

Совместный проект ЦИАМ-РГАТУ- Консорциум- «РазвИТие» по созданию демонстратора цифрового двойника малоразмерного ПД на базе отечественного ПО

Алексей Родин,
АСКОН, Консорциум РазвИТие
rodin_av@ascon.ru
(903) 690-36-82





Участники



CAD, PLM

КОМПАС-3D
ВЕРТИКАЛЬ
ЛОЦМАН:PLM
ПОЛИНОМ:MDM
ГОЛЬФСТРИМ



CAM

ADEM CAM



EDA

Delta Design



CAE, CFD

KompasFlow
FlowVision



CAE

APM FEM
APM WinMachine



MDO

IOSO
IOSO-K



1D

Pradis
Product Studio



ECAD

САПР МАКС



ILS, IETM

Seascape
Seamatica

КОМПАС-3D

Геометрическое моделирование,
параметризация, обмен данными

APM Studio

Конвертация и доработка моделей
перед выполнением расчетов

ЛОЦМАН:PLM

Вторичное представление
3D-моделей



ЕДИНОЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЯДРО C3D

Delta Design

Построение и визуализация
печатной платы в 3D

ADEM CAM

Построение и редактирование
геометрических моделей

FlowVision

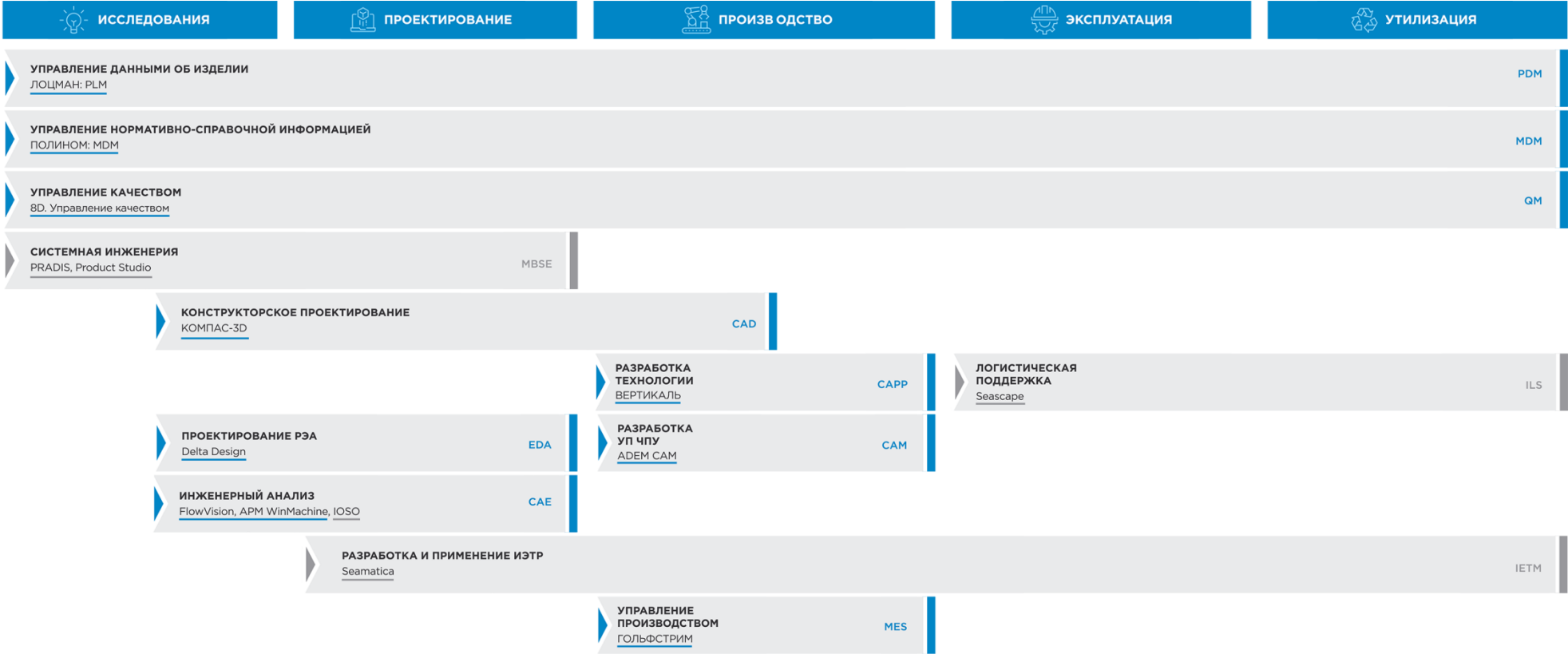
Визуализация расчетных моделей

БОЛЕЕ 50 ЗАКАЗЧИКОВ В 14 СТРАНАХ МИРА

Единственное промышленное
геометрическое ядро
в странах «неЗапада»



ЕСТЬ АЛЬТЕРНАТИВЫ ПО КЛЮЧЕВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ



ЕДИНАЯ ПЛАТФОРМА

PLM-решение консорциума
«РазвИТие»

С3D

Единое геометрическое ядро

КОМПАС-3D

Единая платформа CAD/CAE/CFD/CAM

ЛОЦМАН:PLM

Единая платформа данных о жизненном
цикле

ДОРОЖНАЯ КАРТА КОНСОРЦИУМА

Уже сейчас реализовано 90% задач, закрываемых тяжелыми PLM-комплексами

	2022	2023	2024	2025
PDM MDM	<ul style="list-style-type: none">Проектирование системной архитектурыУправление данными виртуальных испытаний. 1D-анализИнтеграция с системами ИЛП/ИЭТРПрогнозирование влияния изменений сроков задачАнализ влияния изменений требований	<ul style="list-style-type: none">Конфигурирование структур по опциям и вариантамУправление данными виртуальных испытаний. Гидродинамика, прочность.Web-ориентированный PDM. ПлатформаДинамическая визуализация цифровой multiCAD-модели конечного изделия	<ul style="list-style-type: none">Управление проектом разработки изделия судостроения	<ul style="list-style-type: none">Web-ориентированный PDM. Прикладная функциональность
	<ul style="list-style-type: none">Распределенные процессы WorkFlowМножественная классификация составных частей (работа без сборок)			
CAPP CAM MES	<ul style="list-style-type: none">Развитие механизмов заимствования технологических данныхИнтеграция ГОЛЬФСТРИМ с 1C:ERP "из коробки"Интеллектуальный подбор средств технологического оснащенияПоддержка PostgreSQL ГОЛЬФСТРИМСоздание трехмерных эскизов по модели сборки	<ul style="list-style-type: none">Совершенствование разработки технологий на сборочные изделия. Проектирование больших сборокБалансировка заказовВыявление необходимости корректировки данных в техпроцессе при изменении окружения	<ul style="list-style-type: none">Специализированные технологические переделы (литье, штамповка, лазерная и плазменная резка)Автоматизированное создание техпроцесса по параметризованному шаблону	
		<ul style="list-style-type: none">Циклограммы техпроцессовИнтерактивные руководства по сборке, визуализация сборочных техпроцессов		
CAD	<ul style="list-style-type: none">Сложное поверхностное моделирование. Проектирование обводов корпусов, гладкая стыковка поверхностейМоделирование фрезерованных деталей	<ul style="list-style-type: none">Трубопроводы и металлоконструкции для отраслевых задачВарианты представления изделия: деформируемые детали, рабочее положениеТеория корабляПроектирование судовых систем.Проектирование судна. Электрический блок	<ul style="list-style-type: none">Работа со сканированными объемами. Поверхности по точкам и полюсамРазвитие работы в контекстном режимеКорпусная оснастка	<ul style="list-style-type: none">Автоматическая трассировка систем по свободным объемам
	<ul style="list-style-type: none">Режим "сквозные сопряжения"Развитие прямого моделированияПоддержка multiCAD. Улучшение работы с импортированными атрибутами/PMIПроектирование конструкции корпуса судна. Выпуск комплекта чертежей, подготовка данных для передачи на плаз.Импорт корпусных конструкций из AvevaМоделирование вентиляцииКоллективная распределенная работа в единой среде	<ul style="list-style-type: none">Моделирование деталей из слоистых пластиков	<ul style="list-style-type: none">Проектирование трубопроводных систем от принципиальных схем	
	<ul style="list-style-type: none">Специальные объекты и библиотеки по ОСТ			

