



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(национальный исследовательский университет)»

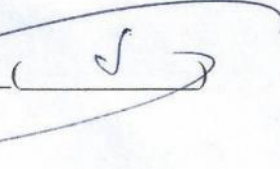
Факультет (институт, филиал) 3 Кафедра 316
Направление подготовки 09.03.01 Группа ЗИВТ-4ДБ-009
Квалификация (степень) бакалавр

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

На тему: Разработка комплексной структурно-параметрической модели объекта «Фюзеляж»

Автор квалификационной работы Сунцев Валентин Владимирович ()
(Фамилия, имя, отчество)
Руководитель Цыркв Георгий Александрович ()
(Фамилия, имя, отчество)
Консультант Прудников Виталий Анатольевич ()
(Фамилия, имя, отчество)
Рецензент Молчанова Светлана Ивановна ()
(Фамилия, имя, отчество)

К защите допустить

Зав. кафедрой Хорошко Л.Л. ()
(Фамилия, инициалы)

“01” 06 2018 г.

Москва 2018 г.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(национальный исследовательский университет)»

Факультет (институт, филиал) _____ 3 _____ Кафедра _____ 316
Направление подготовки _____ 09.03.01 _____ Группа 3-ЗВТИ-4ДБ-009-14
Квалификация (степень) _____ бакалавр _____

УТВЕРЖДАЮ

Зав. Кафедрой _____

«06» 03 2018 г.

ЗАДАНИЕ на выпускную квалификационную работу бакалавра

Студенту _____ Сунцеву Валентину Владимировичу _____
(Фамилия Имя Отчество)

Руководитель _____ Цырков Георгий Александрович _____
(Фамилия Имя Отчество)

к.т.н., доцент каф. 316

ученая степень, ученое звание, должность и место работы)

1. **Наименование темы:** Разработка комплексной структурно-параметрической модели объекта «Фюзеляж»

2. **Срок сдачи студентом законченной работы** _____ 01.06.2018 _____

3. **Техническое задание и исходные данные к работе** Конструкторская и техническая документация на изделие «Фюзеляж», чертежи и спецификации, техническое описание, условия эксплуатации.

4. **Перечень подлежащих разработке разделов и этапы выполнения работы**

№ п/п	Наименование раздела или этапа	Трудоёмкость в % от полной трудоёмкости дипломной работы	Срок выполнения	Примечание
1	Формулировка темы	15%	01.04.18	
2	Изучение современных САПР систем	25%	29.04.18	
3	Изучение исходных данных и инструментальных средств моделирования	25%	05.05.18	

4	Конструкторско-технологическая модель изделия	25%	10.05.18	
5	Презентация	15%	25.05.18	

5. Перечень иллюстративно-графических материалов:

№ п/п	Наименование	Количество листов
1	ВКРБ	1
2	Современные САПР	1
3	Конструкторская схема объекта «Фюзеляж»	1
4	Основные элементы фюзеляжа	1
5	Этапы создания и структура модели	1
6	Модели деталей, входящих в состав фюзеляжа	1
7	Модель сборки объекта «Фюзеляж»	1
8	Реализация системы параметризации	1
9	Моделирование технологического процесса	1
10	Инструмент управления проектами «Microsoft Project» и передача в него данных	1
11	Результаты формирования проекта	1
12	ВЫВОДЫ	1

6. Исходные материалы и пособия Авиация и Космонавтика Авиация и Космонавтика 2002-01 А. Вульф Широкофюзеляжные "Илы" статья Ефимов В.В. Конструкция и техническое обслуживание летательных аппаратов: самолёт ИЛ-86 - М.: МГТУ ГА, 2006. – 100 с. Костюков В.Д., Островерх А.И., Сычев В.Н., Цырков Г.А., Автоматизация конструкторского и технологического проектирования -М.: ФГУП: «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева», 2012. – 217 с. Цырков А.В., Семенов Г.Е., Федоров В.А. Структурно-параметрическая модель (Методические указания по разработке) – М.: Кафедра ТИАС 2002. - 37 с. Коллектив авторов, Введение в Creo Parametric – ProTechnologies 2011. – 215 с. Шахнов В.А., Зинченко Л.А., Соловьев В.А., Курносенко А.Е. Основы конструирования в Solid Edge. Пособие по проектированию изделий в приборостроении - М.: ДМК Пресс, 2014. – 272 с. Данилов Ю., Артамонов И. Практическое использование NX – М.: ДМК Пресс, 2011 – 336 с. А.В. Быков ADEM CAD/CAM/TDM. Черчение, моделирование, механобработка - ВHV, 2003 г. – 320 с. Иванов В.Ю., Чефранов С.В., Цырков Г.А. Методика выполнения квалифицированных работ / Технологии интегрированных автоматизированных систем в науке, производстве и образовании: Сборник статей. Выпуск №2 / Под ред. проф. Цыркова А.В. –М.: ИТЦ МАТИ, 2006, с. 53-62. Цырков А.В., Семенов Е.Г., Чефранов С.В. Методика формирования технологической документации. // Информационные технологии в проектировании и производстве, 2001. Выпуск 2. Норенков И.П., Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002 - 336 с. Цырков А.В., Семенов Е.Г., Чефранов С.В. Методика формирования технологической документации. // Информационные технологии в проектировании и производстве, 2001. Выпуск 2. Основы моделирования в САПР NX [текст]: Учеб. пособие / А.О. Бутко, В.А. Прудников, Г.А. Цырков – 2-е изд. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 199 с: ил.

7. Дата выдачи задания 06.03.2018

Руководитель _____

(подпись)

Задание принял к исполнению _____

(подпись)



О Т З Ы В РУКОВОДИТЕЛЯ

Студент Сунцев Валентин Владимирович
(Фамилия, Имя, Отчество)
Факультет (институт, филиал) 3 Кафедра СМиАП
Направление подготовки 09.03.01 Группа 3-ЗВТИ-4ДБ-009-14
Квалификация (степень) бакалавр
Наименование темы: Разработка комплексной структурно-параметрической модели объекта "Фюзеляж"

Руководитель Цырков Г.А., к.т.н., доцент кафедры № 316
(Фамилия И., О., ученая степень, ученое звание, должность и место работы)

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в полном объеме, в соответствии с выданным заданием. Результаты представлены в виде пояснительной записки на ___ страницах и ___ листов графического материала (слайды формата А4).

В работе:

1. Выполнен обзор современных CAD/CAM систем.
2. Произведен анализ вариантов конструкций фюзеляжа.
3. Использовалась изученная методика построения и расчета комплексных структурно-параметрических моделей с использованием ПМК СПМ.
4. Разработаны комплексные структурно-параметрические модели реализующие процессы подготовки данных для производственного проекта.
5. Выполнен анализ производственного проекта в системе управления проектами Microsoft Project сформированный в результате обработки разработанных моделей.

Представленная работа является результатом обучения студента в бакалавриате и основана на изучении таких дисциплин, как «Разработка САПР» и «Интегрированные системы технической подготовки производства», а также, на материалах, проработанных в рамках подготовки к участию в международной молодёжной научной конференции «Гагаринские чтения».

За время выполнения выпускной работы Сунцев Валентин Владимирович проявил себя ответственным специалистом, способным грамотно решать достаточно сложные практические задачи по разработке комплексных структурно-параметрических моделей с использованием современных средств автоматизированного проектирования.

Выпускная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам бакалавра, заслуживает высокой оценки, а студент Сунцев Валентин Владимирович присуждения степени бакалавра по направлению «Информатика и вычислительная техника».

Считаю, что Сунцев Валентин Владимирович может быть рекомендован кафедрой СМиАП для продолжения обучения в магистратуре по направлению «Информатика и вычислительная техника».

Работа проверена на объем заимствования. % заимствования – 21.

« 28 » 05 2018г.

Руководитель



**ЗАКЛЮЧЕНИЕ
РЕЦЕНЗЕНТА
О ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

студента Сунцева Валентина Владимировича
(Фамилия, Имя, Отчество)
Факультет (институт, филиал) 3 Кафедра 316
Направление подготовки 09.03.01 Группа 3-ЗВТИ-4ДБ-009-14
Квалификация (степень) бакалавр

Рецензент Молчанова Светлана Ивановна, ст. преп. каф. «Информационные и сетевые технологии»
(Фамилия И.О., ученая степень, ученое звание, должность и место работы)

Отмеченные достоинства: к достоинствам данной работы следует отнести хорошо проработанные поставленные задачи в виде разработки комплекта моделей для проектирования фюзеляжа летательного аппарата и параметризации по пассажировместимости. Студент показал достаточно глубокое знание структурно-параметрического комплекса SPM и описал пошагово все функции, которые он использовал. Материал изложен последовательно и подробно с большим количеством иллюстративного материала.

Отмеченные недостатки: к недостаткам данной работы следует отнести большое количество кода в пояснительной записке, что привело к избыточному увеличению объёма документа. Также имеются незначительные ошибки в описании различных систем автономного проектирования и в пояснениях к иллюстрациям. Отмеченные недостатки не являются существенными и не снижают общей высокой оценки работы.

Заключение: Выпускная квалификационная работа бакалавра отвечает квалификационным требованиям государственного образовательного стандарта, заслуживает высокой оценки и может быть представлена для защиты в государственную аттестационную комиссию. Сунцев В.В. заслуживает присвоения квалификации бакалавр по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника».

« 30 » мая 2018г.

Рецензент

Молчанова
(подпись)

Справка о проверке на наличие заимствований

Имя файла: диплом-180604-2.docx

Автор: Сунцев Валентин Владимирович

Заглавие: Разработка комплексной структурно-параметрической модели объекта "Фюзеляж"

Год публикации: 2018

Комментарий: *Не указан*

Коллекции: Русскоязычная Википедия, Англоязычная Википедия, Коллекция Энциклопедий, Библиотека Либрусек, Университетская библиотека, Коллекция КФУ, ВКР Российского университета кооперации, Коллекция АПУ ФСИН, Коллекция ПГУТИ, Научные журналы, ЦНМБ Сеченова, Авторефераты, Авторефераты II, Диссертации РГБ, Авторефераты РГБ, Готовые рефераты, ФИПС. Изобретения, ФИПС. Полезные модели, ФИПС. Промышленные образцы, Коллекция Руконт, Библиотека им. Ушинского, Готовые рефераты (часть 2), Открытые научные источники, eLIBRARY.RU, ЛАНЬ, БиблиоРоссика, Правовые документы I, Правовые документы II, Правовые документы III



📄 Результат проверки

Оценка оригинальности документа: **79%**

Использованы стандартные параметры проверки

Оригинальные фрагменты: 79%

Совпадения: 21%

79%

21%

Работу проверил: НТБ: Шемякина Н.П.

Дата: 05.06.2018

Подпись:



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. СОВРЕМЕННЫЕ САД/САМ СИСТЕМЫ.....	6
1.1. Системы автоматизированного проектирования.....	6
1.2. Характеристики современных систем моделирования	11
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ СХЕМА ИЗДЕЛИЯ.....	27
2.1. Фюзеляж	29
2.2. Основные элементы фюзеляжа	32
2.3. Каркас средней части фюзеляжа	36
3. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	40
3.1. Контур с z-образным сечением	41
3.2. Контур с тавровым сечением.....	44
3.3. Контур листа обшивки.....	46
3.4. Секция фюзеляжа	48
3.5. Фюзеляж	51
4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КТР	58
ВЫВОДЫ	68
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	69
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	70

ВВЕДЕНИЕ

Целью дипломной работы является разработка комплекта моделей для проектирования фюзеляжа летательного аппарата. В качестве прототипа был выбран фюзеляж самолёта Ил-86.

В работе использовались программные инструменты, входящие в состав программно-методического комплекса структурно-параметрического моделирования (ПМК СПМ), который предназначен для синтеза и обработки модели порождающей среды (МПС). МПС представляет собой структуру, воспроизводящую конструктивную (либо функциональную, либо организационную) иерархию объекта проектирования и содержащую варианты возможных проектных решений.

История развития пассажирских самолетов доказывает, что с ростом объема пассажирских авиаперевозок увеличилось и число кресел, устанавливаемых в поперечном сечении фюзеляжа - от трех кресел в ряду на первых вариантах самолетов Ил-12, до шести кресел на Ил-62 и других типах ныне существующих самолетов, условно называемых узкофюзеляжными. При этом, на узкофюзеляжных самолетах основной количественный показатель комфортабельных условий - удельный объем пассажирского салона (т. е. объем, приходящийся на одного пассажира) изменялся в довольно небольшом диапазоне, и комфорт пассажирских кабин повышался при создании новых самолетов в основном из-за установки более легких и удобных кресел, совершенствованием декоративной отделки салона и освещения, возрастанием уровня технического исполнения бытовых помещений (кухонь, туалетов, гардеробов и пр.).

Увеличение пассажироместности узкофюзеляжных самолетов до 259 пассажиромест при размещении шести кресел в ряду, например, в проекте самолета Ил-62М-250 привело к значительному увеличению длины фюзеляжа и появлению в пассажирских салонах так называемого давящего эффекта туннельности, значительно снижавшего уровень комфорта в полете. Установка более шести кресел в ряду при одном продольном проходе признана нецелесообразной из-за невозможности обеспечить достаточный уровень комфорта для пассажиров и удобства для работы обслуживающего персонала.

Для размещения 350 пассажиров требовалось сильно увеличить число кресел в ряду, устанавливаемых в цилиндрической части фюзеляжа. Стремление сохранить достигнутый на узкофюзеляжных самолетах уровень комфорта в пассажирских салонах и свести к минимуму весовые потери из-за увеличения размеров фюзеляжа определило проработку в первых вариантах проектов самолета Ил-86 двухпалубных фюзеляжей с размещением пассажиров на верхней и нижней палубах, а также однопалубных фюзеляжей с поперечным сечением в виде горизонтального овала и с двумя отдельными пассажирскими кабинами, в каждой из которых размещалось по пять кресел в ряду с одним продольным проходом. Последующие исследования показали, что при одинаковой пассажироместности эти фюзеляжи не имеют ни

весовых, ни аэродинамических преимуществ перед круглым однопалубным фюзеляжем с двумя продольными проходами между рядами кресел. Плюс, применение фюзеляжей с поперечным сечением в виде вертикального или горизонтального овала связано со значительными весовыми потерями из-за необходимости введения новых конструктивных элементов, воспринимающих нагрузки от второй палубы и изгибающие моменты, возникающие в местах пересечения окружностей, образующих овал, поскольку под действием избыточного давления внутри пассажирской кабины при полетах на большой высоте овальное сечение стремится принять форму окружности. Кроме того, без значительного изменения формы поперечного сечения рассматриваемых фюзеляжей в них практически невозможно разместить вне пассажирской кабины стандартные авиационные багажно-грузовые контейнеры типа АБК-1,5 или аналогичные зарубежные стандартные контейнеры. Трудно также обеспечить эвакуацию пассажиров из таких фюзеляжей в соответствии с требованиями Норм летной годности, особенно при вынужденной аварийной посадке самолета с двухпалубной компоновкой пассажирского салона.

1. СОВРЕМЕННЫЕ CAD/CAM СИСТЕМЫ

Computer Aided Design (CAD) — это компонента системы автоматизированного проектирования и черчения, благодаря которой процесс проектирования вручную на бумаге заменяется автоматизированным процессом.

Computer Aided Manufacturing (CAM) — автоматизированная система, либо модуль автоматизированной системы, предназначенный для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ. Под термином понимаются как сам процесс компьютеризированной подготовки производства, так и программно-вычислительные комплексы, используемые инженерами-технологами.

Для подготовки технологической документации, в том числе и согласно с требованиями ЕСТД, используются системы автоматизированной технологической подготовки производства. Как правило, большинство программно-вычислительных комплексов совмещают в себе решение задач CAD/CAM, CAE/CAM, CAD/CAE/CAM.

1.1. Системы автоматизированного проектирования

Автоматизированным называется такое проектирование, при котором все или часть проектных решений получается при взаимодействии человека и средств автоматизации. В качестве основных средств автоматизации проектных работ применяют средства вычислительной техники, являющиеся техническим обеспечением систем автоматизированного проектирования. В общем случае, употребление термина “автоматизированное” — означает применение в процессе выполнения работ средств вычислительной и организационной техники.

Свойства вычислительной техники, накладываясь на реальные процессы проектирования, приводят к неизбежному их усложнению и удорожанию. Но вместе с тем, применение средств вычислительной техники:

- уменьшает количество ошибок (в силу объективности представления результатов, повышения их точности, ...);

- ускоряет: процессы обмена данными при выполнении совместных работ; модификацию объектов, обеспечивая возможность повторной обработки большие объемы информации при внесении небольших исходных изменений.

Система автоматизированного проектирования (САПР) - организационно-технический комплекс, состоящий из взаимосвязанных и взаимодействующих компонентов для автоматизированного проектирования объектов и их составных частей на основе применения математических моделей, автоматизированных проектных процедур и средств вычислительной техники.

Целью создания САПР является совершенствование конструкторско-технологической (технической) подготовки производства (ТПП) на базе математических методов, оптимизации процессов проектирования и управления с применением современных средств вычислительной и организационной техники.

Каждую из установленных форм организации ТПП допускается реализовывать множеством структурных вариантов, зависящих от специфики конкретного предприятия и степени охвата задач ТПП средствами механизации и автоматизации.

Основные особенности технического проектирования, влияющие на анализ автоматизированных систем технической подготовки производства, следующие:

- 1) в процессе проектирования *формируется информационная модель* нового или модернизируемого объекта;
- 2) процедуры проектирования *обеспечивают поэтапное преобразование* исходного описания объекта в конечном пространстве образов (символов) предметной области;
- 3) процедуры преобразования для сложных объектов *являются трудноформализуемыми*;
- 4) процесс проектирования не только *формирует внутреннюю структуру*, но и *устанавливает (разрешает) внешние связи* и, так как любой проектируемый объект является частью включающей его системы;
- 5) в связи с тем, что при техническом проектировании сложных объектов на различных стадиях и этапах привлекаются новые коллективы специалистов, должны быть обеспечены *передача информации и согласование проектных решений*;
- 6) для обеспечения качественных показателей и эффективности изделий процесс проектирования должен обеспечивать *итерационность* принятия решений, а сами проектные решения должны быть *многовариантными*.

Задачи систем автоматизированного проектирования покрывают широкий круг вопросов информационного сопровождения продукции, связанных с организацией различных инженерных расчетов, геометрического и графического моделирования, формирования управляющих программ для оборудования.

На сегодняшний день особенно остро для предприятий обозначены три направления в выборе стратегии информационного сопровождения сложных технических объектов.

1. Определение правильного и разумного применения многочисленных программно-технических решений, причем решений дорогостоящих, которые позволяют автоматизировать и упростить работу персонала по конкретным направлениям своей деятельности при сопровождении изделия

на всех этапах его жизненного цикла. На каждой стадии можно выделить целые комплексы средств информационной и компьютерной поддержки, можно выделить научные и прикладные направления.

2. Не менее важная, но менее проработанная задача - это задача информационной интеграции и преемственности информации между различными стадиями жизненного цикла сложных технических объектов. Интегрирующая информационная среда благодаря коллективному использованию данных и согласованному решению отдельных задач должна обеспечить создание изделий в установленные сроки и с минимальными затратами.

3. Учет, сохранение и активная работа с интеллектуальной собственностью, которую можно определить как совокупность сложившихся технологических традиций, инженерного опыта, особенностей индивидуальных стратегий проектирования, являющихся основой для принятия решений (с использованием расчетно-аналитических методов, с учетом многокритериального подхода, фактора времени, вероятности достижения коммерческих результатов, технического и экономического рисков, социальных и экологических последствий использования интеллектуальной собственности и т.д.).

Анализ процессов проектирования, технологической подготовки производства и производства изделий на различных стадиях их жизненного цикла позволяет сделать вывод о том, что несмотря на признанное отставание от мирового уровня средств механизации и автоматизации производственных процессов, все-таки первичным и гораздо большим сдерживающим фактором является слабая оснащенность интеллектуального труда и слабая подготовка проектировщиков к работе в новых условиях современных информационных технологий. Комплексное решение всех задач, связанных с проектированием, производством и эксплуатацией изделий, необходимо осуществлять в рамках постоянно совершенствуемых интегрированных автоматизированных систем, использующих единые методы и средства для решения всех задач конструирования и технологической подготовки производства на основе применения современных информационных технологий. Эти технологии позволяют связать в единую систему все службы предприятия, участвующие в проектировании и создании нового изделия, технологической подготовке его производства, а также поставке и его сервисной поддержке. Основными компонентами таких систем являются:

- система автоматизированного проектирования изделий (CAD - Computer Aided Design);
- система автоматизации технологической подготовки производства (CAM - Computer Aided Manufacturing);
- инструментальный комплекс программных средств инженерного анализа (CAE - Computer Aided Engineering);

- инструментальные средства технологии автоматизированного параллельного проектирования (CE – Concurrent Engineering);
- система управления проектными и инженерными данными (PDM – Product Data Management).

Целесообразно проводить координацию работ и создавать систему корпоративного управления данными на основе базовых программных комплексов, создаваемых единым разработчиком. В настоящее время наиболее распространенными в России являются программные продукты трех фирм: EDS (Unigraphics, IMAN); IBM (CATIA, CNEXT); Computervision (CADDS 5, Optegra).

Новые информационные технологии предоставляют возможность радикального изменения процессов проектирования, производства и эксплуатации. Учет структуры проектируемого объекта и методов проектирования и производства приводит к возникновению методов объектно-ориентированного проектирования. На существующем уровне становления информационных технологий пока еще окончательно не сложились представления и понятия этой специфической технологической области. Существующие и наиболее часто применяемые в этой области понятия большей частью заимствованы из смежных областей: вычислительной техники, программирования, системного анализа. Для целостного и взаимосвязанного подхода к информационным технологиям должны быть проведены классификации объектов, процессов и инструментальных систем, применяемых в новой области, называемой информационными технологиями и разработана специфическая нормативная база. Специфика объектов и процессов существенно различается для стадий: проектирования; технологической подготовки производства; организации и управления производством; эксплуатации.

Эффективная взаимосвязь этапов обеспечивается в технологической среде CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции). CALS-технологии – это информационное сопровождение всех этапов жизненного цикла изделий в форме, позволяющей конструктору общаться с эксплуатационщиком, учесть его мнение, используя электронную систему, единый язык, единую базу данных и т.п. Для производства сложных технических изделий это прежде всего проблема обеспечения технологичности, которая была всегда одной из главных проблем организации эффективного производства. CALS-технологии предоставляют отработанный инструмент для решения этой проблемы.

Новые методы организации процессов проектирования в CAD/CAM-системах в настоящее время известны под обобщенным названием CAME, обозначающим параллельные технологические среды для создания изделий. В специальном издании GartnerGroup, основная в США аналитическая группа по исследованию рынка, регулярно представляет отчеты со

стратегическим анализом основных поставщиков CAD/CAM-систем, реализующих средства CAME. Аналитики приводят ряд продуктов и фирм, занимающих лидирующие позиции в области разработки и поставки CAD/CAM-систем:

- UNIGRAPHICS - EDS-Unigraphics (EDS);
- CATIA V4, V5 - Dassault Systemes (Dassault) и IBM;
- CADD5 5 - Computervision (CV);
- Pro/ENGINEER - Parametric Technology Corporation (PTC);
- AutoCAD Designer – Autodesk;
- EUCLID 3 - Matra Datavision (Matra);
- Master Series - Structural Dynamics Research Corporation (SDRC);
- Clipper, SunSPARC, - Intergraph;
- Precision Engineering SolidDesigner - Hewlett-Packard (HP).

CAME, по заключению аналитиков, представляет основополагающую проектно-конструкторскую философию объединения проектирования и производства в интегрированный процесс создания изделия на основе расширенного производства (комплексного автоматизированного производства), которую должны принять и усвоить производители, чтобы выжить и остаться конкурентоспособными.

Параллельные технологические среды комплексных предприятий предполагают включение всех участников в проектно-технологический процесс: специалистов по конструкторской разработке; специалистов по подготовке производства; по вопросам качества, покупки, продажи, маркетинга; поставщиков и заказчиков. Участники такого коллектива, работая параллельно в составе тесно взаимодействующей междисциплинарной (многопрофильной) проектной команды, смогут значительно улучшить результаты процесса создания изделия, особенно на ранних его этапах.

В большинстве зарубежных CAD/CAM-систем, реализующих новую проектно-конструкторскую философию параллельных технологических сред для создания машиностроительных изделий и в отечественных системах комплексного автоматизированного производства (КАП), а также в САПР технологического назначения и в АСТПП основные задачи технологического проектирования так или иначе базируются на вариантном проектировании технологических процессов различных видов работ.

По своим возможностям (состав функций и размерность обрабатываемой модели) системы подразделяются на:

- тяжелые (большие) UNIGRAPHICS, CATIA, CADD5 5;
- средние EUCLID, Cimatron, SolidWORKS, Solid;
- легкие AutoCAD, T-flex, Компас. [3]

1.2. Характеристики современных систем моделирования

Разберём подробнее свойства и характеристики некоторых популярных систем автоматизированного проектирования, таких как: NX, Creo-Parametric, ADEM и SolidEdge и СПМ.

1.2.1. Creo-Parametric

Система высокого уровня, САПР для единого цикла проектирование-производство. Программный комплекс Creo-Parametric охватывает весь цикл "конструирование - производство" в машиностроении. Благодаря мощным возможностям автоматизации всех машиностроительных дисциплин, Creo-Parametric является общепризнанным 3D решением для моделирования и разработки конкурентоспособных коммерческих изделий (рис. 1.1). Во всем мире более 16000 компаний используют программные продукты фирмы PTC для сокращения длительности сквозных проектно-производственных циклов, оптимизации инженерных процессов и улучшения качества продукции [5].

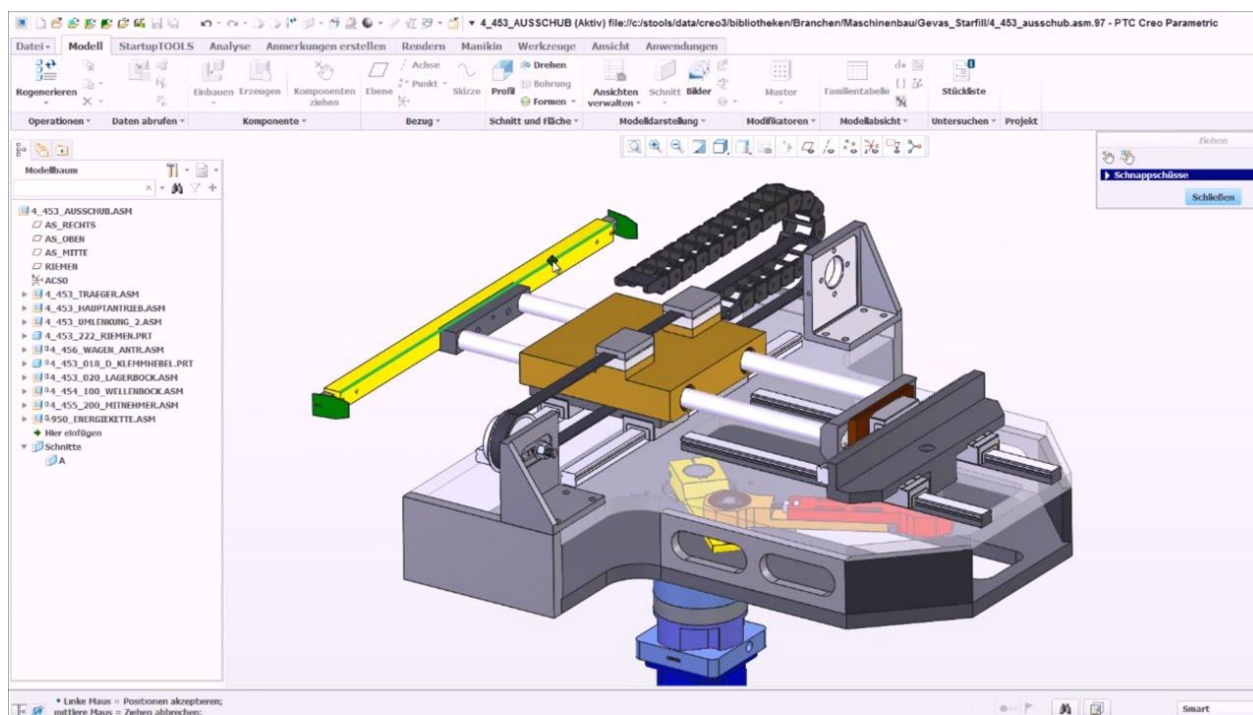


Рис. 1.1. Модель, созданная при помощи системы Creo-Parametric

Creo-Parametric широко используется на большинстве крупнейших предприятий в США и в Европе (Caterpillar, Cummins, Komatsu, Liebherr, MAN, Airbus, Boeing, Lockheed Martin, Raitheon Systems, Siemens, Motorola, Whirpool и др.), а так же на крупнейших российских предприятиях (РКК "Энергия", НПО "Энергомаш", ОАО "Элара", ГУП НПЦ "СПУРТ", ОАО "ИЖМАШ", ДОО "ИЖМАШСТАНКО", "Русавтобуспром", АНТК им. А.Н.Туполева и многих других);

Ядро Creo-Parametric использует уникальную по своим возможностям технологию - Proven Technology, основанную на граничных представлениях Разработчик - Parametric Technology Corporation, США.

