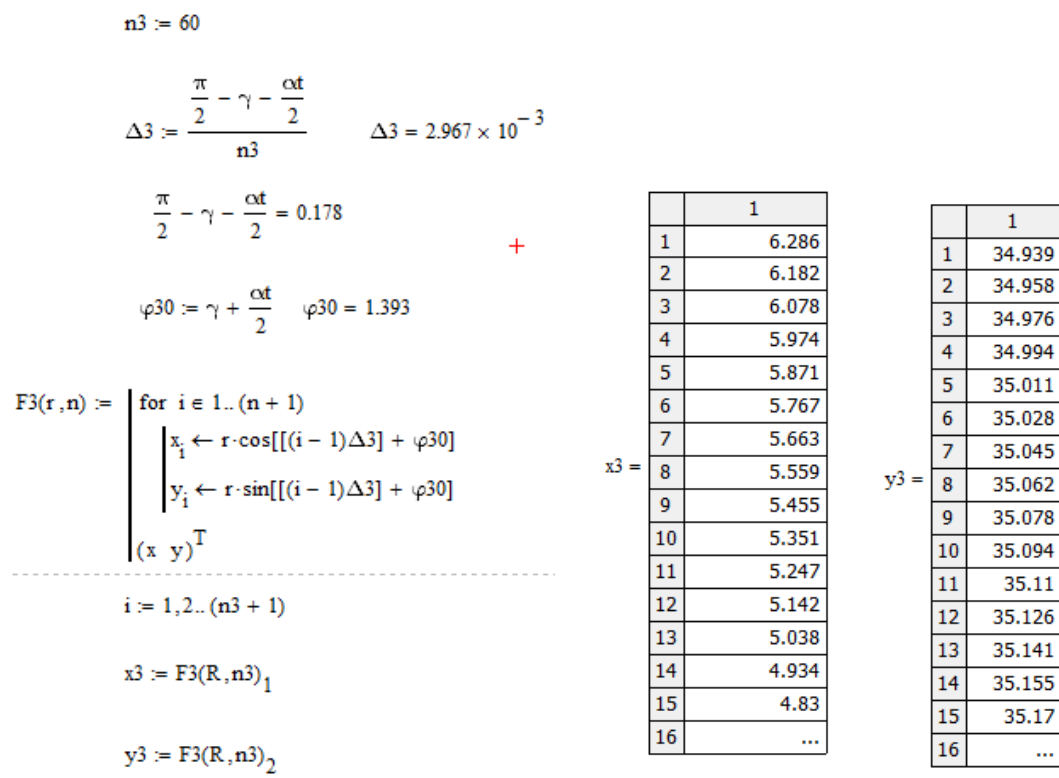


Рис. 17. Координаты точек третьей части контура

Мы определяем исходный угол первой части $\varphi 30 = 1,319$ и шаг $n = 60$. По формуле нашел угол каждого шага $\Delta 1 = 2.967 \times 10^{-3}$, по Функции цикла мы можем найти каждый координат x и y . после этого мы можем получить график третьей части контура. Диапазон тритий части $\pi/2 - \gamma - \alpha t/2 = 0, 1775$.

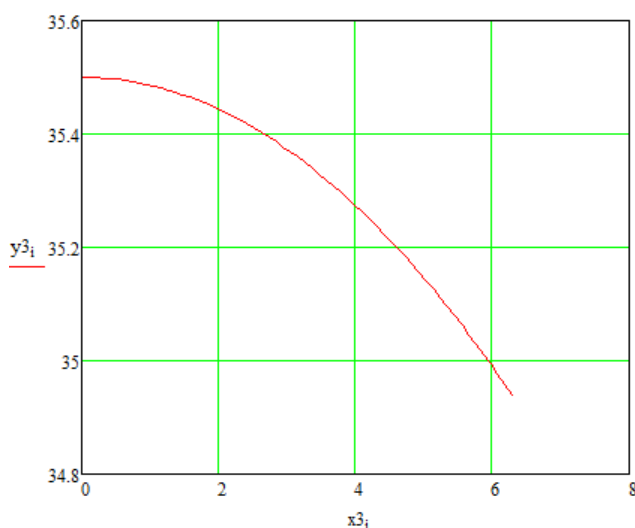


Рис. 18. График третьей части

Потом мы можем построить график три части в одном. На Рис. 19 мы видим, что они хорошо объединились, состоящий из трех частей. Таким образом, наша гипотеза установлена.

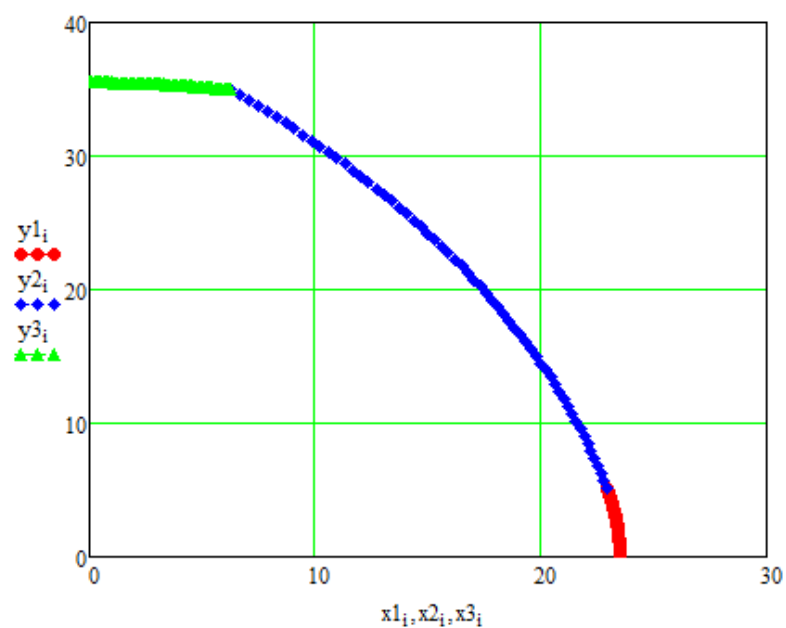


Рис. 19. График четверти профиля, состоящей из трех частей: красный участок – первая часть, синий участок – вторая часть, зеленый участок – третья часть контура.

2.2 Построение 3D-модели в программе КОМПАС-3D

Мы рассчитали геометрию сечения элемента по программе Math-CAD. Мы проверили результаты расчета. Расчеты оказались в порядке, никаких проблем. Таким образом, далее, мы должны поставить его через программу Компас-3Д.

На рис. 20 показан детальный процесс проектирования сечения, это процесс который как проектировать сечение элемента.

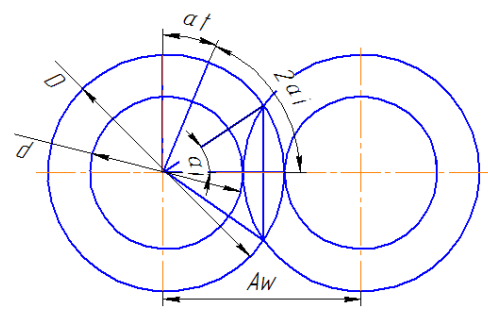


Рис. 20. Процесс проектирования сечения элемента

Параметры контура показаны на рис. 21.

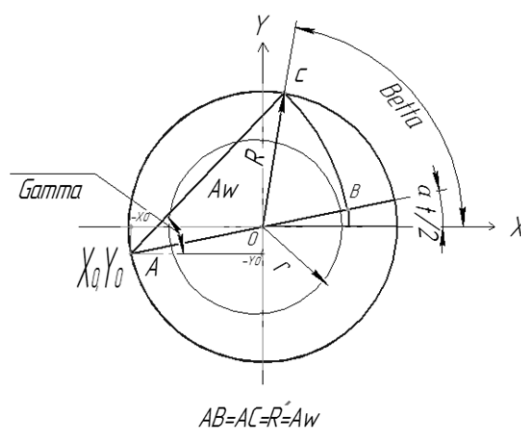


Рис. 21. Параметры проектирования сечения

Вот некоторые формулы:

$$\alpha_i = a \cos \frac{Aw}{2R} \quad (11)$$

$$\alpha_t = 90^\circ - 2\alpha_i \quad (12)$$

$$X_0 = -(Aw - r) \cos \frac{\alpha_t}{2} \quad (13)$$

$$X_0 = -(Aw - r) \sin \frac{\alpha_t}{2} \quad (14)$$

$$\beta = 180^\circ + \frac{\alpha_t}{2} + a \cos \frac{R^2 + (Aw - r)^2 - Aw^2}{2R(Aw - r)} \quad (15)$$

$$\alpha = \frac{\alpha_t}{2} + a \cos \frac{Aw^2 + (Aw - r)^2 - R^2}{2Aw(Aw - r)} \quad (16)$$

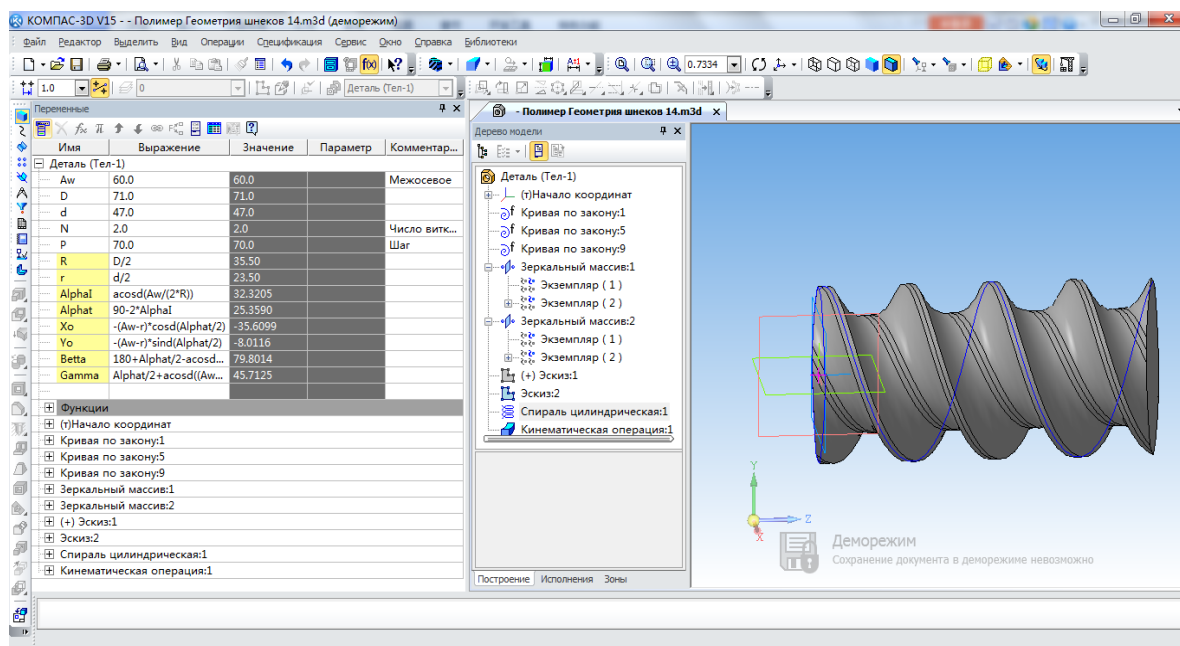


Рис. 22. 3-D модель в программе КОМПАС-3D

Aw	60.0	60.0
D	71.0	71.0
d	47.0	47.0
N	2.0	2.0
P	70.0	70.0
R	D/2	35.50
r	d/2	23.50
AlphaI	acosd(Aw/(2*R))	32.3205
Alphat	90-2*AlphaI	25.3590
Xo	-(Aw-r)*cosd(Alphat/2)	-35.6099
Yo	-(Aw-r)*sind(Alphat/2)	-8.0116
Betta	180+Alphat/2-acosd...	79.8014
Gamma	Alphat/2+acosd((Aw...	45.7125

Рис. 23. Функции и параметры для построения 3-D модели

Где Aw – межосевое расстояние;

D – наружный диаметр элемента;

R – наружный радиус элемента;

d – внутренний диаметр элемента;

N – ЧИСЛО ВИТКОВ.

1. Для модели NR-46 у нас есть следующие параметры: $d=31\text{MM}$, $D=46,5\text{MM}$, $A_w=39,5\text{MM}$, $L=90\text{MM}$, $N=1,5$, $P=60\text{MM}$. По программе КОМРАС-3D Мы получаем 3D-модель (см. Рис.24).

Деталь (Тел-1)		
Aw	39.50	39.50
D	46.50	46.50
d	31.0	31.0
N	1.50	1.50
P	60.0	60.0
R	D/2	23.250
r	d/2	15.50
AlphaI	$\text{acosd}(Aw/(2*R))$	31.8468
Alphat	$90-2*AlphaI$	26.3065
Xo	$-(Aw-r)*\text{cosd}(A...$	-23.3704
Yo	$-(Aw-r)*\text{sind}(Al...$	-5.4614
Betta	$180+Alphat/2-...$	79.7269
Gamma	$Alphat/2+\text{acos}...$	45.8430

Для другой модели NR-46: d=31MM, D=46,5MM, Aw=39,5MM, N=2, L=90MM , P=45MM. По программе КОМРАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис. 25.