ДОРОЖНАЯ КАРТА ПЕРЕХОДА НА LINUX

	2022	2023	2024	2025
CAD	КОМПАС-3D ПРОТОТИП 1	КОМПАС-3D БЕТА-ВЕРСИЯ	КОМПАС-3D IOSO-K для КОМПАС-3D	КОМПАС-3D ПРИЛОЖЕНИЯ
CAE				APR FEM для КОМПАС-3D
EDA		Delta Design IPR SERVER Delta Design ПРОТОТИП	Delta Design	
CFD	FlowVision		KompasFlow для КОМПАС-3D	
CAPP CAM			РЕДАКТОР ТЕХНОЛОГИЙ (ВЕБ)	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ
PDM	ЛОЦМАН:PLM ВЕБ-КЛИЕНТ (VIEWER)	ЛОЦМАН:PLM СЕРВЕР	ЛОЦМАН:PLM	ЛОЦМАН:PLM ПРИЛОЖЕНИЯ
MDM	ПОЛИНОМ:MDM ПРОТОТИП 1	ПОЛИНОМ:MDM		

В ЦИФРАХ

34

года на рынке
инженерного ПО

> 850

сотрудников в команде
АСКОН

34

офиса в России, Беларуси,
Казахстане и Узбекистане

1300

сотрудников консорциума и
партнеров

> 50

компаний-партнеров в России
и за рубежом

14000

промышленных заказчиков

VIII МТФ-2022
«Инновации. Технологии.
Производство»



Решения консорциума РазвИТие для проектирования и разработки ГТД в рамках концепции «цифрового двойника»

Алексей Родин,
АСКОН, Консорциум РазвИТие
rodin_av@ascon.ru
(903) 690-36-82

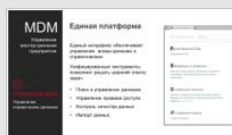
РАЗВИТИЕ



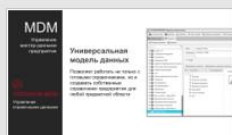
Не говорите что нам делать. Скажите, что нам не нужно делать.



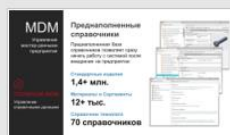
17



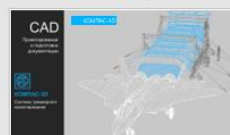
18



19



20



21



22



23



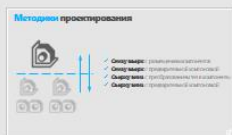
24



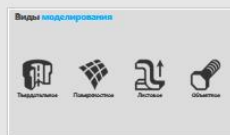
25



26



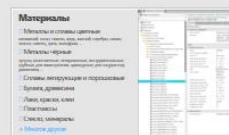
27



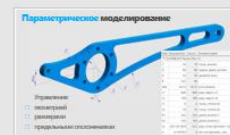
28



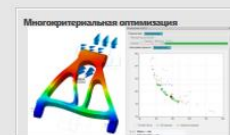
29



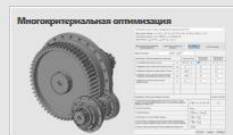
30



31



32



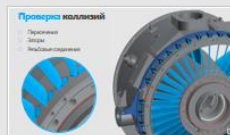
33



34



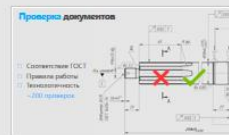
35



36



37



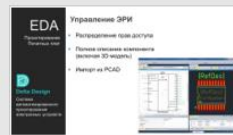
38



39



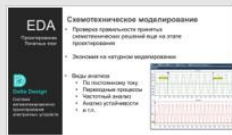
40



41



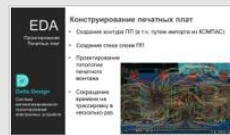
42



43



44



45



46



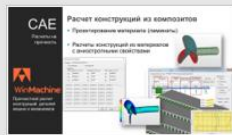
47



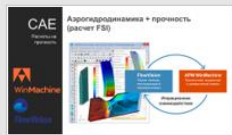
48



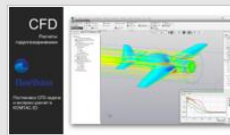
49



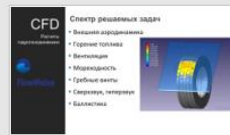
50



51



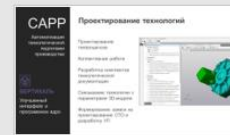
52



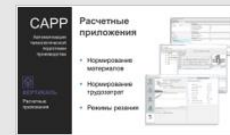
53



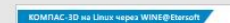
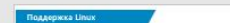
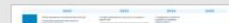
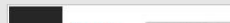
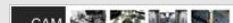
54



55



56

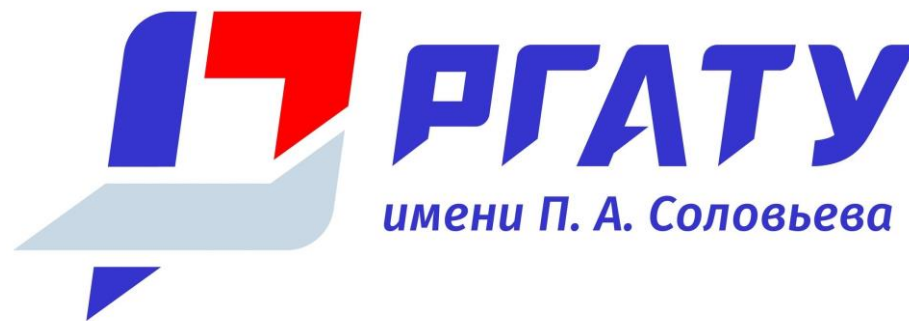


Старт Проекта Демонстратор цифрового двойника малоразмерного ПТД на базе отечественного ПО

