

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»  
СКБ «Компьютерные и инженерные технологии»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС  
Е.М. Димитриади

(подпись)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
А.В. Космынин

(подпись)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Декан ФАМТ

О.А. Красильникова

(подпись)

«06» 06 2024 г.

Разработка методики нисходящего проектирования привода предкрылка  
самолета в CAD/CAE

Комплект проектной документации

Руководитель СКБ «КИТ»

Свир А.В. 06.06.2024

(подпись, дата)

А.В. Свиридов

Руководитель проекта

Просолович А.А. 06.06.2024

(подпись, дата)

А.А. Просолович

Комсомольск-на-Амуре 2024



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

*СКБ «Компьютерные и инженерные технологии»*

**ЗАДАНИЕ**  
**на разработку**

Выдано студенту Третьякову Валерию Артемовичу, гр. 1ТС-1.

Название проекта: Разработка методики нисходящего проектирования привода предкрылка самолета в CAD/CAE.

Назначение: Проектирование в CAD/CAE привода предкрылка самолета с целью разработки методики проектирования привода на основе принципов нисходящего проектирования.

Область использования: В учебном процессе для направления подготовки 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение» в качестве наглядного пособия учебно-методического комплекса.

Функциональное описание проекта: Методика должна позволять получать оптимальное решение при проектировании привода с использованием автоматизированных расчетов.

Техническое описание устройства: принципиальная схема привода выбирается из готовых решений (альбом).

Требования: Методика реализуется в системе NX в модулях моделирование, кинематика и проектирование. В результате применения методики должны быть получены ассоциативно связанные модели (геометрические, кинематические и прочностные) в соответствии с концепцией сквозного проектирования.



План работ:

Наименование работ	Срок
Анализ служебного назначения и характеристик привода.	Октябрь, 2023
Анализ применимости методики	Октябрь, 2023
Построение концептуальной кинематической модели привода	Ноябрь, 2023
Построение твердотельной модели привода	Ноябрь, 2023
Построение прочностной модели привода	Декабрь, 2023
Оформление отчета	Май, 2024

Комментарии:

Пояснительная записка к проекту выполняется по требованиям РД 013-2016 с изм. 4. Графический материал оформляется по требованиям ЕСКД.

Перечень графического и иного материала:

- геометрические, кинематические и прочностные модели;
- методические указания по методике

Руководитель проекта

12.10.2023

А.А. Просолович

(подпись, дата)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

**ПАСПОРТ**

**«Разработка методики нисходящего проектирования привода  
предкрылка самолета в CAD/CAE».**

Руководитель проекта



06.06.2024

(подпись, дата)

А.А. Просолович

Комсомольск-на-Амуре 2024

## Содержание

1. Общие положения.....	7
1.1 Цель и задачи работы.....	7
1.2 Предмет разработки.....	7
1.3 Исходные данные для проектирования.....	7
2. Теоретические сведения, область использования разработки.....	8
2.1 Нисходящее проектирование .....	8
2.2 Назначение и область использования разработки.....	10
3. Методические рекомендации по применению методики нисходящего проектирования привода предкрылка самолета в CAD/CAE .....	10
3.1 Построение концептуальной кинематической модели привода ...	11
3.2 Построение твердотельной модели привода .....	11
3.3 Построение прочностной модели привода .....	12

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.01000000</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		6

## 1 Общие положения

### 1.1 Цель и задачи работы.

Цель работы заключалась в разработке методики нисходящего проектирования привода предкрылка самолета в CAD/CAE.

Задачами проекта являлось создание концептуальной кинематической модели объекта, трехмерной геометрической модели объекта, расчетной модели объекта, описании методики нисходящего проектирования привода применительно к NX.

### 1.2 Предмет разработки.

Предметом разработки является законченная методика автоматизированного проектирования привода предкрылка и практические рекомендации к проведению лабораторных работ по курсу «Инженерный анализ в САЕ» для направления подготовки 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение»

### 1.3 Исходные данные для проектирования.

Принципиальная схема привода предкрылка самолета (рисунок 1).