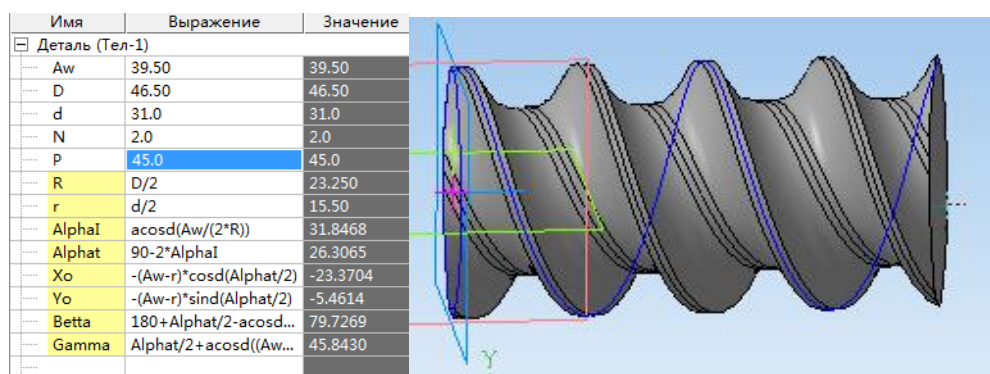


Рис. 25. 3-D модель в программе КОМПАС-3D

Для модели NR-75 есть следующие параметры $d=48\text{MM}$, $D=77\text{MM}$, $A_w=63\text{MM}$, $L=150\text{MM}$, $N=2$, $P=75\text{MM}$. По программе КОМПАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис. 26.

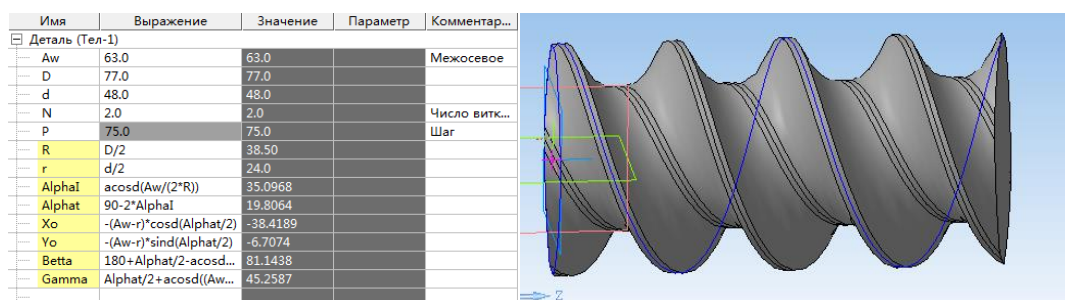


Рис. 26. 3-D модель в программе КОМПАС-3D

Но модели NR-75 есть следующие параметры $A_w=63\text{MM}$, $L=150\text{MM}$, $N=1,5$, $d=48\text{MM}$, $D=77\text{MM}$, $P=100\text{MM}$. По программе КОМПАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис. 27.

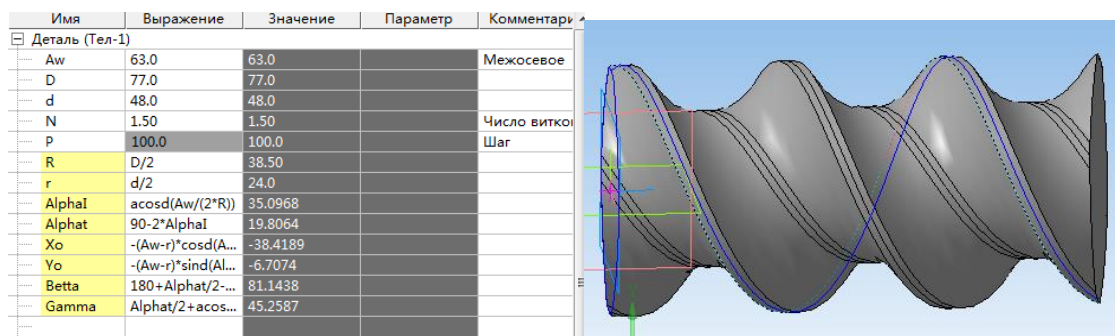


Рис. 27. 3-D модель в программе КОМПАС-3D

Для модели ZSK-130: есть следующие параметр $d=90\text{MM}$, $D=129\text{MM}$, $A_w=110\text{MM}$, $L=60\text{MM}$, $N=1$, $P=60\text{MM}$. По программе КОМПАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис. 28.

Деталь (Тел-1)				
Aw	110.0	110.0		Межосевое
D	129.0	129.0		
d	90.0	90.0		
N	1.0	1.0		Число витков
P	60.0	60.0		Шаг
R	$D/2$	64.50		
r	$d/2$	45.0		
AlphaI	$\text{acosd}(A_w/(2*R))$	31.4920		
Alphat	$90-2*AlphaI$	27.0160		
Xo	$-(A_w-r)*\text{cosd}(A...$	-63.2019		
Yo	$-(A_w-r)*\text{sind}(Al...$	-15.1828		
Betta	$180+Alphat/2-...$	77.2111		
Gamma	$Alphat/2+\text{acos}...$	45.2221		

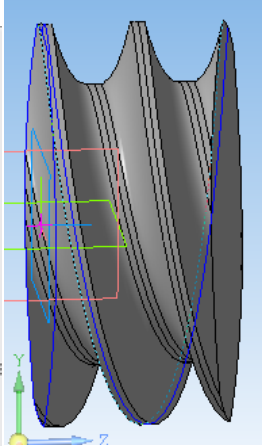


Рис. 28.3-D модель в программе КОМПАС-3D

Для модели ZSK-130:Y нас есть следующие параметры $A_w=110\text{MM}$, $d=90\text{MM}$, $D=129\text{MM}$, $L=80\text{MM}$, $N=1$, $P=80\text{MM}$. По программе КОМПАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис. 29.

Деталь (Тел-1)				
Aw	110.0	110.0		Межосевое
D	129.0	129.0		
d	90.0	90.0		
N	1.0	1.0		Число витков
P	80.0	80.0		Шаг
R	$D/2$	64.50		
r	$d/2$	45.0		
AlphaI	$\text{acosd}(A_w/(2*R))$	31.4920		
Alphat	$90-2*AlphaI$	27.0160		
Xo	$-(A_w-r)*\text{cosd}(A...$	-63.2019		
Yo	$-(A_w-r)*\text{sind}(Al...$	-15.1828		
Betta	$180+Alphat/2-...$	77.2111		
Gamma	$Alphat/2+\text{acos}...$	45.2221		

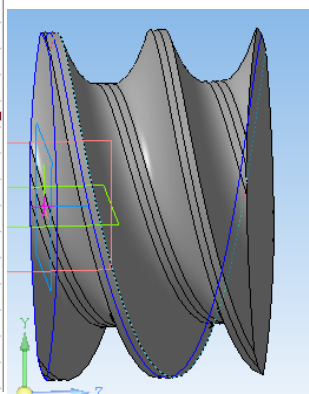


Рис. 29.3-D модель в программе КОМПАС-3D

для модели ZSK-130:Y нас есть следующие параметры $d=90\text{MM}$, $N=1$, $P=120$, $D=129\text{MM}$, $A_w=110\text{MM}$, $L=120\text{MM}$. По программе КОМПАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис. 30.

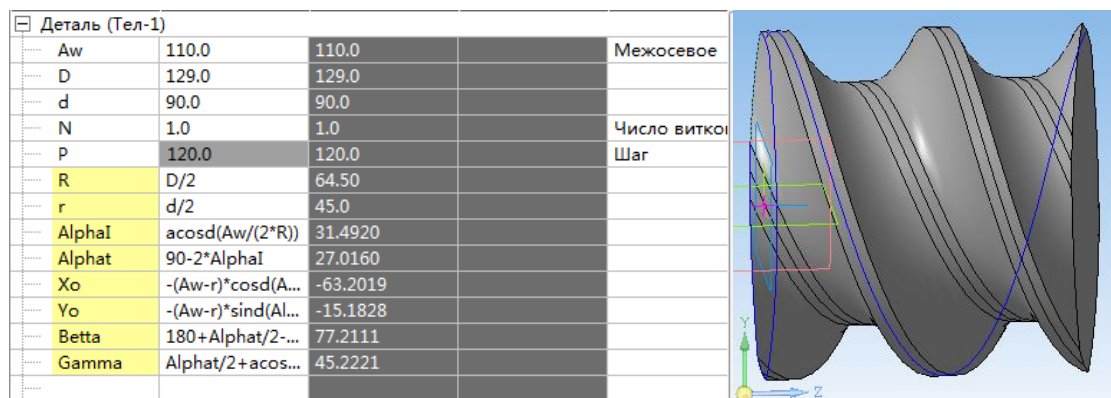


Рис. 30.3-D модель в программе КОМПАС-3D

4. Для шнека 45 - 45 ТЕК-70 есть следующие параметры $d=45\text{MM}$, $D=70,5\text{MM}$, $Aw=58,5\text{MM}$, $L=45\text{MM}$, $N=1$, $P=45\text{MM}$. По программе КОМПАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис. 31.

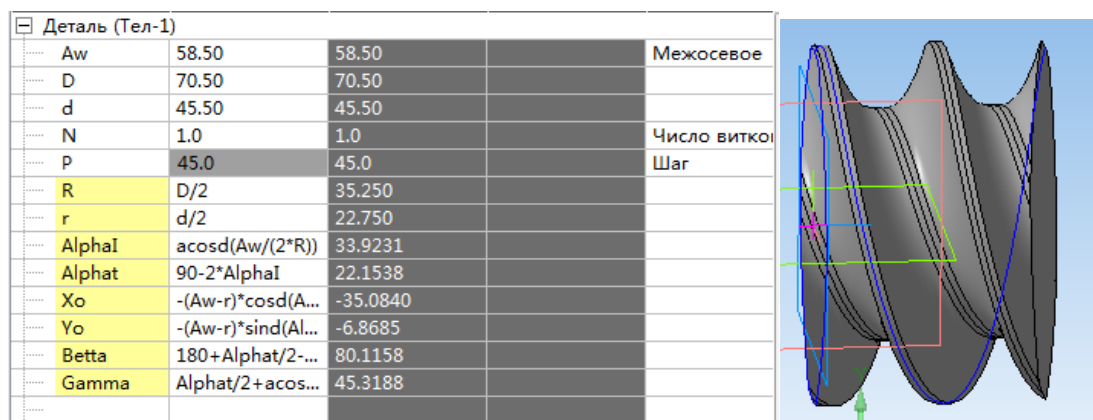


Рис. 31.3-D модель в программе КОМПАС-3D

Для модели ТЕК-70:У нас есть следующие параметры $d=45,5\text{MM}$, $D=70,5\text{MM}$, $Aw=58,5\text{MM}$, $L=60\text{MM}$, $N=1$, $P=60\text{MM}$. По программе КОМПАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис. 32.

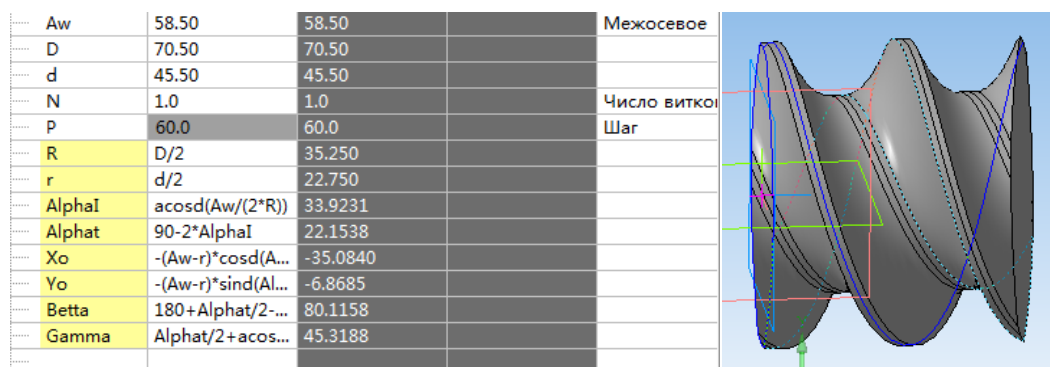


Рис. 32. 3-D модель в программе КОМПАС-3D

Для шнека 90 - 90 ТЕК-70 есть следующие параметры $d=45,5\text{MM}$, $D=70,5\text{MM}$, $A_w=58,5\text{MM}$, $L=90\text{MM}$, $N=1$, $P=90\text{MM}$. По программе КОМПАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис. 32.

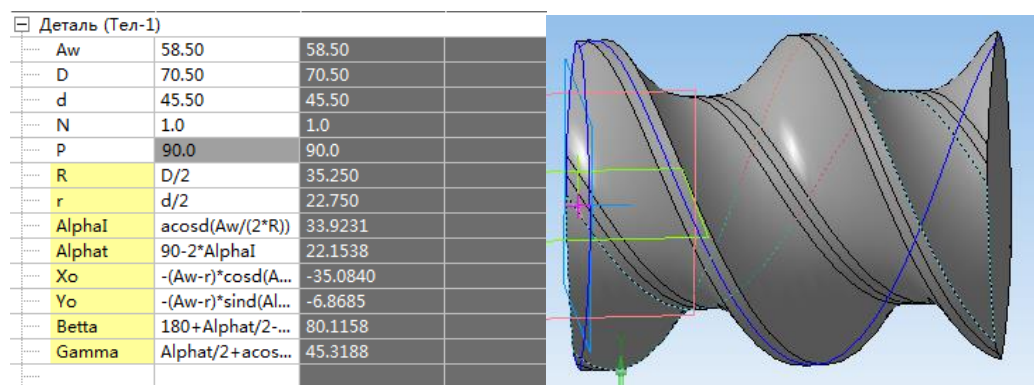


Рис. 33. 3-D модель в программе КОМПАС-3D

Для другой модели STS-75 есть следующие параметры $d=47\text{MM}$, $D=71\text{MM}$, $A_w=60\text{MM}$, $L=28\text{MM}$, $N=0,5$, $P=56\text{MM}$. По программе КОМПАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис. 34.