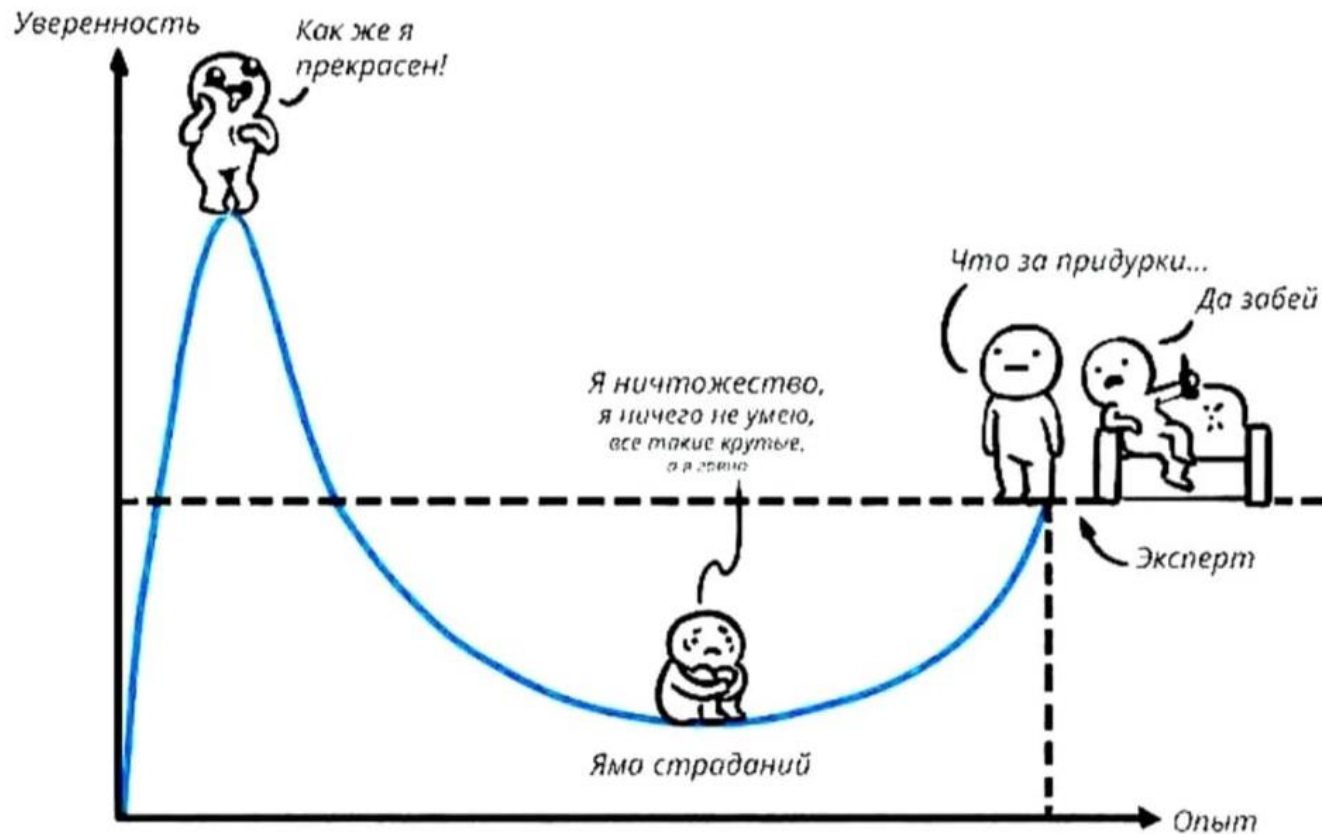
осень 2022



Демонстратор цифрового двойника малоразмерного ГТД на базе отечественного ПО



Эффект Даннинга-Крюгера



Люди, имеющие низкий квалификации, не способны осознать свои ошибки в силу низкого уровня своей квалификации

MULTIDISCIPLINARY DESIGN OPTIMIZATION OF A BLADED DISC FOR SMALL-SIZE GAS-TURBINE ENGINES

Anton Salnikov
Central Institute of Aviation
Motors
Moscow, Russia
E-mail: salnikov@ciam.ru

Maxim Danilov
Central Institute of Aviation
Motors
Moscow, Russia
E-mail: danilov@ciam.ru

ABSTRACT

One of the most important units of small-size gas-turbine engines (GTE) is a turbine bladed disk, since it determines the total engine efficiency. Designing a turbine disks is a complex challenge due to the high loads and a large number of structural and technological constraints, as well as a variety of requirements to the bladed disks for small-size GTEs (higher efficiency, lower mass and adequate strength characteristics, etc.).

Diverse requirements to the turbine bladed disks mean that modifying the structure in order to improve some characteristics will degrade other characteristics. A standard solution to this problem is to use the iterative approach, which reduces the design process to a consecutive iteration of setting and solving design problems concerning the bladed disk elements (blade and disk) separately for different aspects. The main drawback of this approach is its tremendous labor intensity and inferior quality of design, as this procedure does not consider the design object as a single entity.

This paper proposes an approach to the turbine bladed disks design based on the use of a single multidisciplinary parametrized 3D model that contains several specialized

The development of an integrated model is time consuming, but since the design and operation of bladed disks are similar, the created parametrized multidisciplinary 3D model can be used in the design of other similar disks after minor alternations taking into account the specifics of the new task.

NOMENCLATURE

GTE – gas-turbine engine
LCF – low cycle fatigue
FE – finite element
 η – performance factor
 π – total pressure ratio
 K_m – long-term strength factor
 f_i – i -th natural frequency of the blade
 K_i – the value of the stiffness of the blade
 Δf_i – relative difference of the natural frequencies

INTRODUCTION

Designing a turbine stage, as part of the general design of a gas turbine engine, is a multi-disciplinary problem with many

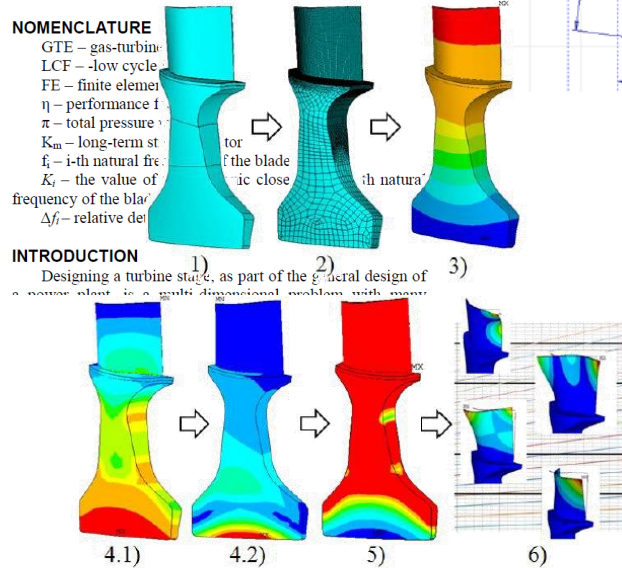


Figure 9. Strength analysis process block-diagram

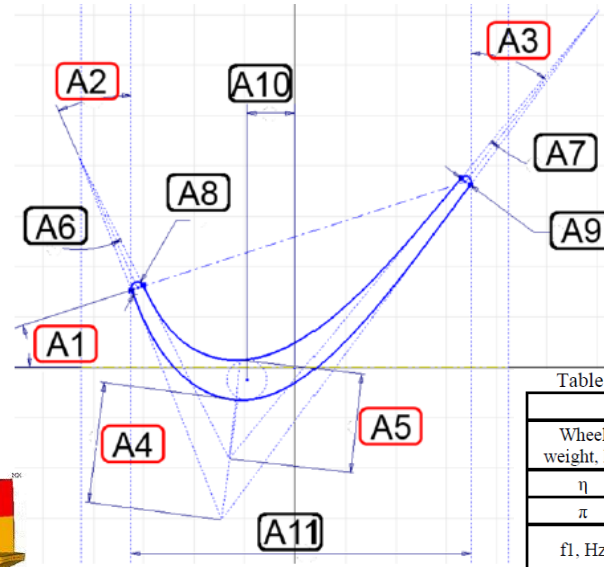


Table 1. Comparative Optimization Results

	Initial	Opt №1	Opt №2	Opt №3	Opt №4
Wheel weight, kg	2.136	1.841	2.254	1.966	2.265
η	0.908	0.908	0.926	0.908	0.923
π	2.346	2.349	2.392	2.364	2.344
f_1 , Hz	4500	3211 ($k=4$)	4136 ($k=5$)	3850	4500
f_2 , Hz	9570	8232 ($k=10$)	9800 ($k=12$)	8700	9760
f_3 , Hz	10700 ($k=13$)	8838	9940 ($k=12$)	10300	11210
f_4 , Hz	11660 ($k=14$)	10226	11200	11190	12130
Low-cycle fatigue	3 210	3 320	3 280	3 240	3 280
K_m	1.3	1.31	1.3	1.18	1.22