Creo-Parametric является стандартом автоматизированного проектирования изделий, воплощая в себе лидирующие инструменты 3D разработки, которые основаны на лучших достижениях многих прикладных наук и технологий, и гарантируют соответствие стандартам предприятия и отрасли промышленности.

Creo-Parametric имеет самые полные возможности взаимодействия с другими программными системами через стандартные и прямые интерфейсы обмена данными.

РТС стремится обеспечить максимальную интероперабельность производственных приложений, делая их все более открытыми и дружественными друг к другу. Благодаря используемой Creo-Parametric Wildfire технологии Ассоциативной топологической шины (Associative Topology Bus™, АТВ), упрощающей процесс обмена данными с другими системами, а также благодаря высочайшему качеству обработки импортированных данных, можно быстро удовлетворить требования клиентов, гибко управляя обменом информацией.

Creo-Parametric обладает развитыми инструментальными средствами создания собственного специального математического обеспечения и интеграции его в единую среду разработки.

Creo-Parametric русифицирован и поддерживает все требования ГОСТ к подготовке КТД.

Creo-Parametric является CAD/CAM/CAE системой, имеющей все необходимые компоненты для реализации сквозной компьютерной разработки изделий, и является отличной основой для создания комплекса САПР, необходимого для реализации данного проекта.

В САD-системе реализуются:

1. Проектирование и разработка
2. Промышленный дизайн и ре-инжиниринг
3. Проектирование электрических систем
4. Проектирование механических систем

В САM-системе реализуются:

1. Инструмент и оснастка
2. Механообработка
3. Контроль и верификация

В САE-системе реализуются:

1. Инженерный анализ и оптимизация;
2. Оптимизация конструкции с учетом конструктивных, технологически и эксплуатационных требований.

Creo-Parametric Wildfire полностью интегрирован с пакетом инженерного анализа Pro/MECHANICA®, уникальным пакетом оптимизационного моделирования Creo-Parametric Behavioral Modeling® и средствами имитации работы механизмов Mechanism Dynamics. С помощью Mechanism Design любое поведение механизма - будь то раскручивание часовой пружины или столкновение компонентов - будет точно просчитано и графически представлено с направлениями и величинами векторов. И прежде, чем продолжить разработку конструкции можно с помощью Pro/MECHANICA увидеть динамическую картину распределения напряжений и перемещений, возникающих в результате механических нагрузок на модель. Используя мощные, уникальные возможности, позволяющие автоматически изменять параметры модели, в считанные дни вместо многих недель можно выполнить оптимизацию конструкции и добиться конечных целей моделирования, например - снижения веса конструкции.

Creo-Parametric Wildfire позволяет создавать сложнейшие сборки гораздо быстрее, чем когда либо. Увеличить производительность работ при создании сборки и снизить требования к аппаратным средствам можно за счет упрощения сборки: упростить представление основных компонентов для повышения скорости визуализации, сохранив их точные габариты и масс-иннерционные характеристики, сохранив все параметры, необходимые для заполнения спецификации. Благодаря интеллектуальности и гибкости компонентов экономится время на внесении изменений в спецификации, а возможность представления в сборке одного компонента в нескольких состояниях критически важна для сохранения целостности исходных данных и точного соответствия между сборкой и спецификацией.

Creo-Parametric Wildfire тесно интегрирован с Creo-Parametric Routed Systems Designer, приложением для конструирования пространственных систем (трубопроводов, кабелей и т.п.). Признанные возможности Creo-Parametric по моделированию трубопроводных и кабельных систем получили существенное развитие и улучшили свои характеристики. Например, инженеры получили ряд новых возможностей по автоматическому размещению коннекторов; улучшена визуализация геометрии систем (в частности - жгутов); упрощена прокладка трубопроводов - теперь для этого можно использовать простейшие команды "вверх", "вниз", "влево", "вправо".

В условиях сегодняшнего рынка для успеха предприятия необходим более быстрый, чем у конкурентов, выпуск продукта на рынок, по более низкой цене и более высокого качества. В то же время, в течение всего цикла разработки нужно оценивать и оптимизировать функциональные возможности изделия и уменьшать стоимость изготовления. Чтобы достигнуть этого, средства разработки изделия должны обеспечивать стратегические преимущества перед конкурентами.

Основная стратегия, применяемая ведущими компаниями - это параллельная разработка изделия. Creo-Parametric, как среда разработки,

обладает этой возможностью в полной мере. Многочисленный набор программных решений позволяет выбрать необходимую конфигурацию каждого рабочего места в соответствии с его функциональностью. Сюда включаются возможности промышленного дизайна, проектирования механических конструкций, в том числе управление большими сборками, имитации функциональности изделия, изготовления и управления инженерными данными. На сегодняшний день решения Creo-Parametric обеспечивают наиболее всестороннюю, интегрированную среду разработки продукта.

Полная ассоциативность: Все программные решения в Creo-Parametric полностью ассоциативны. Это означает, что изменение, внесенное в любой момент разработки, переносится на все этапы проектирования, автоматически обновляя все инженерные решения, включая сборки, чертежи и данные для изготовления. Ассоциативность делает возможной параллельную разработку, поддерживая внесение изменений - без риска - в любой момент проектирования, и обеспечивает, таким образом, возможность использования инженерных знаний и опыта на ранних этапах разработки.

Объектно-ориентированное параметрическое моделирование: Решения в Creo-Parametric используют "конструктивно-технологические элементы" (фичерсы) в качестве составляющих элементов геометрической модели продукта. Фичерсы представляют собой конкретные одиночные или составные конструктивные геометрические объекты, которые содержат информацию о своем составе и могут быть легко изменяемы. К таким конструктивным элементам относятся фаски, ребра, радиусы одновременного доступа, характерного для параллельной разработки, что обеспечивается благодаря полной ассоциативности Creo-Parametric.

Управление сборкой: Основная архитектура Creo-Parametric позволяет легко осуществлять сборку компонентов и создавать проектируемую конструкцию с помощью таких интуитивно понятных команд, как "совместить", "вставить" и "ориентировать". Улучшенные функциональные возможности поддерживают создание и управление большими, сложными сборками, содержащими неограниченное число компонентов.

Повторное использование инженерных данных: На сегодняшний день компании обеспечивают огромный рост производительности и уменьшение стоимости продукта, используя стандартные и типовые решения как основу для разработки новых продуктов. Этот подход, известный как Повторное Использование Инженерных Данных (Engineering Data Reuse - EDR), позволяет быстро создавать целые семейства изделий. Архитектура, лежащая в основе Creo-Parametric, позволяет легко использовать метод EDR. Эффективность первоначальных инвестиций в проектирование увеличивается с каждым новым поколением продуктов.

Простота использования: Система выпадающих меню организована интуитивно понятным способом и обеспечивает логический выбор и предустановку большинства наиболее часто используемых опций. В любой

момент доступна полная информация по выполняемой команде и короткая подсказка в окне сообщений. Это делает Creo-Parametric простым для понимания и использования.

Независимость от платформы: Creo-Parametric функционирует на всех платформах, работающих под управлением UNIX™, Windows® NT и Windows® 95, обеспечивая одинаковый интерфейс и функциональные возможности. Пользователи могут выбирать наиболее экономичную конфигурацию платформы для своих нужд и сочетать любые комбинации платформ. Creo-Parametric позволяет легко обмениваться информацией между платформами с любой архитектурой. [5]

1.2.2. SOLID EDGE

Производитель: UGS PLM Solutions.

Область применения: Комплексная CAD/CAM/CAE-система.

Solid Edge — среднеуровневая трехмерная твердотельная CAD-система, предназначенная для проектирования моделей деталей, создания сборок с сохранением ассоциативных связей и выпуска чертежной документации на базе созданных моделей. Интегрирована с полнофункциональной системой NX и системой управления проектом IMAN.

Solid Edge — мощный, интуитивно понятный инструмент проектирования. Используя эту систему, конструктор может смоделировать деталь, сборку, проверить работу механизма, проложить трубопроводы, спроектировать детали из листового материала или сварные соединения. Интерфейс показан на рисунке 1.2.

Благодаря уникальной степени интеграции с полнофункциональной системой NX удельная стоимость рабочего места конструктора, занятого решением сложных задач, значительно снижается. Поскольку обе системы имеют общее геометрическое ядро (paraSolid), а также общие системы именования топологии и идентификации изменения топологии, не только осуществляется передача геометрических моделей из одной системы в другую, но и обеспечено сохранение ассоциативности и возможности автоматического обновления сборок в обоих направлениях. [6]

Работая в связке «NX — Solid edge», можно использовать детали или сборочные узлы одной системы в другой и быть уверенным, что измененная деталь автоматически изменится в сборке, созданной в другой системе. Можно создать модель в NX, а чертеж оформить в Solid edge. Изменения в модели NX автоматически обновят чертеж, созданный в Solid edge. Возможна и обратная ситуация. Можно создать модель Solid edge и использовать NX для программирования обработки на станке с ЧПУ. Впоследствии изменение модели в Solid edge приведет к автоматическому обновлению программы обработки.

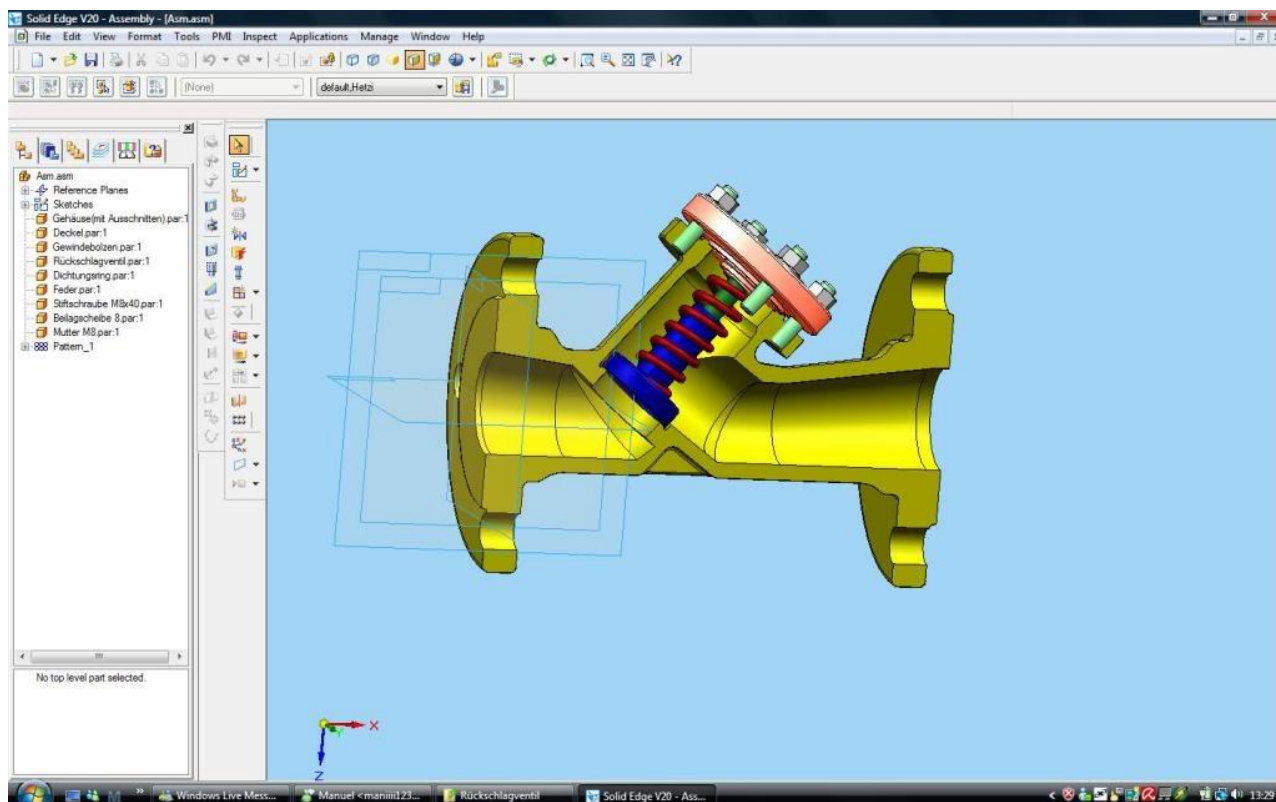


Рис. 1.2. Интерфейс системы

Система Solid Edge позволяет конструктору быстро и эффективно проектировать полностью ассоциативные трехмерные модели любых деталей и сборок. Для этого используются конструктивные поверхности, ассоциативные семейства однотипных деталей, построение тел заметанием при линейном переносе, вращении, движении по спирали, вдоль заданной кривой и аппроксимации группы сечений.

Последующими операциями построения являются получение тонкостенного тела из объемного, скругления ребер, построения массива однотипных элементов, отверстия.

Наглядно представленная в виде дерева построения параметрическая модель твердого тела состоит из последовательных, четко определенных и интуитивно понятных шагов. К каждому из них можно вернуться и внести необходимые изменения, поменять последовательность построения. Новая деталь в Solid edge может создаваться в контексте сборки, используя геометрию других деталей, — такой подход гарантирует точное сопряжение всех деталей в сборке и ассоциативную связь между геометрическими моделями. Solid edge поддерживает обе техники создания сборки (как снизу-вверх, так и сверху вниз) и предоставляет инструмент управления модификациями и конфигурацией сборки. Это существенно упрощает процесс создания больших сборок и работы с ними.

В модуле сборки имеются специальные средства анализа кинематики — среда «Движение». Ее функции позволяют моделировать и имитировать

работу разрабатываемого механизма, определять возможные неточности и пересечения деталей во время движения.

В среде сборки реализован специальный модуль трассировки `xpresroute`, включающий набор функций для моделирования трехмерных коммуникационных трасс в контексте сборки с последующим выходом на проектирование гидравлических и пневматических трубопроводов или решение задач электропроводки и прокладки кабелей. После прокладки трасс и определения параметров трубы (диаметр, толщина стенки, тип фланцев, радиус сгиба) система автоматически моделирует деталь трубопровода. Позднее нетрудно модифицировать как параметры трубы, так и геометрию ее трассы.

Создание кабелей аналогично созданию труб в среде «Трубопровод». Исходной информацией служит сформированная трасса. Задаются тип и характеристики прокладываемого по этой трассе кабеля (однопроволочный/многопроволочный, цвет, материал, диаметр, масса на единицу длины и т.д.). По введенным данным под уникальным именем формируется модель кабеля, которую при необходимости можно видоизменять, корректируя соответствующие параметры.

При проектировании трубопроводов (и не только их) как правило используется набор типовых и стандартных компонентов. Система `Solid edge` имеет встроенную библиотеку стандартных деталей, которую в зависимости от решаемых задач можно пополнять. Кроме того, предлагается отечественный программный продукт `easydesign library`, являющийся библиотекой стандартных элементов для САПР среднего уровня. Использование библиотек стандартных элементов значительно сокращает время, необходимое конструктору для разработки проекта. [6]

`Solid edge` включает уникальный набор функций, предназначенных для автоматизации проектирования деталей из листового материала. Эти функции используют терминологию изготовления соответствующих элементов (фланец, плоский элемент, автоматическое добавление радиусагиба, ослабление угла, автоматическая гибка/разгибка, плоская ассоциативная развертка, разделка углов). Имеются уникальные функции построения листовых деталей с более сложным, чем гибка, процессом деформации: вентиляционные отверстия, впадины, просечки с вытяжкой. Дополнительный функционал — автоматическое затягивание угла, неразворачиваемый фланец, подсечка.

Инженерные расчеты и автоматическое создание моделей деталей обеспечивает пакет `Solid edge engineering handbook`. Он позволяет эффективно выполнять проектировочные и поверочные расчеты деталей и узлов в процессе моделирования.

Встроенные двунаправленные конвертеры `Solid edge` обеспечивают обмен информацией с подавляющим большинством современных CAD-систем. Форматы данных `AutoCAD (DWG/DXF)`, `CREO-PARAMETRIC`, нейтральные форматы данных `IGES`, `STEP`, `ACIS` и, конечно, `paraSolid`,

используемый множеством приложений CAD, CAM и CAE, значительно расширяют число потенциальных пользователей. Модуль распознавания дерева построения предоставляет возможность обработки импортированной модели и выделения параметрических элементов, требующих изменений в процессе проектирования.

Для создания чертежа Solid edge располагает средствами построения сечений, разорванных видов, детальных видов, ассоциативных описаний резьбы в тексте размера, осевых линий, позиций на сборочном чертеже, спецификации согласно ГОСТ, символов сварки и качества обработки поверхности.

Подготовка конструкторов для работы с системой Solid edge занимает немного времени и не требует «обучения в классе». Система полностью локализована, то есть переведена на русский язык. Локализация включает интерфейс, встроенную систему подсказок, документацию и настройку чертежной системы на стандарт ЕСКД. Кроме того, вместе с системой поставляется электронный самоучитель на русском языке, который позволяет освоить систему в течение месяца.

1.2.3. Siemens NX

Siemens NX 11 это пакет твердотельного гибридного моделирования, который дает пользователю полный набор функций работы с твердым телом, поверхностью или каркасной моделью, основанный на полностью ассоциативном, параметрическом дереве построения. Модули инженерного анализа, базирующиеся на встроенных решателях таких известных пакетов как Nastran и Adams, позволяют проводить оценку различных сценариев поведения разрабатываемых конструкций, а также исследование таких типов задач, как линейная статистика, равновесная теплопередача, потеря устойчивости, анализ собственных частот, кинематический анализ и симуляция практически любого 3-х-мерного механизма и т.д. К большинству популярных пакетов инженерного анализа имеются прямые интерфейсы. Открытый мощный программный интерфейс дает возможность разрабатывать собственное прикладное программное обеспечение, которое будет полностью интегрировано в NX. NX обеспечивает эффективный обмен данными с другими системами даже при плохом качестве входных данных, полученных из старых систем. Она обеспечивает поддержку внешних форматов данных IGES, STEP, DXF и прямых интерфейсов к наиболее известным пакетам. Система NX имеет модульную структуру. Различное сочетание модулей позволяет выбрать конфигурацию, наиболее полно отвечающую требованиям конкретного предприятия. Однако главным преимуществом системы является возможность в наибольшей степени, по сравнению с любой другой системой, создать полное цифровое представление сложных многокомпонентных изделий и организовать параллельное проектирование. Поскольку в процессе проектирования

постоянно приходится проводить изменения, необходимо, чтобы система позволяла осуществлять изменения на всем дереве создаваемой цифровой модели многокомпонентного изделия. Эта задача очень сложна, и здесь недостаточно только наличия параметризации. Для этого в NX существует инженерная технология WAVE, которая позволяет создавать любые ассоциативные структуры, осуществлять анализ ассоциативных связей и управлять их статусом, проводить оптимизации на концептуальной упрощенной электронной модели изделия и проводить управляемую трансляцию изменений в результате оптимизации на детальную электронную модель сколь угодно сложного изделия. [7]

Еще одно ценное качество системы NX — это интеграция с системой среднего уровня SolidEdge. В настоящее время обе системы имеют одинаковый интерфейс (Microsoft). SolidEdge сама имеет мощный моделинг, включающий твердотельное и поверхностное моделирование, очень хорошие средства проектирования листовых деталей, проектирования трубопроводов, возможность создания сборок с ассоциативными связями геометрии одного компонента с геометрией другого. С системой SolidEdge поставляются библиотеки стандартных элементов. Система позволяет создавать чертежи в соответствии с ЕСКД, имеет полную русскую локализацию, описание на русском языке, а также совершенную обучающую программу на русском языке. При этом система SolidEdge обладает уникальной интеграцией с системой высшего уровня NX. Таким образом, кроме решения самостоятельных задач, SolidEdge можно использовать для расширения фронта моделирования сложных изделий, проектируемых в NX, или в SolidEdge можно оформлять чертеж на изделие, созданное в NX. При изменении этого изделия в NX чертеж в SolidEdge обновится автоматически. На основе такого двухуровневого комплекса полностью обеспечивается концепция единой среды разработки изделия. Интерфейс системы показан на рисунке 1.3.

Полноценная интеграция средств проектирования NX с функциями управления данными и процессами гарантирует в любой момент времени наличие актуальной и полностью синхронизированной цифровой модели изделия, доступной всему коллективу разработчиков.

Teamcenter позволяет корректно сформулировать набор требований и довести их до сведения сотрудников, принимающих решения на различных этапах жизненного цикла изделия. Предоставляя как каждому сотруднику, так и рабочим группам, в целом, возможность ознакомиться с конкретными требованиями и связанными с ними знаниями на любом этапе жизненного цикла изделия, Teamcenter способствует созданию изделия, соответствующего ожиданиям рынка и реализующего заложенные в его основу идеи. Реализация заложенных в Teamcenter механизмов по представлению и управлению составом изделия обеспечивает лучшее соответствие требованиям качества и стоимости продукции, а также ускоряет выход на рынок новых изделий. [7]

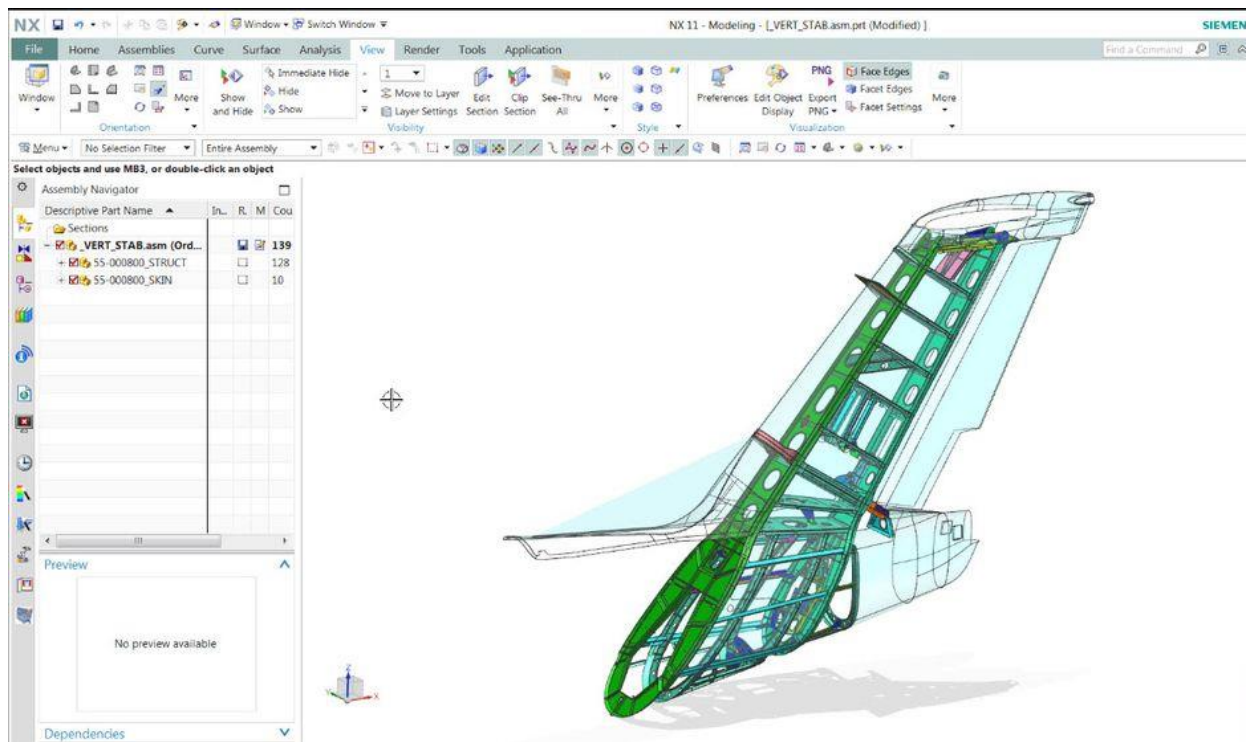


Рис. 1.3. Интерфейс NX 11

1.2.4. ADEM

ADEM — интегрированная CAD/CAM-система, ориентированная на сквозной процесс проектирования и подготовки производства. Развитие каждой составляющей части системы подчинено в первую очередь этой главной задаче. Но практика показывает, что эффективным является и модульное применение ADEM. Более того, средства и методы, разработанные для решения комплексной задачи, ускоряют и упрощают решение частных локальных задач. Об эффективном решении задачи плоского моделирования и выпуска чертежной документации с использованием модуля ADEM CAD мы и хотим рассказать.

Разработки модуля ADEM CAD начинались с его плоской части. В основу плоского моделирования и черчения в ADEM были положены несколько требований. Все эти требования в комплексе и определяли функциональность системы, так и логику работы с той или иной функцией.

Одной из главных задач была и остается поддержка различных стандартов оформления документации. По понятным причинам без этого свойства работа, например, российского конструктора, от которого требуется соблюдение ГОСТа, становится невозможной. Поэтому, начиная с самых первых версий, CAD/CAM ADEM поддерживает как стандарты ГОСТ (машиностроительный, строительный), так и зарубежные стандарты оформления документации (ANSI, ISO). [8]

Автоматизация ТПП на предприятии - важный шаг к сокращению затрат на выпуск новых видов изделий. Планирование производственных

процессов связано с определением последовательности выполнения отдельных технологических операций, необходимых для изготовления данной детали или вида продукции и выбором СТО.

Уже несколько лет Группа компаний АДЕМ успешно реализует Программу “АДЕМ и ВУЗы”. Сегодня около 40 ведущих ведущих ВУЗов, НПО и СПО, даже школ бывшего СНГ приобрели академические лицензии на использование систем автоматизации проектирования и технологической подготовки производства CAD/CAM/CAPP АДЕМ. Группа компаний АДЕМ рассматривает деятельность в сфере образования как важную часть своей долгосрочной стратегии.

Компания АДЕМ Technologies определила главную цель при разработке системы АДЕМ – создание инструмента конструктора и технолога. Опыт работы с предприятиями показал, что многие из них приносят в жертву требования стандартов в угоду обеспечения наглядности и простоты заполнения документов. Кроме того, в зависимости от типа производства, даже в рамках одного технологического бюро могут формироваться и маршрутные, и операционные, и маршрутно-операционные ТП. В этих условиях АДЕМ CAPP не только позволяет автоматизировать процесс формирования, но и произвести некоторую унификацию работ. Используя одни и те же исходные данные для формирования, можно получить различные формы техпроцессов (МК, КТП, КТТП, ОК, КЭ, ВО и др.). И наоборот, одну и ту же форму техпроцесса можно получить на различных исходных данных. Создание техпроцессов, с использованием модуля АДЕМ CAPP, можно вести поэтапно: от простого документирования, до автоматической генерации.

Модуль АДЕМ САМ является частью интегрированной системы и включает ряд подсистем, совместно функционирующих в едином технологическом пространстве:

- подготовка управляющих программ (УП) с использованием любых видов геометрических данных, плоских эскизов, чертежей, поверхностей, твердых тел и их комбинаций;
- полная ассоциативность геометрической и технологической моделей, автоматическое отслеживание в УП изменений, внесенных конструктором;
- динамическое моделирование процесса обработки с возможностью задания сложной заготовки (штамповка, литье) и сравнения результата обработки с математической моделью;
- генерация постпроцессоров для всех типов стоек с ЧПУ при помощи модуля АДЕМ GPP;
- библиотека готовых постпроцессоров (более 200 наименований) для большинства российских и зарубежных стоек с ЧПУ, возможность доработки и корректировки постпроцессоров;
- листопробивка с параметрами вибровысечки, контролем остаточного припуска, нахлеста, выхода перед и после;

- электроэрозия 2- и 4-координатная, коррекция подачи в углах и контроль величины недореза с последующей доработкой после перезахвата;
- токарная обработка по схемам: черновое, предварительное, смещенное, прорезка, контурное, черновая прорезка;
- формирование переходов точить, расточить, отрезать, подрезать, нарезать резьбу (токарный);
- задание токарных переходов с моделированием объемов удаляемого припуска для каждого перехода;
- создание собственной библиотеки токарных резцов с точным моделированием режущей кромки и задачей настроечной точки. [8]

В рамках модуля ADEM CAPP реализован САПР проектирования техпроцессов по различным направлениям. Назначение модуля следующее: Накопление, редактирование и хранение исходной информации, необходимой для формирования документации. Взаимодействие с другими модулями системы ADEM для создания эскизов.