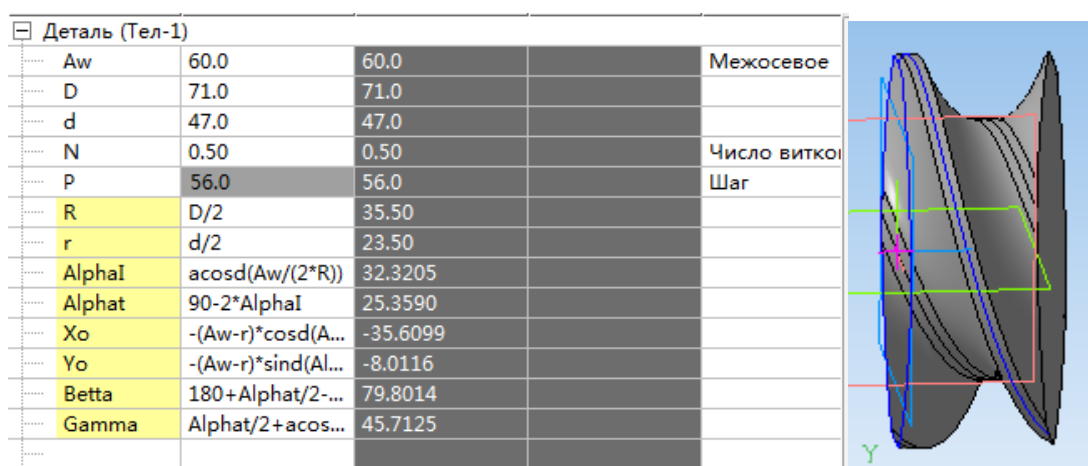


Рис. 34. 3-D модель в программе КОМПАС-3D

Для модели STS-75:У нас есть следующие параметры $d=47\text{MM}$, $D=71\text{MM}$, $A_w=60\text{MM}$, $L=56\text{MM}$, $N=1$, $P=56\text{MM}$. По программе КОМПАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис. 35.



Рис. 35.3-D модель в программе КОМПАС-3D

Для шнека 72-72 экструдера STS-75 есть следующие параметры $d=47\text{MM}$, $D=71\text{MM}$, $Aw=60\text{MM}$, $L=72\text{MM}$, $N=1$, $P=72\text{MM}$. По программе КОМПАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис. 36.

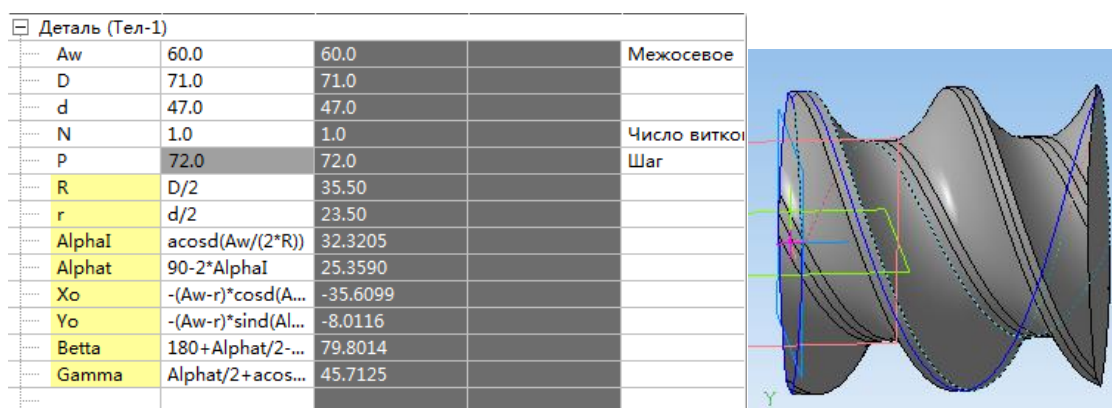


Рис. 36.3-D модель в программе КОМПАС-3D

Для модели STS-75:У нас есть следующие параметры $d=47\text{MM}$, $D=71\text{MM}$, $Aw=60\text{MM}$, $L=96\text{MM}$, $N=1$, $P=96\text{MM}$. По программе КОМПАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис. 36.

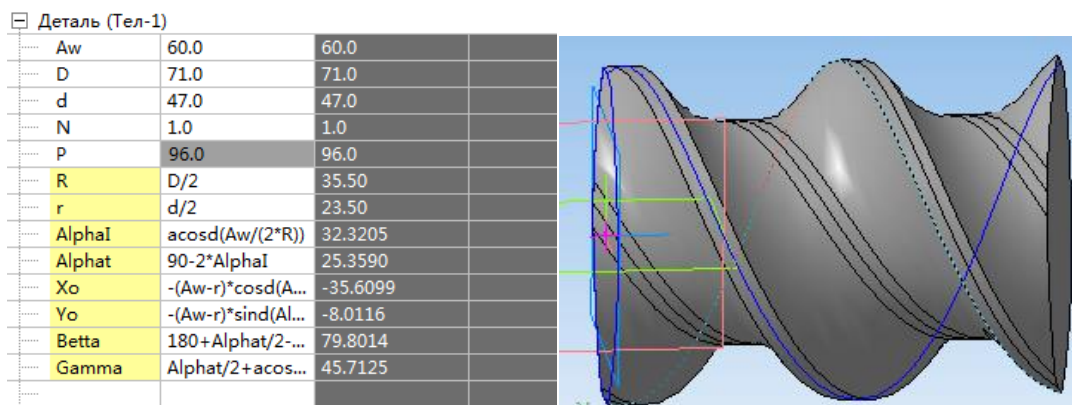


Рис. 37.3-D модель в программе КОМПАС-3D

Для шнека 112-112 экструдера STS-75 есть следующие параметры:
 $d=47$ мм, $D=71$ мм, $Aw=60$ мм, $N=1$, $L=112$ мм, $P=112$ мм. По программе КОМПАС-3D Мы получаем 3D сечения элемента экструдера Рис.38.

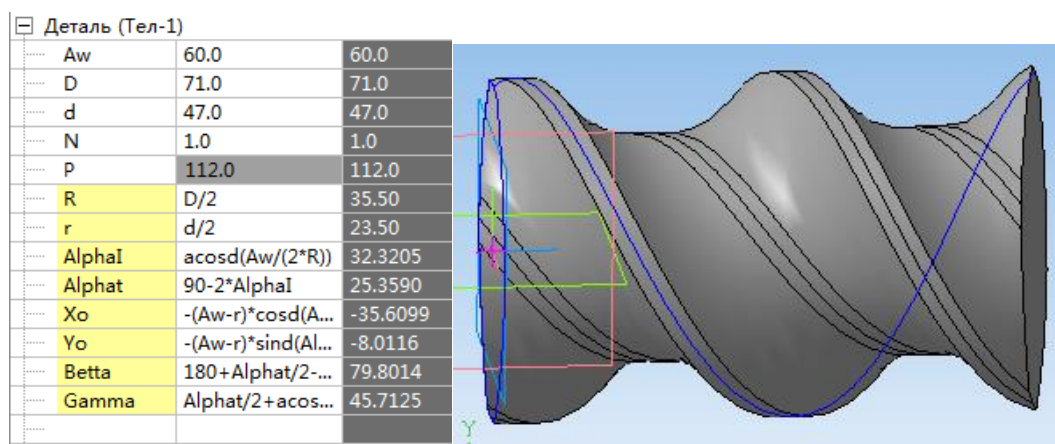


Рис. 38.3-D модель шнека 112-112 в программе КОМПАС-3D

2.3 Технологическая подготовка черновой обработки проектируемых элементов на примере экструдера STS-75

Обработка шнеков экструдера делится на две части: часть черновая и часть чистовая. На рис. 39 мы можем видеть, что зона 1 это обработка черновая, выполняемая концевой фрезой на универсальном горизонтально-фрезерном станке. Зона 2 – это чистовая обработка, мы обработаем эту часть на станке с ЧПУ концевой сферической фрезой.

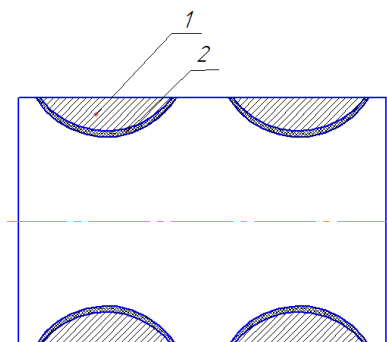


Рис.39 . Схема зона черновой и чистовой обработки: зона 1 –черновая обработка; зона 2 – чистовой обработки

Для черновой обработки необходимо выполнить подбор диаметра концевой фрезы, расчет угла и высоты установки фрезы, а также подобрать комплект зубчатых колес для универсальной делительной головки (УДГ).

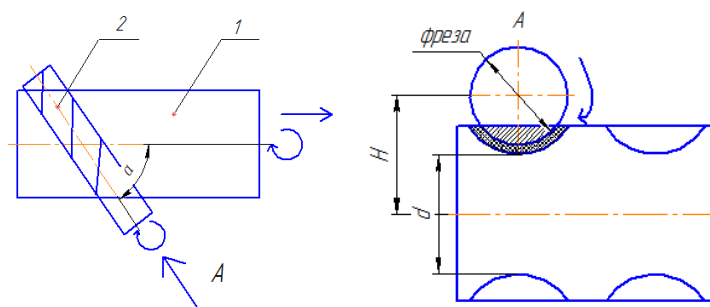


Рис. 40. Схема обработки шнека: 1 – заготовка; 2 – концевая фреза

На рис. 40 показана обработка шнека. Вращение заготовки согласовано с перемещением относительно фрезы, установленной на расстоянии H и под углом α относительно оси заготовки.

Угол α – это подъем спирали шнека на высоте установки фрезы H, которая рассчитывается по следующей формуле:

$$H = \frac{D_{\phi}}{2} + \frac{d_{ш}}{2} + Z_{шп},$$

где, для шнека 56-56 экструдера STS-75:

$$D_{\phi} = 18 \text{ мм}, d_{ш} = 47 \text{ мм}, Z_{чист} = 1,5 \text{ мм}.$$

Тогда

$$H = \frac{18}{2} + \frac{47}{2} + 1,5 = 34 \text{ мм}.$$

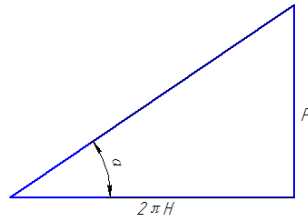


Рис.41. К расчету угла α

Угол α , согласно рис. 41, рассчитывается по следующей формуле:

$$P = 2\pi H * \operatorname{tg} \alpha ,$$

где P – шаг спирали шнека, $P=56$ мм.

Откуда:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{P}{2H\pi} \right)$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{56}{2 * 34 * 3,14} \right) = 14,6^{\circ} .$$

Для шнека 72-72 экструдера STS-75:

$$D_{\phi} = 25 \text{ мм}, d_{ш} = 47 \text{ мм}, Z_{чист} = 1,5 .$$

Тогда

$$H = \frac{25}{2} + \frac{47}{2} + 1,5 = 37,5 \text{ мм}.$$

$$P = 2\pi H * \operatorname{tg} \alpha ,$$

где P – шаг спирали шнека, $P=72$ мм.

Откуда:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{P}{2H\pi} \right)$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{72}{2 * 37,5 * 3,14} \right) = 17^{\circ} .$$

2.4 Фрезерование винтовых канавок шнеков

Основной элемент винтовой линии – это ее шаг, обозначаемый через S .

Представим (рис. 42, а) цилиндрическую фрезу с винтовыми зубьями, рассмотрим ее как многозаходный винт с шагом S .

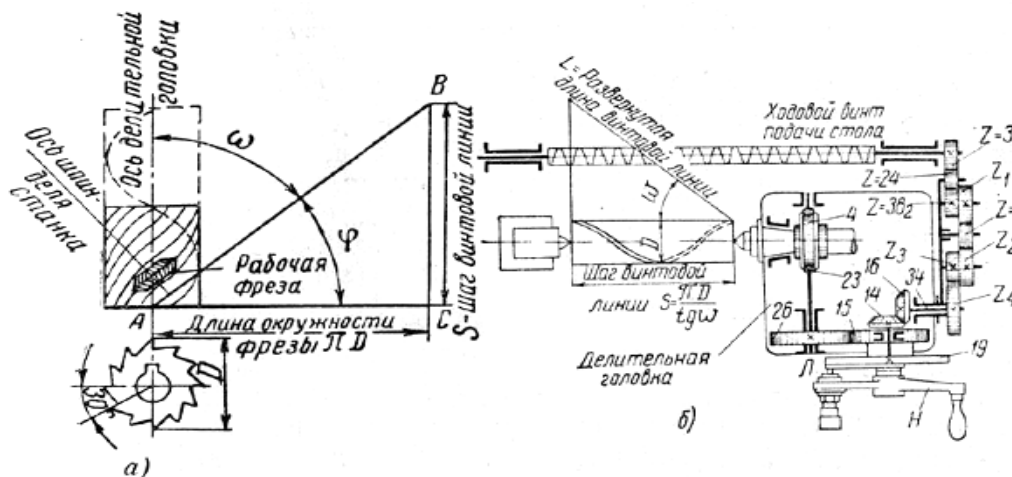


Рис.42. Схема образования винтовой линии при фрезерования

Винтовая линия с осью цилиндра составляет угол ω , этот угол называют углом наклона винтовой линии.

Получение винтовых канавок

Чтобы получить винтовую канавку нужного шага, надо чтобы цилиндр равномерно вращался и одновременно либо он, либо режущий инструмент равномерно перемещался вдоль оси цилиндра. Эти движения должны быть рассчитаны так, чтобы за один полный оборот заготовки инструмент переместился вдоль оси цилиндра на величину шага.