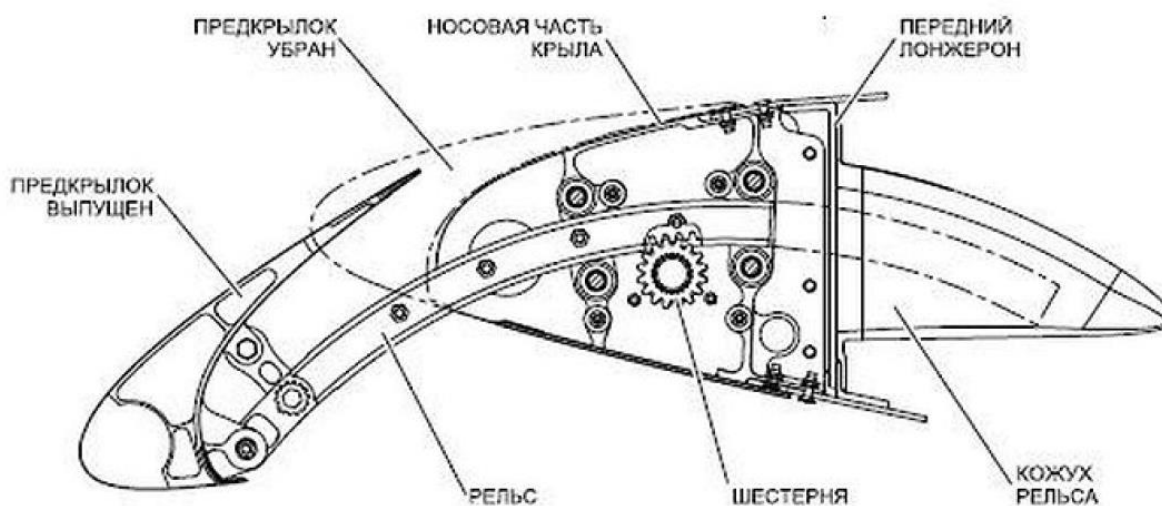


Рисунок 1 – Задание для моделирования привода предкрылка самолета

					СКБ КИТ.12.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		7

## 2 Теоретические сведения, область использования разработки

### 2.1 Нисходящее проектирование

Методология проектирования сверху-вниз (нисходящее проектирование) - проектирование, которое ведется от общей компоновки изделия к детальной проработке узлов и деталей с промежуточным членением на составные части. Исторически системы САПР начинали с проектирования снизу-вверх, когда сначала делаются составные части – детали, потом они собираются в под сборки, затем в сборки и таким образом формируется состав изделия. Такой подход весьма условно может называться проектированием и подходит для очень простых изделий. Когда деталь или узел проектируется в отрыве от общего контекста, то высока вероятность появления ошибки, которая потом может быть выявлена только при сборке реального изделия. Поэтому при разработке сложных изделий более эффективен подход проектирования сверху-вниз, когда изделие начинает увязываться с ранних стадий проектирования (рисунок 2).