Имеется возможность извлекать данные из БД, разработанных с помощью СУБД различного типа: FoxPro, MS Access, Paradox и др. Формирование документации, т.е. получение всех необходимых при проектировании техпроцесса ТД. Просмотр результатов формирования. Для удобства просмотра, пожеланию пользователя, составные части документации могут быть рассортированы по группам. Таким образом, предлагаемый компанией ADEM Technologies инструмент, позволяет пользователю быстро, удобно, а самое главное качественно проектировать ТП, и получать всю, регламентируемую ГОСТом, ТД. Окно модуля ADEM представлено на рисунке 1.4.

ADEM применяется в различных отраслях: авиационной, атомной, аэрокосмической, машиностроительной, металлургической, станкостроительной и других. Среди пользователей системы такие известные компании как РКК «Энергия», ФГУП "РСК «МиГ», ОАО «Авиаагрегат», ОАО «Моторостроитель», МРК Магнитогорского Комбината, НПО Машиностроения, ГКНПЦ им Хруничева, ОАО «Мотор-Сич», ИЭМЗ «Купол», ОАО "Аксион", ДООО "Ижевский оружейный завод", "ЧМЗ» (г. Глазов), МКБ «Радуга», ТМКБ «Союз», ХГАПП, корпорации Apple и многие другие.

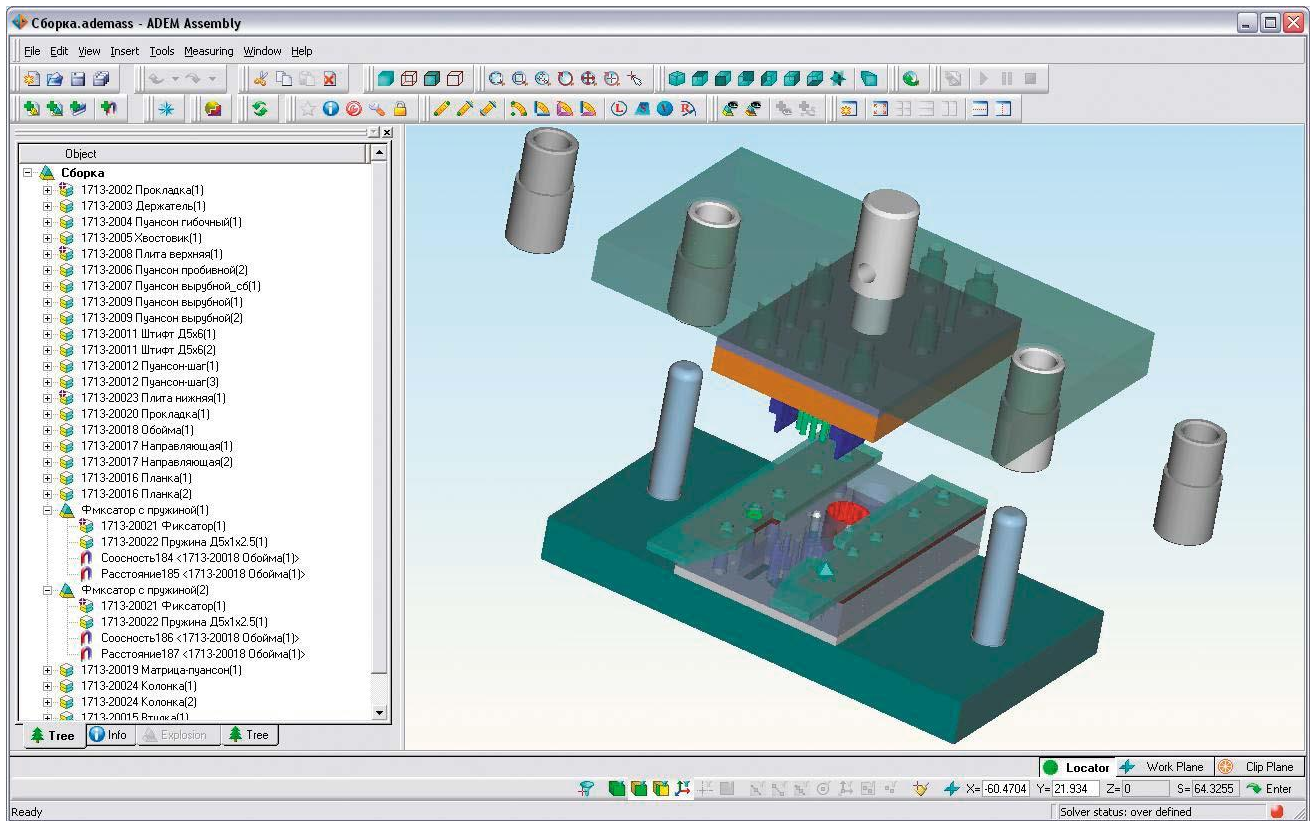


Рис. 1.4. Окно модуля

1.2.5. Программно-методический комплекс структурно-параметрического моделирования (ПМК СПМ)

Программно-методический комплекс структурно-параметрического моделирования включает:

- программный комплекс обработки структурно-параметрических моделей (ПК SPM);
- программу визуальной обработки решения (ShowSPB);
- программу диалоговой компоновки структурно-параметрической базы (VisualSPB);
- методические материалы по разработке структурно-параметрических моделей;
- методические указания по построению программно-алгоритмического комплекса обработки структурно-параметрических моделей в прикладных системах проектирования.

Программный комплекс структурно-параметрического моделирования предназначен для синтеза и обработки модели порождающей среды (МПС). МПС представляет собой структуру, воспроизводящую конструктивную (либо функциональную, либо организационную) иерархию объекта проектирования и содержащую варианты возможных проектных решений. Помимо конструктивной иерархии МПС поддерживает:

- древовидную структуру взаимосвязи параметров среды;
- ориентированный граф, описывающий пространственное положение элементов среды.

Проектное решение получается, как некоторое "сечение" МПС. Состав элементов в узлах СПМ определяется с помощью аппарата типовых математических моделей проектирования. Пример модели в СПМ показан на рисунке 1.5.

Параметрическое моделирование включает следующие процедуры:

- расчет параметров по аналитическим зависимостям;
- выбор значений параметров из таблиц;
- округление и нормализация рассчитанных значений параметров;
- распространение значений внутри структуры взаимосвязей параметров.

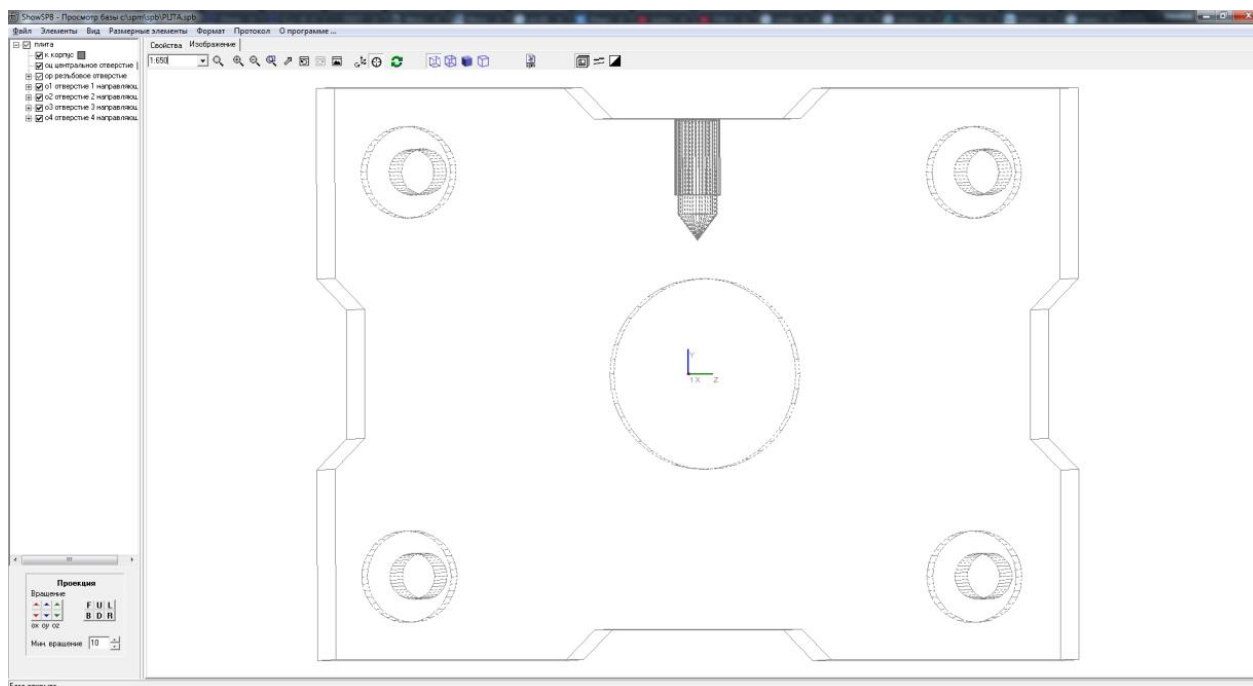


Рис. 1.5. Модель, созданная в СПМ

Модели, которые обрабатываются системой несут в себе следующие отличительные черты:

1. Многоуровневость.

Это свойство позволяет строить модели объекта, имеющего сложную древовидную структуру. То есть должен быть определен один головной элемент (корень) и исходящие из него (ветви), которые в свою очередь могут состоять из произвольного количества подуровней. Количество уровней в разных ветвях структуры может различаться.

Возможность создания многоуровневых моделей позволяет описывать реальную структуру объекта проектирования. Можно выделить следующие уровни моделей:

- примитивы (листья);
- конструктивные элементы;
- детали;
- сборочные единицы;
- узлы;
- изделие в целом (корень).

2. Модульность.

Это свойство создавать модели фрагментов объекта проектирования независимо друг от друга, что позволяет:

- выделять в изделии самостоятельные элементы, часто встречающиеся в изделии и создавать для них отдельные универсальные модели;
- компоновать модель нового объекта из ранее созданных моделей для другого объекта;

- независимо обрабатывать фрагменты объекта для их отладки и производить их визуализацию.

Это свойство позволяет в значительной степени уменьшить затраты при разработке моделей нового изделия, вследствие создания банка типовых конструктивных элементов и деталей.

3. Параметризация объекта проектирования.

СПМ позволяет строить гибкую систему параметризации объекта, способную управлять не только внешним обликом объекта, но и воспроизводить его кинематические возможности.

Значения параметров могут быть заданы пользователем в численном (конечном) виде, либо выражены через аналитические или табличные зависимости, либо рассчитаны во внешних процедурах.

Система параметризации может быть построена с учетом возможности передачи значений параметров между различными уровнями модели объекта. Передача значений может осуществляться как в направлении от корня к листьям, так и в обратном направлении. Это позволяет производить увязку параметров в случае проектирования сложных, с большим количеством параметров, объектов, имеющих области воздействия в различных ветвях структуры.

4. Возможность включения в модель вариантов структур.

Включение в модель вариантов структур позволяет менять состав элементов решения в зависимости от изменения внешних воздействий. Такими воздействиями являются:

- изменения значений свойств и параметров в ходе обработки модели;
- задание свойств проектировщиком;
- диалоговая корректировка структуры проектировщиком.

Введение структурных решений должно быть обосновано, т.к. оно увеличивает размеры моделей и время их обработки. [4]

В своей работе я использовал эту систему в связи с хорошо описанными возможностями и достаточным функционалом.

2. КОНСТРУКТОРСКАЯ СХЕМА ИЗДЕЛИЯ

Размеры поперечного сечения цилиндрической части фюзеляжа самолета Ил-86 были определены на основе выполнения Целого ряда требований. Кроме получения оптимального сочетания весовых и аэродинамических характеристик фюзеляжа с учетом размеров оперения, высоты шасси и других геометрических данных, а также высокого уровня комфорта, выбранное поперечное сечение должно было обеспечить возможно большее число вариантов размещения кресел в ряду. При этом следовало учитывать возможность дальнейшего развития Ил-86 - как увеличения его пассажироместимости, так и превращения в грузовой вариант с размещением на верхней палубе универсальных авиационных поддонов и стандартных грузовых контейнеров. На основе комплекса предварительных исследований для самолета Ил-86 был выбран фюзеляж диаметром 6,08 м, позволивший установить девять кресел в одном поперечном ряду с двумя продольными проходами. Введение двух продольных проходов обеспечило большие удобства для пассажиров и обслуживающего персонала, поскольку ускорилось размещение пассажиров и уменьшилось время, затрачиваемое на их обслуживание. При проектировании Ил-86 ширину продольных проходов выбирали с учетом опыта эксплуатации зарубежных широкофюзеляжных самолетов. При эксплуатации самолетов типа Боинг 747, Локхид L-1011 и Дуглас DC-10 продольные проходы между креслами часто блокировались сервировочными тележками стюардесс. Поэтому ширина продольных проходов в пассажирских салонах Ил-86 значительно больше, чем на аналогичных зарубежных самолетах, и она обеспечивает передвижение пассажира по проходу при наличии в нем сервировочной тележки. Кроме того, параметры поперечного сечения фюзеляжа Ил-86 определялись также необходимостью применения на этом самолете новой системы транспортировки багажа пассажиров и грузов по принципу багаж при себе плюс контейнеры. Выбранные размеры входных вестибюлей и стеллажей для багажа, а также помещения буфета-кухни и багажно-грузовых отсеков, расположенных на нижней палубе самолета, обеспечивали не только свободное размещение пассажирами своего багажа, загрузку поддонов, контейнеров типа АБК-1,5 и буфетно-кухонного снаряжения, но и более комфортабельные, чем на других самолетах, условия для работы обслуживающего персонала [1].

Самолет Ил-86 предназначен для перевозки пассажиров, багажа и грузов. В соответствии с Наставлением по производству полетов в гражданской авиации (НПП ГА – 85) самолет Ил-86 (рис. 2.1) относится к магистральным средним самолетам 1-го класса.

Ил-86 – первый отечественный широкофюзеляжный пассажирский самолет. Первый полет опытный экземпляр этого самолета совершил 22 декабря 1976 года. Регулярные рейсы самолет начал выполнять с 1980 года.

Данный самолет выпускался серийно в 1980 – 1994 гг. Всего было построено 103 самолета.



Рис. 2.1. Самолёт Ил-86

Самолет Ил-86 представляет собой моноплан с низко расположенным по высоте фюзеляжа стреловидным крылом, оснащенным мощной механизацией (выдвижные щелевые предкрылки, двухщелевые закрылки, гасители подъемной силы, тормозные щитки). Для управления по крену используются элероны, а также гасители подъемной силы в элеронном режиме. Самолет выполнен по нормальной балансировочной схеме и имеет стреловидное хвостовое оперение с расположением горизонтального оперения на фюзеляже (рис. 2.2). Управление по тангажу осуществляется с помощью руля высоты, установленного на стабилизаторе, а также путем перестановки самого стабилизатора. Управление по рысканию осуществляется с помощью руля направления, установленного на неподвижном киле.

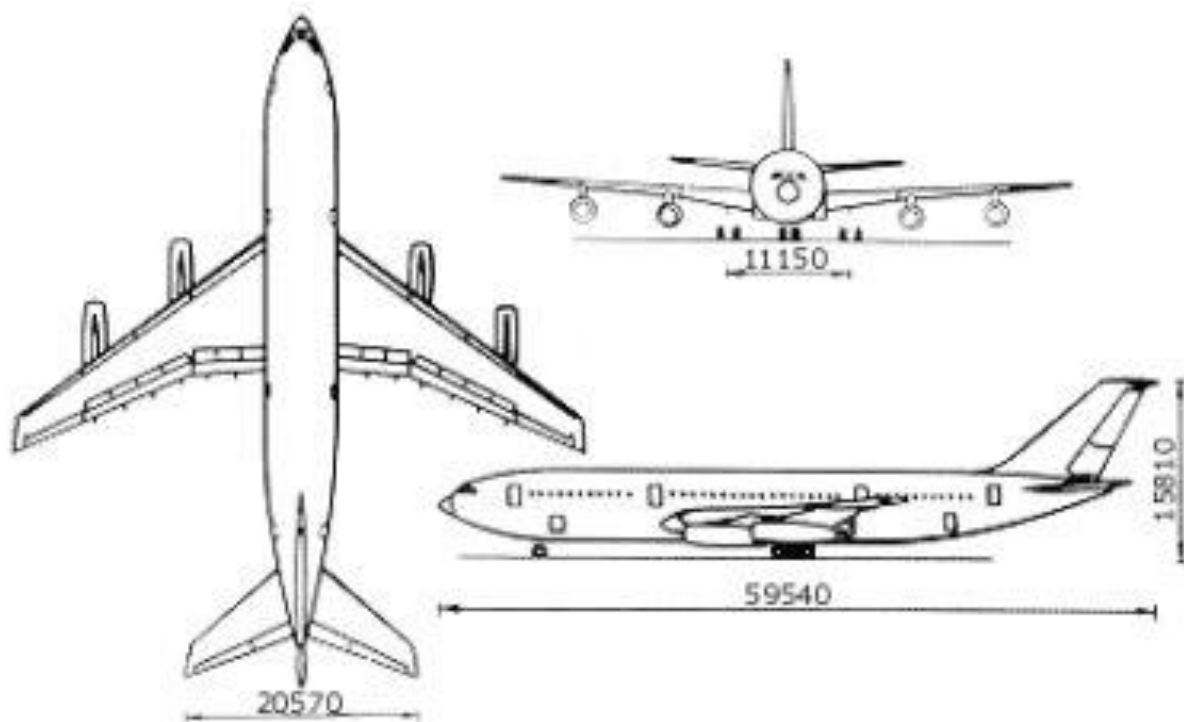


Рис. 2.2. Общий вид самолёта Ил-86

Самолет имеет четырехопорное шасси (одна носовая и три основные опоры). Носовая опора установлена в носовой части фюзеляжа и является ориентирующей с возможностью управления экипажем. Управление осуществляется от специальных рукояток и педалей (во взлетно-посадочном режиме). Основные опоры имеют четырехколесные тележки с тормозными колесами. Левая и правая основные опоры крепятся к крылу, средняя – к фюзеляжу. Шасси после взлета убирается в ниши, расположенные в крыле и фюзеляже.

Силовая установка включает в себя четыре турбореактивных двухконтурных двигателя НК-86 тягой по 13 тс каждый. Двигатели установлены на пилонах под крылом.

Эксплуатация самолета допускается при температуре окружающего воздуха не ниже минус 45°C. Верхний предел температуры зависит от высоты аэродрома и того, выполняют ли самолет взлет или посадку. При посадке на аэродромы с высотами 0, 500, 1000 м максимально допустимая температура окружающего воздуха составляет соответственно плюс 45, 43, 38°C, а при взлете – плюс 40, 38, 33°C соответственно [2].

2.1. Фюзеляж

Фюзеляж — корпус самолёта, предназначенный для крепления крыльев, вертикального и горизонтального оперения, органов приземления, размещения экипажа, пассажиров, груза или вооружения и других агрегатов.

В одномоторных самолётах в фюзеляже размещается также силовая установка.

Фюзеляж самолета Ил-86 состоит из четырех частей (рис. 2.3): передней (до шпангоута № 40), средней (между шпангоутами № 40 и № 90), хвостовой (между шпангоутами № 90 и № 101) и отсека вспомогательной силовой установки (ВСУ) – за шпангоутом № 101. Технологический стык расположен между шпангоутами №№ 39 – 40, а эксплуатационный стык – по шпангоуту № 101.

Цилиндрическая часть фюзеляжа простирается от шпангоута № 23 до шпангоута № 67, поверхность остальных частей фюзеляжа имеют двойную кривизну. Длина фюзеляжа составляет 56,1 м, диаметр цилиндрической части – 6,08 м. Гермокабина ограничена гермошпангоутами № 1 и № 90, длина гермокабины – 48,9 м, объем – 1125 м³. Объем пассажирской кабины – 400 м³.

Фюзеляж двухпалубный. На верхней палубе размещены: кабина экипажа, пассажирская кабина, три гардероба, две буфетные стойки, два передних туалета и шесть задних. Кабина экипажа находится между шпангоутами № 1 и № 9. Пассажирская кабина разделяется на салоны №№ 1, 2, 3 аварийными выходами, середины которых расположены в зонах шпангоутов №№ 12, 35, 64 и 85.

На нижней палубе размещены передний и задний технические отсеки, багажно-грузовые и багажные помещения, отсек кухни и входные лестницы.

Багажно-грузовое помещение № 1 расположено между шпангоутами № 16 и № 31 и состоит из багажного отсека № 1 и грузового отсека № 1, разделенных подвижной перегородкой. Перегородка может устанавливаться (в зависимости от компоновки) по шпангоутам №№ 19, 22 и 25.

Отсек кухни расположен между шпангоутами № 31 и № 38. Отсек кухни связан с первой буфетной стойкой с помощью двоих лифтов.

Багажно-грузовое помещение № 2 размещено между шпангоутами № 57 и № 76 и состоит из багажного отсека № 2 и грузового отсека № 2. Отсеки разделены подвижной перегородкой, которая устанавливается по шпангоуту № 64 или № 67.

Багажный отсек № 3 предназначен только для багажа и расположен между шпангоутами № 76 и № 81.

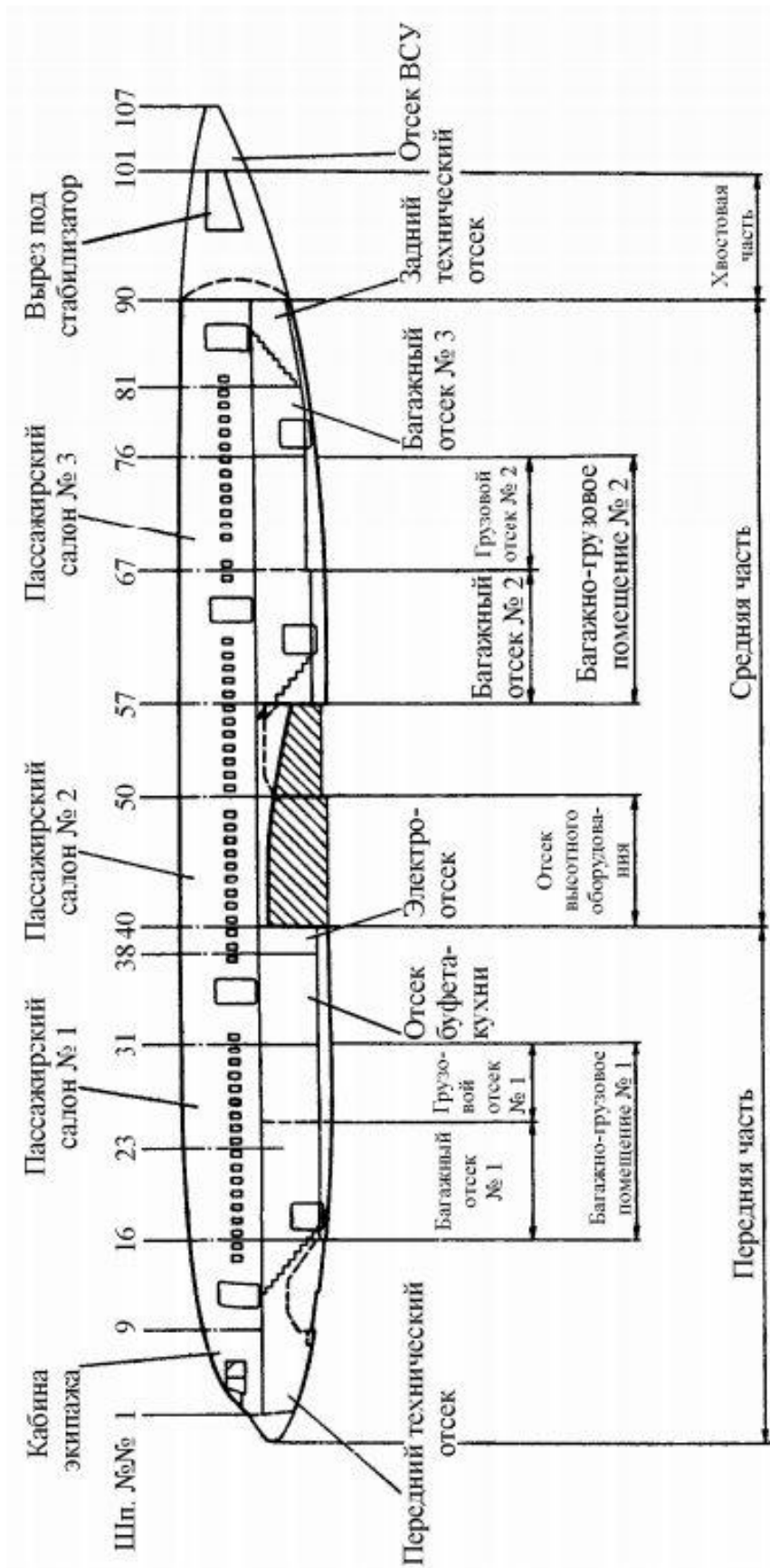


Рис. 2.3. Схема фюзеляжа

Передний технический отсек размещен между шпангоутами №1 и № 16, электроотсек – между шпангоутами № 38 и № 40, а задний технический отсек – между шпангоутами № 81 и № 90.

Отсек высотного оборудования находится под центропланом, между шпангоутами № 40 и № 50. Под полом электроотсека, между шпангоутами № 39 и № 40, размещен герметичный короб, являющийся воздухоборником системы кондиционирования.

Перед шпангоутом № 1 установлен радиопрозрачный обтекатель РЛС. Отсек носовой опоры шасси размещен в зоне шпангоутов №№ 9 – 16. Стык центроплана с фюзеляжем осуществляется в районе шпангоутов №№ 40 – 50. Между шпангоутами №№ 50 – 57 расположены отсеки средней основной опоры шасси и колес левой и правой основных опор шасси. Стык вертикального и горизонтального оперений осуществляется в зоне шпангоутов №№ 90 – 101.

Зализ центроплана с фюзеляжем совместно с обтекателем основных опор шасси установлен в зоне шпангоутов №№ 36 – 64.

Фюзеляж самолета Ил-86 по конструктивно-силовой схеме относится к балочным фюзеляжам типа полумонок. Каркас его состоит из продольного и поперечного наборов, а также окантовок дверных и оконных проемов, каркаса фонаря кабины экипажа, продольных балок и др. Обшивка фюзеляжа работающая, она участвует в восприятии силовых факторов, действующих в сечениях фюзеляжа, а также нагружена избыточным давлением.

Каждая из упомянутых выше частей фюзеляжа (передняя, средняя, хвостовая и отсек ВСУ) имеет особенности конструкции, но имеются также общие для всех частей элементы каркаса, которые можно назвать основными. Рассмотрим сначала основные элементы каркаса фюзеляжа, а остальные элементы будут описаны ниже по мере рассмотрения конструкции частей фюзеляжа. [2]

2.2. Основные элементы фюзеляжа

К основным элементам каркаса можно отнести стрингеры и шпангоуты. В состав фюзеляжа также входит обшивка.

2.2.1. Стингеры

Стрингеры – элементы продольного набора. Из курса «Конструкция и прочность ЛА» известно, что стрингеры передают аэродинамическую нагрузку от обшивки к шпангоутам, вместе с обшивкой участвуют в восприятии изгибающего момента, работая при этом на растяжение или сжатие. Кроме того, стрингеры подкрепляют обшивку при ее работе на сдвиг от поперечного изгиба и кручения фюзеляжа.

В конструкции фюзеляжа Ил-86 стрингеры распределены равномерно по его окружности с шагом около 170 мм (рис. 2.4). Отсчет стрингеров

производится симметрично по правому и левому бортам, сверху вниз от стрингера № 0 до стрингера № 57 (в цилиндрической части фюзеляжа).