При нарезании винтовых канавок на горизонтально-фрезерном станке обрабатываемой заготовке сообщают вращение вокруг ее оси и прямолинейное движение вдоль оси. Режущий инструмент – концевая фреза вращается.

Шпиндель делительной головки соединяются через набор зубчатых колес с винтом продольной подачи рабочего стола. На рис. 42, б показана связь шпинделя УДГ с винтом продольной подачи рабочего стола. Благодаря этому заготовка получает необходимые движения: вращение вокруг своей оси и

одновременное продольное перемещение вдоль той же оси, таким образом канавка получается спиральной.

Шаг нарезаемой спиральной канавки зависит только от передаточного отношения зубчатых колес, которые связывают винт продольной подачи стола со шпинделем УДГ, но не от угла поворота стола станка.

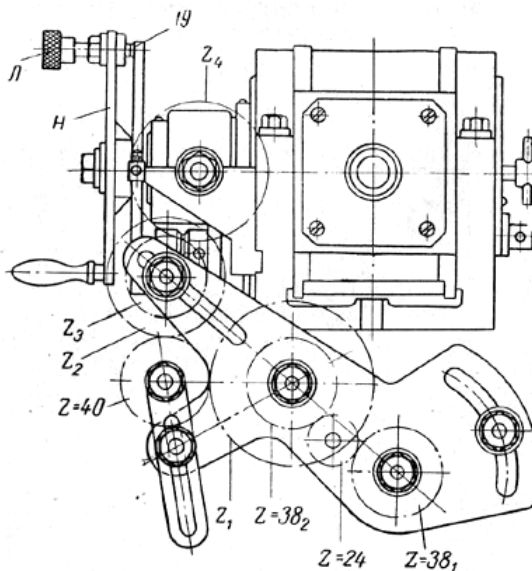


Рис.43. Гитара для фрезерования витовых канавок

В делительных головках вращение заготовки, необходимое для фрезерования в ней винтовых канавок, заимствуется от ходового винта продольной подачи через ряд зубчатых колес (рис. 43), соединяющих ходовой винт станка и валик привода головки.

На рис. 44, а показана установка сменных колес для фрезерования правых винтовых канавок, а на рис. 44, б — левых. При фрезеровании правых канавок зубчатое колесо $z = 40$ выключается и z_1 сцепляется с z_2 . Так как при настройке гитары приходится менять только колеса z_1 , z_2 , z_3 и z_4 , в дальнейшем изложении для простоты будем считать, что зубчатое колесо z_1 надевается на ходовой винт, а зубчатое колесо z_4 — на валик привода делительной головки.

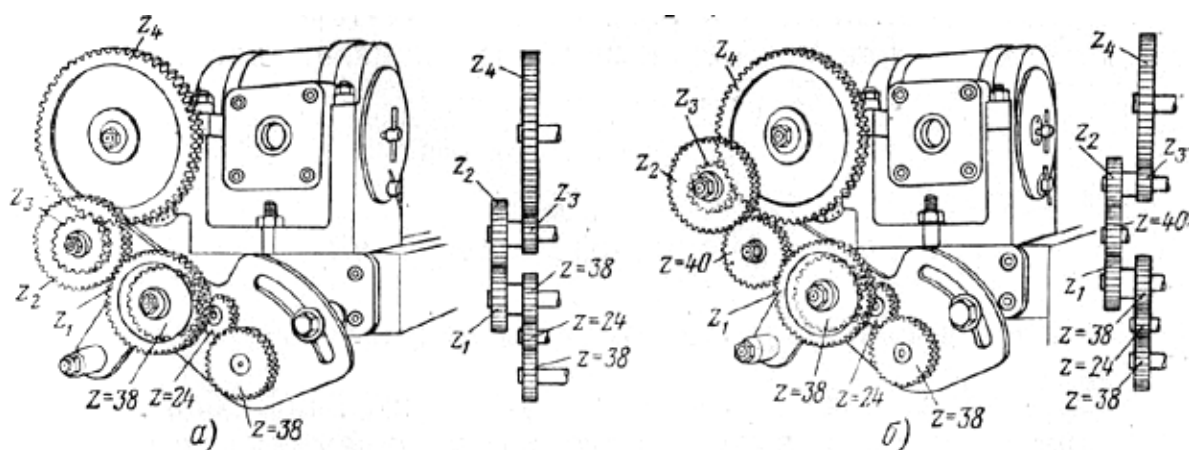


Рис.44. Настройка универсальной делительной головки для фрезерования

а - правой винтовой канавки, б - левой винтовой канавки

Если передаточное отношение установленных сменных колес будет равно единице, то за один оборот винта продольной подачи стол переместится на расстояние, равное шагу винта, а шпиндель делительной головки повернется на $1/40$ оборота. Для получения одного оборота шпинделя делительной головки надо, чтобы винт сделал 40 оборотов. За это время стол пройдет путь, равный шагу винта, умноженному на 40. Шаг винта продольной подачи стола равен 6 мм, тогда за полный оборот заготовки при передаточном отношении сменных колес, равном единице, стол пройдет $6 \times 40 = 240$ мм. Следовательно, на заготовке будет нарезана винтовая линия с шагом $S = 240$ мм.

При других значениях шага винта продольной подачи и другой характеристике делительной головки получим другое значение характеристики станка.

Для определения передаточного отношения i_v сменных колес для нарезания винтовых канавок применяют простую формулу.

$$i = \frac{t^* z}{P} = \frac{Z_1 * Z_2 * Z_3}{Z_2 * Z_3 * Z_4}$$

Где t – шаг ходового винта станка, $t=6$

Z – количество зубьев винта станка, $Z=40$

P – шаг спирали шнека, $P=56$ мм

Для обеспечения согласованного вращения заготовки с ее перемещением относительно фрезы необходимо подобрать комплект зубчатых колес для УДГ для всех рассматриваемых шнеков.

Для шнека 56-56 экструдера STS-75:

$$Z_1 = 120, Z_2 = 40, Z_3 = 72, Z_4 = 28.$$

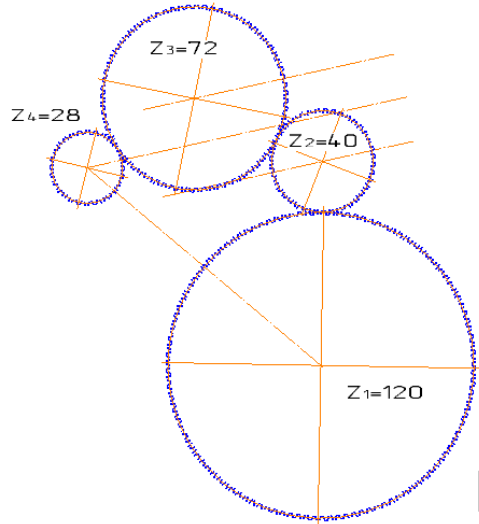


Рис. 45. Настройка УДГ для шнека 56-56 экструдера STS-75

Тогда

$$i = \frac{t \cdot z}{P} = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_2}{Z_3} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{6 \cdot 40}{56} = \frac{120}{40} \cdot \frac{40}{72} \cdot \frac{72}{28}$$

Для шнека 72-72 экструдера STS-75:

$$Z_1 = 120, Z_2 = 72, Z_3 = 40, Z_4 = 36$$

P – шаг спирали шнека, P=72 мм.

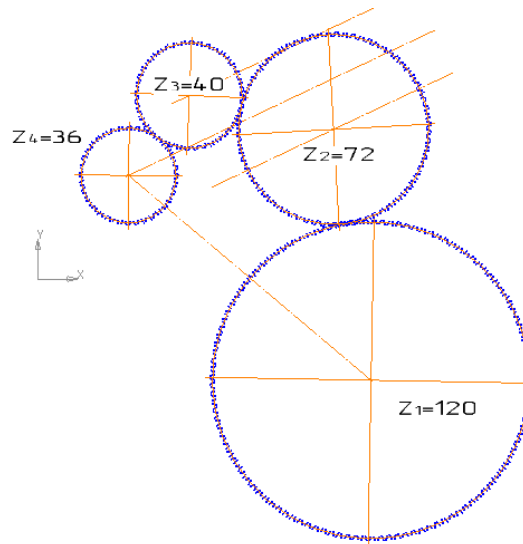


Рис.46. Настройка УДГ для шнека 72-72 экструдера STS-75

Тогда

$$i = \frac{t \cdot z}{P} = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_2}{Z_3} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{6 \cdot 40}{72} = \frac{120}{72} \cdot \frac{72}{40} \cdot \frac{40}{36}$$

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Предпроектный анализ

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Двухшнековые машины находят широкое применение в Европе, особенно для переработки поливинилхлорида, смешения и гранулирования композиций из него. По мере экономического развития, расширения рынка, спрос на двухшнековый экструдер постоянно растет. В России спрос на рынке большой, но подавляющее большинство машин поставляется из-за рубежа. Таким образом, необходимо разработать двухшнековый экструдер для удовлетворения потребностей нашего рынка и промышленности.

В настоящее время двухшнековые экструдеры занимают достойное место в промышленности переработки полимеров и используются главным образом для экструзии профильных изделий из материалов с низкой термостабильностью (таких как жесткий ПВХ)

В рамках программы импортозамещения, выполняемой компанией ОАО "Полимеркомпаунд", необходимо выполнить расчеты геометрии изнашиваемых элементов, дать рекомендации по материалу и механическим свойствам данных элементов, и, тем самым, предложить замену импортным комплектующим, поставляемым из Германии и Японии.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в табл. 1. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K_i = \sum B_i B_i \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_C	B_A	B_B	K_C	K_A	K_B
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,02	4	4	3	0,08	0,08	0,06
3. Помехоустойчивость	0,05	5	5	4	0,25	0,35	0,28

4. Энергоэкономичность	0,05	4	4	4	0,25	0,12	0,12
5. Надежность	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,2
6. Уровень шума	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
7. Безопасность	0,06	5	4	3	0,3	0,24	0,18
8. Потребность в ресурсах памяти	0,04	4	5	4	0,16	0,2	
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
10. Простота эксплуатации	0,04	5	4	3	0,2	0,16	0,12
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,06	4	4	3	0,24	0,24	0,28
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
2. Уровень проникновения на рынок	0,03	4	4	3	0,12	0,12	0,09
3. Цена	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
5. Послепродажное обслуживание	0,06	4	4	3	0,24	0,24	0,18
6. Финансирование научной разработки	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
7. Срок выхода на рынок	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,1
8. Наличие сертификации разработки	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
Итого	1	90	80	74	4,55	4,05	3,86

Где Кс–машина из России, Ка–машина из Германии, Кв –машина из Японии.

Значение К позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя К получилось от 4.5 до 5.0, то такая разработка считается перспективной. Если от 4.0 до 4.5 – то перспективность выше среднего. Если от 3.5 до 4.0 – то перспективность средняя. Если от 3.0 до 3.5 – то перспективность ниже среднего. Если 3.0 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Двухшнековые экструдеры из России считается перспективными.

3.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

В рамках должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (табл. 2).

Таблица 2 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно- исследовательского проекта:	Слабые стороны научно- исследовательского проекта:
	С1. Более эффективно проектировать различные модели двухшнековых экструдеров С2. Экологичность технологии. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Наличие бюджетного финансирования. С5. Может быть выполнен в любом размере желаемой машина	Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие профессионального и технического персонала Сл3. Отсутствие инженеринговой компании, способной построить производство «под ключ» Сл4. Отсутствие условий производства на практике Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования

	С6.Более точная геометрия обнаружения	Сл5.Отсутствие большого количества денег, чтобы произвести
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Использование инфраструктуры ОЭЗ ТВТ Томск В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях В5. Повышение стоимости конкурентных разработок	СиУ: Разработка тепчепойского комплекса, обладающего более высокими показателями качества, по сравнению с теми, что представлены на рынке (в частности, более высокая надежность и быстродействие) с целью получения готового продукта с конкурентными преимуществами с оптимальной себестоимостью, высоким качеством и инжиниринговой услугой.	СЛиВ: 1.Повышение квалификации кадров у потенциальных потребителей 2.Создание инжиниринговой услуги с целью обучения работе с готовым продуктом 3.Приобретения необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца
Угрозы: У1.Отсутствие спроса на новые технологии производства У2.Развитая конкуренция технологий производства У3.Введение дополнительных государственных	СВиУ: 1.Продвижение программы с целью создания спроса 2.Создание конкурентных преимуществ готового продукта 3.Сертификация и стандартизация	СЛиУ: 1.Повышение квалификации кадров у потенциальных потребителей 2.Создание инжиниринговой услуги с целью обучения работе с готовым продуктом 3.Приобретения необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца 4.Сокращение поставок

требований к сертификации продукции	продукта	или смена поставщика 5. Продвижение программы с целью создания спроса 6.Создание конкурентных преимуществ готового продукта 7.Сертификация и стандартизация продукта
--	-----------------	--

3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в табл. 2.

При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (2)$$

Где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;
 B_i – балл по i -му показателю.

Таблица 3 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	3	2
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	4

3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	4
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	5	5
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	4	5
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	4
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	66	63

Значение Бсум позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. По таблице, можно делать такой вывод, степень проработанности научного проекта и уровень

имеющихся знаний у разработчика считаются перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации.

3.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Цели и результат проекта. В данной работе рассматривается проектирование изнашиваемых элементов двухшнековых экструдеров полимерной промышленности. Как использовать программное обеспечение для создания модели Как мы можем проверить точность модели по методу математической.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представить в табл.4.