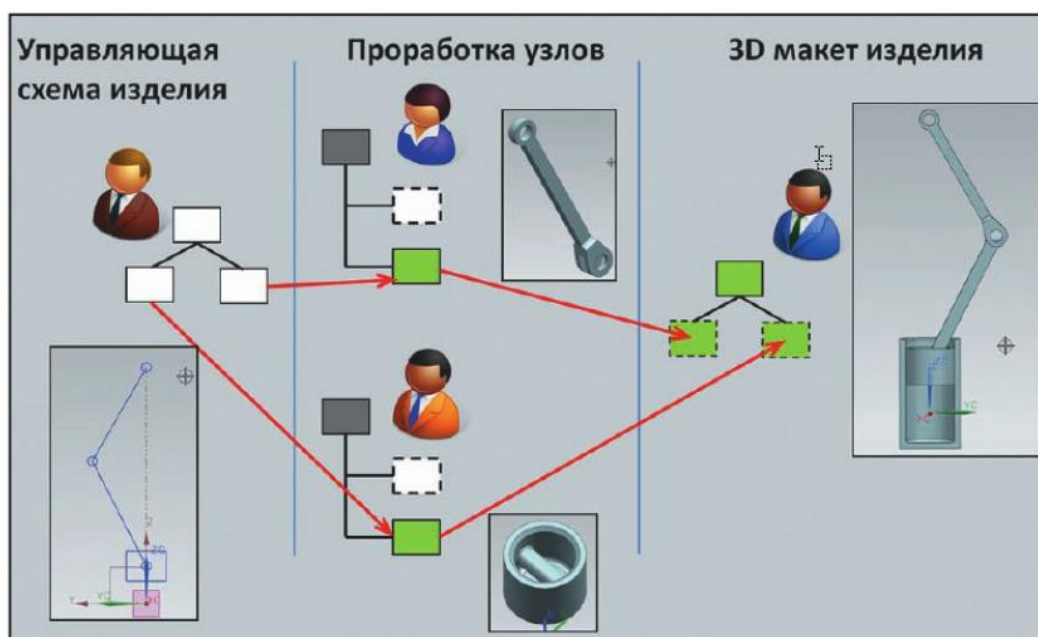


Рисунок 2 – Нисходящее проектирование

Проектирование сверху вниз в системе САПР начинается с создания **общей компоновки изделия**. С точки зрения реализации в NX этот этап



специфичен для каждого конкретного типа изделия, так как разные изделия описываются по-разному. Например, в каких-то случаях компоновка может определяться внешними обводами изделия, на которые завязывается все остальное, а в других случаях внешние обводы не так важны, и большую роль играет взаимная увязка составляющих блоков изделия. Но во всех случаях на этапе определения общей компоновки важно максимально увязать составляющие компоненты друг с другом, несмотря на то что сами компоненты ещё не проработаны.

Следующим этапом идет **декомпозиция общей компоновки**. Декомпозиция также весьма сильно зависит от специфики изделия, когда доходит до реализации в системе САПР. В некоторых случаях имеет смысл разбивать изделия на составляющие согласно разбиению на системы и агрегаты, в иных случаях прибегают к группировке агрегатов и систем и разбивают общую компоновку по зональному признаку. Количество уровней декомпозиции зависит от сложности изделия и иногда бывает достаточно велико. В таких случаях особенно важно иметь механизм отслеживания и управления связями.

После того как изделие разбито на конечные составляющие, которые можно отдавать в проработку исполнителям или подрядчикам, формируется пакет исходных данных, состоящий из геометрических и параметрических объектов, описывающих данный узел.

После детальной проработки составляющих они собираются обратно согласно схеме декомпозиции и формируют **конечный состав изделия**. Этот состав изделия используется для контроля сборки, проведения различного рода анализов, подготовки производства и выпуска документации. На всех этапах процесса проектирования межмодельные связи играют большую роль. Именно за счет отслеживания связей и управляемого проведения изменений возможно реализовать процесс параллельной разработки, когда все участники основываются на едином источнике данных, видят и управляют их

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.02000000</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		9

изменением и работают в едином контексте проектируемого изделия. Реализаций процесса проектирования сверху вниз с использованием механизма межмодельных связей WAVE может быть множество, и вряд ли найдётся какая-то одна универсальная, подходящая под любые изделия.

## 2.2 Назначение и область использования разработки.

Назначение разработки состоит в ее применении в учебном процессе для направления подготовки 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение» в качестве наглядного пособия и учебного задания.

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.02000000</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		10

### 3. Методические рекомендации по применению методики нисходящего проектирования привода предкрылка самолета в CAD/CAE.

#### 3.1 Построение концептуальной кинематической модели привода

В приложении **Моделирование NX** создать тела, участвующие в движении привода (рисунок 3).