В зоне центроплана и отсека средней основной опоры шасси в нижней части фюзеляжа стрингерный набор отсутствует. Стрингеры установлены с внутренней стороны обшивки и крепятся к ней заклепками. Все стрингеры, за исключением стрингеров монолитных фрезерованных панелей, которые имеются в средней части фюзеляжа, изготовлены из прессованных профилей. Основные стрингеры (установленные в наиболее нагруженной центральной зоне фюзеляжа) имеют z-образное сечение с последующей срезкой (на менее нагруженных участках) на уголковое сечение. Остальные стрингеры – уголкового и таврового сечения. Площадь сечения некоторых из них также изменяется по длине в зависимости от характера и величины действующей нагрузки. Стрингеры перестыковываются в местах стыка панелей обшивки. Стрингеры монолитных панелей выполнены в виде ребер. Стрингеры, расположенные по верхним и нижним кромкам дверных вырезов, являются элементами усиливающих окантовок и выполнены в виде балок клепаной конструкции.

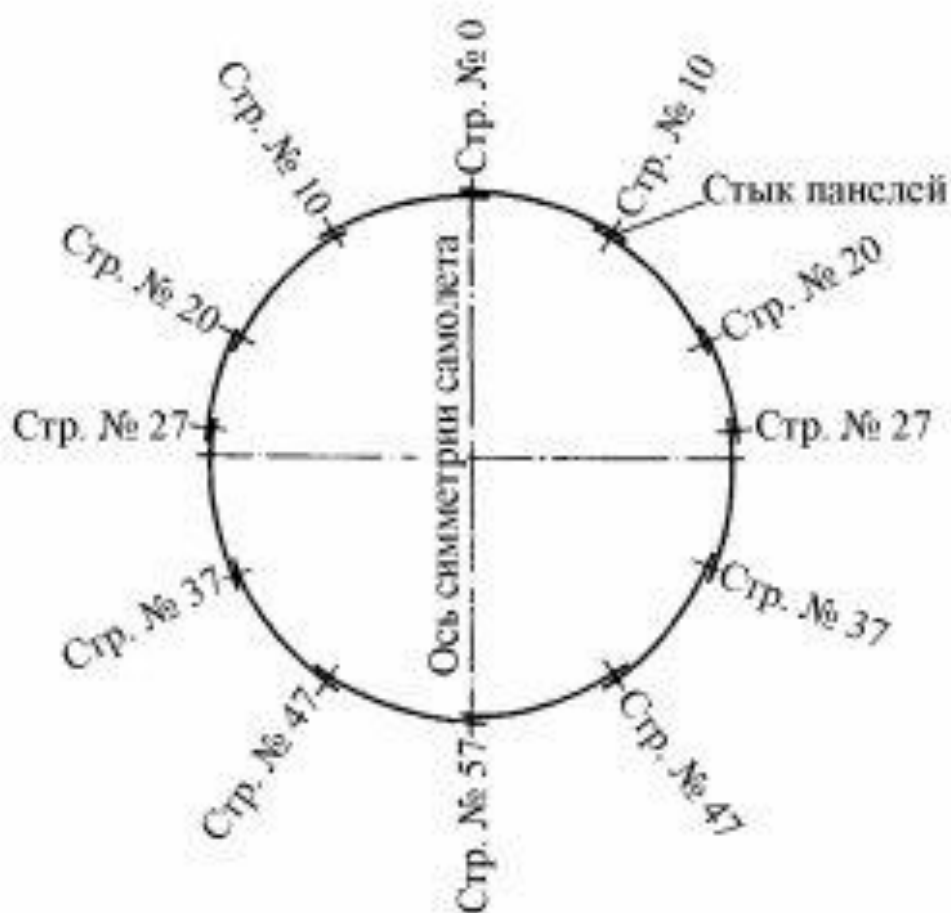


Рис. 2.4. Поперечное сечение цилиндрической части фюзеляжа

2.2.2. Шпангоуты

Шпангоуты – элементы поперечного набора. Они делятся на нормальные и усиленные. Нормальные шпангоуты задают форму поперечного сечения фюзеляжа и сохраняют ее при изгибе фюзеляжа. При этом они работают на изгиб в своей плоскости. Шпангоуты являются также опорами для обшивки и стрингеров, они подкрепляют стрингеры при их работе на сжатие и обшивку при ее работе на сжатие и сдвиг. В литературе вместо термина «нормальный шпангоут» можно встретить термины «типовой шпангоут» или «рядовой шпангоут», имеющие аналогичный смысл.

Большинство шпангоутов имеет кольцеобразную форму. Нормальные шпангоуты состоят из обода, двух поперечных балок (верхней и нижней) и двух стоек, являющихся дополнительной опорой верхней балки. Верхние и нижние балки являются основными элементами каркаса полов верхней и нижней палуб. Верхние балки имеют клепаную конструкцию, состоящую из прессованных поясов и стенки, подкрепленной стойками, а большинство нижних балок выполнено в виде прессованного профиля (швеллерного сечения), подкрепленного несколькими стойками. Типовое крепление поперечной балки к ободу шпангоута показано на рис. 2.5. Обод типового шпангоута состоит из дугообразного прессованного профиля z-образного сечения и компенсатора. Компенсатор отштампован из листа и имеет уголковое сечение. В компенсаторе сделаны просечки под стрингеры. Такая конструкция шпангоутов выбрана из условия повышенного ресурса.

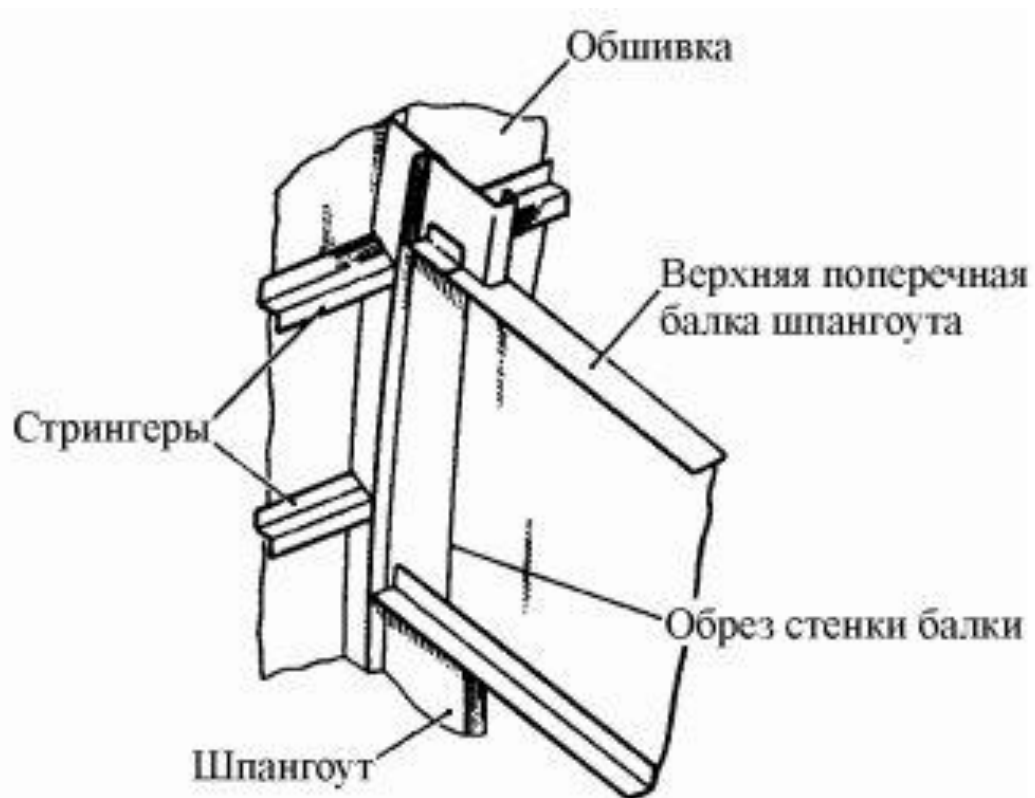


Рис. 2.5. Крепление поперечной балки к ободу шпангоута

Каждый шпангоут состоит из нескольких частей, скрепленных с помощью накладок. Усиленные шпангоуты наружными поясами выходят на контур внутренней поверхности обшивки, и стрингеры перестыковываются на их внешних полках.

Шпангоут № 50 как наиболее нагруженный (установлен по заднему лонжерону крыла) изготовлен из титана. Остальные шпангоуты выполнены из алюминиевого сплава Д16Т.

2.2.3. Обшивка фюзеляжа

Обшивка фюзеляжа прикреплена к продольному и поперечному наборам. Она обеспечивает фюзеляжу обтекаемость и воспринимает нагрузки, действующие на фюзеляж в процессе эксплуатации. Обшивка является основным элементом конструкции фюзеляжа, воспринимающим избыточное давление, и одним из основных элементов, определяющим ресурс планера. Конструктивно обшивка выполнена в виде листов или монолитных фрезерованных панелей. К обшивке также относятся дублеры, которые устанавливаются под наружной обшивкой в зонах вырезов в фюзеляже. Герметичность обшивки обеспечивается специальными

заклепками с компенсаторами. В обшивке фюзеляжа имеется большое количество эксплуатационных люков.

Листовая обшивка обтягивается перед сборкой по контуру фюзеляжа. Крепится обшивка к продольному и поперечному наборам заклепками и болтами с потайными головками, под обтекателем крыла с фюзеляжем – заклепками с плоской головкой. Между собой листы обшивки стыкуются по поперечным стыкам встык, а по продольным стыкам – внахлестку. Поперечные стыки выполняются по шпангоутам и между ними с применением стыковочных лент. Ленты имеют форму, соответствующую контуру фюзеляжа, и устанавливаются под обшивку. Крепление осуществляется с каждой стороны ленты трех-, четырехрядным заклепочным швом. Продольные стыки листов обшивки выполняются по усиленным стрингерам трех-, четырехрядным швом, при этом верхний лист обшивки накладывается на нижний. Плавность обводов фюзеляжа в местах продольных стыков листов обшивки обеспечивается наружным контуром компенсаторов обводов шпангоутов. В хвостовой части фюзеляжа продольные стыки обшивки по стрингерам №№ 14 и 27 выполнены так же, как и поперечные стыки, – встык.

Монолитные фрезерованные панели установлены в зонах центроплана, отсека основных опор шасси и отсека крепления стабилизатора. В отличие от листовой обшивки фрезерованные панели имеют продольные ребра жесткости, оси которых совпадают с осями соответствующих стрингеров. Толщина полотен панелей переменная и определяется величиной нагрузки, действующей в данном месте фюзеляжа. Продольные стыки панелей выполняются внахлестку, а поперечные – встык, кроме стыка по шпангоуту № 57, где панели перестыковываются внахлестку.

Стыки обшивки осуществляются по элементам каркаса: лонжеронам, стрингерам и нервюрам. В настоящее время для крепления обшивки применяется потайная клепка. Отверстия на наружной поверхности зенкуются под закладную головку потайной заклепки. При клепке очень тонких листов 0,5...0,6 мм отверстия под закладную головку заклепки могут подштамповываться.

2.3. Каркас средней части фюзеляжа

Средняя часть фюзеляжа (рис. 2.6) располагается от технологического стыка между шпангоутами №№ 39 – 40 до гермошпангоута № 90. Среднюю часть фюзеляжа для удобства описания можно условно разделить шпангоутом № 57 на две секции – №№ 1 и 2. Это связано с тем, что секция № 1 имеет особенность, заключающуюся в том, что в ее конструкции широко применяются монолитные панели обшивки, продольные ребра которых являются стрингерным набором. Проемы окон в этой секции усилены

утолщением полотна фрезерованных оконных панелей и замкнутым и ребрами по периметру проема каждого окна. Применение монолитных панелей связано с тем, что секция № 1 является наиболее нагруженной зоной фюзеляжа. В ней осуществляется стык центроплана крыла с фюзеляжем, здесь же расположены фюзеляжные отсеки основных опор шасси.

Конструкция секции № 2 сходна с конструкцией передней части фюзеляжа.

В состав каркаса средней части фюзеляжа, кроме стрингеров, нормальных и усиленных шпангоутов, а также элементов окантовки вырезов, входят:

- продольные балки;
- отсек высотного оборудования;
- герметичный шпангоут № 90;
- отсеки основных опор шасси.

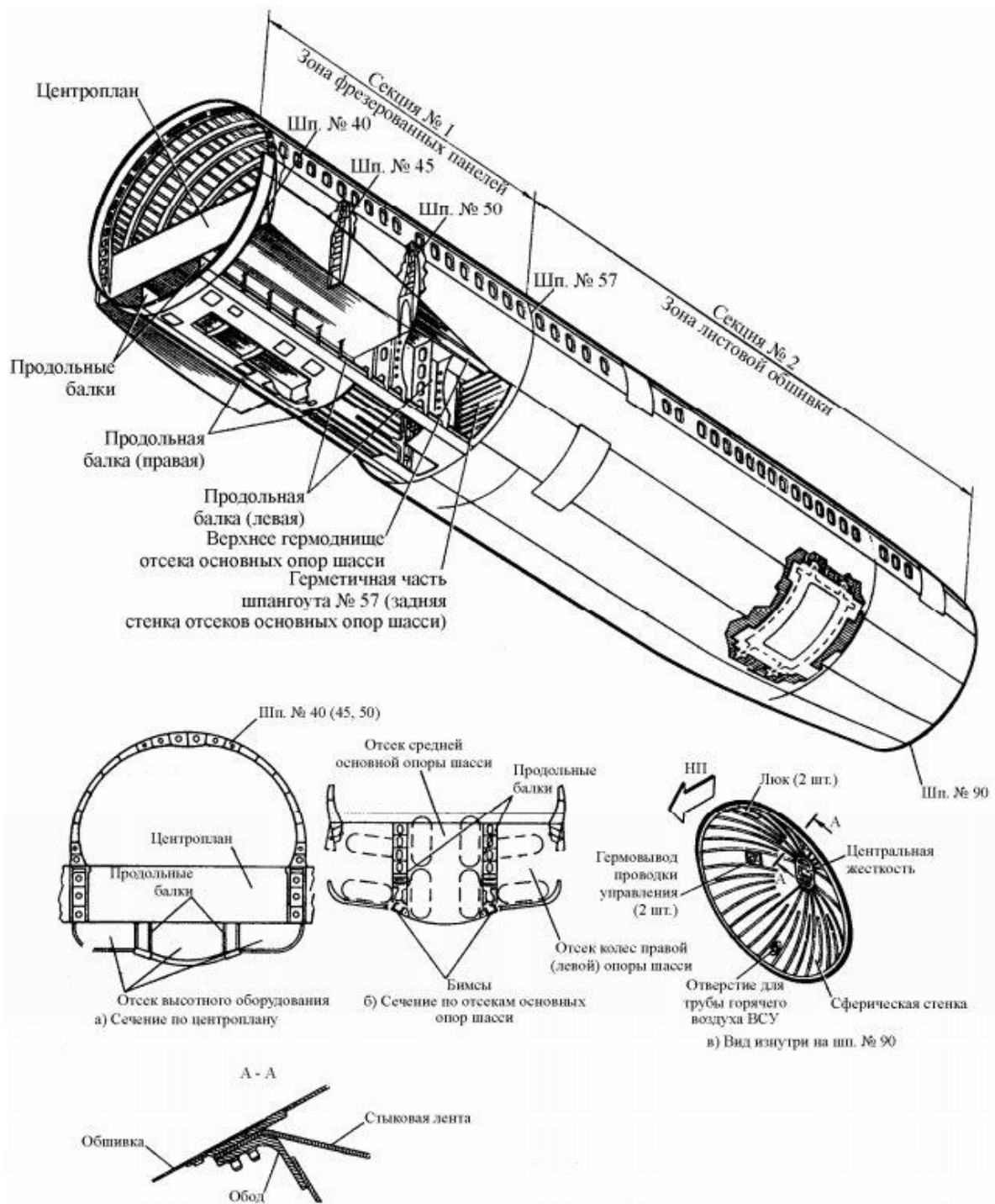


Рис. 2.6. Средняя часть фюзеляжа

Продольные балки являются силовыми элементами в зоне центроплана и отсеков главных ног шасси. Балок две. Они имеют однотипную клепаную конструкцию, состоящую из поясов, стенок и стоек, и расположены симметрично относительно плоскости симметрии самолета. Каждая балка проходит от шпангоута № 40 до шпангоута № 57 и состоит из передней и

задней частей. Передняя часть находится в зоне центроплана и расположена под ним, задняя – в зоне отсеков шасси.

Между задними частями балок расположен отсек средней основной опоры шасси, а с внешних сторон этих частей балок – отсеки колес левой и правой основных опор шасси. Высота задней части балки значительно превышает высоту передней ее части и занимает всю высоту отсека шасси. Стенки частей балки перестыковываются в плоскости заднего лонжерона центроплана (в плоскости шпангоута № 50).

Задние торцы каждой продольной балки заканчиваются монолитными штампованными вертикальными балками, в которых имеются гнезда цапф крепления траверсы средней основной опоры шасси. В гнездах имеются втулки с проточками для смазки и масленки.

3. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Фюзеляж будет состоять из нескольких секций, таких как на рисунке 3.2. В состав секции входит обшивка (12 листов внахлестку) и 12 основных стрингеров, которые находятся на стыках листов (рис. 3.1). Весь фюзеляж состоит из контуров и тел переноса, а так как радиус фюзеляжа уменьшается по мере приближения к хвостовой части, был использован метод *tension3* для выдавливания под углом. Для более гладкого сглаживания использовалось несколько секций.

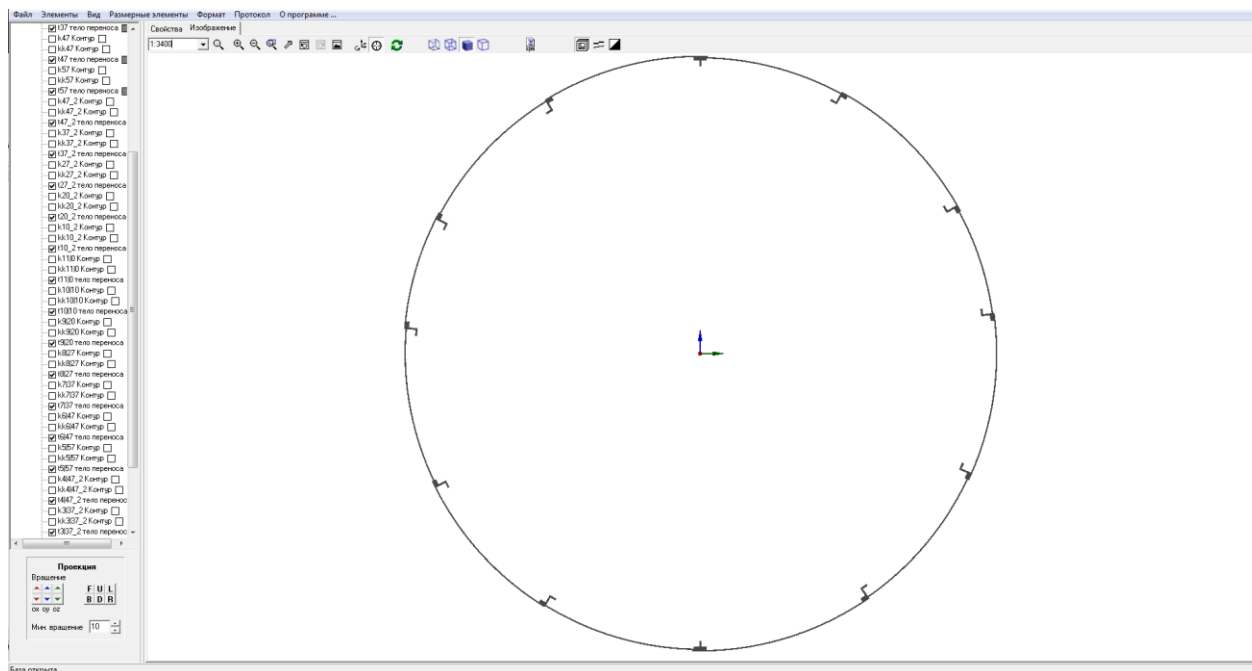


Рис. 3.1. Вид спереди на «секцию»

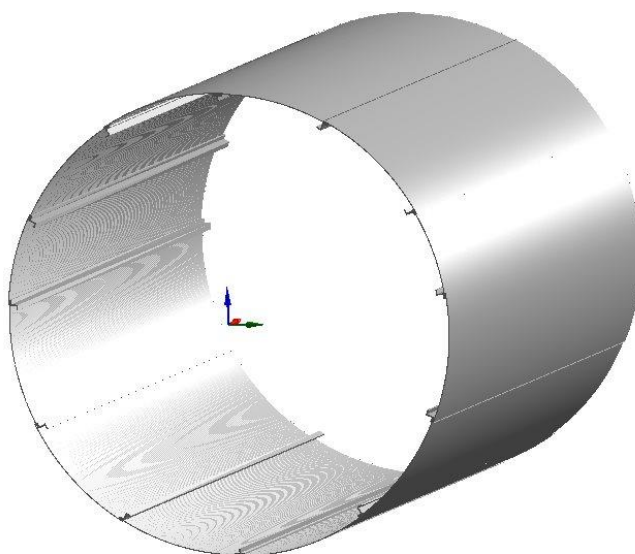


Рис. 3.2. Вид модели в изометрии

3.1. Контур с z-образным сечением

Сначала был сделан контур основного стрингера с z-образным сечением (сечение так называется, так как напоминает латинскую литеру Z), который параметризован радиусом фюзеляжа (рис. 3.3). Стрингеров с таким сечением больше всего, так как обеспечивают дополнительную жесткость, и позволяют эффективно и удобно монтировать подвесы, металлоконструкции и прокладывать кабельно-проводниковые системы.

Код объекта:

+ОБЪЕКТ; КОД=k_str; ИМЯ=КонтурZ; ТИП=1;
--

Блок "**ОБЪЕКТ**" содержит информацию идентифицирующую объект, такую как наименование, код, тип, а также описание признаков, управляющих структурой объекта.

Директива "**КОД**" предназначена для задания кода элемента. Код элемента — это логический признак структурно-параметрической модели, позволяющий однозначно идентифицировать все знания, заложенные в данную модель. Код элемента используется при формировании спецификации файла, сохраняющего содержание модели. Значение кода составляет основную часть спецификации файла - имя файла. Файлы с содержанием СПМ должны иметь расширение ".spm". Значением директивы является символьная цепочка длиной не более 8 символов, состоящая из букв и цифр.

Директива "**ИМЯ**" предназначена для задания наименования элемента. Имя элемента — это его функциональный признак в модели объекта. Значением директивы является символьная цепочка, состоящая из букв и цифр.

Директива "**ТИП**" предназначена для задания типа элемента. Тип элемента — это признак уровня абстрагирования элемента в системе, используемый при обработке модели. Значением директивы является один символ, например, "С" (сборочная единица), "Д" (деталь), "К" (конструктивный элемент). В системе моделирования специальным образом обрабатываются следующие типы элементов:

- "0" -геометрический примитив;
- "Ф" -фиктивный элемент.

Тип «1» означает «контур». В СПМ на базе контуров строятся так называемые кинематические элементы, а именно тело вращения контура, тело сдвига контура, тело переноса с вращением, тело перехода одного контура в другой. Кинематические элементы могут содержать описание параметров контура непосредственно в теле элемента, либо контур задается в

модели СПМ по своей позиции. В теле перехода из одного контура в другой задаются два контура.

Контур объединяет упорядоченный набор отрезков и дуг окружностей. Данный объект имеет переменное число параметров в массиве точек и в массиве топологии. Точками объекта “контур” являются точки концов отрезков, концы и центры дуг окружностей. Массив топологии содержит информацию о последовательности перебора (обхода) точек, образующих отрезки и дуги контура, которая задается в виде ссылок на номера точек объекта.

```
+ПАРАМЕТРЫ;  
  Rad=;  
  Shag=;   Round=;  
  x1=0;   y1=0;  
  x2=0;   y2=;  
  x3=;    y3=;  
  x4=;    y4=;  
  x5=;    y5=;  
  x6=;    y6=;  
  x7=;    y7=;  
  x8=;    y8=0;  
  . . . . .  
N=8; Ntop=18;  
+ФОРМУЛЫ;  
Round=Rad*2*3.1415;  
Shag=Round/114;  
y2=-Shag*(9/17);  
y3=y2;  
y4=-Shag*(11/17);  
y5=y4;  
y6=-Shag*(2/17);  
y7=y6;  
x3=Shag*(6/17);  
x4=x3;  
x5=y6;  
x6=x5;  
x7=-Shag*(8/17);  
x8=x7;
```

В блоке "ПАРАМЕТРЫ" описываются параметры объекта проектирования. Блок параметры может отсутствовать в модели, если все параметры, описывающие размеры элементов и их положение в пространстве заданы константами. Однако такое задание параметров приводит к созданию трудно модифицируемых моделей.

Блок "ФОРМУЛЫ" необходим для задания функциональных зависимостей между параметрами. Имеется возможность описания аналитических зависимостей, определения значений параметров по таблицам, округления до нормализованных значений и вызова внешних процедур.

Результат отрисовки модели плоского контура стрингера с z-образным сечением показан на рисунке 3.3. На рисунке 3.4 показана модель стрингера в изометрии.

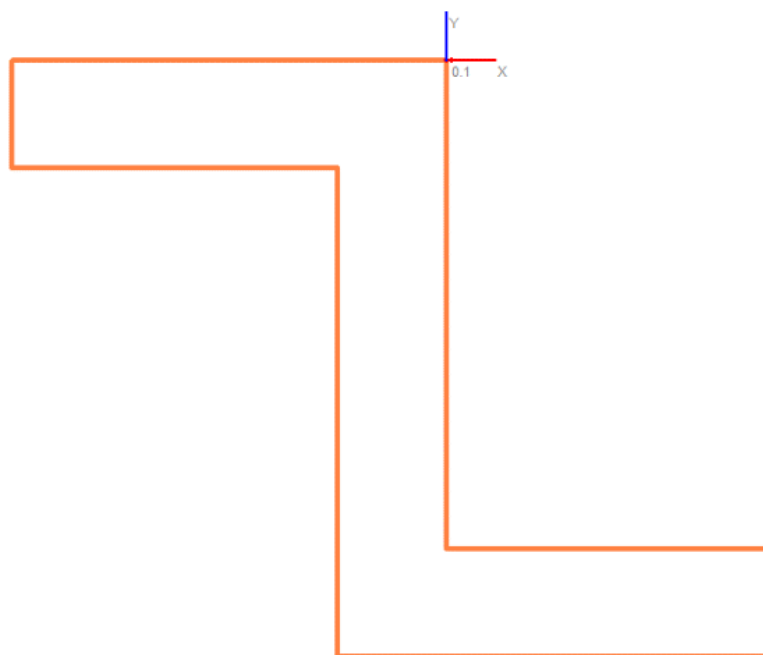


Рис. 3.3. Контур стрингера с z-образным сечением

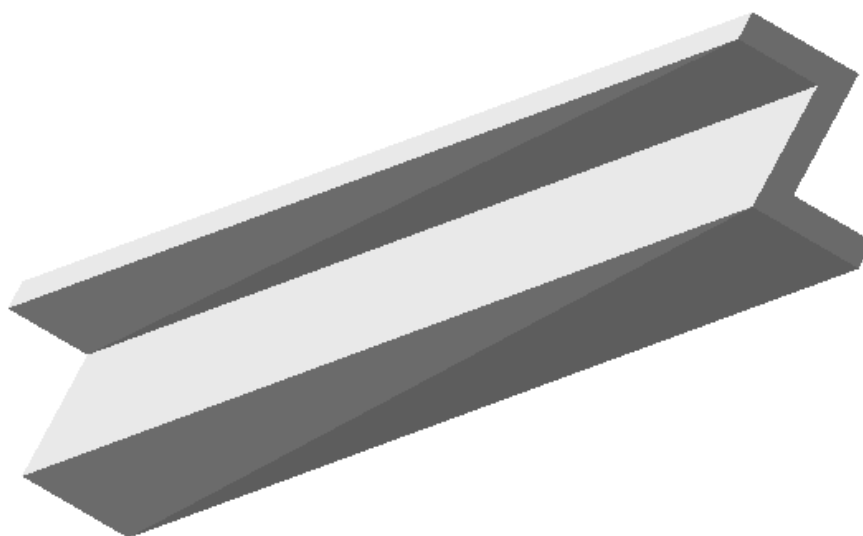


Рис. 3.4. Стрингер в изометрии

3.2. Контур с тавровым сечением

Также был сделан контур стрингера с тавровым сечением, параметризованный радиусом фюзеляжа (рис. 3.4). Тавровое сечение образуется из полки и ребра. Стрингер с таким сечением более армирован и может принимать большие нагрузки как на сгибание, так и на растяжение и сжатие. Так балки устанавливаются сверху и снизу фюзеляжа.

```
+ОБЪЕКТ;  
КОД=k_tvtr; ИМЯ=КонтурТ; ТИП=1;  
  
+ПАРАМЕТРЫ;  
  Rad=;  
  Shag=;   Round=;  
  x1=0;    y1=0;  
  x2=;     y2=0;  
  x3=;     y3=;  
  x4=;     y4=;  
  x5=;     y5=;  
  x6=;     y6=;  
  x7=;     y7=;  
  x8=;     y8=;  
  x9=;     y9=0;  
  . . . . .  
N=9; Ntop=20;  
  
+ФОРМУЛЫ;  
Round=Rad*2*3.1415;  
Shag=Round/114;  
x2=Shag*(7/17);  
x3=x2;  
x4=Shag*(1/17);  
x5=x4;  
x6=-Shag*(1/17);  
x7=x6;  
x8=-Shag*(7/17);  
x9=x8;  
  
y3=-Shag*(2/17);  
y4=y3;  
y5=-Shag*(8/17);  
y6=y5;  
y7=y4;  
y8=y7;
```

Результат отрисовки модели плоского контура стрингера с тавровым сечением показан на рисунке 3.5. Он будет установлен на место

стрингера №1 и №57. На рисунке 3.6. показана модель таврового стрингера в изометрии.