Таблица 4 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Предприятие	Инженер более точно проектирует экструдер
Предприятие	Предприятия скорее получить любые желаемые экструдеры Предприятия могут узнать разные модели экструдеров

В табл. 5 необходимо представить информацию о иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Цели проекта должны включать цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 5 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	По программе эффективно и точно проектировать разные двухшпунктные экструдеры
Ожидаемые результаты проекта:	Расширение рыночного спроса и экономия на издержках
Критерии приемки результата проекта:	Успешно разработанные экструдеры по программе
Требования к результату проекта:	Требование:
	Высокая точность проектирования
	Высокая эффективность
	Низкая стоимость проектирования
	Сокращение производственного цикла и проектирования и экономия на издержках для компании

3.2.1 Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информацию представить в табличной форме (табл. 6).

Таблица 6 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, дни.
1	Ким А.Б., старший преподаватель, кафедра ТАМП ТПУ	руководитель	Дает ключевую информацию	9,31
2	Янь Цзюнь, инженер Кафедра ТАМП ТПУ	инженер	Выполнение работы	60,96
ИТОГО:				70,72

3.2.2 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (табл. 7).

Таблица 7 –Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	32000руб
3.1.1. Источник финансирования	ТАМП
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	Март 2016г
3.2.2. Дата завершения проекта	Июля 2016г

3.3 Планирование управления научно-техническим проектом

На данном этапе составляется полный перечень проводимых работ, и определяются их исполнители и оптимальная продолжительность. Результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика. Для его построения составим перечень работ и соответствие работ своим исполнителям, продолжительность выполнения этих работ и сведем их в таблицу 8.

Таблица 8 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Подготовительный этап		
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 80% И – 20%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 50% И – 50%
Изучение предметной области	И	И – 100%
Проектирование изнашиваемых элементов двухшнековых экструдеров полимерной промышленности		
Расчет модели, приведение полученных результатов	НР, И	НР – 30% И – 70%
Оформление методики синтеза регулятора	НР, И	НР – 10% И – 90%
Экономическое обоснование		
Анализ перспективности разработки, оценка целесообразности разработки и затрат	И	И – 100%
Анализ опасных и вредных производственных факторов		
Анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной	И	И – 100%

среды, защита в чрезвычайных ситуациях, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.		
Документирование		
Составление и согласование расчетно-пояснительной записки	НР, И	НР – 10% И – 90%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 50% И – 50%

3.3.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

В данном случае используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ тоже применяется вероятностный метод – метод двух оценок $t_{\min}$ и $t_{\max}$.

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} \quad (3)$$

где $t_{\min}$ – минимальная трудоемкость работ, чел/дн.;

$t_{\max}$ – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 10 работ требуются специалисты:

- инженер;
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести в календарные дни.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{КВН} \cdot K_{Д}, \quad (4)$$

Где $t_{ож}$ – трудоемкость работы, чел/дн.;

КВН – коэффициент выполнения работ (КВН = 1);

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_{Д} = 1.2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (5)$$

Где $T_{РД}$ – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

$T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (6)$$

Где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

В таблице 9 приведена длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 9 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ,			Длительность работ, чел/дн.			
		дни			$T_{\text{РД}}$		$T_{\text{КД}}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{\text{ож}}$	НР	И	НР	И
Подготовительный этап								
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	1	2	1,4	1,68	-	2,02	-
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	4	6	4,8	2,88	5,76	3,47	6,93
Разработка календарного плана	НР, И	1	2	1,4	1,68	1,68	2,02	2,02
Изучение предметной области	И	7	10	8,2	-	9,84	-	11,85
Проектирование изнашиваемых элементов двухшнековых экструдеров полимерной промышленности								
Расчет модели, приведение полученных результатов	И	14	20	16,4	1,39	19,68	1,67	23,69
Оформление методики синтеза регулятора	И	5	7	5,8	-	6,96	-	8,39
Экономическое обоснование								
Анализ перспективности разработки, оценка целесообразности	И	3	5	3,8	–	4,56	-	5,49

разработки и затрат								
Проектирование изнашиваемых элементов двухшнековых экструдеров полимерной промышленности								
Анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной среды, защита в чрезвычайных ситуациях, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	И	1	2	1,4	-	1,68	-	2,02
Документирование								
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	3	5	3,8	—	4,56	-	5,49
Оформление графического материала	И	3	5	3,8	—	4,56	-	5,49
Подведение итогов	НР, И	1	2	1,4	1,68	1,68	2,02	2,02
Всего:				52,2	9,31	60,96	11,2	73,39

3.3.2 Расчет накопления готовности работ

Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов выполнена работа на каждом этапе. Данная величина вычисляется по формуле:

$$СГ_i = \frac{ТР_i^H}{ТР_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i ТР_k}{ТР_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m ТР_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m ТР_{km}}, \quad (7)$$

где ТР_{общ.} – общая трудоемкость проекта;

ТР_i (ТР_k) – трудоемкость i-го (k-го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;

ТР_{iH} – накопленная трудоемкость i-го этапа проекта по его завершении;

ТР_{ij} (ТР_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j-м участником на i-м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, $m = 2$.

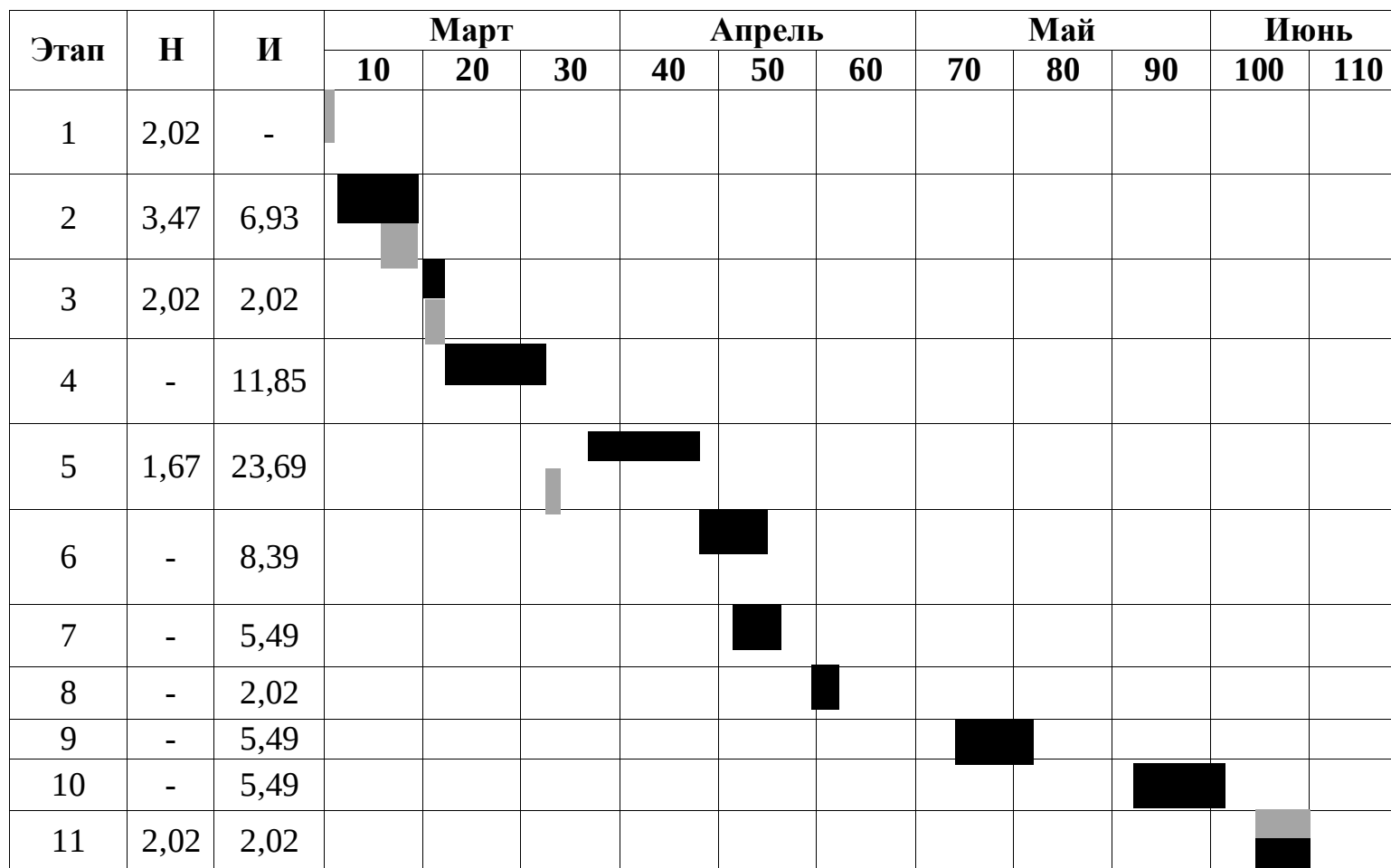
Результаты вычислений отражены в таблице 10.

Таблица 10 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	ТР _i , %	СГ _i , %
Постановка целей и задач, получение исходных данных	2,03	2,03
Составление и утверждение ТЗ	10,47	12,5
Разработка календарного плана	4,07	16,57
Изучение предметной области	12,93	29,5
Расчет модели, приведение полученных результатов	25,67	55,17
Оформление методики синтеза регулятора	15,87	71,04
Анализ перспективности разработки, оценка целесообразности разработки и затрат	6,13	77,17

Анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной среды, защита в чрезвычайных ситуациях, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	4,53	81,7
Составление и согласование расчетно-пояснительной записки	7,7	89,4
Оформление графического материала	5,53	94,93
Подведение итогов	5,07	100

Таблица 11 – Линейный график работ



НР –  И – 

3.3.3 Расчет сметы затрат на создание проекта

В состав затрат на создание проекта включается стоимость всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости на выполнение данной разработки производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- основная заработная плата;
- отчисления в социальные фонды;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- работы, выполняемые сторонними организациями;
- прочие расходы.

3.3.4 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам и приведена в таблице 12.

Таблица 12 – Расходные материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	150	2 уп.	300
Ручка шариковая	10	2 шт.	20
Карандаш	10	1 шт.	10
Оплетка для расчетно-пояснительной записки	40	1 шт.	40
Итого:			370

Пусть ТЗР составляет 5% от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны

$$C_{\text{мат}} = 370 \cdot 1,05 = 388,5 \text{ рубль.}$$

3.3.5 Расчет основной заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, а также премии, входящие в фонд заработной платы.

Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$\text{Дневная з/плата} = \frac{\text{Месячный оклад}}{21 \text{ день}} \quad (8)$$

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 13. При расчете учитывалось, что в году 300 рабочих дней и, следовательно, в месяце 21 рабочих дня. Затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 4.7. Также был принят во внимание премиальный коэффициент $k_{пр} = 0,3$, коэффициент доплат и надбавок, а также $k_d = 0,2$ районный коэффициент $k_p = 1,3$.

Таблица 13 – Затраты на основную заработную плату

Исполнители	З _б , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	З _м , руб	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
НР (старший преподаватель)	14584,32	0,3	0,2	1,3	9479,8	394,99	9,31	3677,37
И (инженер)	6959	0,3	0,2	1,3	4523,35	188,47	60,96	11489,3

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили $COCH=15166,67$ руб.:

3.3.6 Расчет отчислений от заработной платы

Затраты по этой статье составляют отчисления во внебюджетные фонды.

Отчисления по заработной плате определяются по следующей формуле:

$$C_{соц} = K_{соц} \cdot C_{осн} \quad (9)$$

Где $K_{соц}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы. Данный коэффициент составляет 30% от затрат на заработную плату и включает в себя:

- 1) отчисления в пенсионный фонд;
- 2) на социальное страхование;
- 3) на медицинское страхование.

Итак, отчисления из заработной платы составили:

$$C_{соц} = 0,3 \cdot 15166,67 = 4550 \text{ руб}$$

3.3.7 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» от используемого оборудования рассчитывается амортизация за время выполнения работы для оборудования, которое имеется в наличии.

Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования ЭВМ по формуле:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot Ц_{ОБ}}{F_D} \cdot t_{рф} \cdot n, \quad (9)$$

Где H_A – годовая норма амортизации, $H_A = 25\%$;

$Ц_{ОБ}$ – цена оборудования, $Ц_{ОБ} = 45000$ руб.;

F_D – действительный годовой фонд рабочего времени, $F_D = 2384$ часа;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования при создании программного продукта, $t_{рф} = 317$ часа;

n – число задействованных ПЭВМ, $n = 1$.

Итак, затраты на амортизационные отчисления составили:

$$C_{AM} = \frac{0,25 \cdot 45000 \cdot 1 \cdot 317}{2384} = 1495,91 \text{ руб.}$$

3.3.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет сметы затрат на разработку, можно определить общую стоимость разработки проекта.

Таблица 14– Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	C_{MAT}	388,5
Основная заработная плата	$C_{ОСН}$	15166,67
Отчисления в социальные фонды	$C_{СОЦ}$	14209,26
Амортизационные отчисления	C_{AM}	1531,91
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{НР}$	–
Итого:		31296,34

Таким образом, расходы на разработку составили $C = 31296,34$ руб.

3.3.9 Оценка экономической эффективности проекта

В рамках работы не представляется возможным оценить экономическую эффективность проекта, потому что для этого необходимо проводить полноценное исследование.

В процессе работы был произведен проектирование изнашиваемых элементов двухшнековых экструдеров полимерной промышленности, и получить различные параметры.

Результатом выполнения работы является получение различных 3-D моделей шнек и изучение способа расчета сечения транспортного шнека и месильного кулачка.

Значимость данной работы состоит в том, что по программе мы можем получить разные 3-D моделей шнек и проверить точность модели в математической программе без особых экономических затрат.

Представленный метод может быть реализован в широком круге производств.

Экономический эффект характеризуется повышением качества получения точные модели шнек по программе и более эффективные способы проверки.