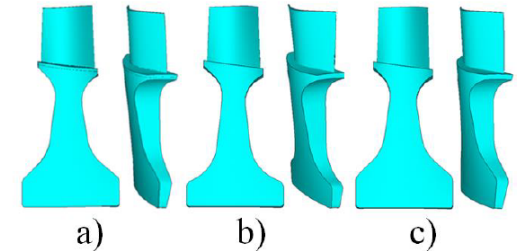
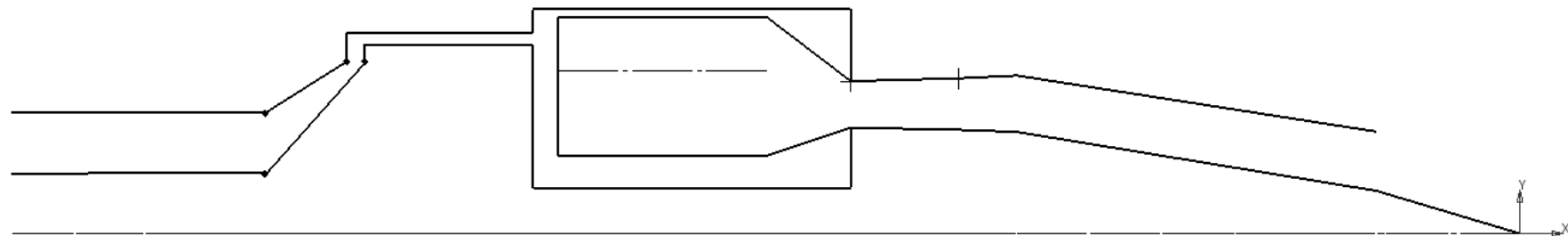
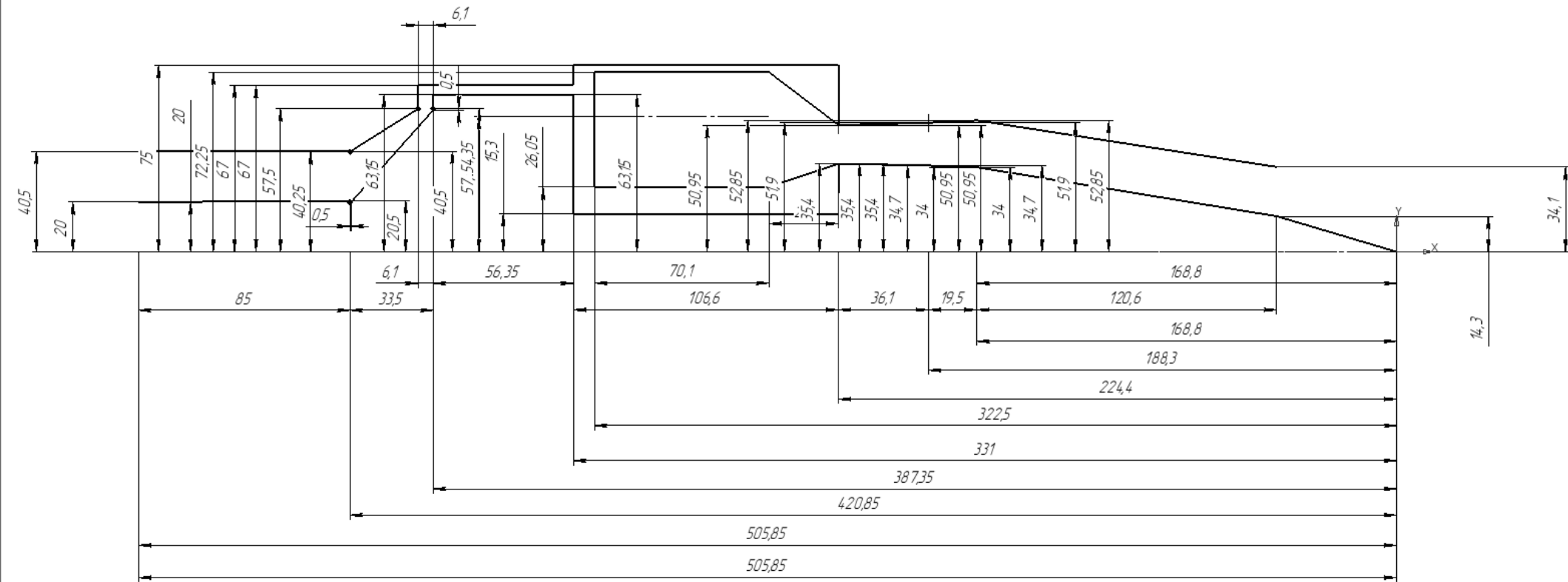


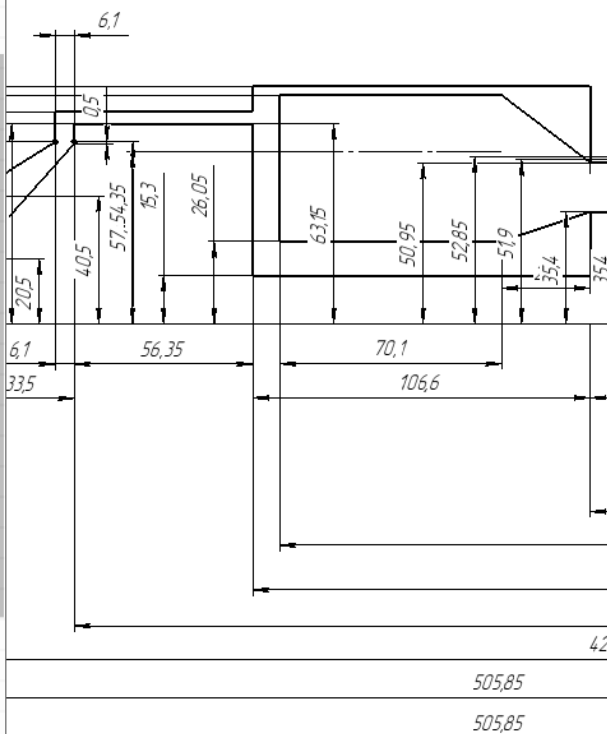
Figure 13. Initial design (a) and designs obtained as a result of optimization: Opt No. 3 (b) and Opt No. 4 (c)

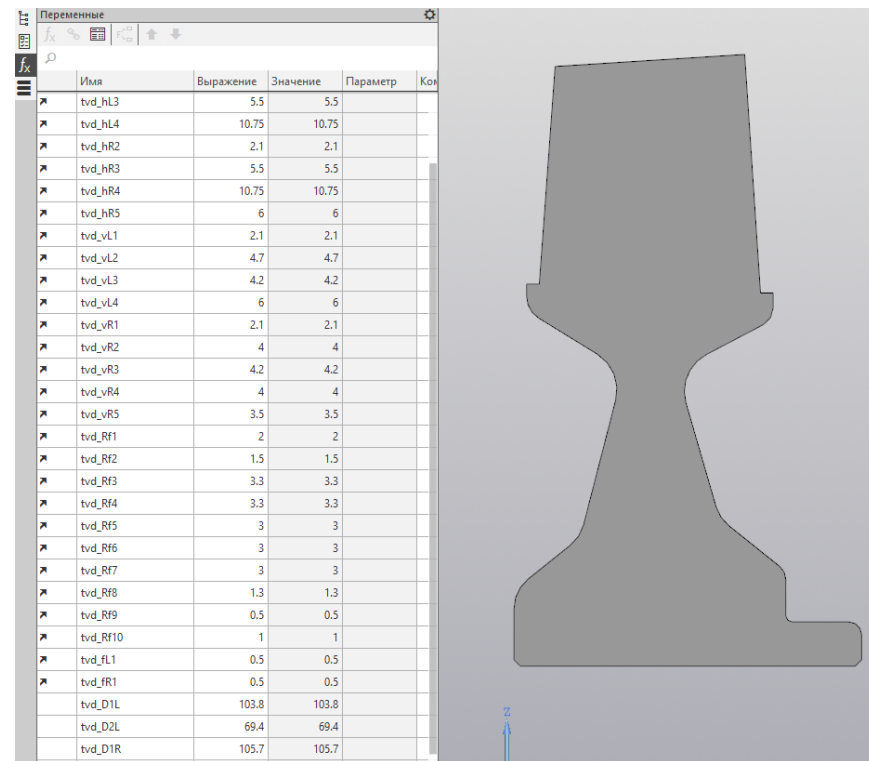
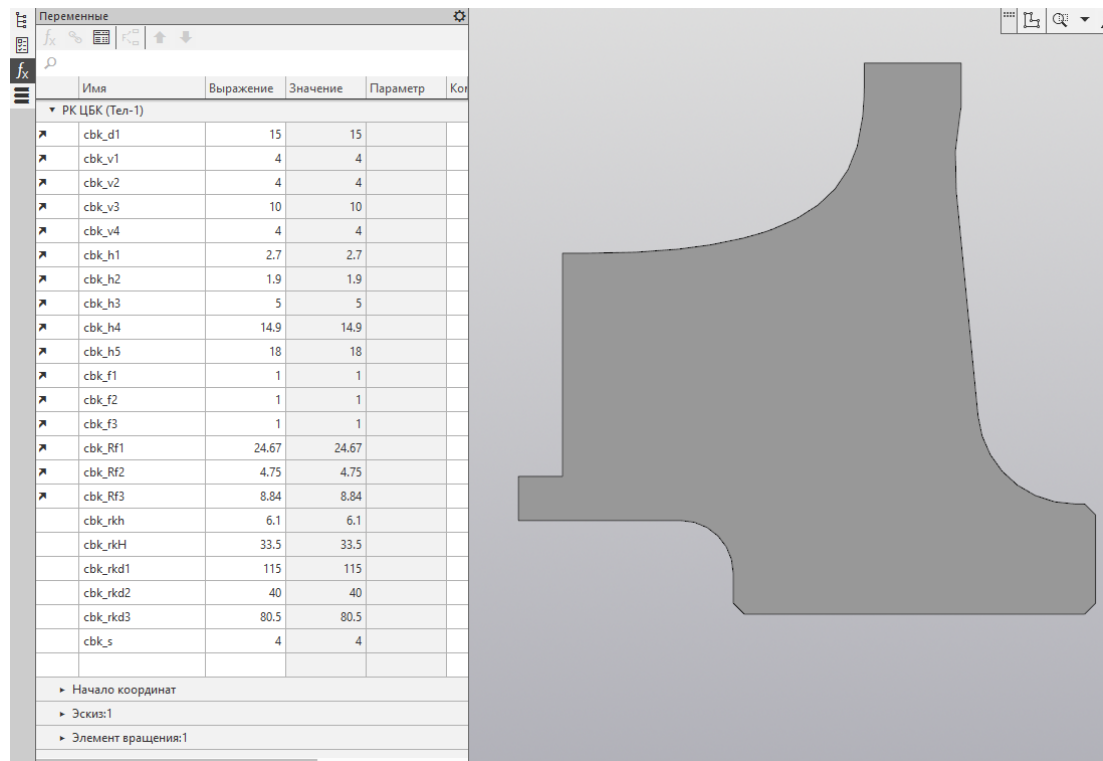