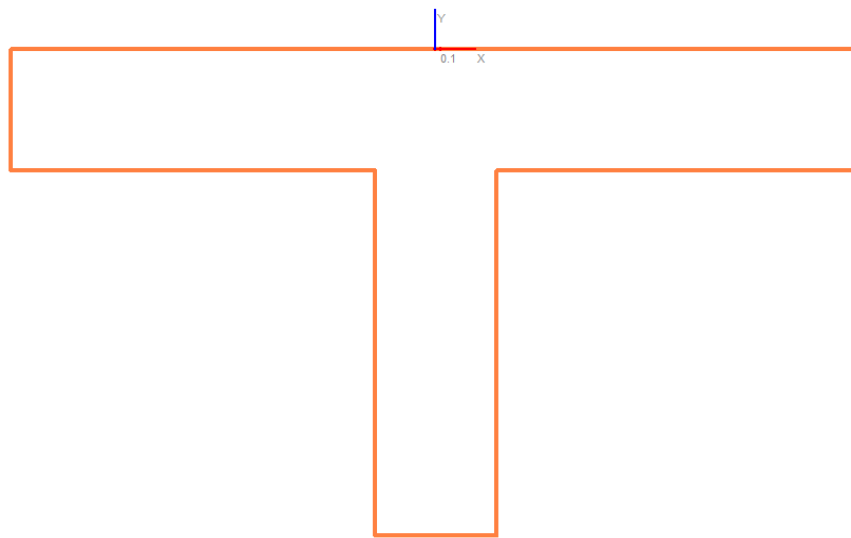


Рис. 3.5. Контур стрингера с тавровым сечением

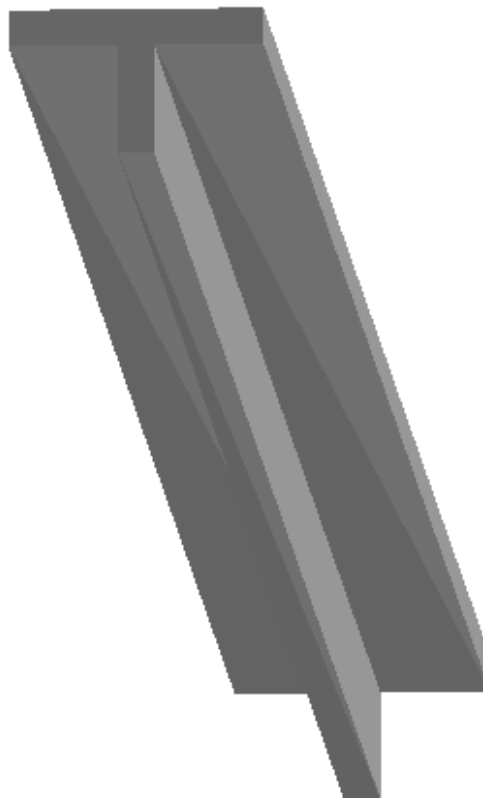


Рис. 3.6. Стрингер в изометрии

3.3. Контур листа обшивки

Далее был сделан контур листа обшивки, который так же параметризован радиусом (рис. 3.5). Листы обшивки в действительности очень тонкие, от 0,6 мм до 1,8 мм и обычно представляют собой металлические пластины. Металлическая обшивка принимает на себя разные нагрузки в виде крутящих и изгибающих моментов и передаёт её на стрингеры и шпангоуты. Например, вес крыла примерно наполовину составляет вес обшивки. Материал обшивки также может быть разным: деревянная, перкальная, из композитных материалов или ламинированная плёнка. Однако металлическая обшивка имеет наилучшие показатели прочности и аэродинамики.

Код объекта:

```
+ОБЪЕКТ;  
КОД=list1; ИМЯ=Контур; ТИП=1;  
  
+ПАРАМЕТРЫ;  
  Rad=; Shag=; Round=; Grad=;  
  Rad2=;Shag2=; Round2=; Grad2=;  
  a10=;  
  a20=;  
  a30=;  
  a40=;  
  . . . . .  
  
N=5; Ntop=10;  
  
+ФОРМУЛЫ;  
Rad2=Rad+2;  
Round=Rad*2*3.1415;  
Round2=Rad2*2*3.1415;  
Shag=Round/114;  
Shag2=Round2/114;  
Grad=Round/360;  
Grad2=Round2/360;  
  
a10=(Shag*105-Shag*(8/17))/Grad;  
y1=COS(a10)*Rad;  
x1=SIN(a10)*Rad;  
  
a20=a10;  
y2=COS(a10)*Rad2;  
x2=SIN(a10)*Rad2;  
  
a30=(Shag2*114)/Grad2;
```

```
y3=COS(a30)*Rad2;  
x3=SIN(a30)*Rad2;
```

```
a40=a30;  
y4=COS(a40)*Rad;  
x4=SIN(a40)*Rad;
```

Результат отрисовки модели плоского контура листа обшивки показан на рисунке 3.7. Контуров листов было сделано 12, так как они отличаются по длине и положению в пространстве. На рисунке показана модель листа обшивки в изометрии.

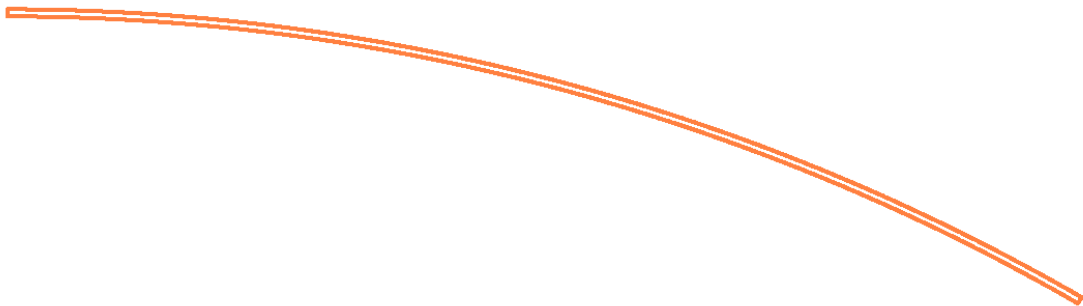


Рис. 3.7. Контур первого листа

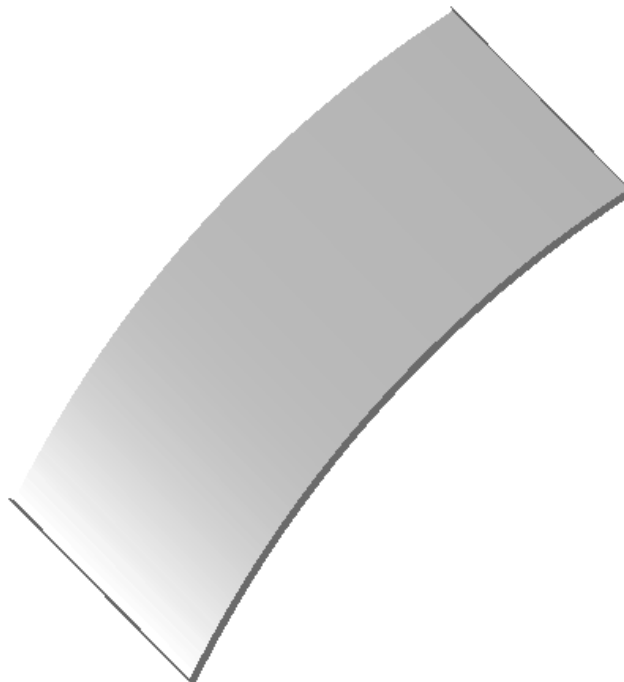


Рис. 3.8. Лист обшивки в изометрии

3.4. Секция фюзеляжа

Общая модель геометрического представления была разбита на сегменты. Каждая часть секции определена и параметризована радиусом фюзеляжа. Также в фюзеляже есть переменная конечного радиуса для создания сужения или расширения секции, которое реализуется с помощью функции `tension3`.

Примитив "`tension3`" позволяет построить тело, натянутое на точки контуров. Как первый, так и второй контур могут состоять из нескольких составных частей. Части помечаются отрицательными значениями четных элементов топологии. Части контуров соединяются один в один.

Описание контуров вынесено в отдельные элемент, указываемый либо по абсолютному номеру в базе СПМ (если заданы параметры с именами "`контур1`", "`контур2`"), либо как элемент предшествующий данному примитиву в базе СПМ, причем в последнем случае это должны быть элементы дерева того же уровня, что и данный, т.е. его левые соседи в терминологии дерева элементов. В элементах, содержащем контур для элемента "`tension3`" игнорируются параметры угла поворота и смещения точек контура (U, X, Y). Эти параметры, а также некоторые дополнительные задаются в элементе "`tension3`". Таким образом, в контуре задается его топология и его точки, а углы и смещения контура конкретизируются в элементе "`tension3`". Далее приведены параметры элемента "`tension3`".

Директива "ЭЛЕМЕНТ" предназначена для задания метки элемента. Метка элемента — это признак, используемый при обработке модели для идентификации элемента. Значением директивы является литерная цепочка размером не более 4-х символов, состоящая из букв и цифр.

Директива "СВЯЗЬ" предназначена для указания пары элементов, участвующих в описываемом отношении. Например:

"СВЯЗЬ=Б-О;"

Здесь "Б"- метка базового элемента, "О"- метка описываемого элемента.

Код секции фюзеляжа:

```
+ОБЪЕКТ;  
КОД=fz_section; ИМЯ=Секция фюзеляжа; ТИП=C;  
+ПАРАМЕТРЫ;  
  Rad=;      len=;  
  RadEnd=;   Rad_delta=;  
  RadEnd_up=; Rad_up=;  
  Shag=; Round=; Grad=;  
  y0=;  
  y10=; x10=; a10=;
```

```
y20=; x20=; a20=;
y27=; x27=; a27=;
y37=; x37=; a37=;
y47=; x47=; a47=;
y57=; x57=; a57=;
y47_2=; x47_2=; a47_2=;
y37_2=; x37_2=; a37_2=;
y27_2=; x27_2=; a27_2=;
y20_2=; x20_2=; a20_2=;
y10_2=; x10_2=; a10_2=;
```

```
+ЭЛЕМЕНТЫ;
ЭЛЕМЕНТ=01; ИМЯ=База; ТИП=Ф;
```

```
!СТРИНГЕРЫ
```

```
ЭЛЕМЕНТ=k0; КОД=k_tvr; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk0; КОД=k_tvr; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t0; КОД=tension3; l=len; Y2=Rad_delta;
```

```
ЭЛЕМЕНТ=k10; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk10; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t10; КОД=tension3; l=len; Y2=Rad_delta;
```

```
. . . . .
```

```
!ЛИСТЫ ОБШИВКИ
```

```
ЭЛЕМЕНТ=k11|0; КОД=list1; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk11|0; КОД=list1; Rad=RadEnd;
ЭЛЕМЕНТ=t11|0; КОД=tension3; l=len;
```

```
ЭЛЕМЕНТ=k10|10; КОД=list2; Rad=Rad_up;
ЭЛЕМЕНТ=kk10|10; КОД=list2; Rad=RadEnd_up;
ЭЛЕМЕНТ=t10|10; КОД=tension3; l=len;
```

```
+ПОЛОЖЕНИЕ;
```

```
СВЯЗЬ=01-k0; Y=y0; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k10; Y=y10; UY=90; X=x10; UZ=-a10;
СВЯЗЬ=01-k20; Y=y20; UY=90; X=x20; UZ=-a20;
```

```
. . . . .
```

```
СВЯЗЬ=01-k20_2; Y=y20_2; UY=90; X=x20_2; UZ=-a20_2;
СВЯЗЬ=01-k10_2; Y=y10_2; UY=90; X=x10_2; UZ=-a10_2;
```

```
СВЯЗЬ=01-k0|10_2; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k1|20_2; UY=90;
```

```
. . . . .
```

```

СВЯЗЬ=t0-k0;
СВЯЗЬ=t0-kk0;

СВЯЗЬ=t10-k10;
СВЯЗЬ=t10-kk10;
. . . . .

СВЯЗЬ=t0|10_2-k0|10_2;
СВЯЗЬ=t0|10_2-kk0|10_2;

СВЯЗЬ=t1|20_2-k1|20_2;
СВЯЗЬ=t1|20_2-kk1|20_2;
. . . . .

+ФОРМУЛЫ;
Rad_up=Rad+2;
RadEnd_up=RadEnd+2;
Rad_delta=(Rad-RadEnd)*(-1);
y0=Rad;
Round=Rad*2*3.1415;
Shag=Round/114;
Grad=Round/360;

a10=(Shag*10)/Grad;
y10=COS(a10)*Rad;
x10=SIN(a10)*Rad;
. . . . .

a20_2=(Shag*95)/Grad;
y20_2=COS(a20_2)*Rad;
x20_2=SIN(a20_2)*Rad;

a10_2=(Shag*105)/Grad;
y10_2=COS(a10_2)*Rad;
x10_2=SIN(a10_2)*Rad;

```

Стрингеров в фюзеляже должно быть 114, но я показал только основные из них, которые находятся на стыках листов обшивки. Расстояние между стрингерами составляет ~140 мм при диаметре 6,08 м, поэтому по формулам есть переменная Shag, которая как раз высчитывает относительно радиуса расстояние между стрингерами. Благодаря этой переменной можно узнать точное положение стрингера относительно центра фюзеляжа.

3.5. Фюзеляж

Геометрическая модель фюзеляжа состоит из включений элементов «секция».

Директива "ГРУППА" позволяет описать некоторую совокупность свойств как взаимосвязанную группу. Значением директивы является список меток свойств, входящих в группу.

Информация, описывающая условия вывода решения, размещается в блоке "ЭЛЕМЕНТЫ".

Директива "МОДЕЛЬ" позволяет установить алгоритм обработки модели объекта. Значением директивы является код типовой математической модели структурного проектирования.

Директива "СВОЙСТВА" позволяет описать отношения между элементами и свойствами объекта. Значением директивы является список меток свойств.

Функция **OKR**(0, p, n) предназначена для округления и нормализации значений параметров. Здесь:

- *n* – номер ряда нормализованных величин (при $n=0$ выполняется округление до ближайшего целого значения);
- *p* – идентификатор обрабатываемого параметра.

Количество секций параметризовано количеством пассажиромест. Удлинение рассчитано так, что на одну секцию, которая по длине 2 метра, помещается 30 человек (1 ряд по 8 кресел длиной 0,5 метров). Соответственно, в стандартной комплектации от 320 до 350 человек. При добавлении ещё одной и двух секций, количество мест увеличивается до 382 и 413 соответственно.

```
+ОБЪЕКТ;  
КОД=fz; ИМЯ=Фюзеляж; ТИП=C;  
  
S7(Семь секций)=(passCount, 320, 350);  
S8(Восемь секций)=(passCount, 351, 382);  
S9(Девять секций)=(passCount, 383, 413);  
ГРУППА(Кол-во секций)=S7, S8, S9;  
МОДЕЛЬ=ТАМК;  
  
+ПАРАМЕТРЫ;  
Rad=304;  
Rad0=;  
Rad1=; RadEnd1=;  
Rad2=; RadEnd2=;  
Rad3=; RadEnd3=;  
Rad4=; RadEnd4=;  
passCount=320;  
temp=;  
sectionCount=;  
sectionLen=;
```

```

deltaSection3=;
deltaSection4=;

+ЭЛЕМЕНТЫ;
  ЭЛЕМЕНТ=00; ИМЯ=База; ТИП=Ф;
  ЭЛЕМЕНТ=sec00;      КОД=fz_section;      Rad=Rad0;      RadEnd=RadEnd1;
len=sectionLen; СВОЙСТВА=S7,S8,S9;
  . . . . .
  ЭЛЕМЕНТ=sec011;КОД=fz_section;      Rad=Rad1;      RadEnd=RadEnd1;
len=sectionLen; СВОЙСТВА=S8,S9;
  ЭЛЕМЕНТ=sec012;КОД=fz_section;      Rad=Rad1;      RadEnd=RadEnd1;
len=sectionLen; СВОЙСТВА=S9;
  . . . . .
  ЭЛЕМЕНТ=sec06;      КОД=fz_section;      Rad=Rad4;      RadEnd=RadEnd4;
len=sectionLen; СВОЙСТВА=S7,S8,S9;

+ПОЛОЖЕНИЕ;
  СВЯЗЬ=00-sec00;
  . . . . .
  СВЯЗЬ=00-sec012;      X=deltaSection3;
  СВЯЗЬ=00-sec04;      X=deltaSection4;
  СВЯЗЬ=sec04-sec05;      X=sectionLen;
  СВЯЗЬ=sec05-sec06;      X=sectionLen;

+ФОРМУЛЫ;
sectionLen=Rad/3*2;
deltaSection3=sectionLen*5;
deltaSection4=sectionLen*(sectionCount+4);
. . . . .

temp=(passCount-319)/32;
sectionCount=OKR(0,temp,-5);

```

Из количества пассажиров по формулам вычисляется количество дополнительных секций. В зависимости от переменной дополнительных секций, изменяется отступ 4й секции фюзеляжа. При стандартной комплектации (350 пассажиров) длина фюзеляжа составляет 56 метров (рис. 3.9). Благодаря директиве «Группа», 2 секции отпадают на стадии структурной обработки.

При трансляции (рис. 3.9) транслируются все объекты вне зависимости от того, будут они отрисовываться или нет.

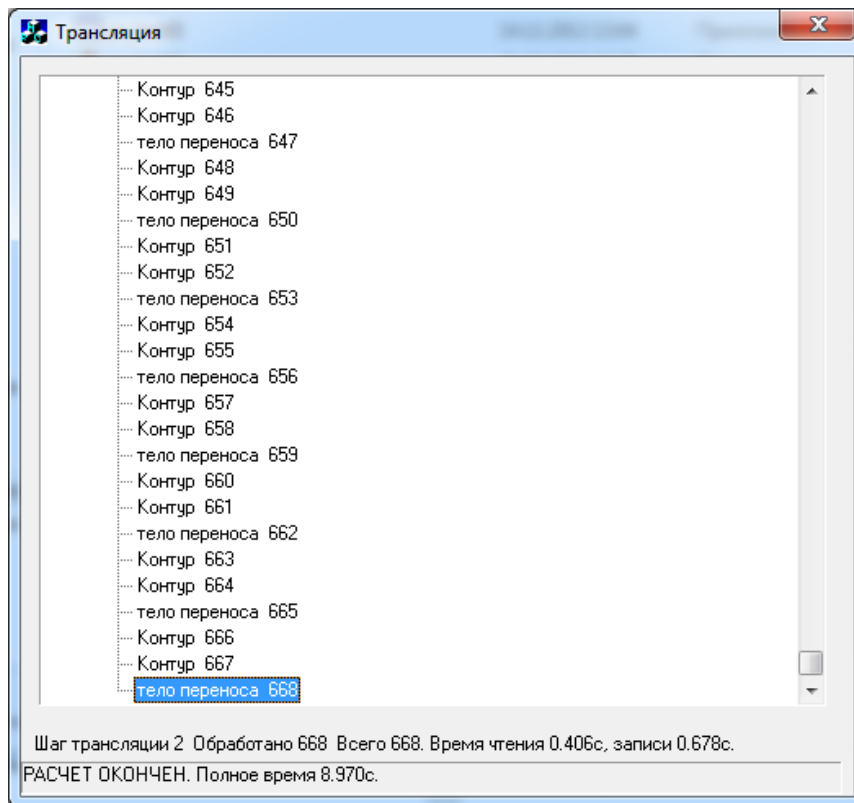


Рис. 3.9. Трансляция фюзеляжа

Далее идёт этап структурной обработки, в которой и вычисляется количество секций. На рисунке 3.10 показано, что при 350 пассажирах будет семь секций.

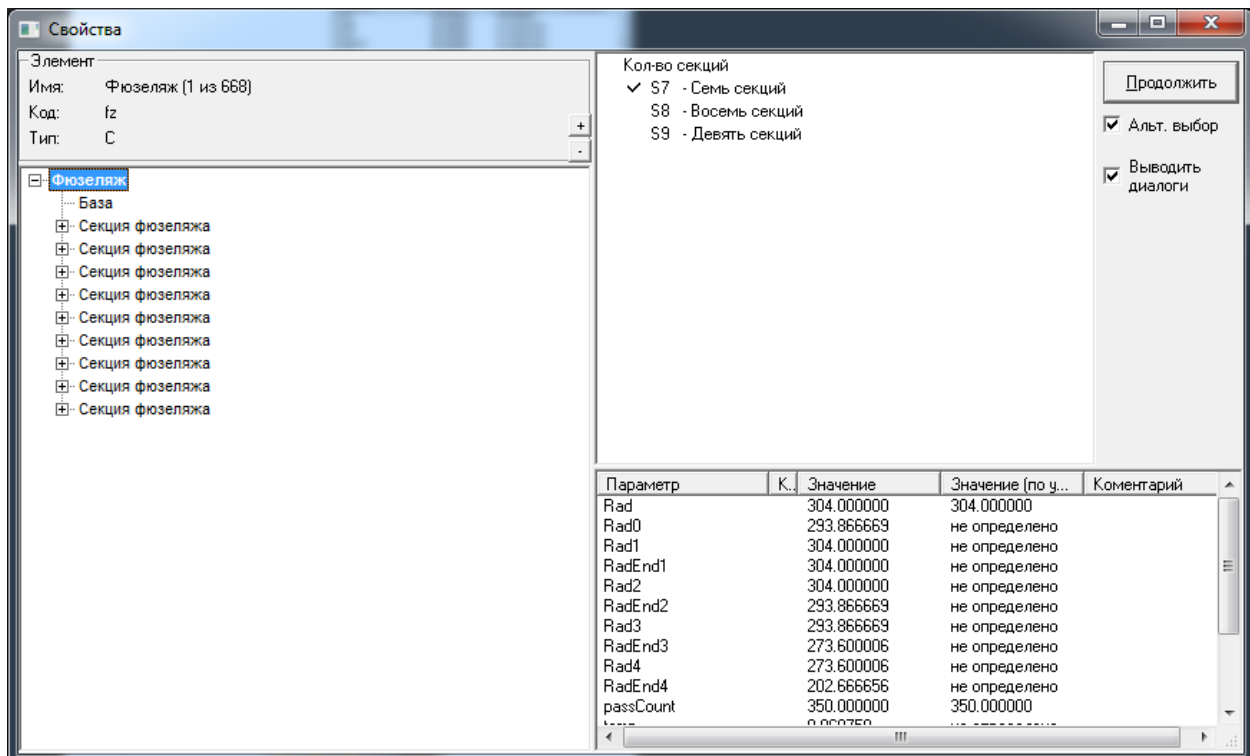


Рис. 3.10. Вычисление секций при 350 пассажирах

На рисунке 3.11 показано, что при семи секциях выпадают две секции, которые не должны быть отрисованы.

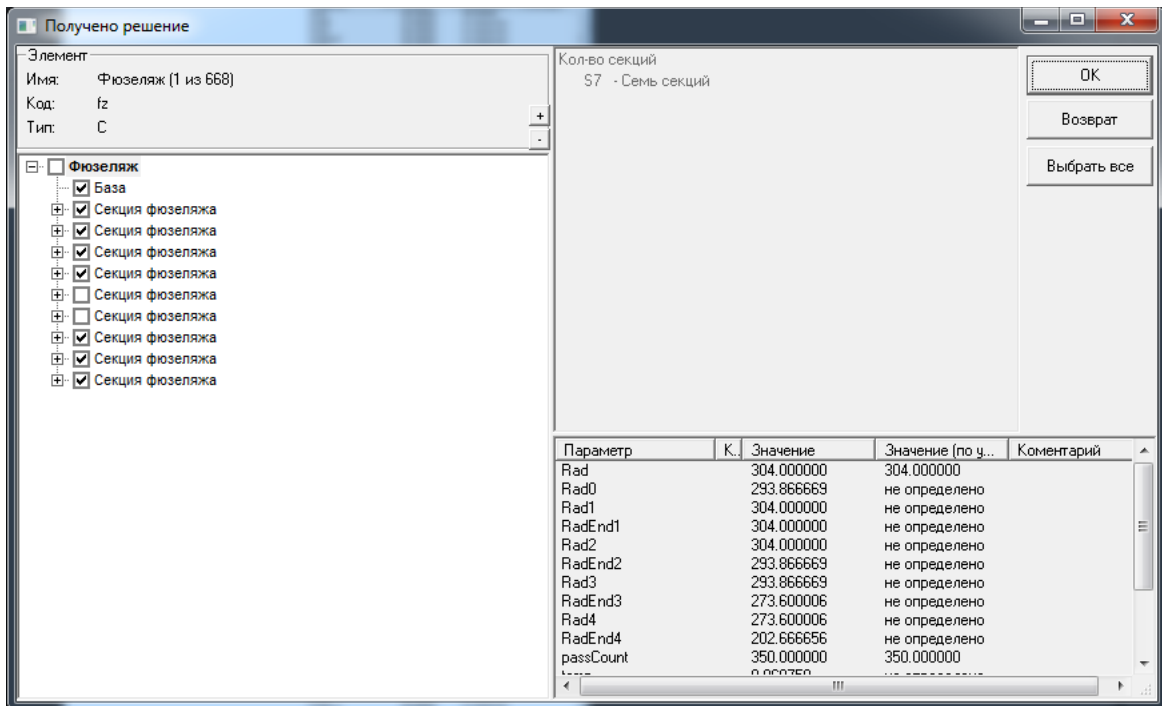


Рис. 3.11. Демонстрация отбрасывания ненужных секций

В итоге мы получаем фюзеляж с семью секциями как раз для 350 мест (Рис. 3.12 и 3.13).