3.3.10 Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический уровень характеризует, в какой мере выполнены работы и обеспечивается научно-технический прогресс в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод бальных оценок. Бальная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям или рассчитывают по формуле. На этой основе делается вывод о целесообразности НИР.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{\text{НТУ}} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (10)$$

Где $K_{\text{НТУ}}$ – коэффициент научно-технического уровня; R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Таблица 15 – Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признак научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НИОКР	R_i
Уровень новизны	Систематизируются и обобщаются сведения, определяются пути дальнейших исследований	0,4
Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.)	0,1
Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	0,5

Таблица 16 – Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 17 – Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
Установка закона, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 18 – Возможность реализации научных, теоретических результатов по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Результаты оценок признаков научно-технического уровня приведены в таблице 19. Баллы по параметрам времени и масштабам реализации при расчете складываются. Исходя из оценки признаков НИОКР, показатель научно-технического уровня для данного проекта составил:

$$K_{нт\bar{y}} = 0,4 \cdot 4 + 0,1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 10 = 1,6 + 0,1 + 5 = 7,2$$

Таким образом, исходя из данных в таблице 19, проект имеет средний уровень научно-технического эффекта.

Таблица 19 – Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

Обоснование оценки признаков НИОКР приводится в таблице 20.

Таблица 20 – Сводная таблица оценки научно-технического уровня НИР

Фактор НТУ	Значимость	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень новизны	0,4	Относительно новая	4	Данный метод объединяет опыт предыдущих разработок в этом направлении, представляет более выгодный алгоритм проектирования изнашиваемых элементов двухшнековых экструдеров полимерной промышленности

Уровень новизны	0,4	Относительно новая	4	Данный метод объединяет опыт предыдущих разработок в этом направлении, представляет более выгодный алгоритм проектирования изнашиваемых элементов двухшнековых экструдеров полимерной промышленности
Теоретический уровень	0,1	Разработка способа (алгоритма)	6	Следуя изложенному в методе алгоритму возможен проектирования изнашиваемых элементов двухшнековых экструдеров без особых экономических затрат.
Возможность реализации	0,5	В течение первых лет	10	Возможность реализации в кратчайшие сроки

4 Социальная ответственность

4.1 Профессиональная социальная безопасность

При исследовании работы проектирования изнашиваемых элементов двухшнековых экструдеров, будем изучить способ расчета сечения транспортного шнека и месильного кулачка по программе Math-CAD ,и как использовать программное обеспечение(программа КОМПАС-3D) для создания модели ,работа выполняется на компьютере, Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении. Рабочее место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером.

На основании вышеперечисленного, можно выделить следующие физические факторы, влияющие на здоровье человека: длительное неизменное положение тела, напряжение глаз, воздействие электромагнитных и электростатических полей (ЭМП и ЭСП).

В связи с этим в данной работе будет разработан комплекс мероприятий, который позволит свести к минимуму или ликвидировать негативные влияния факторов, возникающие при исследовании проектирования изнашиваемых элементов двухшнековых экструдеров [1].

4.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

При исследовании работы проектирования изнашиваемых элементов двухшнековых экструдеров , на организм влияет целый ряд негативных факторов, а именно:

Таблица 6.1 – Опасные и вредные факторы при исследовании ИПП

Источник фактора	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Персональный компьютер	1. Отклонение параметров микроклимата; 2. Недостаточная освещённость рабочего места; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Повышенная напряженность магнитного поля.	Электрический ток	ГОСТ 12.0.003-74; СанПиН 2.2.4-548-96 [2]; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [3]; ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ [4]; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [1].

4.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

При исследовании работы проектирования изнашиваемых элементов двухшнековых экструдеров могут негативно действовать следующие физические факторы:

- пониженная и повышенная температура воздуха;
- недостаточная освещенность рабочего места;
- опасность поражения электрическим током;
- превышающий допустимые нормы шум;
- недостаточная яркость экрана дисплея;
- повышенный уровень электромагнитных полей.

К химически опасным факторам, при проведении данного исследования, действующим на исследователя относятся следующие:

- возникновение активных частиц, в результате ионизации воздуха при работе компьютера.

Биологические вредные производственные факторы при проведении данного исследования отсутствуют.

К психологически вредным факторам, воздействующим на исследователя в течение времени исследования можно отнести следующие:

- умственное напряжение;
- нервно - эмоциональные перегрузки;
- перенапряжение зрительного анализатора.

Вредные проявления факторов рассматриваемой рабочей зоны выражаются в электромагнитном и электрическом излучениях (ЭМИ и ЭСИ). Объясняется это тем, что ПК оснащают сетевыми фильтрами, источниками бесперебойного питания и другим оборудованием, что в совокупности формирует сложную электромагнитную обстановку на рабочем месте пользователя. Техногенные ЭМП приводят к следующему: появление головной боли, повышение температуры тела, ожоги, катаракты. Радиочастотное ЭМП влияет на нервную и сердечно – сосудистую системы [1].

Источником ЭСП является экран ПК и трение поверхности клавиатуры и компьютерной мыши. ЭСП может способствовать нарушению гормональной и иммунной систем.

Показатели ЭМИ и ЭСИ на рабочих местах с ПК представлены в таблице 6.2 [3].

Таблица 6.2 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПК

Наименование параметров		ВДУ ЭМИ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха.

При работе с ПК должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата: температура воздуха, поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха.

Лаборатория является помещением, относящимся к категории помещений, где выполняются легкие физические работы, поэтому должны соблюдаться следующие требования:

Таблица 6.3 – Оптимальные показатели микроклимата на рабочем месте производственных помещений для категории работ Ia

Период года	Температура воздуха, С	Температура поверхностей, С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22 – 24	21 – 25	60 – 40	0,1
Теплый	23 – 25	22 – 26	60 – 40	0,1

Важнейшим физическим фактором является освещенность производственного помещения в целом и рабочего места конкретно. С этой целью производят нормирование производственного освещения, поскольку такие показатели как: яркость дисплея экрана, частота обновления изображения, общая освещенность в рабочей зоне оказывают сильнейшее влияние на зрение работника.

Работа, выполняемая с использованием ПК, имеют следующие недостатки:

- отражение экрана.
- вероятность появления прямой блескости;
- ухудшенная контрастность между изображением и фоном;

При выполнении работ категории высокой зрительной точности (наименьший размер объекта различения 0,3...0,5мм) величина коэффициента естественного освещения (КЕО) должна быть не ниже 1,5%, а при зрительной работе средней точности (наименьший размер объекта различения 0,5...1,0 мм)

КЕО должен быть не ниже 1,0%. В качестве источников искусственного освещения используются люминесцентные лампы типа ЛБ, которые попарно объединяются в светильники, которые должны располагаться над рабочими поверхностями равномерно [5].

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300лк, а комбинированная - 750лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности - 200 и 300лк соответственно.

При работе с ПК возникают акустические поля. Воздействие шума может привести к ухудшению слуха. Шумовое загрязнение среды на рабочем месте кроме того приводит к снижению внимания персонала, замедлению скорости психических реакций [4]. Источниками шумовых помех могут стать вентиляционные установки, кондиционеры, ЭВМ и его периферийные устройства. Длительное воздействие этих шумов отрицательно сказывается на эмоциональном состоянии персонала.

Таблица 6.4 – Допустимый уровень звукового давления по видам трудовой деятельности [6]

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Научная деятельность в лаборатории для теоретических работ	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

4.1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Для создания и поддержания в лаборатории оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года должно использоваться водяное отопление, а в теплое время года применяться кондиционирование воздуха.

На рабочем месте должно применяться также искусственное освещение помимо естественного, которое осуществляется системой общего равномерного освещения, а при работе с документами следует применять комбинированное освещение. Кроме того, рабочий стол следует размещать таким образом, чтобы естественный свет падал слева.

Работа за компьютером относится к V зрительному разряду (работа малой точности).

Следовательно, требуемая освещенность помещения может быть обеспечена следующими типами ламп:

- люминесцентная лампа белого свечения (ЛБ) или холодного белого свечения (ЛХБ);
- металлогалогенная лампа (МГЛ);
- ртутная лампа высокого давления (ДРЛ);

На рабочем месте желательно применение комбинированной системы освещения: люминесцентные лампы типа ЛД. Люминесцентные лампы имеют ряд существенных преимуществ: излучаемый ими свет близок к дневному, естественному свету; обладают повышенной светоотдачей, имеют более длительный срок службы [5].

Согласно ГОСТ 12.1.003-76 эквивалентный уровень звука не должен превышать 50 дБА.

В качестве мер по снижению шума можно предложить следующее:

- облицовка потолка и стен звукопоглощающим материалом. Снижает шум на 6-8 дБ;
- рациональная планировка помещения.

- установка в компьютерных помещениях оборудования, производящего минимальный шум;
- экранирование рабочего места, путем постановкой перегородок, диафрагм;

Дисплеи должны проходить испытания на соответствие требованиям безопасности, например, международным стандартам MRP 2, TCO 99.

4.2 Экологическая безопасность

Работа с ПК не влечет за собой негативных воздействий на окружающую среду, поэтому создание санитарно-защитной зоны и принятие мер по защите атмосферы, гидросферы, литосферы не являются необходимыми.

Исключением являются лишь случаи утилизации персонального компьютера как твердого отхода и как следствие загрязнение почвы или выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, углекислого газа, образование тепла в случае пожара.

При завершении срока службы ПК, его можно отнести к отходам электронной промышленности. Переработка таких отходов осуществляется разделением на однородные компоненты, химическим выделением пригодных для дальнейшего использования компонентов и направлением их для дальнейшего использования (например, кремний, алюминий, золото, серебро, редкие металлы) согласно [2]. Пластмассовые части ПК утилизируются при высокотемпературном нагреве без доступа воздуха.

Части компьютера, печатные платы, содержащие тяжелые металлы и замедлители горения могут при горении выделять опасные диоксиды. Поэтому для опасных отходов существуют специальные печи, позволяющие использовать теплоту сжигания. Но подобный способ утилизации является дорогостоящим, поэтому не стоит исключать вероятность образования токсичных выбросов.

Отходы, не подлежащие переработке и вторичному использованию, подлежат захоронению на полигонах или в почве. Предельно допустимые

концентрации токсичных веществ в почве (ПДКп, мг/кг) должны быть соблюдены в соответствии с [2].

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Вероятной чрезвычайной ситуацией возникающей при проведении исследования проектирования является пожар.

При этом причинами возникновения пожара могут быть:

- неисправности электропроводки, розеток и выключателей которые могут привести к короткому замыканию или пробоем изоляции;
- использование поврежденных (неисправных) электроприборов;
- использование в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами;
- возникновение пожара вследствие попадания молнии в здание;
- возгорание здания вследствие внешних воздействий;
- неаккуратное обращение с огнем и несоблюдение мер пожарной безопасности.

Пожарная профилактика представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращении пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара. Для профилактики пожара чрезвычайно важна правильная оценка пожароопасности здания, определение опасных факторов и обоснование способов и средств пожар предупреждения и защиты.

Одно из условий обеспечения пожаробезопасности - ликвидация возможных источников воспламенения.

В целях предотвращения пожара предлагается проводить с инженерами, работающими в лаборатории, противопожарный инструктаж.

В лаборатории источниками воспламенения могут быть неисправное электрооборудование, неисправности в электропроводке, электрических розетках и выключателях.

Несоблюдение мер пожарной безопасности и курение в помещении также может привести к пожару. Поэтому курение в помещении лаборатории необходимо категорически запретить.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации и приступить к ликвидации пожара углекислотными огнетушителями.

При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”.

За состоянием безопасности труда установлены строгие государственный, ведомственный и общественный надзор и контроль. Государственный надзор осуществляют специальные государственные органы и инспекции, которые в своей деятельности не зависят от администрации контролируемых предприятий. Это Прокуратура РФ, Федеральный горный и промышленный надзор России, Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности, Государственный энергетический надзор РФ, Государственный комитет санитарно-эпидемиологического надзора РФ (Госкомсанэпиднадзор России), Федеральная инспекция труда при Министерстве труда РФ; Министерство РФ по атомной энергии.

Контроль за состоянием условий труда на предприятиях осуществляют специально созданные службы охраны труда совместно с комитетом профсоюзов. Контроль за состоянием условий труда заключается в проверке

состояния производственных условий для работающих, выявлении отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих обязанностей в области охраны труда. Этот контроль осуществляют должностные лица и специалисты, утвержденные приказом по административному подразделению. Ответственность за безопасность труда в целом по предприятию несут директор и главный инженер.

Ведомственные службы охраны труда совместно с комитетами профсоюзов разрабатывают инструкции по безопасности труда для различных профессий с учетом специфики работы, а также проводят инструктажи и обучение всех работающих правилам безопасной работы. Различают следующие виды инструктажа: вводный, первичный на рабочем месте, повторный внеплановый и текущий.

Результаты всех видов инструктажа заносят в специальные журналы. За нарушение всех видов законодательства по безопасности жизнедеятельности предусматривается следующая ответственность: дисциплинарная, административная, уголовная, материальная.

Рабочее место, хорошо приспособленное к трудовой деятельности работника, правильно и целесообразно организованное, в отношении пространства, формы, размера обеспечивает ему удобное положение при работе и высокую производительность труда при наименьшем физическом и психическом напряжении.

Рабочее место - это часть пространства, в котором работник осуществляет трудовую деятельность, и проводит большую часть рабочего времени.

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям [11].

Кроме того, стоит сократить время работы за компьютером, делать перерывы при 8-ми часовой смене.

Письменный стол и офисное кресло являются главными составляющими на рабочем месте. Основным рабочим положением является положение сидя. Поэтому для исключения возникновения заболеваний, связанных с малой подвижностью работника, необходимо иметь возможность свободной перемены поз.