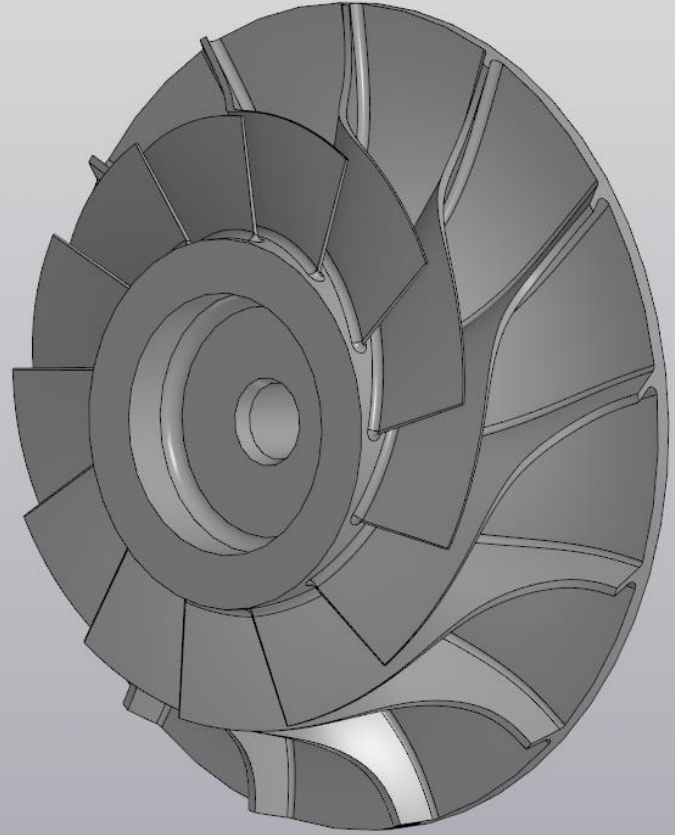
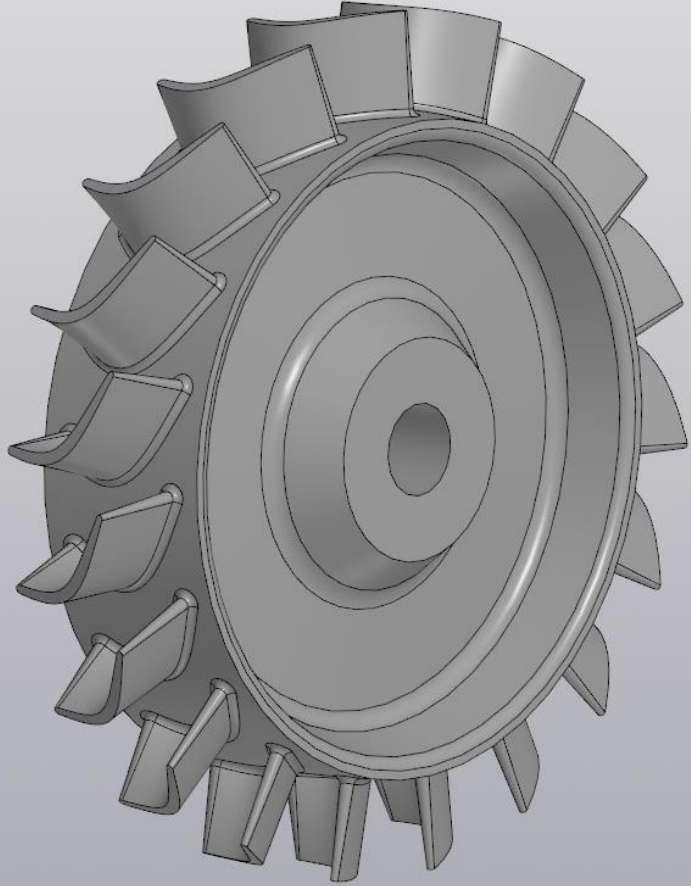