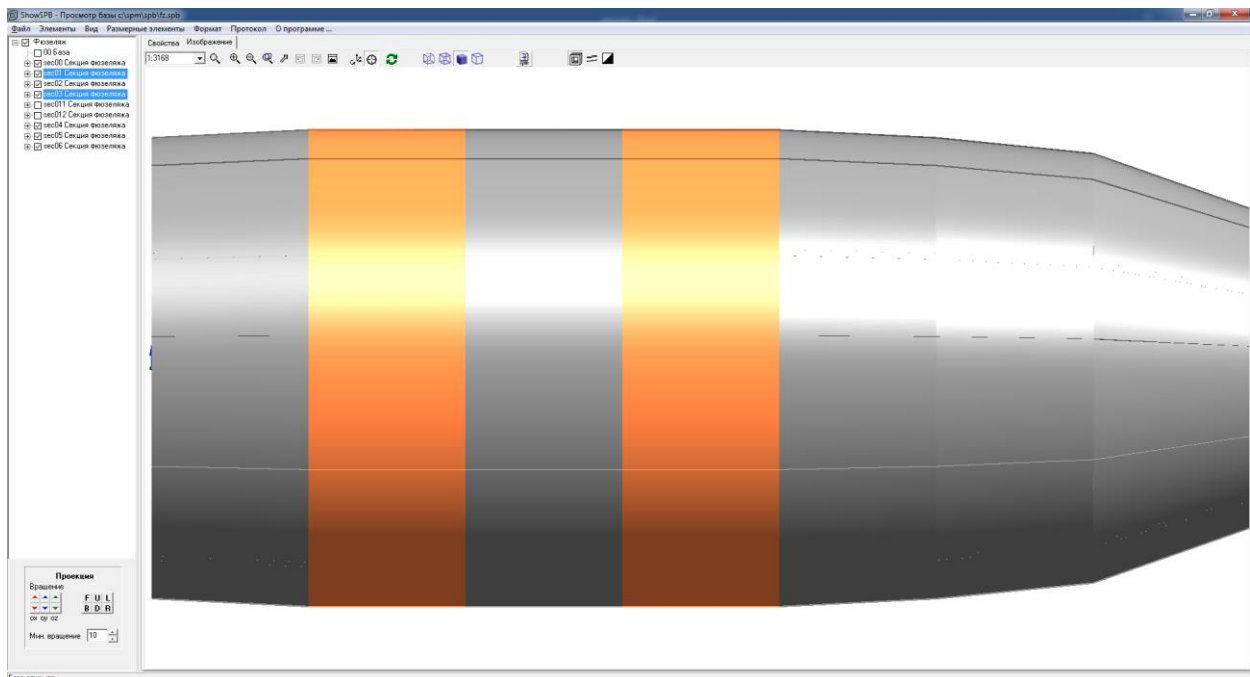


Рис. 3.12. Фюзеляж для 350 пассажиров

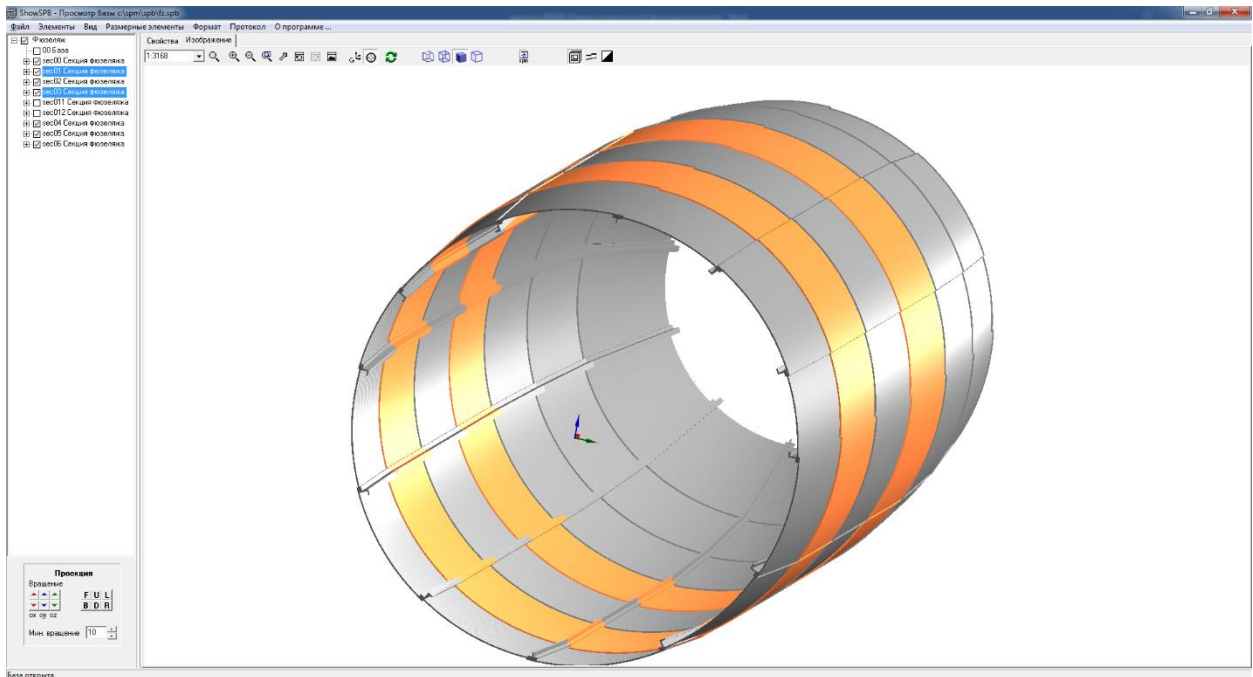


Рис. 3.13. Фюзеляж для 350 пассажиров в изометрии

При увеличении количества пассажиров до 400, появляется 2 дополнительные секции. Таким образом, длина фюзеляжа при стандартном диаметре составляет 60 метров и увеличивает вес конструкции. В структурной обработке видно, что выбирается 9 секций (рис. 3.14) и, соответственно, будут отрисовываться все секции (рис. 3.15).

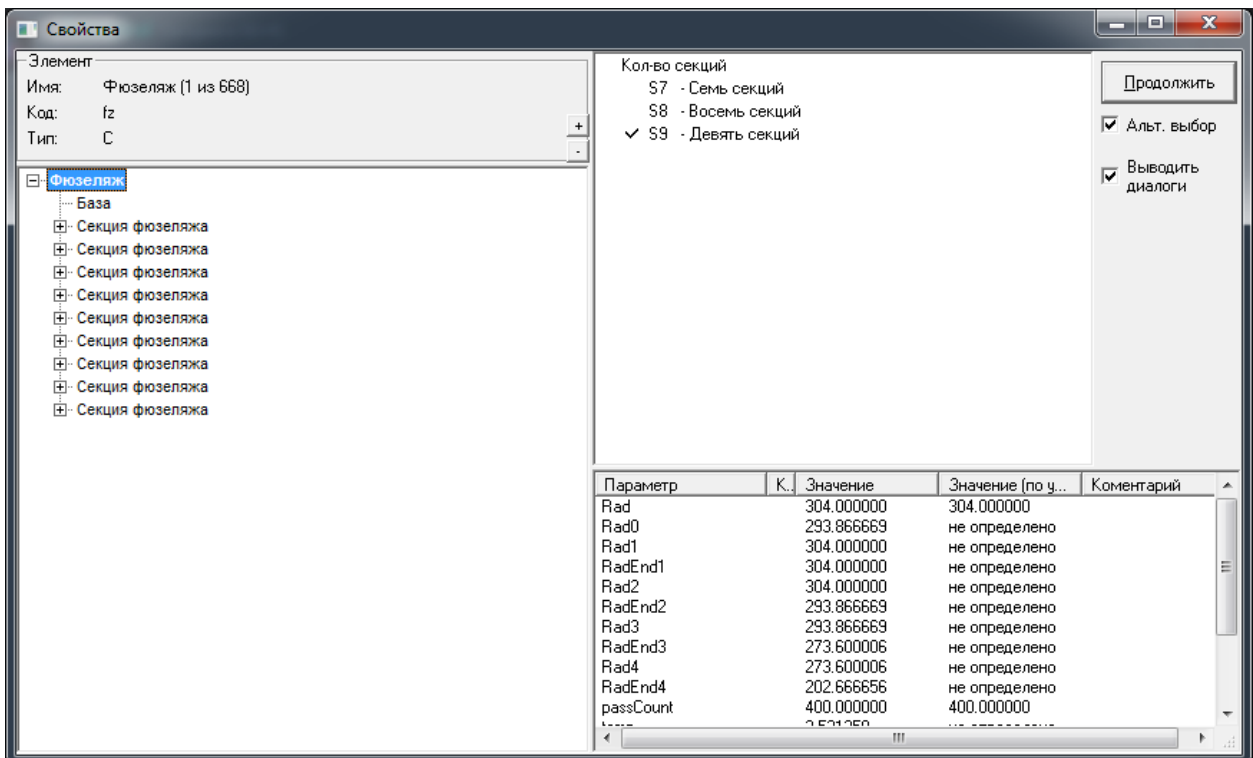


Рис. 3.14. Вычисление секций при 400 пассажирах

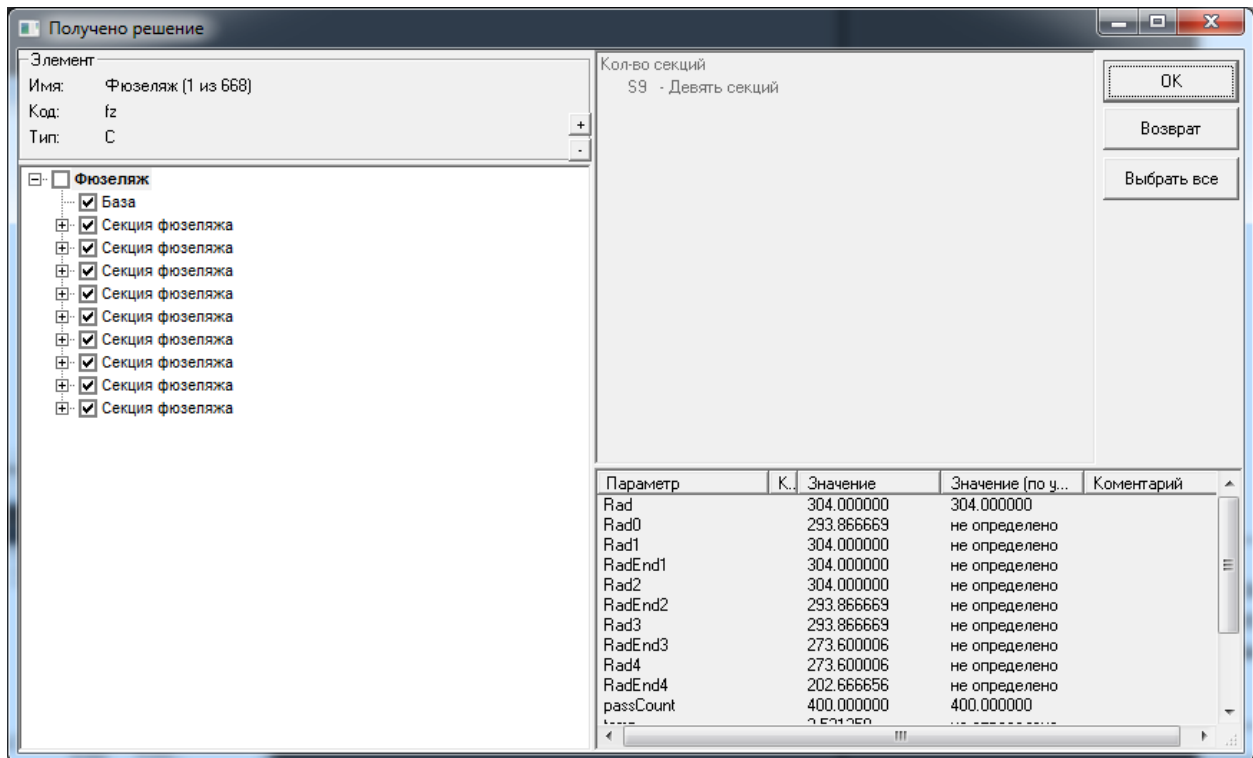


Рис. 3.15. Отрисовка всех секций

Таким образом, фюзеляж для 400 пассажиров будет выглядеть как на рисунках 3.16 и 3.17.

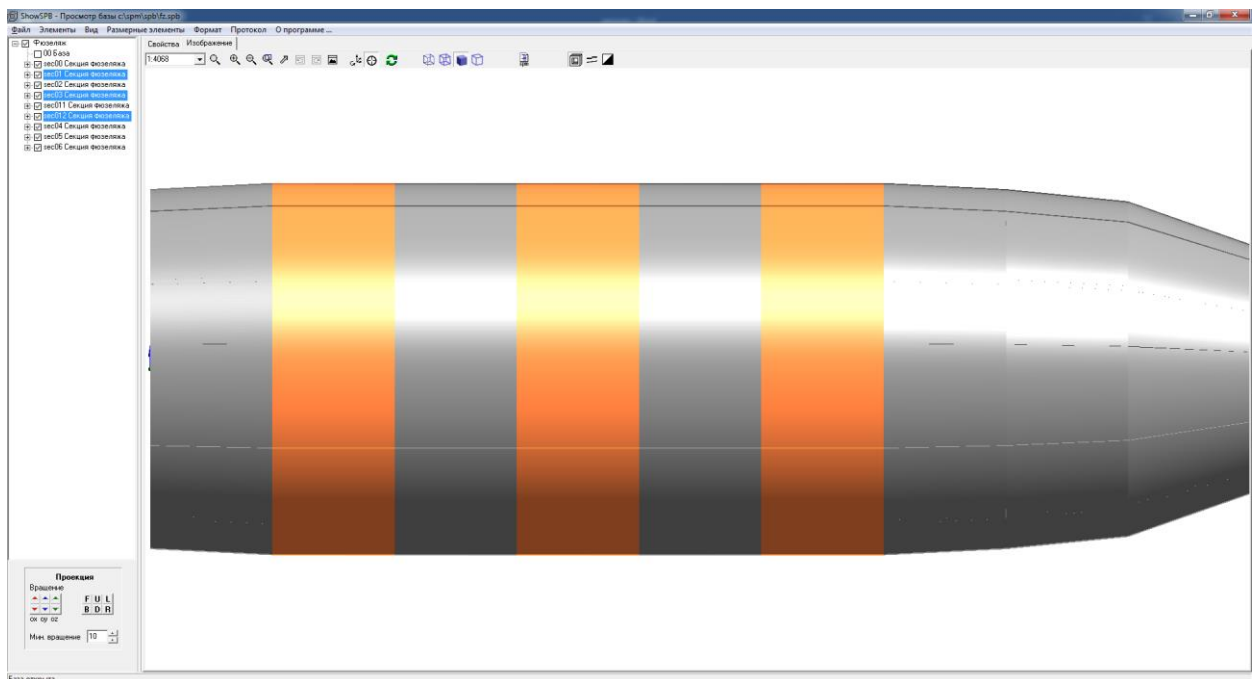


Рис. 3.16. Фюзеляж для 400 пассажиров

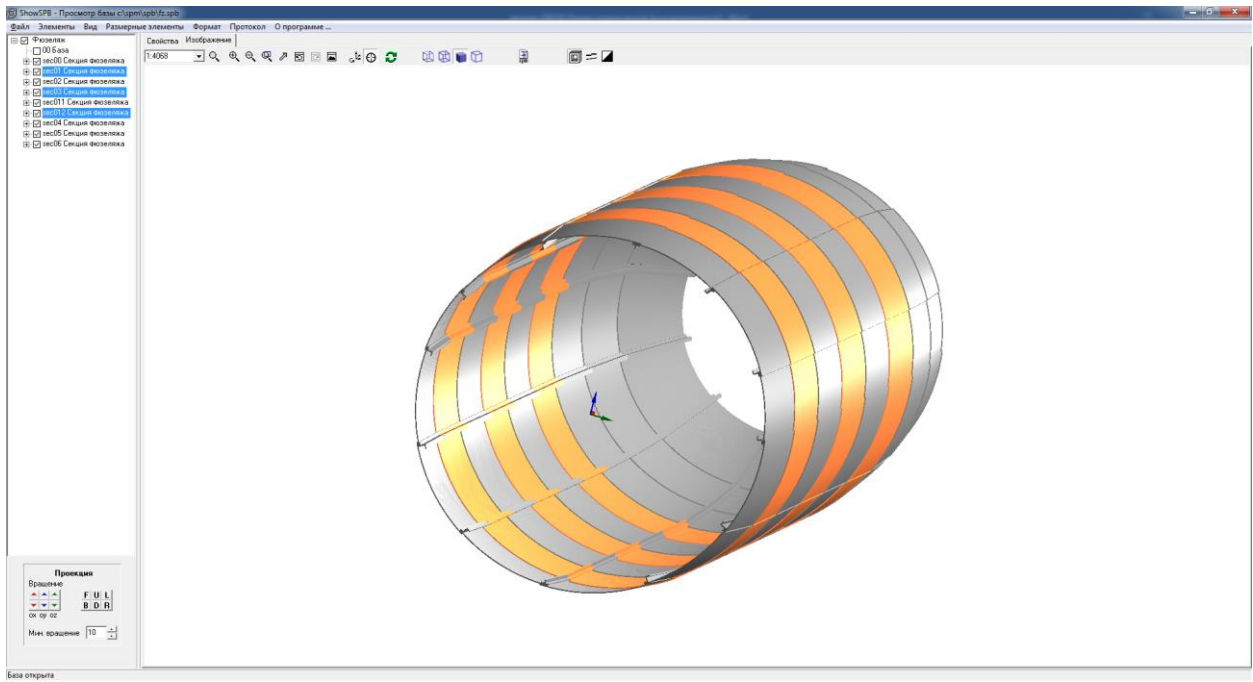


Рис. 3.17. Фюзеляж для 400 пассажиров в изометрии

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КТР

Microsoft Project является на сегодня самой распространенной в мире системой управления проектами (по данным корпорации Microsoft, на сегодняшний день число только зарегистрированных пользователей приближается к восьми миллионам). Во многих западных компаниях MS Project рассматривается как стандартный компонент Microsoft Office, и даже рядовые сотрудники способны использовать его для планирования работ. Последней версией системы является MS Project 2003. Данный пакет обычно позиционируется как непрофессиональный инструмент, ориентированный на управление проектами в малых и средних предприятиях. Тем не менее он не только обладает перечисленным выше базовым набором функций, но и поддерживает большое количество других, свойственных пакетам.

На первый взгляд Microsoft Project кажется еще одним приложением семейства Microsoft Office, с панелью инструментов, как в Word, таблицами и графиками, как в Excel. Но чем глубже осваиваешь Microsoft Project, тем больше отличий замечаешь.

Одно из ключевых отличий состоит в узкой области применения программы. Если другие приложения семейства Microsoft Office ориентированы на широкую область применения и содержат самые разные функции, то программа MS Project предназначена исключительно для управления проектами.

Другое важное отличие заключается в том, что с MS Project невозможно работать, не обладая теоретическими знаниями в области управления проектами и не зная особенностей этой программы. Любой пользователь может открыть Word и подготовить документ, не читая предварительно книгу размером с ту, что находится в ваших руках. Конечно, этот пользователь не будет применять команды стилевого оформления, возможно, он не сумеет вставить в документ номера страниц и т.п., но документ будет готов к распечатке и им можно будет воспользоваться. Если открыть MS Project и попробовать создать план проекта, то без специальных знаний не получится план, пригодный для реализации проекта.

В составе ПМК СПМ существует инструмент, который позволяет экспортировать определенные наборы данных для подготовки проекта в системе управления проектами Microsoft Project.

Для этого необходимо подготовить следующий состав структурно-параметрических моделей:

- модель задачи технологического проектирования (Модель ЗТП);
- технологическая модель изделия (ТМИ);
- модель производственной спецификации (Модель ПС).

Для решения задачи технологического проектирования необходимо воспользоваться процедурой «Проектирования», которая реализована в модуле «PrTech», входящего в состав ПМК СПМ.

Процедура проектирования формирует решение в виде модели технологического решения (МТР) основываясь на данных описанных в технологической модели изделия (ТМИ), модели технической системы (МТС) и модели элемента технологического решения (МЭР).

Таким образом текст модели ЗТП будет выглядеть следующим образом:

```
+ОБЪЕКТ;  
    КОД=ФюзеляжZ; ИМЯ=Механическая обработка; ТИП=Z;  
  
+ЭЛЕМЕНТЫ;  
    ЭЛЕМЕНТ=a; КОД=ФюзеляжА; ИМЯ=ТП Мехобработки обшивки;  
    L=L;  
    Rad=Rad;  
  
    ЭЛЕМЕНТ=t; КОД=ФюзеляжТ; ИМЯ=решение (ТП);  
  
    ЭЛЕМЕНТ=tθ; КОД=TehResh; ИМЯ=МЭР;  
  
    ЭЛЕМЕНТ=d; КОД=formMEX; ИМЯ=модель документа;  
  
    ЭЛЕМЕНТ=p; КОД=mechob2; ИМЯ=МТС;  
  
+ПОЛОЖЕНИЕ;  
  
+ПАРАМЕТРЫ;  
    T(+ )=;  
    Td(+ )=;  
    Труд=;  
  
    L=;  
    Rad=;  
  
+ФОРМУЛЫ;  
    T:= SUM( 'tшт', θ, 'a');  
    Td:=SUM( 'tшт', θ, 'd');  
    Труд=Td/6θ;
```

В качестве модели технической системы (МТС) и модели элемента технологического решения (МЭР) мы используем уже разработанные объекты, входящие в состав ПМК СПМ.

Технологическая модель изделия описывается в соответствии с выбранным вариантом. В состав модели входят модели элементарных проектных воздействий (ЭПВ).

Таким образом ТМИ будет выглядеть следующим образом:


```

+ОБЪЕКТ;
    КОД=ФюзеляжА; ИМЯ=ТП Мехобработки; ТИП=А;

+ЭЛЕМЕНТЫ;
ЭЛЕМЕНТ=0;ИМЯ=;ТИП=Ф;

ЭЛЕМЕНТ=а005; КОД=ЕОРotr(ЖТ12); кол=1; В=20; L=L; t=8; Пр=8;
ЭЛЕМЕНТ=а010; КОД=ЕОРkont(ЖТ12); кол=1; В=20; L=L; t=2; Пр=2;
ЭЛЕМЕНТ=а015; КОД=ЕОРplosk(ЖТ12); кол=1; В=10; L=Rad; t=3; Пр=3;
ЭЛЕМЕНТ=а020; КОД=ЕОРplosk(ЖТ12); кол=1; В=10; L=L; t=3; Пр=3;
ЭЛЕМЕНТ=а025; КОД=ЕОРplosk(ЖТ12); кол=1; В=10; L=L; t=3; Пр=3;
ЭЛЕМЕНТ=а030; КОД=ЕОРplosk(ЖТ12); кол=1; В=10; L=L; t=3; Пр=3;

+ПОЛОЖЕНИЕ;
    СВЯЗЬ=0-а005;
    СВЯЗЬ=0-а010;
    СВЯЗЬ=0-а015;
    СВЯЗЬ=0-а020;
    СВЯЗЬ=0-а025;
    СВЯЗЬ=0-а030;

+ПАРАМЕТРЫ;
    Разработал(Т:)=Сунцев В.В.;
    Проверил(Т:)=Цырков Г.А.;
    Н.контроль(Т:)=;
    Шифр(Т:)=ТИАС.И86.000000.001;
    ЕдВеса(Т:)=кг;

    L=;
    Rad=;

```

Последним этапом в процессе создания модели задачи технологического проектирования, является подготовка объекта, в котором будет формироваться решение задачи проектирования. Таким объектом будет модель с кодом ФюзеляжТ:

```

+ОБЪЕКТ; ИМЯ=пустышка; КОД=ФюзеляжТ; ТИП=Т;
+ПАРАМЕТРЫ;
+ЭЛЕМЕНТЫ;
+ФОРМУЛЫ;
+ПОЛОЖЕНИЕ;

```

В данном объекте отсутствуют описания элементов и параметров, т.к. они будут сформированы в результате отработки процедуры «Проектирование».

Инструментальные средства программного комплекса структурно-параметрического моделирования позволяют создавать производственную спецификацию, производить контроль параметров с помощью нанесения размеров, позволяет управлять значением параметров объекта и параметров положения его элементов, проводить параметрический анализ моделей с целью выявления рациональных сочетаний конструктивных характеристик создаваемых объектов, а также передавать данные для анализа в программу MS Project за счет возможностей процедуры SPMtoMSP. Формирование описания модели задачи технологического проектирования осуществляется с использованием «Редактора СПМ». Для анализа модели технологического проектирования необходимо использовать процедуру технологического проектирования «pr_tech6».

Для того, чтобы эффективнее использовать результаты решения ЗТП, необходимо чтобы параметры для ЭОП, используемых в ТМИ, отвечали текущему состоянию геометрического макета, для этого воспользуемся функционалом получения значений параметров используя структуру модели, для этого необходимо включить модель геометрического макета и модель задачи технологического проектирования в одну модель. В качестве объединяющей модели предполагается использовать модель производственной спецификации. Таким образом в модель ПС мы должны будем добавить объекты fz (геометрический макет) и ФюзеляжZ (модель задачи технологического проектирования) (рисунок 4.1).

После того как мы включили модель ЗТП в состав модели ПС, мы можем воспользоваться результатом расчета параметра трудоемкости при использовании модели производственной системы по механическим операциям. Для этого объявим параметр «t» в модели ПС в который мы будем «забирать» значение параметра «Труд» из модели ЗТП и передавать как значение параметра «Т» модели производственной системы.

Так же необходимо объявить параметр «DUR», для того что бы подготовить модель ПС процессу передачи данных в систему управления проектами MS Project.

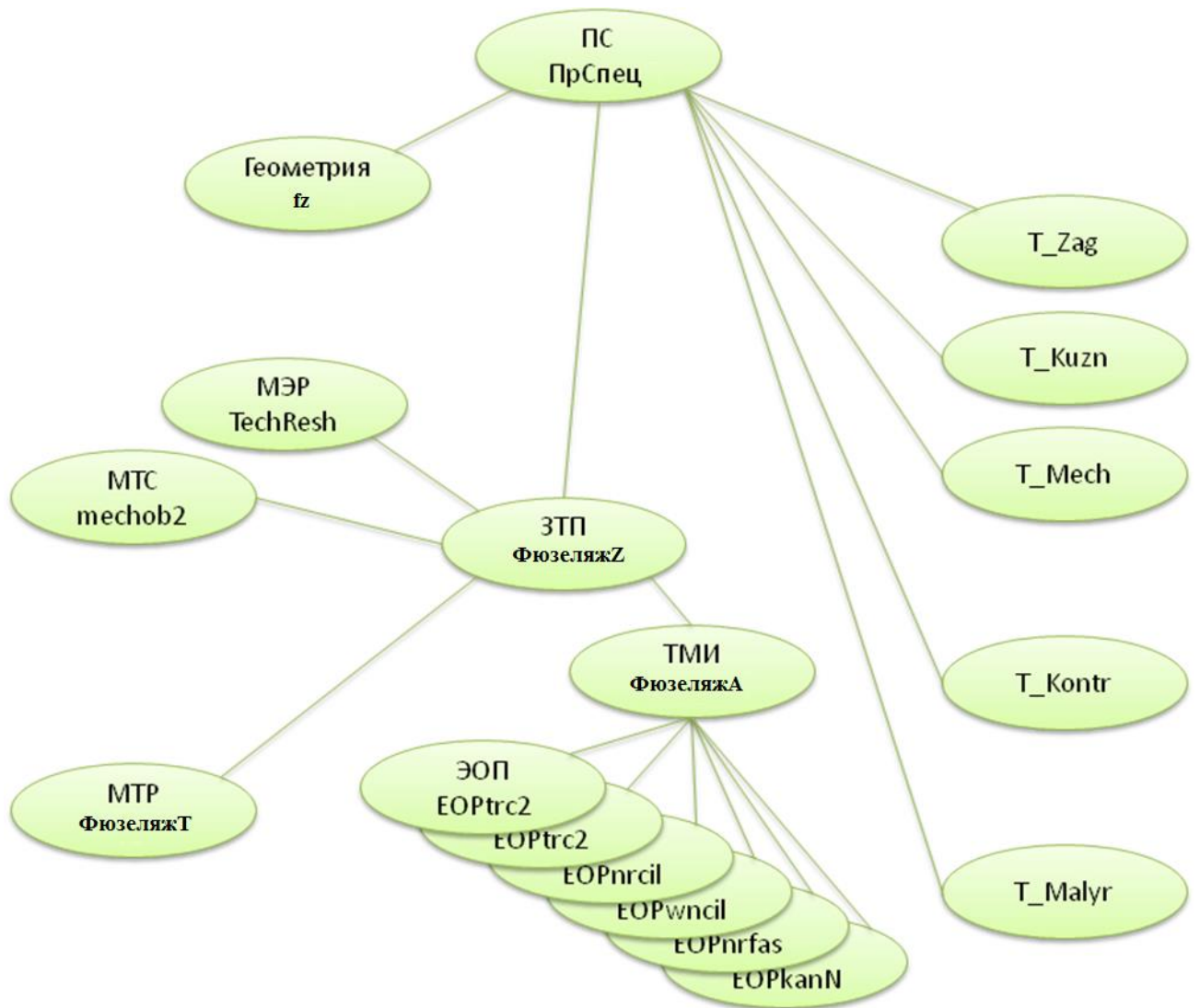


Рис. 4.1. Структура модели производственной спецификации
Доработанная модель ПС будет выглядеть следующим образом:

```

+ОБЪЕКТ;
КОД=ПрСпец; ИМЯ=Производственная спецификация; ТИП=П;
  f1(схема процесса)=;
ГРУППА(схема)=f1;
МОДЕЛЬ=GRM;

+ПАРАМЕТРЫ;
партия=25; DUR=;
t20=; t20x=;

+ЭЛЕМЕНТЫ;

ЭЛЕМЕНТ=geom; КОД=fz;
ЭЛЕМЕНТ=015; ИМЯ=Малярные операции;          КОД=T_malyr;   исп=1;
кол=партия; Sok=1; Кслож=15;
  
```

ЭЛЕМЕНТ=014; ИМЯ=Контрольные операции; кол=партия; T=0.2;	КОД=T_kontr;	исп=1;
ЭЛЕМЕНТ=013; ИМЯ=Контрольные операции; кол=партия; T=0.1;	КОД=T_kontr;	исп=1;
ЭЛЕМЕНТ=012; ИМЯ=Промывка детали; кол=партия; T=0.5;	КОД=T_mech;	исп=1;
ЭЛЕМЕНТ=011; ИМЯ=Шлифовальные операции; кол=партия; T=0.2;	КОД=T_shliv;	исп=1;
ЭЛЕМЕНТ=010; ИМЯ=Шлифовальные операции; кол=партия; T=0.2;	КОД=T_shliv;	исп=1;
ЭЛЕМЕНТ=009; ИМЯ=Термическая обработка; кол=партия; T=4;	КОД=T_term;	исп=1;
ЭЛЕМЕНТ=008; ИМЯ=Механические операции; кол=партия; T=0.7;	КОД=T_mech;	исп=1;
ЭЛЕМЕНТ=007; ИМЯ=Слесарные работы; кол=партия; T=1;	КОД=T_sles;	исп=1;
ЭЛЕМЕНТ=006; ИМЯ=Механические операции; кол=партия; T=1;	КОД=T_mech;	исп=1;
ЭЛЕМЕНТ=005; ИМЯ=Механические операции; кол=партия; T=0.5;	КОД=T_mech;	исп=1;
ЭЛЕМЕНТ=004; ИМЯ=Механические операции; кол=партия; T=t20x;	КОД=T_mech;	исп=1;
ЭЛЕМЕНТ=004z; ИМЯ=ЗТП для механики; Труд=t20;	КОД=fz_Z;	
ЭЛЕМЕНТ=003; ИМЯ=Механические операции; кол=партия; T=0.5;	КОД=T_mech;	исп=1;
ЭЛЕМЕНТ=002; ИМЯ=Кузнечные работы; кол=партия; T=1;	КОД=T_kuzn;	исп=1;
ЭЛЕМЕНТ=001; ИМЯ=Заготовительные работы; кол=партия; T=0.5;	КОД=T_zag;	исп=1;
+СТРУКТУРА;		
ЦЕПЬ=015-014-013-012-011-010-009-008-007-006-005-004-003-002-001;		
МАТРИЦА=;		
+ФОРМУЛЫ;		
T20x=t20*4;		
+ПОЛОЖЕНИЕ;		

Трансляция кода производственной спецификации, и её структурная обработка показана на рисунках 4.2 - 4.5. На них видно трансляцию и расчёт трудоёмкости всех работ.