Кроме того, необходимо соблюдать режим труда и отдыха с перерывами, заполняемыми “отвлекающими” мышечными нагрузками на те звенья опорно-двигательного аппарата, которые не включены в поддержание основной рабочей позы.

Рабочий стул должен быть снабжен подъемно-поворотным механизмом. Высота сиденья должна регулироваться в пределах (400 - 500) мм. Глубина сиденья должна составлять не менее 380 мм, а ширина - не менее 400 мм. Высота опорной поверхности спинки не менее 300 мм, ширина - не менее 380 мм. Угол наклона спинки стула к плоскости сиденья должен изменяться в пределах (90 – 110)°.

Заключение

Моя задача диплома рассматривается проектирование месильных и транспортных элементов двухшнековых экструдеров полимерной промышленности.

На основании технологических размеров экструдеров и требований, предъявляемых к работе проектируемых элементов, были спроектированы сечения элементов экструдеров. Также была выполнена проверка геометрии с помощью математической программы Math-CAD.

По результатам геометрической проверки были спроектированы 3D-модели элементов экструдеров в программе КОМПАС-3Д. В файлах моделей, помимо геометрии, также представлена информация о диаметре и положении режущего инструмента относительно оси заготовки.

Также приведены расчеты настройки УДГ для фрезерования винтовой канавки транспортных шнеков; рассчитаны и получены модели сменных зубчатых колес для настройки универсального горизонтально-фрезерного станка.

И, наконец, я использовал различные параметры для проектирования 15 элементов для пяти моделей экструдеров: NR-46, NR-75, ZSK-130, ТЕК-70, STS-75.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера://под ред. Проф. В.Ф. Панина. – М: Изд. Дом «Ноосфера», 2000. – 284с.
2. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно – вычислительным машинам и организации работы»
3. Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей: учебное пособие/Амелькович Ю.А., Анищенко Ю.В., А. Н. Вторушина, М. В. Гуляев, М. Э. Гусельников, А. Г. Дашковский, Т. А. Задорожная, В. Н. Извеков, А. Г. Кагиров, К. М. Костырев, В. Ф. Панин, А. М. Плахов, С. В. Романенко. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 236с.
4. СНиП 23 – 05 – 95* «Естественное и искусственное освещение» (с изменением N 1) [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно – технической документации.
5. ГОСТ 12.1.003-76. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
6. СанПиН 11 – 12 – 77. Санитарные правила и нормы «Защита от шума. Нормы проектирования».
7. ФЗ "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.
8. ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.99 M 96-ФЗ [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.
9. В.М.Нагорный, Г.М.Федоров. Организация работы комиссии по чрезвычайным ситуациям объекта / Под ред. В.В. Шевченко. - [Электронный ресурс].

10. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
- 11.Оборудование для производства <http://www.znaytovar.ru/s/Ekstrudery.html>
- 12.Двухшнековые экструдеры : виды, основные характеристики, дегазация <http://plastinfo.ru/information/articles/178/>
- 13.Каталог оборудования-Двухшнековый экструдер <http://prev.polymerbranch.com/equipment/view/4.html>
- 14.Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин М.В. Сколов , А.С.Клинков, О.В.Ефренмов, В.Г.Однолько,2004.
- 15.гл. редактор И.И.Артоболевский,. Политехнический словарь. — М.: Советская энциклопедия, 1977. — С. 222.
- 16.Ульянов В.М., Рыбкин Э.П., Гуткович А.Д., Пищин Г.А. Поливинилхлорид — М.: Химия, 1992. — 288 с.
- 17.Engineering Technology Laboratory E. I. du Pont de Nemours G Company (Inc.) Wilmington, Delaware 19898
- 18.White J L 1990 Twin Screw Extrusion: Technology and Principles (Munich: Hanser)
- 19.Amash A, Bogun M, Schuster R-H, G "U and Schmitt M 2001 New concepts for continuous mixing of powder orl rubber Plast, Rubber and Compos. 30 401-5
- 20.Fan Z, Bevis M J and Ji S 1999 Process and apparatus for manufacturing casting from immiscible metallic liquids PCT/WO 01/23124 A1
- 21.Fan Z, Bevis M J and Ji S 1999 Method and apparatus for producing semisolid metal slurries and shaped components PCT/WO 01/21343 A1
- 22.Fan Z, Ji S and Bevis M J 2000 UK Patent Application 0 019 855.6
- 23.Fan Z, Ji S and Bevis M J 2000 Process and apparatus for making alloys casting PCT/GB01/03596
- 24.Agassant J F and Poitou A 1994 A kinematic approach to distributive mixing Mixing and Compounding of Polymer ed I Manas-Zloczower and Z Tadmor (New York: Hanser) p 52

25. Holmes M 2002 Twin screw extruder simulation programs—what can they offer? *Plastics Additives Compound*. February 22-27
26. Vergnes B, Della Valle G and Delamare L 1998 A global computer software for polymer flows on corotating twin screw extruders *Polym. Eng. Sci.* 38 1781-92
27. Potente H and Flecke J 1997 Analysis and modelling of the residence time distribution in intermeshing co-rotating twin screw extruders based on finite element simulation *Proc. ANTEC'97 Brookfield CT, I* 110 (Toronto: Society of Plastics Engineers) Fluid flow aspects of TSE process 789
28. Lai-Fook R A, Li Y and Smith A C 1991 A 2-D numerical study of intermeshing self-wiping screws in biopolymer extruder *Polym. Eng. Sci.* 31 1157.
29. Lawal A, Railkar S and Kaylon D M 1999 3-D analysis of fully flighted screws of co-rotating twin screw extruder *Proc. Soc. Plastic Eng. ANTEC'99* (New York, USA)
30. Yao C H and Manas-Zloczower I 1997 Influence of design on mixing efficiency in a variable intermeshing clearance mixer *Int. Polym. Process. XII* 92 (Germany: Hanser)
31. Wilson M P, Al-Malaika S, Generalis S C and Bruce D P 1996 Flow field analysis of some mixing element regions within a closely intermeshing, co-rotating twin-screw extruder *Proc. 1996 5th World Congress of Chemical Engineers* (San Digo) vol 4, pp 509-14
32. Rios A C, Gramman P J, Stanfield E and Osswald T A 1998 Comparative study of rhomboidal distributive mixing section using computer modelling *Proc. ANTEC'98 Brookfield CT I* 222 (Atlanta: Society of Plastics Engineers)
33. Rubin Y and Avalosse T 2000 Analysis of mixing in corotating twin screw extruder through numerical simulation, *Intern. Polym. Process. XV* 2 (Munich)
34. Sebastian D H and Rakos R 1992 Simulation of transport phenomena for kneading elements in twin-screw extruders *Food Extrusion Science and Technology* ed J L Kokini et al (New York: Marcel Dekker) pp 105-20

Приложение А

Исследовательский раздел

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ41	Янь Цзюнь		

Консультант кафедры ТАМП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Ким А.Б.			

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Степура С.Н.			

Geometry of Fully Wiped Twin-Screw Equipment

The cross section geometry of fully wiped corotating twin screws is derived from simple kinematic principles. A pair of screws can have identical cross sections with each screw running at the same speed, or they can have an unequal number of tips and rotate at different speeds. The more conventional case of equal cross section is reviewed in detail, showing how screw diameter, centerline distance, lead, and number of tips influences design, net volumes, and surface areas. The screw cross section is unique for a given diameter, centerline distance, and number of tips. The construction of the cross section is shown, both for pairs of identical screws, and for screws with a speed ratio. Maps are provided to show applicability of screws with 1, 2, and 3 tips.

INTRODUCTION

For the past 20 years twin-screw equipment has been used in polymer processing for extrusion, pumping, mass and heat transfer, and polymerization. In the intermeshing type of twin-screw equipment, which is the concern of this paper, one screw wipes its mate, and vice versa. It is this wiping action that makes twin-screw equipment attractive for handling many polymers, since it eliminates dead spots where polymer can collect, stagnate, and return degraded to the mainstream.

The most common twin-screw equipment comprises a housing, or barrel, and two parallel shafts equipped with identical- or opposite-hand screw or paddle elements. The identical screws rotate in the same direction at the same speed (1); the opposite-hand screws rotate at the same speed, but in opposite direction. A thorough knowledge of the geometry of twin screws is essential for designing the equipment and for analyzing fluid transport and heat and mass transfer therein. The free volume between screws and barrel must be known, as well as screw and barrel surface areas.

The cross section of a twin screw has a unique shape for a given diameter, centerline distance, and number of parallel channels because of the requirement that

one screw must, in any position, wipe its mate. This unique shape is determined by means of a well-known kinematic principle. Kinematic analysis yields equations that relate the major design parameters and, in graphical form, serve as the basis for design and selection of screw dimensions. Volumes and surface areas can be calculated, once the major parameters have been selected.

Our analysis mainly concerns twin screws co-rotating at the same speed. It is shown how a reasonable flow analysis can be made by substituting a single screw as a model. The remaining analysis deals with the less conventional cases of twin screws co-rotating at different speeds and those having different diameters.[7]

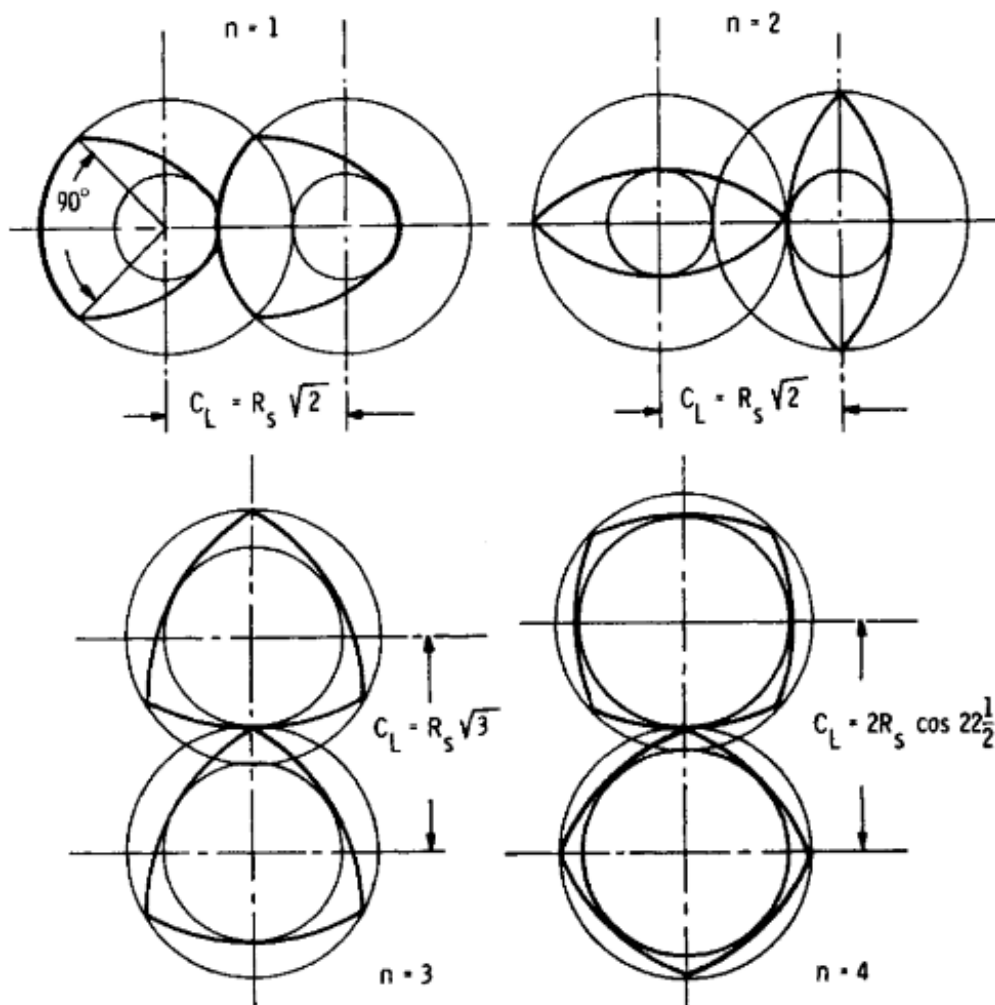


Fig. 1 . Typical cross sections through pairs of screws with 1 , 2 ,3 and 4 tips.

Construction features of TSE

A description of TSE classifications and configurations is given in [8]. The basic elements of the

TSE are the screws and mixing blocks, such as the kneading discs. The elements of the screw, with suitable numbers of mixing blocks, are assembled together, in so-called modular form, inside the barrel in order to reach the best mixing efficiency within the duration of the process.

The self-wiping, co-rotating screws form v-shaped wedge areas that have four to five times more volume. This enables material to be transferred from one screw to the other, resulting in a renewal of material layers and surfaces. The net result is a higher degree of mixing.

Self-cleaning action is important for metallic alloys mixing to prevent material from adhering to the screw root. This is achieved by self-wiping motions. In co-rotating screws, one crest edge wipes the flanks of the other screw with a tangentially oriented, constant relative velocity. There is a higher relative velocity in this arrangement, and hence there is a sufficiently high shear velocity available to wipe the boundary layers, thus a more efficient and uniform self-cleaning action is achieved. Meanwhile, since no calender effect exists between the crest and flank of the screws as in counter-rotating screws, there is less wear. Therefore, co-rotating screws can be operated at much higher speeds with greater throughputs. The detailed structure and size of the design for the crest and flank of the screw could be different. Mixing block elements can be placed in different intervals and numbers with the screws, these being entirely dependent on the material and process in order to achieve the best mixing efficiency [9]. The construction of TSE for rheocasting process is depicted in [10-13].