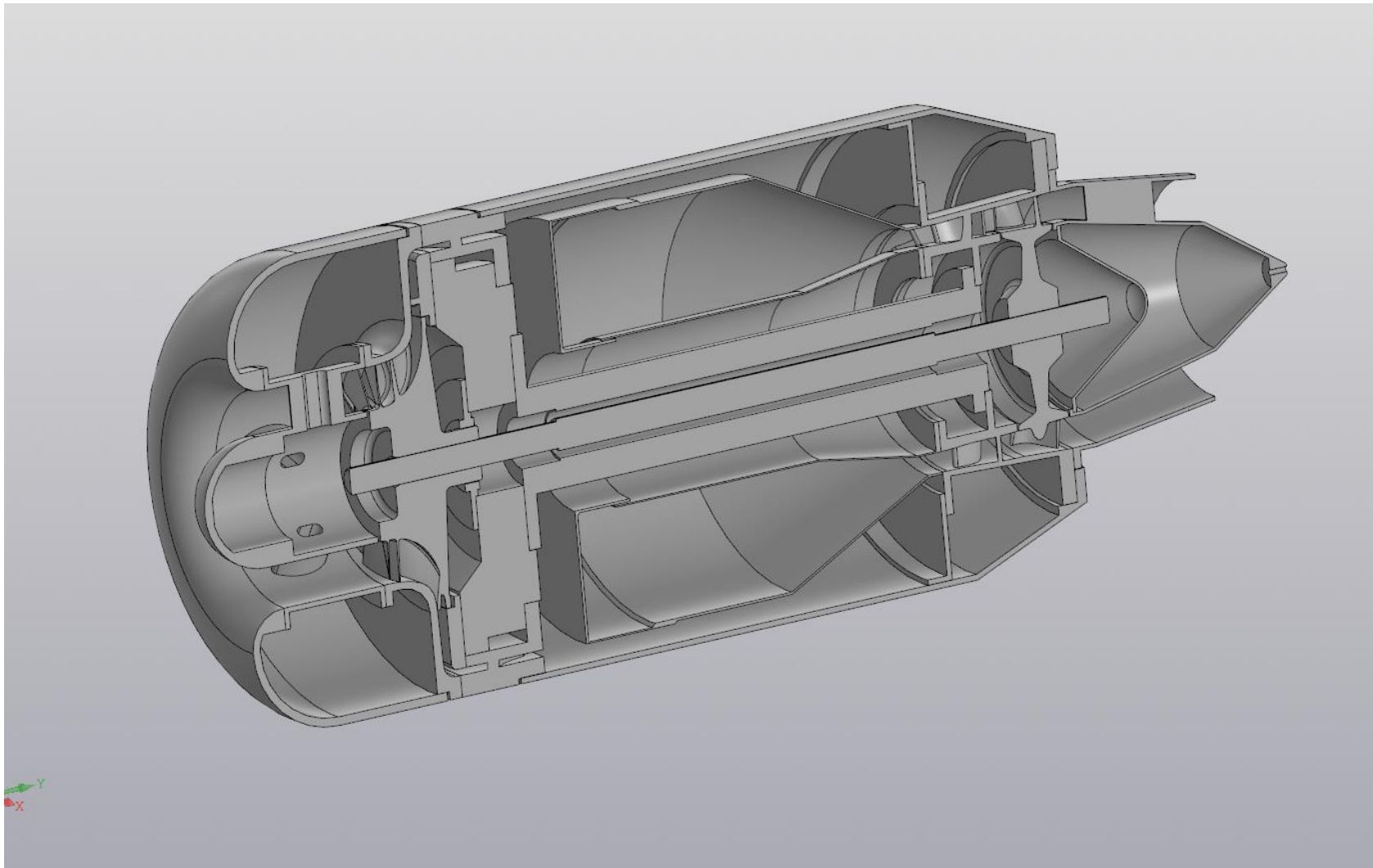
Переменные					
Имя	Выражение	Значение	Параметр	Комментарий	
p2d_vzu_Dvtvu	41	41		Диаметр втулки на выходе ВУ	
p2d_vzu_Dpervu	81	81		Диаметр периферии на выходе ВУ	
p2d_vzu_Lavu	85	85		Осевая протяженность ВУ	
p2d_graph_dxvu	0	0		Осевая позиция узла	
p2d_cbk_Dvt1	40	40		Диаметр втулки РК на входе	
p2d_cbk_Dper1	80,5	80,5		Диаметр периферии РК на входе	
p2d_cbk_Dper2	115	115		Диаметр РК на выходе	
p2d_cbk_h2	6,1	6,1		Высота лопатки РК на выходе	
p2d_cbk_L1	33,5	33,5		Осевая протяженность РК	
p2d_cbk_Dvt7	126,3	126,3		Диаметр втулки выходного канала н...	
p2d_cbk_Dper7	134	134		Диаметр периферии выходного кана...	
p2d_cbk_L7	56,35	56,35		Осевая протяженность выходного ка...	
p2d_cbk_nrk	12	12		Количество лопаток РК	
p2d_graph_dxx	85	85		Осевая позиция узла	
p2d_d1vt_cs	30,6	30,6		внутренний диаметр КС	
p2d_d1per_cs	150	150		внешний диаметр КС	
p2d_d2vt_cs	52,1	52,1		внутренний диаметр ЖТ	
p2d_d2per_cs	144,5	144,5		внешний диаметр ЖТ	
p2d_d0vt_cs	126,3	126,3		внутренний диаметр входа	
p2d_d0per_cs	134	134		внешний диаметр входа	
p2d_d7vt_cs	70,8	70,8		внутренний диаметр выхода	
p2d_d7per_cs	101,9	101,9		внешний диаметр выхода	
p2d_d8_cs	108,7	108,7		диаметр средней поверхности ЖТ	
p2d_l0_cs	8,5	8,5		отступ фронтального устройства	
p2d_l1_cs	106,6	106,6		общая протяженность КС	
p2d_l2_cs	98,1	98,1		общая протяженность ЖТ	
p2d_l3_cs	70,1	70,1		протяженность рабочей зоны ЖТ	
p2d_l4_cs	28	28		протяженность газосборника	
p2d_graph_dxc	174,85	174,85		Осевая позиция узла	
p2d_tvd_Dvt1	70,8	70,8		Диаметр втулки СА на входе	
p2d_tvd_Dper1	101,9	101,9		Диаметр периферии СА на входе	
p2d_tvd_Dvt2	69,4	69,4		Диаметр втулки РК на входе	
p2d_tvd_Dper2	103,8	103,8		Диаметр периферии РК на входе	

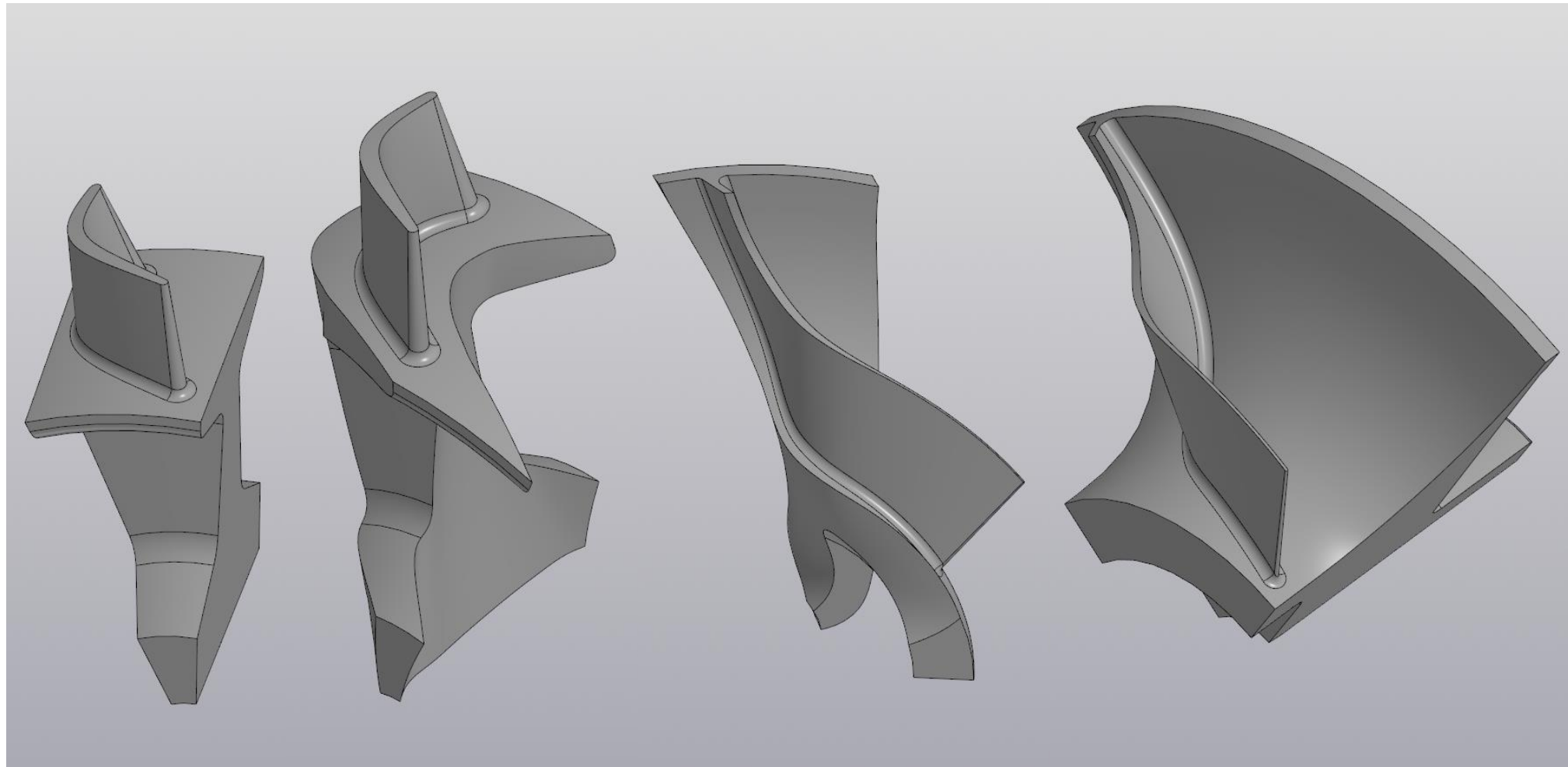
		A	B
10	p2d_vzu_Dvtvu		41
11	p2d_vzu_Dpervu		81
12	p2d_vzu_Lavu		85
13	p2d_graph_dxvu		0
14	p2d_cbk_Dvt1		40
15	p2d_cbk_Dper1		80,5
16	p2d_cbk_Dper2		115
17	p2d_cbk_h2		6,1
18	p2d_cbk_L1		33,5
19	p2d_cbk_Dvt7		126,3
20	p2d_cbk_Dper7		134
21	p2d_cbk_L7		56,35
22	p2d_cbk_nrk		12
23	p2d_graph_dxx		85
24	p2d_d1vt_cs		30,6
25	p2d_d1per_cs		150
26	p2d_d2vt_cs		52,1
27	p2d_d2per_cs		144,5
28	p2d_d0vt_cs		126,3
29	p2d_d0per_cs		134
30	p2d_d7vt_cs		70,8
31	p2d_d7per_cs		101,9
32	p2d_d8_cs		108,7
33	p2d_l0_cs		8,5
34	p2d_l1_cs		106,6
35	p2d_l2_cs		98,1
36	p2d_l3_cs		70,1
37	p2d_l4_cs		28