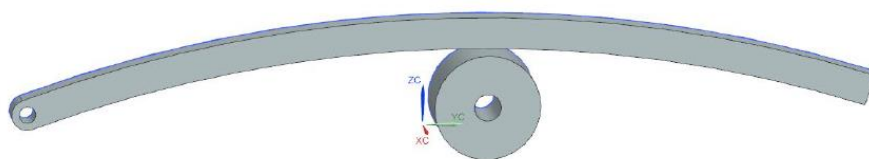


Рисунок 3 – Тела для кинематической модели

В приложении **Кинематика NX** создать кинематическую модель (задать кинематические пары и параметры привода) (рисунок 4).

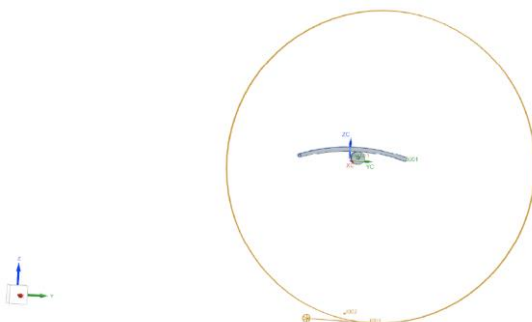


Рисунок 4 – Кинематическая модель

Выполнить расчет кинематической модели, получить анимацию движения (рисунок 5).

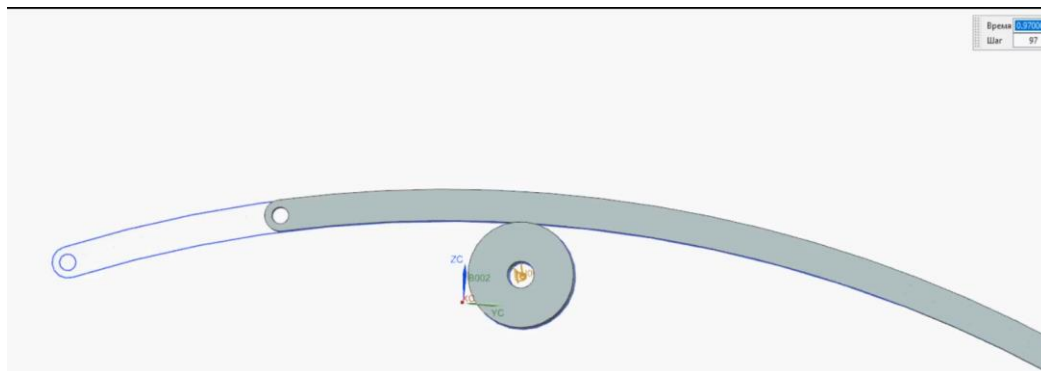


Рисунок 5 – Анимация движения

### 3.2 Построение твердотельной модели привода

В приложении **Моделирование NX** создать сборочную модель привода, в которой с помощью межмодельных связей подключить геометрические параметры с концептуальной кинематической модели (рисунок 6).

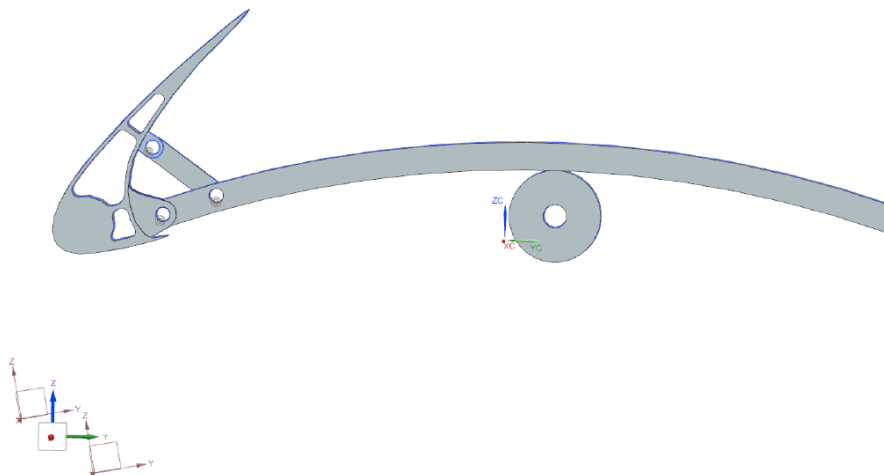


Рисунок 6 – Сборочная модель привода

### 3.3 Построение прочностной модели привода

В приложении **Проектирование NX** выполнить статический анализ привода на прочность (рисунки 7-11).