The thermal principle

Extrudable plastics are thermoplastics —they melt when heated and become solid again when cooled. Where does the heat to melt the plastics come from? Feed preheating and barrel/die heaters may contribute, and are critical at startup, but motor energy input — frictional heat generated inside the barrel as the motor turns the

screw against the resistance of the viscous melt —is by far the most important source of heat for all except very small systems, slow -moving screws, high -melt -temperature plastics, and extrusion -coating applications.

For all other operations, it is important to realize that the barrel heaters are not the primary source of heat during operation, and therefore have less effect on extrusion than we might expect (see principle 11). The rear barrel temperature may remain important because it affects bite, or the rate of solids conveying in the feed. Head and die temperatures should normally be at or near the desired melt temperature, unless they are used for a specific purpose such as gloss, flow distribution, or pressure control.

The speed reduction principle.

In most extruders, screw speed is changed by modifying motor speed. Motors typically turn at around 1750 rpm at full speed, but this is much too fast for an extruder screw. If it were turned that fast, it would generate too much frictional heat, and the residence time of the plastic would be too short to prepare a uniform, well -mixed melt. A typical reduction ratio is between 10:1 and 20:1. The first stage may use either gears or a pulley set, but the second stage always uses gears and the screw is set in the center of the last, big gear.

In a few slow -moving machines (such as twins for UPVC), there may be three stages of reduction, and the top speed may be as low as 30 rpm or less (with ratios up to 60:1). On the other extreme, some very long twins used for compounding may run at 600 rpm or more, so that a very low reduction ratio is needed, as well as a lot of intense cooling.

Sometimes the reduction ratio is mismatched to the job —there is power going unused —and it is possible to add a set of pulleys between the motor and the first reduction stage to change the top speed. This either increases screw speed beyond the prior limits or reduces top speed to allow the system to run at a greater percentage of that top speed. This increases available power, reduces amperage, and

avoids motor problems. In both cases, output may be increased, depending on the material and its cooling needs.

Simulation approach

TSE is a three-dimensional unsteady process, therefore, simulations of ICoTSE will be a challenge for many years to come.

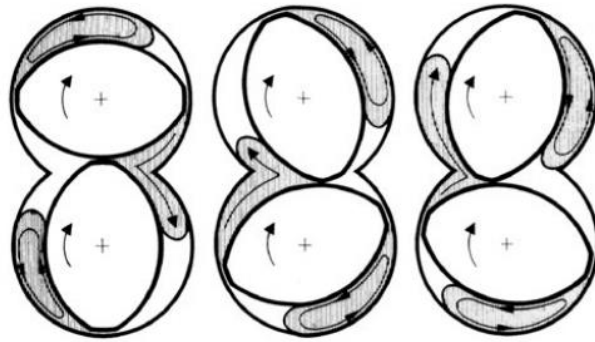


Figure 2. Schematic illustrations of flow pattern within co-rotating TSE

Flow in screws is generally simulated by flattening out screws and performing both analysis and calculations in Cartesian coordinates [14]. The procedure has been adopted from the earliest efforts on SSE. One-dimensional TSE simulators are based on simplified theoretical modelling for forward and backward pumping flows, flow in kneading disc section, composite modular, and mixing. The results are given along the flow direction, although these do not permit the observation of detailed flow patterns which are of great importance to the mixing analysis [15, 16]. Two-dimensional models [17, 18] provide less restrictive simplifications which can offer a somewhat more precise local information of the flow behaviour in the case of TSE analysis. A more sophisticated numerical approach to the complex geometry of TSE is taken by using the finite element method (FEM) [19]. To account for the three-dimensional time-dependent motion of the screws rotating about their axes, [20-22] have simulated a sequence of several instantaneous positions. Recently, computational fluid dynamics (CFD) techniques have been employed for numerical simulations of TSE polymer processing by using the FEM [23], flow analysis network (FAN) [24] and the boundary element method (BEM) [25] in three-dimensional laminar viscoelastic flow. With CFD techniques, it is possible to analyse

with deeper insight a wide range of TSE designs for optimizing the processes [26]. One of main simplifying assumptions is that the TSE is fully filled although a large fraction of the TSE operates in starvation mode.

The mechanisms of mixing occurring in single screw and co-rotating twin screw extruders with regular flighted and kneading disc elements have been studied using a combination of diagnostic tools including the flow kinematics, chaos dynamics, residence time distribution, and numerical tracer analysis. The distributive mixing capability of a continuous processor depends on the level of strain it is capable of generating, as well as how much of the material experiences a particular strain level, i.e., the residence time distribution. Of equal importance in extensive mixing is the ability of the equipment to progressively orient the material interfaces as the components to be mixed pass through the processor. Even though high strain levels can be generated in single screw extruders by manipulating operating variables and geometrical parameters, the absence of a mechanism for reorientation is a dominant factor which precludes an interfacial growth other than first order. For regular-flighted screw elements, the nip region with its close tolerance appears to be the dominant region for mixing, as it not only generates high strain levels, but also reorients materials in their passage through this region.

The application of the diagnostic mixing tools to the co-rotating two-tipped lenticular kneading discs provides conclusive evidence that the distributive mixing in this flow is governed by chaotic dynamics. The high stresses in the gap between neighboring kneading disc pairs will be favorable to dispersive mixing. The Lyapunov exponents are moderately large and positive, an indication that material interfaces will experience exponential growth and reorientation in the twin screw extruder with kneading disc elements. The residence time distribution function suggests that the breadth of the residence time distribution increases as the stagger angle decreases for forward stagger angle kneading disc configurations, suggesting channeling and relative stagnancy.

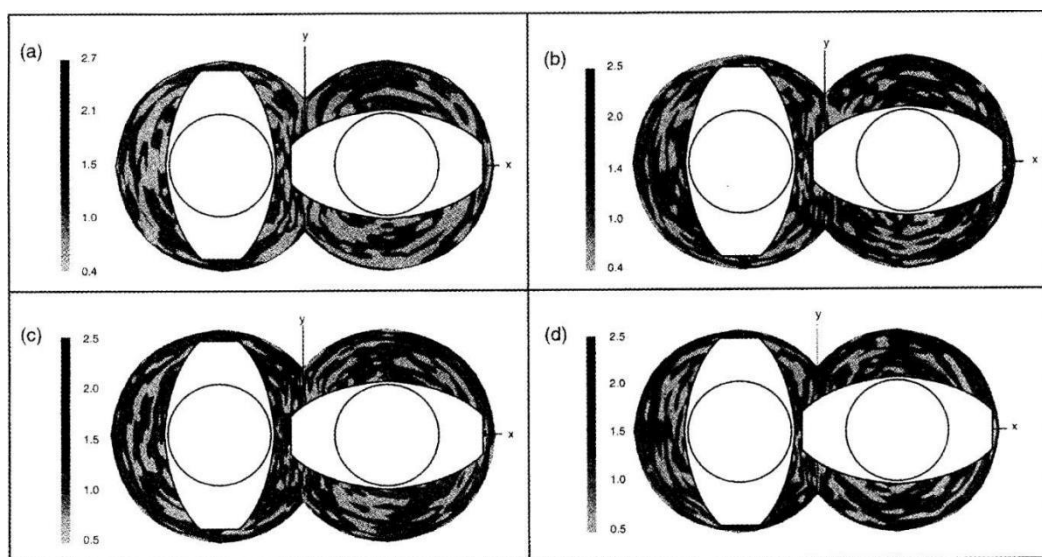


Fig. 3. The cross-sectional distribution of the residence time distribution Junction for kneading discs staggered at: (a) 30 ° forward, (b) 43s forward, (c) 60 ° forward, and (d) 90 ° neutral

For the first time, the quantitative measure, i.e., the Lyapunov exponent, calculable from the knowledge of the flow field has been developed which can be used in determining the degree of distributive mixing in continuous processors, including but not limited to single screw and twin screw extruders. This quantity is also a measure of the mixing efficiency of mixers and, therefore, allows for comparison of different mixers for their effectiveness.

The diagnostic tools developed in this study and shown to be readily applicable to continuous processors, can be utilized in the selection of screw elements as well as operating conditions. Such a rigorous selection will obviate such problems as channeling and stagnancy of fluid materials in the continuous processor. In addition, the capability to carry out a numerical tracer study on extrusion flow will provide important information, for example, the correct location of injection ports for additives to achieve sufficient mixing. The diagnostic tools developed in this study and shown to be readily applicable to continuous processors, can be utilized in the selection of screw elements as well as operating conditions. Such a rigorous selection will obviate such problems as channeling and stagnancy of fluid materials in the continuous processor. In addition, the capability to carry out a numerical tracer study

on extrusion flow will provide important information, for example, the correct location of injection ports for additives to achieve sufficient mixing.

Geometry of the Co-Rotating Extruders: Conveying, and Kneading Elements

The geometry of closely intermeshing co-rotating twin screw extruders is distinguished in practice by the fact that adjacent screw elements possess the identical geometry, are symmetrical and rotate at the same speed [1]. Geometries in which the two screw shafts rotate at differing speeds and which have differing numbers of threads [2] have not achieved practical significance and are therefore not considered here screw profile with Z threads can be divided into $2Z$ symmetrical parts, as illustrated in Fig. 5.1.

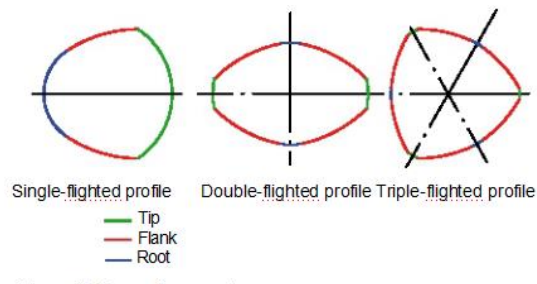


Figure 4: Screw profiles with lines of symmetry

A screw profile is composed of three parts within this symmetrical area: tip, flank, and root. The tip comprises an arc whose diameter equals the external diameter of the screw profile and whose center point is the center of the circle. One edge of each tip passes over to the adjacent flank area. For screws that wipe the inside of the barrel tightly, the flank areas each comprise an arc whose radius equals the centerline distance. The flanks then pass tangentially over into the root areas, the diameters of which correspond to the diameter of the screw core and whose circle center is the center of the profile. The tip cleans the root of the opposite screw and vice versa. The corner of the profile between the tip and the flank cleans the flanks.

References

7. Engineering Technology Laboratory E. I. du Pont de Nemours G Company (Inc.) Wilmington, Delaware 19898

8. White J L 1990 Twin Screw Extrusion: Technology and Principles (Munich: Hanser)
9. Amash A, Bogun M, Schuster R-H, G "U and Schmitt M 2001 New concepts for continuous mixing of powder orl rubber Plast, Rubber and Compos. 30 401-5
- 10.Fan Z, Bevis M J and Ji S 1999 Process and apparatus for manufacturing casting from immiscible metallic liquids PCT/WO 01/23124 A1
- 11.Fan Z, Bevis M J and Ji S 1999 Method and apparatus for producing semisolid metal slurries and shaped components PCT/WO 01/21343 A1
- 12.Fan Z, Ji S and Bevis M J 2000 UK Patent Application 0 019 855.6
- 13.Fan Z, Ji S and Bevis M J 2000 Process and apparatus for making alloys casting PCT/GB01/03596
- 14.Agassant J F and Poitou A 1994 A kinematic approach to distributive mixing Mixing and Compounding of
- 15.Polymer ed I Manas-Zloczower and Z Tadmor (New York: Hanser) p 52
- 16.Holmes M 2002 Twin screw extruder simulation programs—what can they offer? Plastics Additives Compound.
- 17.Vergnes B, Della Valle G and Delamare L 1998 A global computer software for polymer flows on corotating twin screw extruders Polym. Eng. Sci. 38 1781-92
- 18.Potente H and Flecke J 1997 Analysis and modelling of the residence time distribution in intermeshing co-rotating twin screw extruders based on finite element simulation Proc. ANTEC'97 Brookfield CT, I 110 (Toronto: Society of Plastics Engineers)Fluid flow aspects of TSE process 789 Lai-Fook R A, Li Y and Smith A C 1991 A 2-D numerical study of intermeshing self-wiping screws in biopolymer extruder Polym. Eng. Sci. 31 1157.
- 19.Lawal A, Railkar S and Kaylon D M 1999 3-D analysis of fully flighted screws of co-rotating twin screw extruder Proc. Soc. Plastic Eng. ANTEC'99 (New York, USA)

20. Yao C H and Manas-Zloczower I 1997 Influence of design on mixing efficiency in a variable intermeshing clearance mixer Int. Polym. Process. XII 92 (Germany: Hanser)
21. Wilson M P, Al-Malaika S, Generalis S C and Bruce D P 1996 Flow field analysis of some mixing element regions within a closely intermeshing, co-rotating twin-screw extruder Proc. 1996 5th World Congress of Chemical Engineers (San Digo) vol 4, pp 509-14
22. Rios A C, Gramman P J, Stanfield E and Osswald T A 1998 Comparative study of rhomboidal distributive mixing section using computer modelling Proc. ANTEC'98 Brookfield CT I 222 (Atlanta: Society of Plastics Engineers)
23. Rubin Y and Avalosse T 2000 Analysis of mixing in corotating twin screw extruder through numerical simulation, Intern. Polym. Process. XV 2 (Munich)
24. Sebastian D H and Rakos R 1992 Simulation of transport phenomena for kneading elements in twin-screw extruders Food Extrusion Science and Technology ed J L Kokini et al (New York: Marcel Dekker) pp 105-20
25. Gramman P J, Rios A C, Stanfield E and Osswald T A 2001 Comparative study of mixing in twin screw extruder using the boundary element method Proc. Boundary Elements XVII (Southampton: CM Publications)