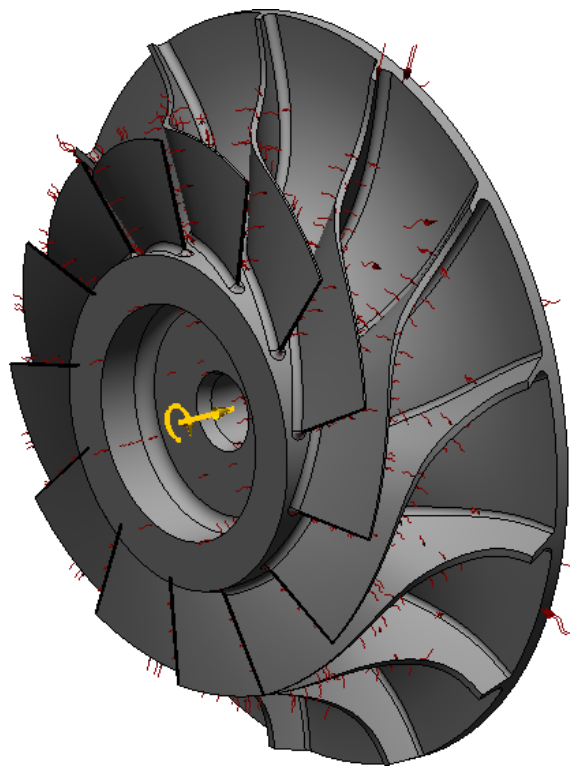




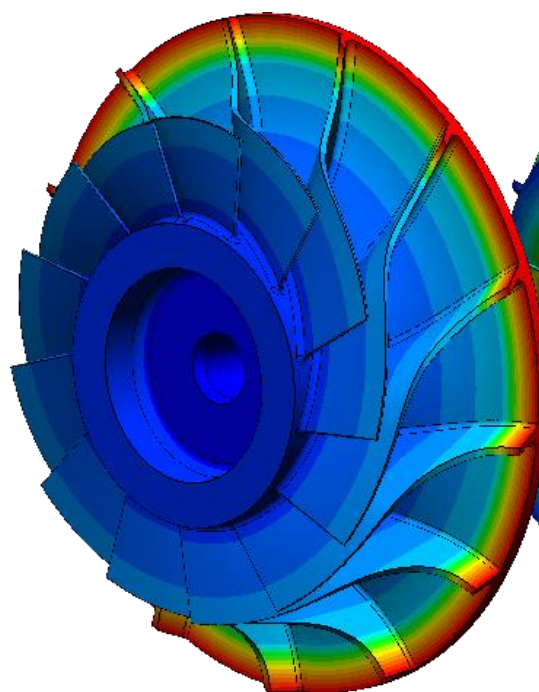




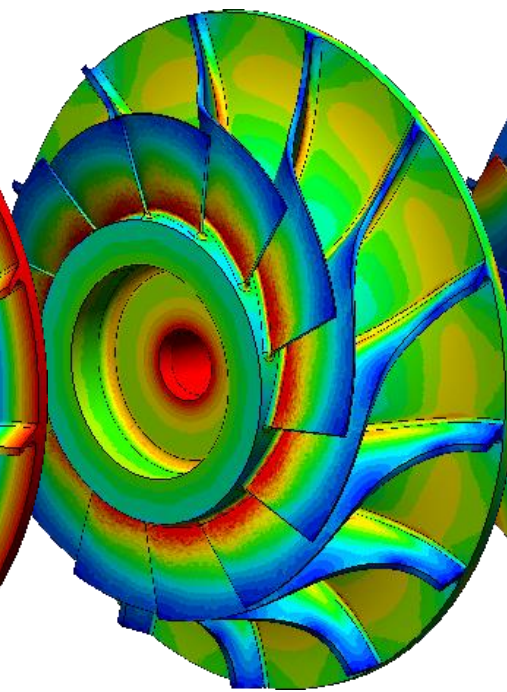
Расчет напряженно-деформированного состояния рабочего колеса центробежного компрессора