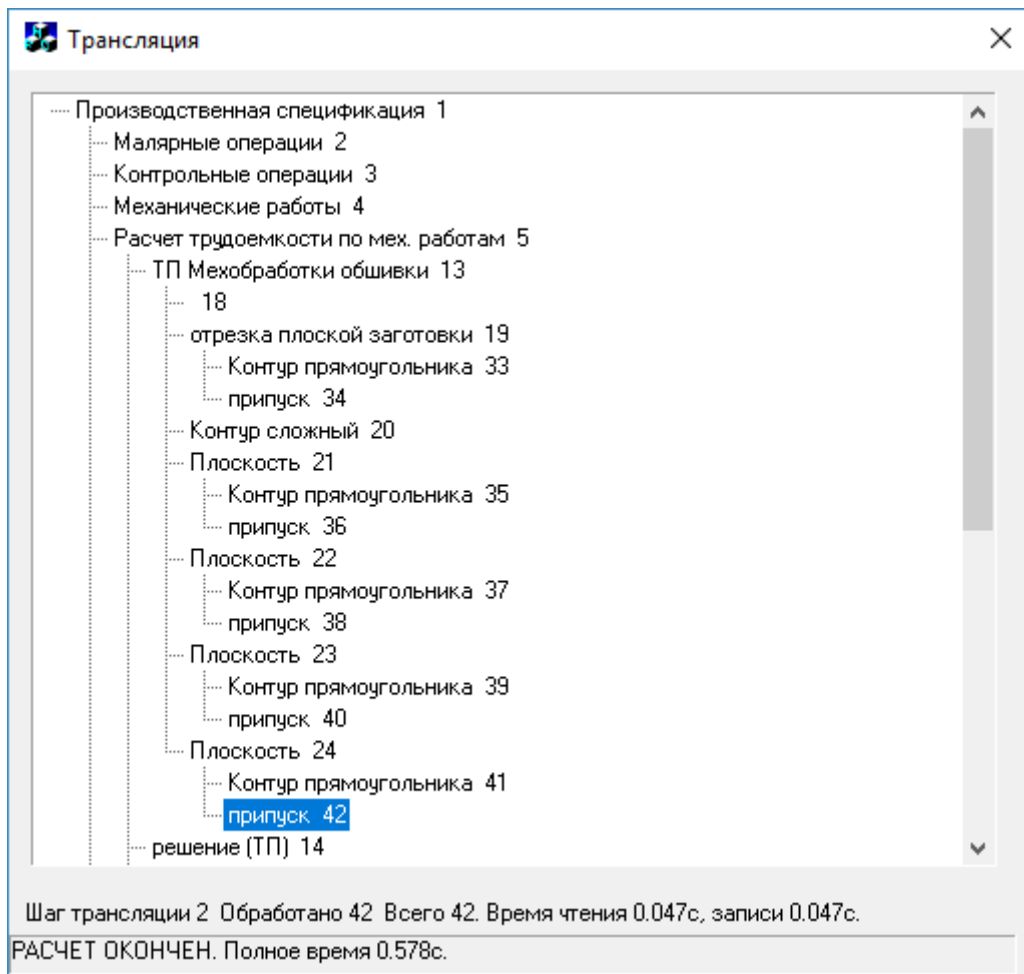


Рис. 4.2 Трансляция кода производственной спецификации

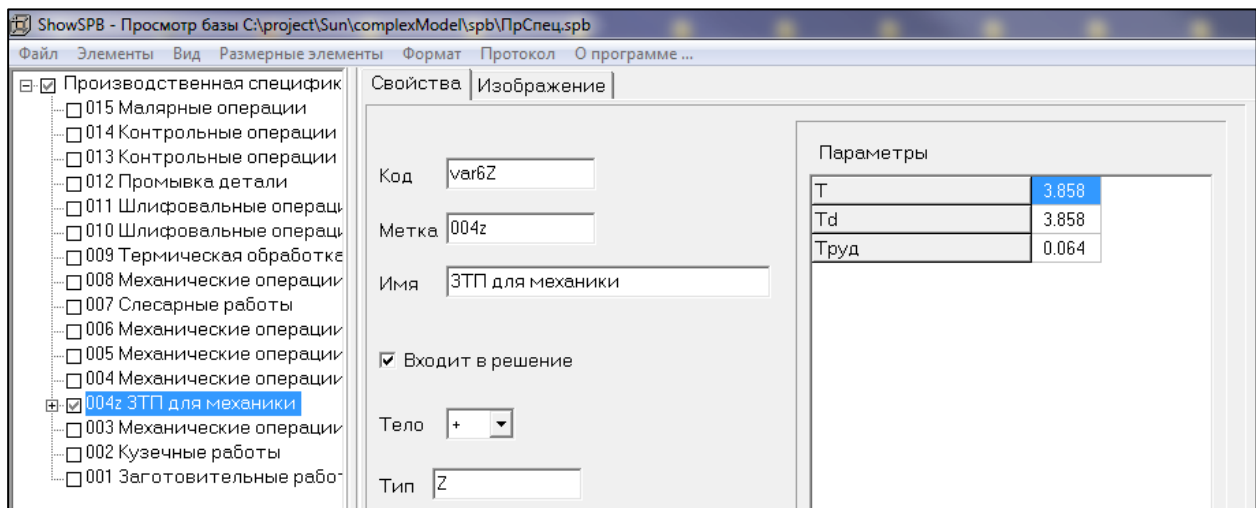


Рис. 4.3. Производственная спецификация с расчётом трудоёмкости по формуле

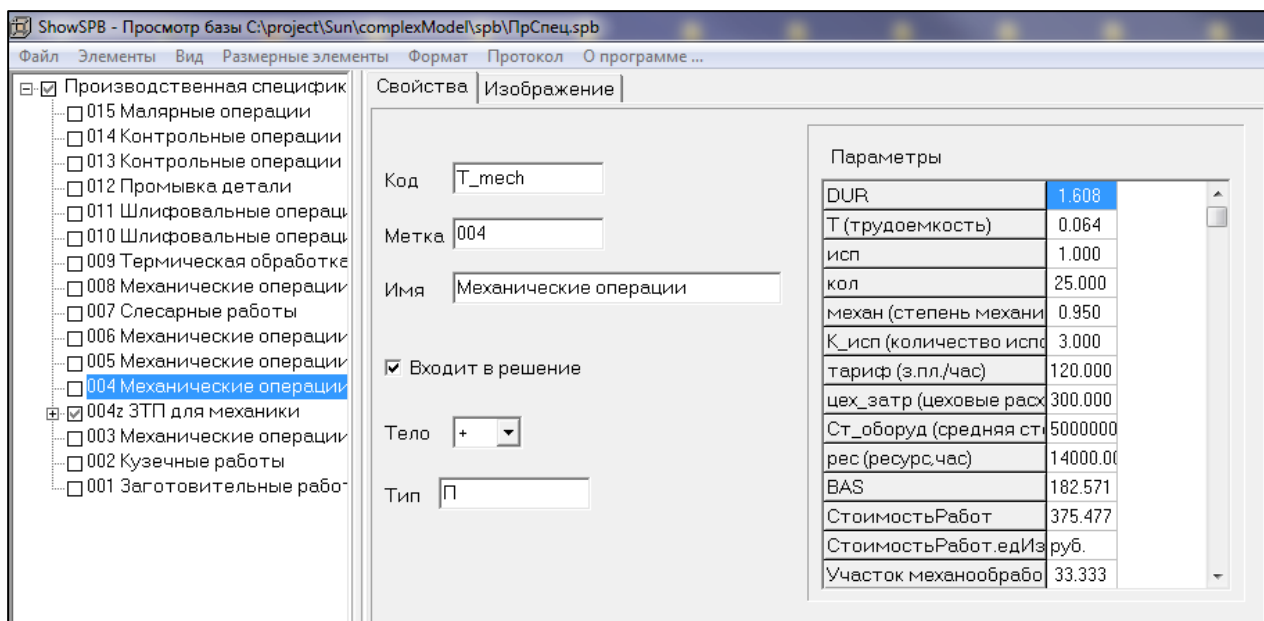


Рис. 4.4. Производственная спецификация со всеми переменными

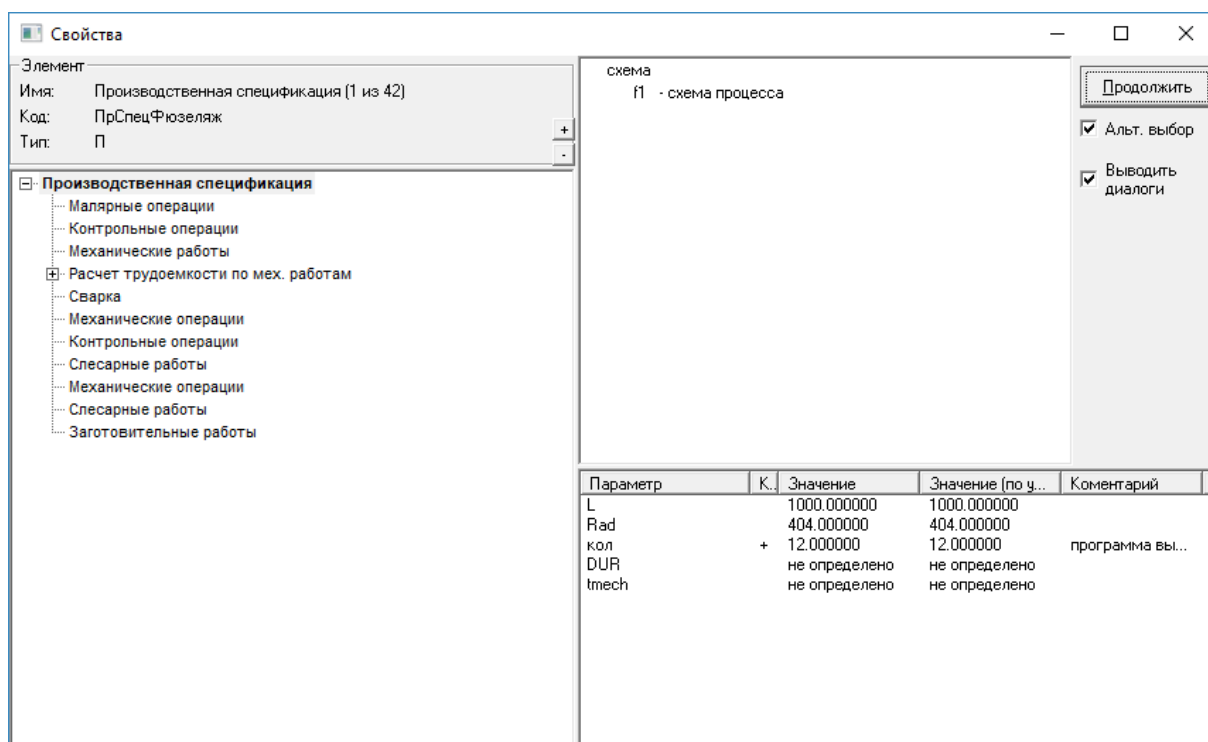


Рис. 4.5. Структурная обработка производственной спецификации

Для передачи данных из обработанной модели в систему MS Project необходимо воспользоваться модулем SPMtoMSP, входящим в состав комплекса.

Данная процедура автоматически проведет поиск соответствующих параметров в рассчитанной структурно-параметрической базе и сформирует комплект файлов для импорта в систему управления проектами.

После этого в системе MS Project необходимо будет запустить заранее подготовленный макрос, автоматизирующий процесс импорта данных.

Запустим приложение SPMtoMSP и передадим данные в MS Project. Результат приведен на рисунке 4.6.

Обработанную в программе "PrTech" структурно-параметрическую модель с помощью программы "SPMtoMSP" импортировали в программу "Microsoft Project", в результате чего получили полностью описанный и рассчитанный проект, включающий расчет стоимости и длительности изготовления деталей. Результат построения диаграммы Ганта представлен на рисунке 4.7.

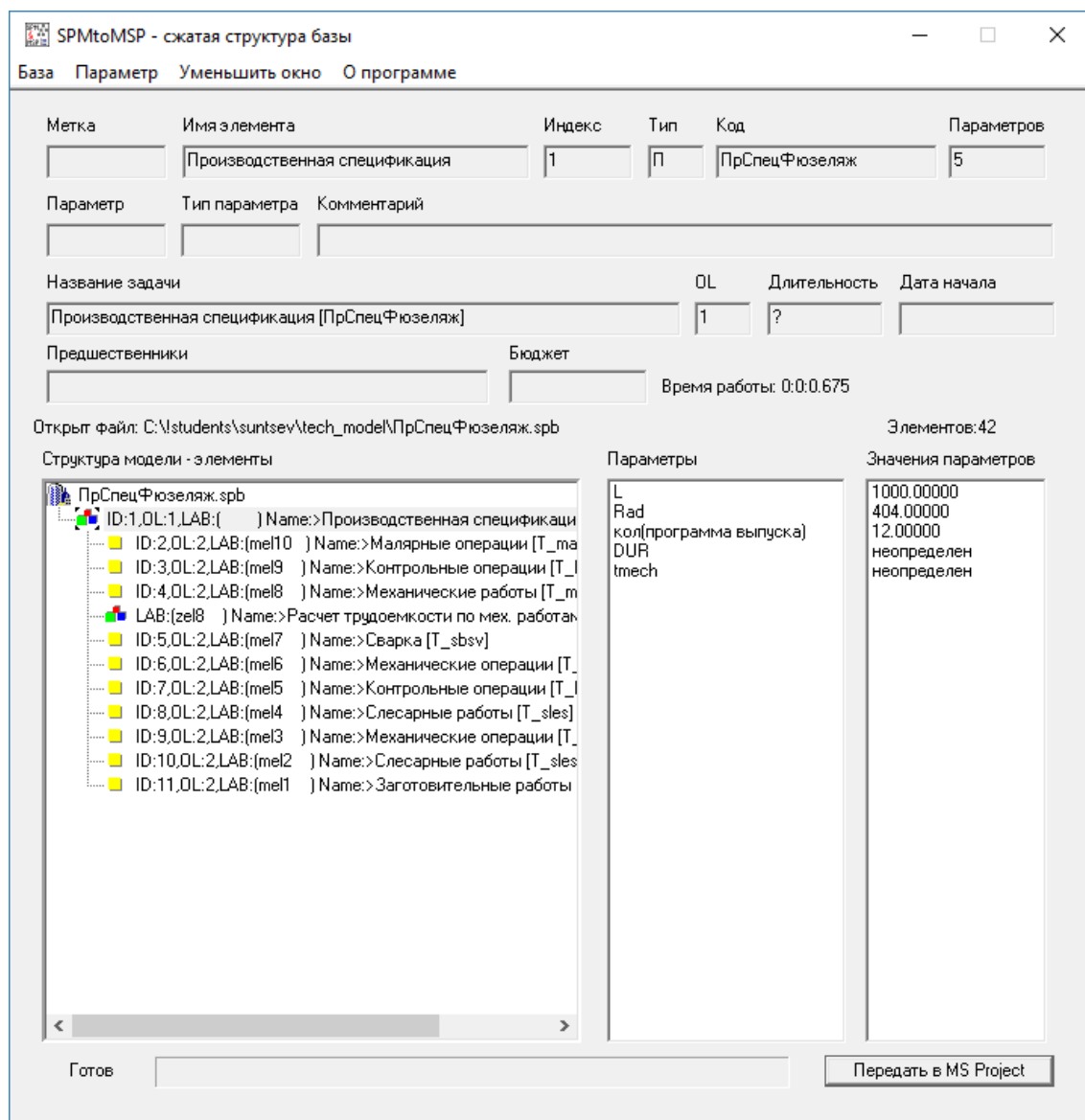


Рис. 4.6. Открытие СПБ

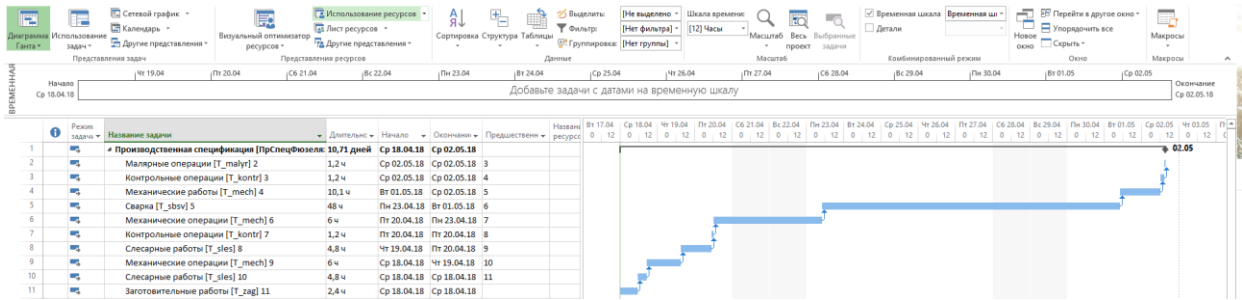


Рис. 4.7. Диаграмма Ганта по производству фюзеляжа для 350 пассажиров

Так как фюзеляж параметризован по количеству людей, ставим их количество на 400 и делаем перерасчёт. Результат показан на рисунке 4.8.

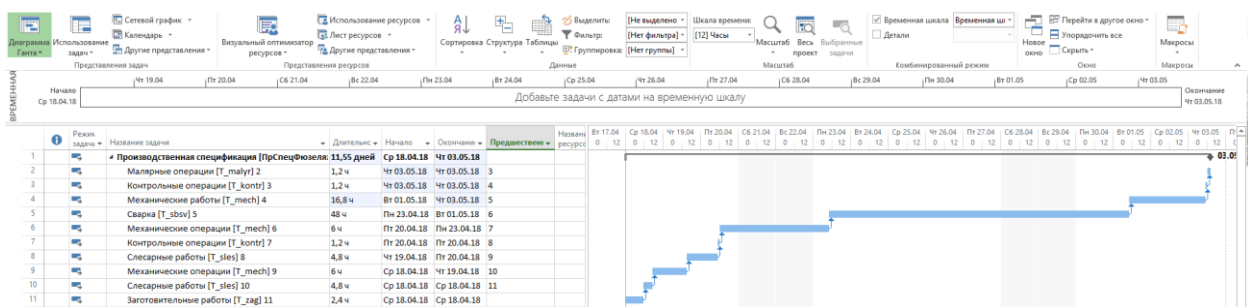


Рис. 4.8. Изменённая диаграмма Ганта для увеличенного фюзеляжа

ВЫВОДЫ

В течение многих лет общепринятой формой представления результатов интеллектуальной деятельности людей и инструментом их информационного взаимодействия являлась бумажная документация. Ее созданием были заняты (и заняты по сей день) миллионы инженеров, техников, служащих на промышленных предприятиях, в государственных учреждениях, коммерческих структурах. С появлением компьютеров начали создаваться и широко внедрялись разнообразные средства и системы автоматизации выпуска бумажной документации: системы автоматизированного проектирования (САПР) — для изготовления чертежей, спецификаций, технологической документации; системы автоматизированного управления производством (АСУП) — для создания планов производства и отчетов о его ходе; офисные системы — для подготовки текстовых и табличных документов и т. д.

В работе:

1. Выполнен обзор современных CAD/CAM систем.
2. Произведен анализ вариантов конструкций фюзеляжа.
3. Использовалась изученная методика построения и расчета комплексных структурно-параметрических моделей с использованием ПМК СПМ.
4. Разработаны комплексные структурно-параметрические модели реализующие процессы подготовки данных для производственного проекта.
5. Выполнен анализ производственного проекта в системе управления проектами Microsoft Project сформированный в результате обработки разработанных моделей.

Интегрированная информационная среда представляет собой совокупность распределенных баз данных, в которой действуют единые, стандартные правила хранения, обновления, поиска и передачи информации, через которую осуществляется безбумажное информационное взаимодействие между всеми участниками жизненного цикла изделия. При этом однажды созданная информация хранится в интегрированной информационной среде, не дублируется, не требует каких-либо перекодировок в процессе обмена, сохраняет актуальность и целостность.

СПМ позволяет строить гибкую систему параметризации объекта, способную управлять не только внешним обликом объекта, но и воспроизводить его кинематические возможности.

Система параметризации может быть построена с учетом возможности передачи значений параметров между различными уровнями модели объекта. Передача значений может осуществляться как в направлении от корня к листьям, так и в обратном направлении. Это позволяет производить увязку параметров в случае проектирования сложных, с большим количеством параметров, объектов, имеющих области воздействия в различных ветвях структуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авиация и Космонавтика 2002-01 А. Вульф В. Широкофюзеляжные "Илы" статья
2. Ефимов В.В. Конструкция и техническое обслуживание летательных аппаратов: самолёт ИЛ-86 - М.: МГТУ, 2006. – 100 с.
3. Костюков В.Д., Островерх А.И., Сычев В.Н., Цырков Г.А., Автоматизация конструкторского и технологического проектирования -М.: ФГУП: «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева», 2012. – 217 с.
4. Цырков А.В., Семенов Г.Е., Федоров В.А. Структурно-параметрическая модель (Методические указания по разработке) – М.: Кафедра ТИАС 2002. - 37 с.
5. Коллектив авторов, Введение в Creo Parametric – ProTechnologies 2011. – 215 с.
6. Шахнов В.А., Зинченко Л.А., Соловьев В.А., Курносенко А.Е. Основы конструирования в Solid Edge. Пособие по проектированию изделий в приборостроении - М.: ДМК Пресс, 2014. – 272 с.
7. Данилов Ю., Артамонов И. Практическое использование NX – М.: ДМК Пресс, 2011 – 336 с.
8. Павлов В.В. Структурное моделирование в CALS-технологиях. -М.: Наука, 2006.-307с.
9. А.В. Быков ADEM CAD/CAM/TDM. Черчение, моделирование, механообработка - BHV, 2003 г. – 320 с.
- 10.Цырков А.В., Семенов Е.Г., Чефранов С.В. Методика формирования технологической документации. // Информационные технологии в проектировании и производстве, 2001. Выпуск 2.
- 11.Норенков И.П., Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002 - 336 с.
- 12.Цырков А.В., Семенов Е.Г., Чефранов С.В. Методика формирования технологической документации. // Информационные технологии в проектировании и производстве, 2001. Выпуск 2.
- 13.Основы моделирования в САПР NX [текст]: Учеб. пособие / А.О. Бутко, В.А. Прудников, Г.А. Цырков – 2-е изд. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 199 с: ил.
- 14.Цырков А.В., Цырков Г.А. Система управления технологическими данными // Информационные технологии в проектировании и производстве: Науч.-техн. журн. – 2010. № 2. с. 3-10.
- 15.Цырков А.В. Методология проектирования в мультиплексной информационной среде: Монография. – М.: ВИМИ, 1998. - 281с.
- 16.Данилов Ю., Артамонов И. Практическое использование NX – М.: ДМК Пресс, 2011 – 336 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Файл k_str.spm

```
+ОБЪЕКТ;  
КОД=k_str; ИМЯ=КонтурZ; ТИП=1;
```

```
+ПАРАМЕТРЫ;  
Rad=;  
Shag=; Round=;  
x1=0; y1=0;  
x2=0; y2=;  
x3=; y3=;  
x4=; y4=;  
x5=; y5=;  
x6=; y6=;  
x7=; y7=;  
x8=; y8=0;
```

```
top1=1; top2=0;  
top3=2; top4=0;  
top5=3; top6=0;  
top7=4; top8=0;  
top9=5; top10=0;  
top11=6; top12=0;  
top13=7; top14=0;  
top15=8; top16=0;  
top17=1; top18=0;
```

```
N=8; Ntop=18;
```

```
+ФОРМУЛЫ;  
Round=Rad*2*3.1415;  
Shag=Round/114;  
y2=-Shag*(9/17);  
y3=y2;  
y4=-Shag*(11/17);  
y5=y4;  
y6=-Shag*(2/17);  
y7=y6;  
x3=Shag*(6/17);  
x4=x3;  
x5=y6;  
x6=x5;  
x7=-Shag*(8/17);  
x8=x7;
```

Файл k_tvr.spm

```
+ОБЪЕКТ;  
КОД=k_tvr; ИМЯ=КонтурТ; ТИП=1;
```

```
+ПАРАМЕТРЫ;  
Rad=;  
Shag=; Round=;  
x1=0; y1=0;  
x2=; y2=0;  
x3=; y3=;  
x4=; y4=;  
x5=; y5=;  
x6=; y6=;  
x7=; y7=;  
x8=; y8=;  
x9=; y9=0;
```

```
top1=1; top2=0;  
top3=2; top4=0;  
top5=3; top6=0;  
top7=4; top8=0;  
top9=5; top10=0;  
top11=6; top12=0;  
top13=7; top14=0;  
top15=8; top16=0;  
top17=9; top18=0;  
top19=1; top20=0;
```

```
N=9; Ntop=20;
```

```
+ФОРМУЛЫ;  
Round=Rad*2*3.1415;  
Shag=Round/114;  
x2=Shag*(7/17);  
x3=x2;  
x4=Shag*(1/17);  
x5=x4;  
x6=-Shag*(1/17);  
x7=x6;  
x8=-Shag*(7/17);  
x9=x8;
```

```
y3=-Shag*(2/17);  
y4=y3;  
y5=-Shag*(8/17);  
y6=y5;  
y7=y4;  
y8=y7;
```


Файл list1.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=list1; ИМЯ=Контур; ТИП=1;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=304; Shag=; Round=; Grad=;
Rad2=; Shag2=; Round2=; Grad2=;
a10=;
a20=;
a30=;
a40=;

x1=; y1=;
x2=; y2=;
x3=; y3=;
x4=; y4=;
x5=0; y5=0;

top1=1; top2=0;
top3=2; top4=-5;
top5=3; top6=0;
top7=4; top8=5;
top9=1; top10=0;