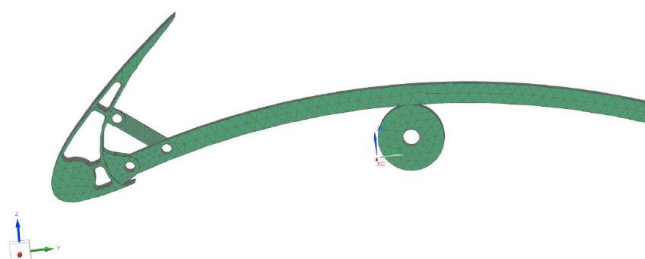


Рисунок 7 – Сеточная модель устройства

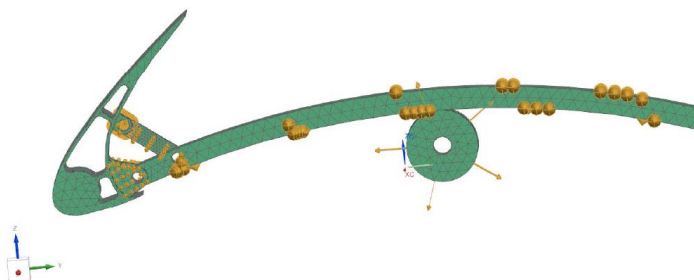


Рисунок 8 – Контакты



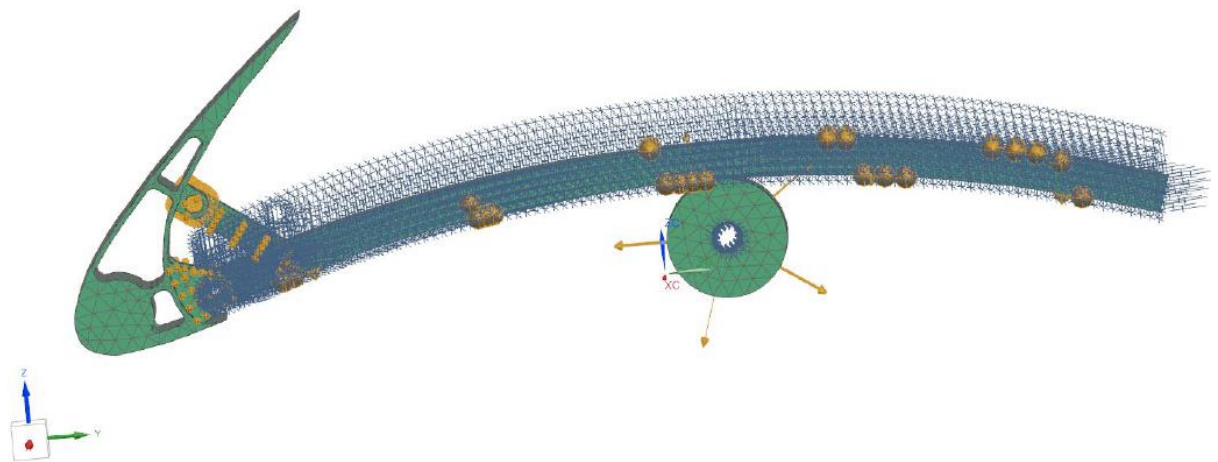


Рисунок 9 – Ограничения

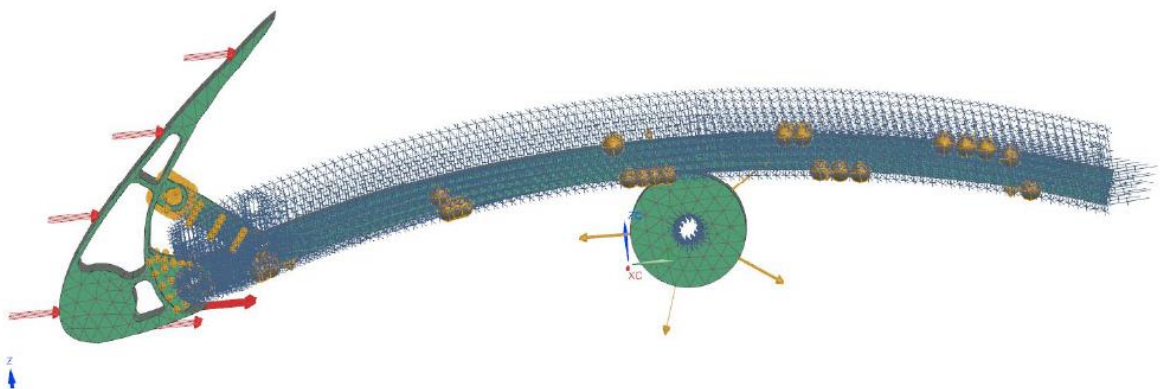


Рисунок 10 – Нагрузка

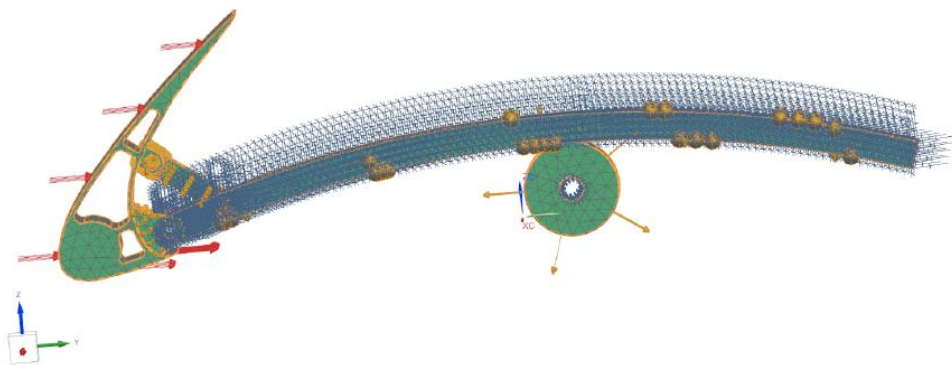
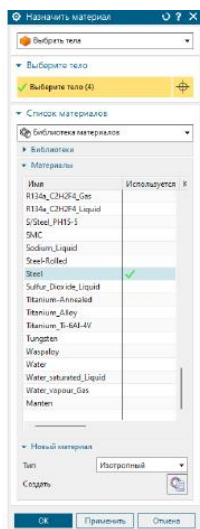


Рисунок 11 – Материал

Получить результаты расчета (рисунки 12-13).

teoyu\_sim1 : Solution 1 Результат  
 Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1  
 Перемещение - По узлам, Величина  
 Мин. : 0.00, Макс. : 35.29, Единицы = mm  
 Деформация : Перемещение - По узлам Величина

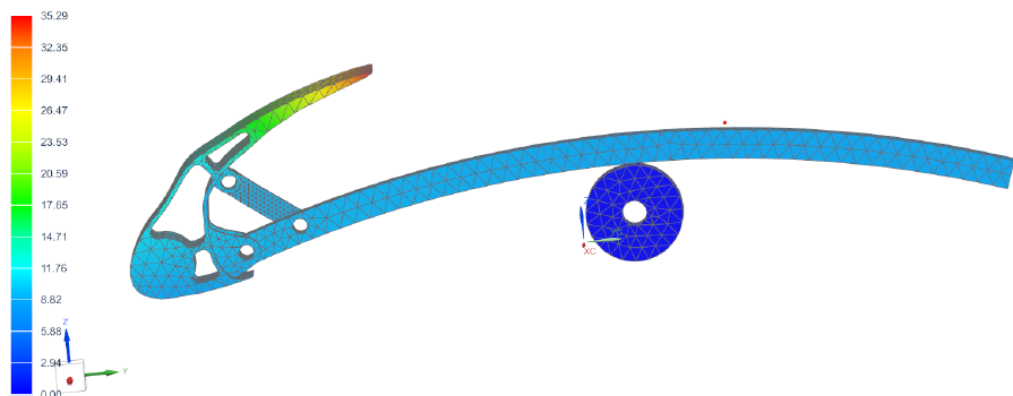


Рисунок 12 – Поле перемещений

teoyu\_sim1 : Solution 1 Результат  
 Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1  
 Напряжение - По элементам, По Максимуму  
 Мин. : 0.00, Макс. : 10212.88, Единицы = МПа  
 Деформация : Перемещение - По узлам Величина