N=5; Ntop=10;

+ФОРМУЛЫ;
Rad2=Rad+2;
Round=Rad*2*3.1415;
Round2=Rad2*2*3.1415;
Shag=Round/114;
Shag2=Round2/114;
Grad=Round/360;
Grad2=Round2/360;

a10=(Shag*105-Shag*(8/17))/Grad;
y1=COS(a10)*Rad;
x1=SIN(a10)*Rad;

a20=a10;
y2=COS(a10)*Rad2;
x2=SIN(a10)*Rad2;

a30=(Shag2*114)/Grad2;
y3=COS(a30)*Rad2;
x3=SIN(a30)*Rad2;

a40=a30;
y4=COS(a40)*Rad;
x4=SIN(a40)*Rad;
```

Файл list2.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=list2; ИМЯ=Контур; ТИП=1;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=; Shag=; Round=; Grad=;
Rad2=; Shag2=; Round2=; Grad2=;
a10=;
a20=;
a30=;
a40=;

x1=; y1=;
x2=; y2=;
x3=; y3=;
x4=; y4=;
x5=0; y5=0;

top1=1; top2=0;
top3=2; top4=-5;
top5=3; top6=0;
top7=4; top8=5;
top9=1; top10=0;

N=5; Ntop=10;

+ФОРМУЛЫ;
Rad2=Rad+2;
Round=Rad*2*3.1415;
Round2=Rad2*2*3.1415;
Shag=Round/114;
Shag2=Round2/114;
Grad=Round/360;
Grad2=Round2/360;

a10=(Shag*95-Shag*(8/17))/Grad;
y1=COS(a10)*Rad;
x1=SIN(a10)*Rad;

a20=a10;
y2=COS(a10)*Rad2;
x2=SIN(a10)*Rad2;

a30=(Shag2*105)/Grad2;
y3=COS(a30)*Rad2;
x3=SIN(a30)*Rad2;

a40=a30;
y4=COS(a40)*Rad;
x4=SIN(a40)*Rad;
```

Файл list3.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=list3; ИМЯ=Контур; ТИП=1;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=; Shag=; Round=; Grad=;
Rad2=; Shag2=; Round2=; Grad2=;
a10=;
a20=;
a30=;
a40=;

x1=; y1=;
x2=; y2=;
x3=; y3=;
x4=; y4=;
x5=0; y5=0;

top1=1; top2=0;
top3=2; top4=-5;
top5=3; top6=0;
top7=4; top8=5;
top9=1; top10=0;

N=5; Ntop=10;

+ФОРМУЛЫ;
Rad2=Rad+2;
Round=Rad*2*3.1415;
Round2=Rad2*2*3.1415;
Shag=Round/114;
Shag2=Round2/114;
Grad=Round/360;
Grad2=Round2/360;

a10=(Shag*88-Shag*(8/17))/Grad;
y1=COS(a10)*Rad;
x1=SIN(a10)*Rad;

a20=a10;
y2=COS(a10)*Rad2;
x2=SIN(a10)*Rad2;

a30=(Shag2*95)/Grad2;
y3=COS(a30)*Rad2;
x3=SIN(a30)*Rad2;

a40=a30;
y4=COS(a40)*Rad;
x4=SIN(a40)*Rad;
```

Файл list4.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=list4; ИМЯ=Контур; ТИП=1;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=; Shag=; Round=; Grad=;
Rad2=; Shag2=; Round2=; Grad2=;
a10=;
a20=;
a30=;
a40=;

x1=; y1=;
x2=; y2=;
x3=; y3=;
x4=; y4=;
x5=0; y5=0;

top1=1; top2=0;
top3=2; top4=-5;
top5=3; top6=0;
top7=4; top8=5;
top9=1; top10=0;

N=5; Ntop=10;

+ФОРМУЛЫ;
Rad2=Rad+2;
Round=Rad*2*3.1415;
Round2=Rad2*2*3.1415;
Shag=Round/114;
Shag2=Round2/114;
Grad=Round/360;
Grad2=Round2/360;

a10=(Shag*78-Shag*(8/17))/Grad;
y1=COS(a10)*Rad;
x1=SIN(a10)*Rad;

a20=a10;
y2=COS(a20)*Rad2;
x2=SIN(a20)*Rad2;

a30=(Shag2*88)/Grad2;
y3=COS(a30)*Rad2;
x3=SIN(a30)*Rad2;

a40=a30;
y4=COS(a40)*Rad;
x4=SIN(a40)*Rad;
```

Файл list5.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=list5; ИМЯ=Контур; ТИП=1;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=; Shag=; Round=; Grad=;
Rad2=; Shag2=; Round2=; Grad2=;
a10=;
a20=;
a30=;
a40=;

x1=; y1=;
x2=; y2=;
x3=; y3=;
x4=; y4=;
x5=0; y5=0;

top1=1; top2=0;
top3=2; top4=-5;
top5=3; top6=0;
top7=4; top8=5;
top9=1; top10=0;

N=5; Ntop=10;

+ФОРМУЛЫ;
Rad2=Rad+2;
Round=Rad*2*3.1415;
Round2=Rad2*2*3.1415;
Shag=Round/114;
Shag2=Round2/114;
Grad=Round/360;
Grad2=Round2/360;

a10=(Shag*68-Shag*(8/17))/Grad;
y1=COS(a10)*Rad;
x1=SIN(a10)*Rad;

a20=a10;
y2=COS(a10)*Rad2;
x2=SIN(a10)*Rad2;

a30=(Shag2*78)/Grad2;
y3=COS(a30)*Rad2;
x3=SIN(a30)*Rad2;

a40=a30;
y4=COS(a40)*Rad;
x4=SIN(a40)*Rad;
```

Файл list6.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=list6; ИМЯ=Контур; ТИП=1;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=; Shag=; Round=; Grad=;
Rad2=; Shag2=; Round2=; Grad2=;
a10=;
a20=;
a30=;
a40=;

x1=; y1=;
x2=; y2=;
x3=; y3=;
x4=; y4=;
x5=0; y5=0;

top1=1; top2=0;
top3=2; top4=-5;
top5=3; top6=0;
top7=4; top8=5;
top9=1; top10=0;

N=5; Ntop=10;

+ФОРМУЛЫ;
Rad2=Rad+2;
Round=Rad*2*3.1415;
Round2=Rad2*2*3.1415;
Shag=Round/114;
Shag2=Round2/114;
Grad=Round/360;
Grad2=Round2/360;

a10=(Shag*57-Shag*(8/17))/Grad;
y1=COS(a10)*Rad;
x1=SIN(a10)*Rad;

a20=a10;
y2=COS(a10)*Rad2;
x2=SIN(a10)*Rad2;

a30=(Shag2*68)/Grad2;
y3=COS(a30)*Rad2;
x3=SIN(a30)*Rad2;

a40=a30;
y4=COS(a40)*Rad;
x4=SIN(a40)*Rad;
```

Файл list7.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=list7; ИМЯ=Контур; ТИП=1;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=; Shag=; Round=; Grad=;
Rad2=; Shag2=; Round2=; Grad2=;
a10=;
a20=;
a30=;
a40=;

x1=; y1=;
x2=; y2=;
x3=; y3=;
x4=; y4=;
x5=0; y5=0;

top1=1; top2=0;
top3=2; top4=-5;
top5=3; top6=0;
top7=4; top8=5;
top9=1; top10=0;

N=5; Ntop=10;

+ФОРМУЛЫ;
Rad2=Rad+2;
Round=Rad*2*3.1415;
Round2=Rad2*2*3.1415;
Shag=Round/114;
Shag2=Round2/114;
Grad=Round/360;
Grad2=Round2/360;

a10=(Shag*47-Shag*(8/17))/Grad;
y1=COS(a10)*Rad;
x1=SIN(a10)*Rad;

a20=a10;
y2=COS(a10)*Rad2;
x2=SIN(a10)*Rad2;

a30=(Shag2*57+Shag*(7/17))/Grad2;
y3=COS(a30)*Rad2;
x3=SIN(a30)*Rad2;

a40=a30;
y4=COS(a40)*Rad;
x4=SIN(a40)*Rad;
```


Файл list8.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=list8; ИМЯ=Контур; ТИП=1;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=; Shag=; Round=; Grad=;
Rad2=; Shag2=; Round2=; Grad2=;
a10=;
a20=;
a30=;
a40=;

x1=; y1=;
x2=; y2=;
x3=; y3=;
x4=; y4=;
x5=0; y5=0;

top1=1; top2=0;
top3=2; top4=-5;
top5=3; top6=0;
top7=4; top8=5;
top9=1; top10=0;

N=5; Ntop=10;

+ФОРМУЛЫ;
Rad2=Rad+2;
Round=Rad*2*3.1415;
Round2=Rad2*2*3.1415;
Shag=Round/114;
Shag2=Round2/114;
Grad=Round/360;
Grad2=Round2/360;

a10=(Shag*37-Shag*(8/17))/Grad;
y1=COS(a10)*Rad;
x1=SIN(a10)*Rad;

a20=a10;
y2=COS(a10)*Rad2;
x2=SIN(a10)*Rad2;

a30=(Shag2*47)/Grad2;
y3=COS(a30)*Rad2;
x3=SIN(a30)*Rad2;

a40=a30;
y4=COS(a40)*Rad;
x4=SIN(a40)*Rad;
```

Файл list9.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=list9; ИМЯ=Контур; ТИП=1;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=; Shag=; Round=; Grad=;
Rad2=; Shag2=; Round2=; Grad2=;
a10=;
a20=;
a30=;
a40=;

x1=; y1=;
x2=; y2=;
x3=; y3=;
x4=; y4=;
x5=0; y5=0;

top1=1; top2=0;
top3=2; top4=-5;
top5=3; top6=0;
top7=4; top8=5;
top9=1; top10=0;

N=5; Ntop=10;

+ФОРМУЛЫ;
Rad2=Rad+2;
Round=Rad*2*3.1415;
Round2=Rad2*2*3.1415;
Shag=Round/114;
Shag2=Round2/114;
Grad=Round/360;
Grad2=Round2/360;

a10=(Shag*27-Shag*(8/17))/Grad;
y1=COS(a10)*Rad;
x1=SIN(a10)*Rad;

a20=a10;
y2=COS(a10)*Rad2;
x2=SIN(a10)*Rad2;

a30=(Shag2*37)/Grad2;
y3=COS(a30)*Rad2;
x3=SIN(a30)*Rad2;

a40=a30;
y4=COS(a40)*Rad;
x4=SIN(a40)*Rad;
```

Файл list10.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=list10; ИМЯ=Контур; ТИП=1;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=; Shag=; Round=; Grad=;
Rad2=; Shag2=; Round2=; Grad2=;
a10=;
a20=;
a30=;
a40=;

x1=; y1=;
x2=; y2=;
x3=; y3=;
x4=; y4=;
x5=0; y5=0;

top1=1; top2=0;
top3=2; top4=-5;
top5=3; top6=0;
top7=4; top8=5;
top9=1; top10=0;

N=5; Ntop=10;

+ФОРМУЛЫ;
Rad2=Rad+2;
Round=Rad*2*3.1415;
Round2=Rad2*2*3.1415;
Shag=Round/114;
Shag2=Round2/114;
Grad=Round/360;
Grad2=Round2/360;

a10=(Shag*20-Shag*(8/17))/Grad;
y1=COS(a10)*Rad;
x1=SIN(a10)*Rad;

a20=a10;
y2=COS(a10)*Rad2;
x2=SIN(a10)*Rad2;

a30=(Shag2*27)/Grad2;
y3=COS(a30)*Rad2;
x3=SIN(a30)*Rad2;

a40=a30;
y4=COS(a40)*Rad;
x4=SIN(a40)*Rad;
```

Файл list11.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=list11; ИМЯ=Контур; ТИП=1;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=; Shag=; Round=; Grad=;
Rad2=; Shag2=; Round2=; Grad2=;
a10=;
a20=;
a30=;
a40=;

x1=; y1=;
x2=; y2=;
x3=; y3=;
x4=; y4=;
x5=0; y5=0;

top1=1; top2=0;
top3=2; top4=-5;
top5=3; top6=0;
top7=4; top8=5;
top9=1; top10=0;

N=5; Ntop=10;

+ФОРМУЛЫ;
Rad2=Rad+2;
Round=Rad*2*3.1415;
Round2=Rad2*2*3.1415;
Shag=Round/114;
Shag2=Round2/114;
Grad=Round/360;
Grad2=Round2/360;

a10=(Shag*10-Shag*(8/17))/Grad;
y1=COS(a10)*Rad;
x1=SIN(a10)*Rad;

a20=a10;
y2=COS(a10)*Rad2;
x2=SIN(a10)*Rad2;

a30=(Shag2*20)/Grad2;
y3=COS(a30)*Rad2;
x3=SIN(a30)*Rad2;

a40=a30;
y4=COS(a40)*Rad;
x4=SIN(a40)*Rad;
```

Файл list12.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=list12; ИМЯ=Контур; ТИП=1;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=; Shag=; Round=; Grad=;
Rad2=; Shag2=; Round2=; Grad2=;
a10=;
a20=;
a30=;
a40=;

x1=; y1=;
x2=; y2=;
x3=; y3=;
x4=; y4=;
x5=0; y5=0;

top1=1; top2=0;
top3=2; top4=-5;
top5=3; top6=0;
top7=4; top8=5;
top9=1; top10=0;

N=5; Ntop=10;

+ФОРМУЛЫ;
Rad2=Rad+2;
Round=Rad*2*3.1415;
Round2=Rad2*2*3.1415;
Shag=Round/114;
Shag2=Round2/114;
Grad=Round/360;
Grad2=Round2/360;

a10=(-Shag*(8/17))/Grad;
y1=COS(a10)*Rad;
x1=SIN(a10)*Rad;

a20=a10;
y2=COS(a10)*Rad2;
x2=SIN(a10)*Rad2;

a30=(Shag2*10)/Grad2;
y3=COS(a30)*Rad2;
x3=SIN(a30)*Rad2;

a40=a30;
y4=COS(a40)*Rad;
x4=SIN(a40)*Rad;
```

Файл fz_section.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=fz_section; ИМЯ=Секция фюзеляжа; ТИП=C;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=; len=; lis=;
RadEnd=;

Rad_delta=;
RadEnd_up=;
Rad_up=;

Shag=; Round=; Grad=;
y0=;
y10=; x10=; a10=;
y20=; x20=; a20=;
y27=; x27=; a27=;
y37=; x37=; a37=;
y47=; x47=; a47=;
y57=; x57=; a57=;
y47_2=; x47_2=; a47_2=;
y37_2=; x37_2=; a37_2=;
y27_2=; x27_2=; a27_2=;
y20_2=; x20_2=; a20_2=;
y10_2=; x10_2=; a10_2=;

+ЭЛЕМЕНТЫ;
ЭЛЕМЕНТ=01; ИМЯ=База; ТИП=Ф;

!СТРИНГЕРЫ

ЭЛЕМЕНТ=k0; КОД=k_tvr; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk0; КОД=k_tvr; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t0; КОД=tension; l=len; Y2=Rad_delta;

ЭЛЕМЕНТ=k10; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk10; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t10; КОД=tension; l=len; Y2=Rad_delta;

ЭЛЕМЕНТ=k20; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk20; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t20; КОД=tension; l=len; Y2=Rad_delta;

ЭЛЕМЕНТ=k27; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk27; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t27; КОД=tension; l=len; Y2=Rad_delta;

ЭЛЕМЕНТ=k37; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk37; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t37; КОД=tension; l=len; Y2=Rad_delta;

ЭЛЕМЕНТ=k47; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk47; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t47; КОД=tension; l=len; Y2=Rad_delta;

ЭЛЕМЕНТ=k57; КОД=k_tvr; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk57; КОД=k_tvr; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t57; КОД=tension; l=len; Y2=Rad_delta;

ЭЛЕМЕНТ=k47_2; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk47_2; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t47_2; КОД=tension; l=len; Y2=Rad_delta;

ЭЛЕМЕНТ=k37_2; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk37_2; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t37_2; КОД=tension; l=len; Y2=Rad_delta;

ЭЛЕМЕНТ=k27_2; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk27_2; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t27_2; КОД=tension; l=len; Y2=Rad_delta;
```

ЭЛЕМЕНТ=k20_2; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk20_2; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t20_2; КОД=tension; l=len; Y2=Rad_delta;

ЭЛЕМЕНТ=k10_2; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk10_2; КОД=k_str; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=t10_2; КОД=tension; l=len; Y2=Rad_delta;

ЛИСТЫ ОБШИВКИ

ЭЛЕМЕНТ=k11|0; КОД=list1; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk11|0; КОД=list1; Rad=RadEnd;
ЭЛЕМЕНТ=t11|0; КОД=tension3; l=lis;

ЭЛЕМЕНТ=k10|10; КОД=list2; Rad=Rad_up;
ЭЛЕМЕНТ=kk10|10; КОД=list2; Rad=RadEnd_up;
ЭЛЕМЕНТ=t10|10; КОД=tension3; l=lis;

ЭЛЕМЕНТ=k9|20; КОД=list3; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk9|20; КОД=list3; Rad=RadEnd;
ЭЛЕМЕНТ=t9|20; КОД=tension3; l=lis;

ЭЛЕМЕНТ=k8|27; КОД=list4; Rad=Rad_up;
ЭЛЕМЕНТ=kk8|27; КОД=list4; Rad=RadEnd_up;
ЭЛЕМЕНТ=t8|27; КОД=tension3; l=lis;

ЭЛЕМЕНТ=k7|37; КОД=list5; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk7|37; КОД=list5; Rad=RadEnd;
ЭЛЕМЕНТ=t7|37; КОД=tension3; l=lis;

ЭЛЕМЕНТ=k6|47; КОД=list6; Rad=Rad_up;
ЭЛЕМЕНТ=kk6|47; КОД=list6; Rad=RadEnd_up;
ЭЛЕМЕНТ=t6|47; КОД=tension3; l=lis;

ЭЛЕМЕНТ=k5|57; КОД=list7; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk5|57; КОД=list7; Rad=RadEnd;
ЭЛЕМЕНТ=t5|57; КОД=tension3; l=lis;

ЭЛЕМЕНТ=k4|47_2; КОД=list8; Rad=Rad_up;
ЭЛЕМЕНТ=kk4|47_2; КОД=list8; Rad=RadEnd_up;
ЭЛЕМЕНТ=t4|47_2; КОД=tension3; l=lis;

ЭЛЕМЕНТ=k3|37_2; КОД=list9; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk3|37_2; КОД=list9; Rad=RadEnd;
ЭЛЕМЕНТ=t3|37_2; КОД=tension3; l=lis;

ЭЛЕМЕНТ=k2|27_2; КОД=list10; Rad=Rad_up;
ЭЛЕМЕНТ=kk2|27_2; КОД=list10; Rad=RadEnd_up;
ЭЛЕМЕНТ=t2|27_2; КОД=tension3; l=lis;

ЭЛЕМЕНТ=k1|20_2; КОД=list11; Rad=Rad;
ЭЛЕМЕНТ=kk1|20_2; КОД=list11; Rad=RadEnd;
ЭЛЕМЕНТ=t1|20_2; КОД=tension3; l=lis;

ЭЛЕМЕНТ=k0|10_2; КОД=list12; Rad=Rad_up;
ЭЛЕМЕНТ=kk0|10_2; КОД=list12; Rad=RadEnd_up;
ЭЛЕМЕНТ=t0|10_2; КОД=tension3; l=lis;

+ПОЛОЖЕНИЕ;

СВЯЗЬ=01-k0; Y=y0; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k10; Y=y10; UY=90; X=x10; UZ=-a10;
СВЯЗЬ=01-k20; Y=y20; UY=90; X=x20; UZ=-a20;
СВЯЗЬ=01-k27; Y=y27; UY=90; X=x27; UZ=-a27;
СВЯЗЬ=01-k37; Y=y37; UY=90; X=x37; UZ=-a37;
СВЯЗЬ=01-k47; Y=y47; UY=90; X=x47; UZ=-a47;
СВЯЗЬ=01-k57; Y=y57; UY=90; X=x57; UZ=-a57;
СВЯЗЬ=01-k47_2; Y=y47_2; UY=90; X=x47_2; UZ=-a47_2;
СВЯЗЬ=01-k37_2; Y=y37_2; UY=90; X=x37_2; UZ=-a37_2;
СВЯЗЬ=01-k27_2; Y=y27_2; UY=90; X=x27_2; UZ=-a27_2;

СВЯЗЬ=01-k20_2; Y=y20_2; UY=90; X=x20_2; UZ=-a20_2;
СВЯЗЬ=01-k10_2; Y=y10_2; UY=90; X=x10_2; UZ=-a10_2;

СВЯЗЬ=01-k0|10_2; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k1|20_2; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k2|27_2; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k3|37_2; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k4|47_2; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k5|57; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k6|47; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k7|37; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k8|27; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k9|20; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k10|10; UY=90;
СВЯЗЬ=01-k11|0; UY=90;

СВЯЗЬ=t0-k0;
СВЯЗЬ=t0-kk0;

СВЯЗЬ=t10-k10;
СВЯЗЬ=t10-kk10;

СВЯЗЬ=t20-k20;
СВЯЗЬ=t27-k27;
СВЯЗЬ=t37-k37;
СВЯЗЬ=t47-k47;
СВЯЗЬ=t57-k57;
СВЯЗЬ=t47_2-k47_2;
СВЯЗЬ=t37_2-k37_2;
СВЯЗЬ=t27_2-k27_2;
СВЯЗЬ=t20_2-k20_2;
СВЯЗЬ=t10_2-k10_2;

СВЯЗЬ=t0|10_2-k0|10_2;
СВЯЗЬ=t0|10_2-kk0|10_2;

СВЯЗЬ=t1|20_2-k1|20_2;
СВЯЗЬ=t1|20_2-kk1|20_2;

СВЯЗЬ=t2|27_2-k2|27_2;
СВЯЗЬ=t2|27_2-kk2|27_2;

СВЯЗЬ=t3|37_2-k3|37_2;
СВЯЗЬ=t3|37_2-kk3|37_2;

СВЯЗЬ=t4|47_2-k4|47_2;
СВЯЗЬ=t4|47_2-kk4|47_2;

СВЯЗЬ=t5|57-k5|57;
СВЯЗЬ=t5|57-kk5|57;

СВЯЗЬ=t6|47-k6|47;
СВЯЗЬ=t6|47-kk6|47;

СВЯЗЬ=t7|37-k7|37;
СВЯЗЬ=t7|37-kk7|37;

СВЯЗЬ=t8|27-k8|27;
СВЯЗЬ=t8|27-kk8|27;

СВЯЗЬ=t9|20-k9|20;
СВЯЗЬ=t9|20-kk9|20;

СВЯЗЬ=t10|10-k10|10;
СВЯЗЬ=t10|10-kk10|10;

СВЯЗЬ=t11|0-k11|0;
СВЯЗЬ=t11|0-kk11|0;

+ФОРМУЛЫ;
Rad_up=Rad+2;
RadEnd_up=RadEnd+2;


```
Rad_delta=(Rad-RadEnd)*(-1);
```

```
y0=Rad;  
Round=Rad*2*3.1415;  
Shag=Round/114;  
Grad=Round/360;
```

```
a10=(Shag*10)/Grad;  
y10=COS(a10)*Rad;  
x10=SIN(a10)*Rad;
```

```
a20=(Shag*20)/Grad;  
y20=COS(a20)*Rad;  
x20=SIN(a20)*Rad;
```

```
a27=(Shag*27)/Grad;  
y27=COS(a27)*Rad;  
x27=SIN(a27)*Rad;
```

```
a37=(Shag*37)/Grad;  
y37=COS(a37)*Rad;  
x37=SIN(a37)*Rad;
```

```
a47=(Shag*47)/Grad;  
y47=COS(a47)*Rad;  
x47=SIN(a47)*Rad;
```

```
a57=(Shag*57)/Grad;  
y57=COS(a57)*Rad;  
x57=SIN(a57)*Rad;
```

```
a47_2=(Shag*68)/Grad;  
y47_2=COS(a47_2)*Rad;  
x47_2=SIN(a47_2)*Rad;
```

```
a37_2=(Shag*78)/Grad;  
y37_2=COS(a37_2)*Rad;  
x37_2=SIN(a37_2)*Rad;
```

```
a27_2=(Shag*88)/Grad;  
y27_2=COS(a27_2)*Rad;  
x27_2=SIN(a27_2)*Rad;
```

```
a20_2=(Shag*95)/Grad;  
y20_2=COS(a20_2)*Rad;  
x20_2=SIN(a20_2)*Rad;
```

```
a10_2=(Shag*105)/Grad;  
y10_2=COS(a10_2)*Rad;  
x10_2=SIN(a10_2)*Rad;
```

Файл fz.spm

```
+ОБЪЕКТ;
КОД=fz; ИМЯ=Фюзеляж; ТИП=C;

S7(Семь секций)=(passCount,320,350);
S8(Восемь секций)=(passCount,351,382);
S9(Девять секций)=(passCount,383,413);
ГРУППА(Кол-во секций)=S7,S8,S9;
МОДЕЛЬ=ТАМК;

+ПАРАМЕТРЫ;
Rad=304;
Rad0=;
Rad1=; RadEnd1=;
Rad2=; RadEnd2=;
Rad3=; RadEnd3=;
Rad4=; RadEnd4=;

passCount=320;
temp=;
sectionCount=;
sectionLen=;

deltaSection3=;
deltaSection4=;

+ЭЛЕМЕНТЫ;
ЭЛЕМЕНТ=00; ИМЯ=База; ТИП=Ф;
ЭЛЕМЕНТ=sec00; КОД=fz_section; Rad=Rad0; RadEnd=RadEnd1; len=sectionLen; СВОЙСТВА=S7,S8,S9;
ЭЛЕМЕНТ=sec01; КОД=fz_section; Rad=Rad1; RadEnd=RadEnd1; len=sectionLen; СВОЙСТВА=S7,S8,S9;
ЭЛЕМЕНТ=sec02; КОД=fz_section; Rad=Rad1; RadEnd=RadEnd1; len=sectionLen; СВОЙСТВА=S7,S8,S9;
ЭЛЕМЕНТ=sec03; КОД=fz_section; Rad=Rad1; RadEnd=RadEnd1; len=sectionLen; СВОЙСТВА=S7,S8,S9;
ЭЛЕМЕНТ=sec011; КОД=fz_section; Rad=Rad1; RadEnd=RadEnd1; len=sectionLen; СВОЙСТВА=S8,S9;
ЭЛЕМЕНТ=sec012; КОД=fz_section; Rad=Rad1; RadEnd=RadEnd1; len=sectionLen; СВОЙСТВА=S9;
ЭЛЕМЕНТ=sec04; КОД=fz_section; Rad=Rad2; RadEnd=RadEnd2; len=sectionLen; СВОЙСТВА=S7,S8,S9;
ЭЛЕМЕНТ=sec05; КОД=fz_section; Rad=Rad3; RadEnd=RadEnd3; len=sectionLen; СВОЙСТВА=S7,S8,S9;
ЭЛЕМЕНТ=sec06; КОД=fz_section; Rad=Rad4; RadEnd=RadEnd4; len=sectionLen; СВОЙСТВА=S7,S8,S9;

+ПОЛОЖЕНИЕ;
СВЯЗЬ=00-sec00;
СВЯЗЬ=sec00-sec01; X=sectionLen;
СВЯЗЬ=sec01-sec02; X=sectionLen;
СВЯЗЬ=sec02-sec03; X=sectionLen;
СВЯЗЬ=sec03-sec011; X=sectionLen;
СВЯЗЬ=00-sec012; X=deltaSection3;
СВЯЗЬ=00-sec04; X=deltaSection4;
СВЯЗЬ=sec04-sec05; X=sectionLen;
СВЯЗЬ=sec05-sec06; X=sectionLen;

+ФОРМУЛЫ;
sectionLen=Rad/3*2;
deltaSection3=sectionLen*5;
deltaSection4=sectionLen*(sectionCount+4);

Rad0=Rad/30*29;

Rad1=Rad;
RadEnd1=Rad;

Rad2=RadEnd1;
RadEnd2=Rad/30*29;

Rad3=RadEnd2;
RadEnd3=Rad/30*27;

Rad4=RadEnd3;
RadEnd4=Rad/30*20;

temp=(passCount-319)/32;
sectionCount=OKR(0,temp,-5);
```