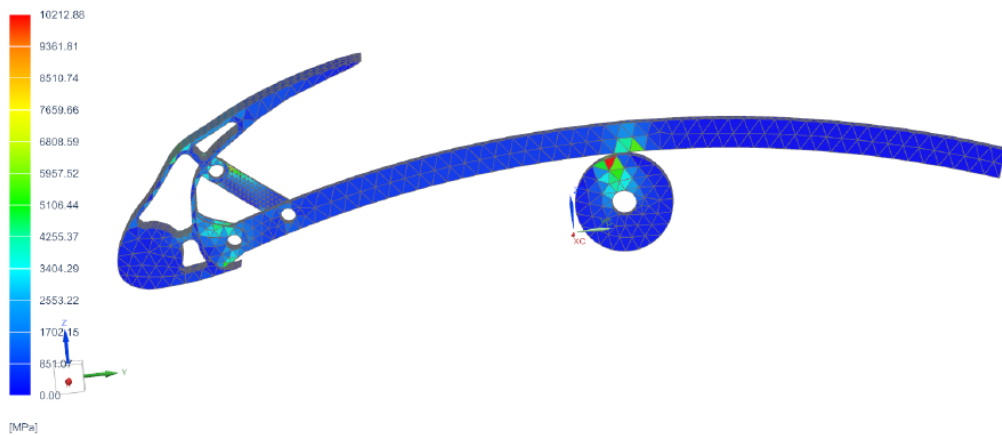


Рисунок 13 – Поле напряжений

В результате расчета получены максимальные значения напряжения и перемещения деталей устройства. На основе полученных результатов принимается решение об оптимальности конструкции.

При необходимости выполняется оптимизация геометрических и прочих параметров модели. Т.к. проектирование выполнялось с использованием межмодельных связей и параметризации геометрии с использованием принципа нисходящего проектирования, то возможны корректирующие изменения моделей без их разрушения и повторного перестроения.

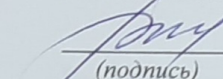
					<b>СКБ КИТ.12.ИП.03000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		14

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

СОГЛАСОВАНО

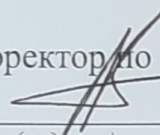
УТВЕРЖДАЮ

Начальник отдела ОНиПКРС

  
(подпись) Е.М. Димитриади


«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Проректор по научной работе

  
(подпись) А.В. Космынин

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Декан

  
(подпись) О.А. Красильникова

АКТ

о приемке в эксплуатацию проекта  
«Разработка методики нисходящего проектирования привода предкрылка  
самолета в CAD/CAE».

г. Комсомольск-на-Амуре

« 06 » 06 2024 г.

Комиссия в составе представителей:

со стороны заказчика

- А.В. Свиридов – руководитель СКБ,
- О.А. Красильникова – декан «ФАМТ»

со стороны исполнителя

- А.А. Просолович – руководитель проекта,
- В.А. Третьяков, гр. 1ТС-1

составила акт о нижеследующем:




«Исполнитель» передает проект «Разработка методики нисходящего проектирования привода предкрылка самолета в CAD/CAE», в составе:

1. Проект в NX, содержащий ассоциативно связанные модели (геометрические, кинематические и прочностные).

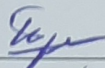
2. Методических рекомендаций по применению методики нисходящего проектирования привода предкрылка.

Руководитель проекта

  
06.06.2024  
(подпись, дата)

А.А. Просолович

Исполнитель проекта

  
06.06.2024  
(подпись, дата)

В.А. Третьяков