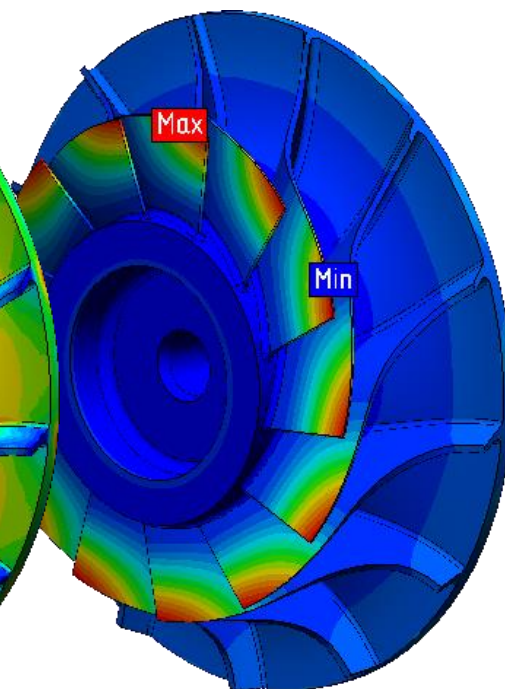
Модель колеса
Выполнена в КОМПАС-3D



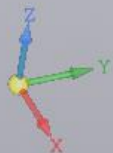
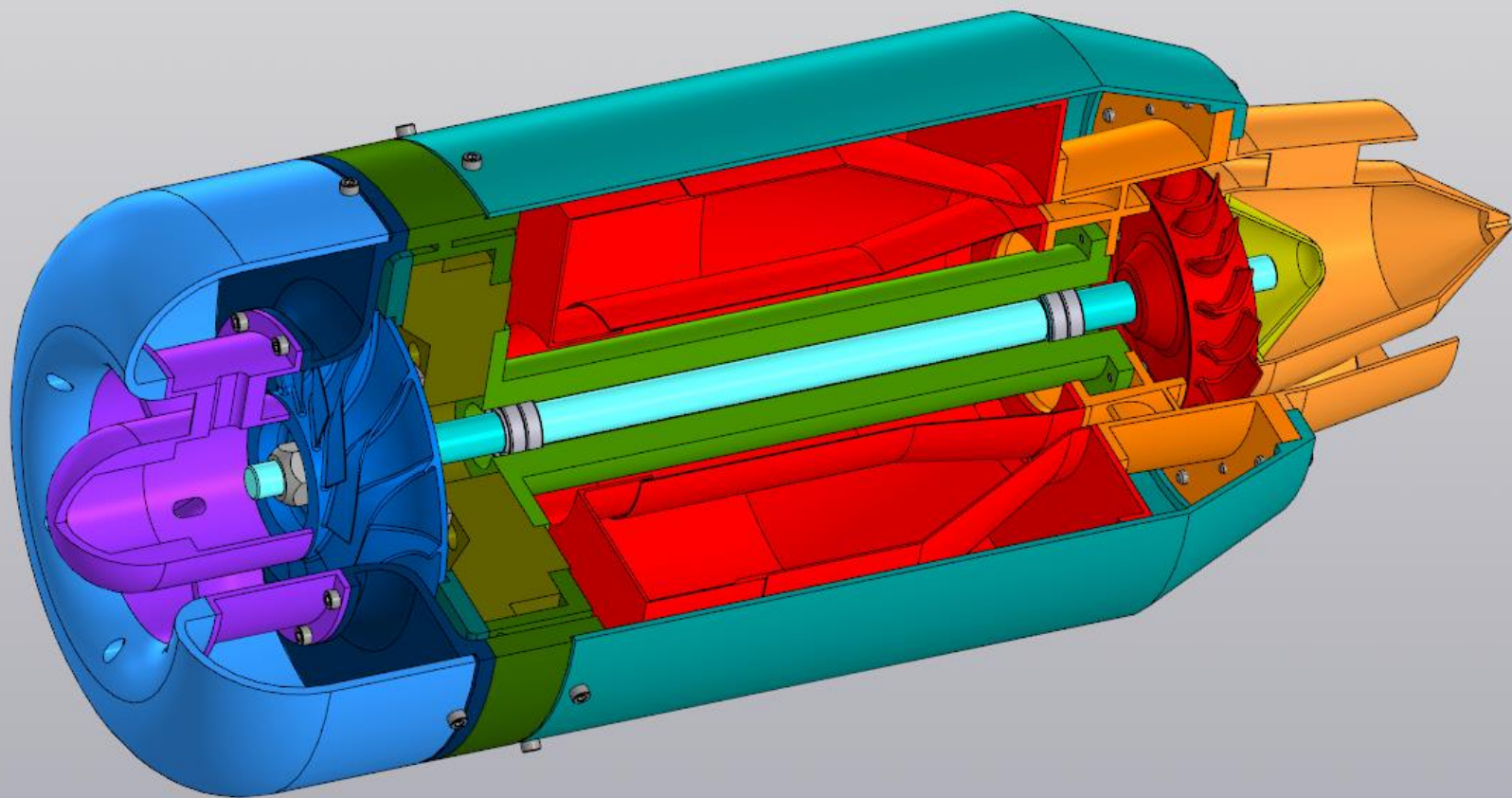
Карта распределения
температур



Карта распределения
эквивалентных напряжений



Карта распределения
перемещений





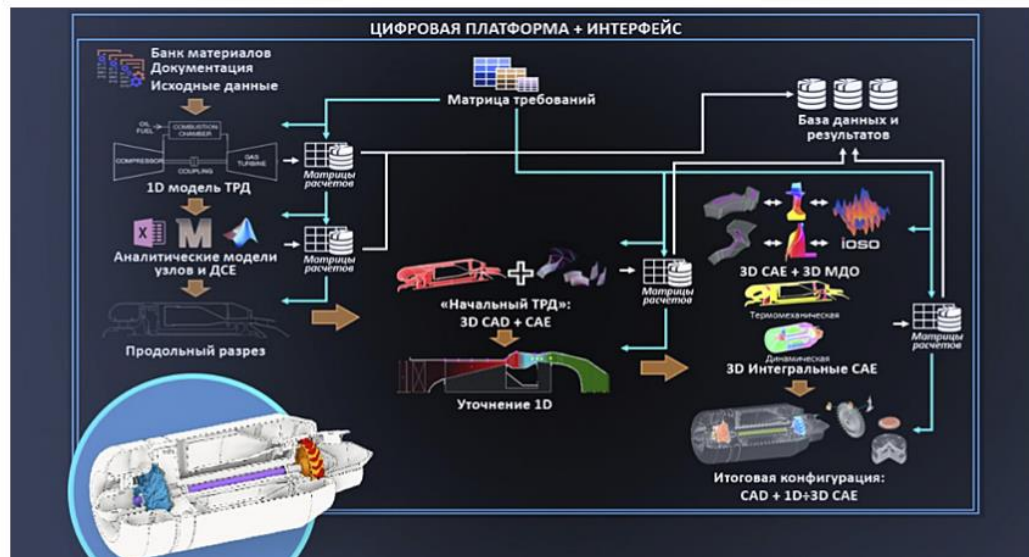
ИННОВАЦИИ 10 января 2023

ИННОВАЦИИ

Русский цифровой двойник авиадвигателя

Алексей Андреев

В России разрабатываются материалы для обучения специалистов авиадвигателестроительной отрасли на основе отечественных систем проектирования, инженерных расчетов и анализа

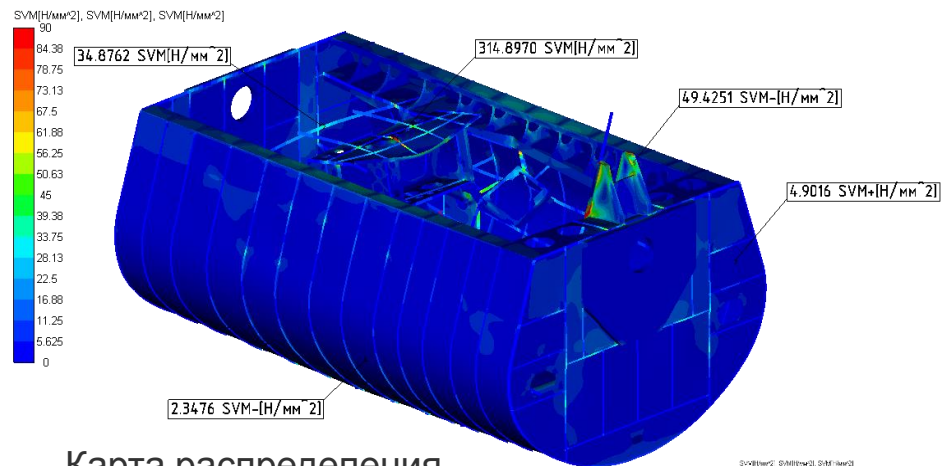


[Ссылка на статью](#)

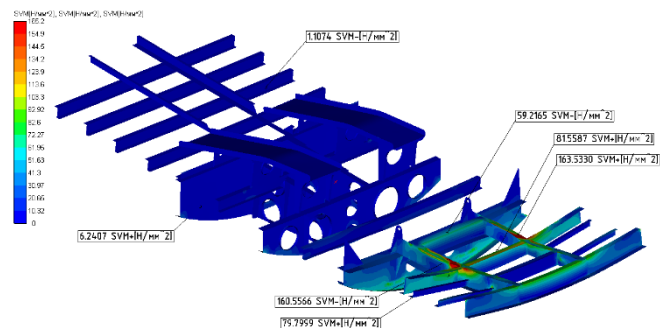
Что за рамками Проекта?



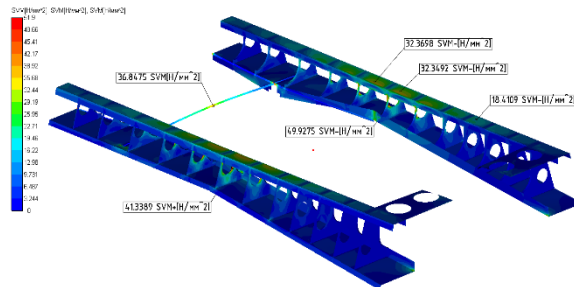
Прочностной анализ макета кабины ЛА под действием перегрузок («Медэкоэроцентр»)



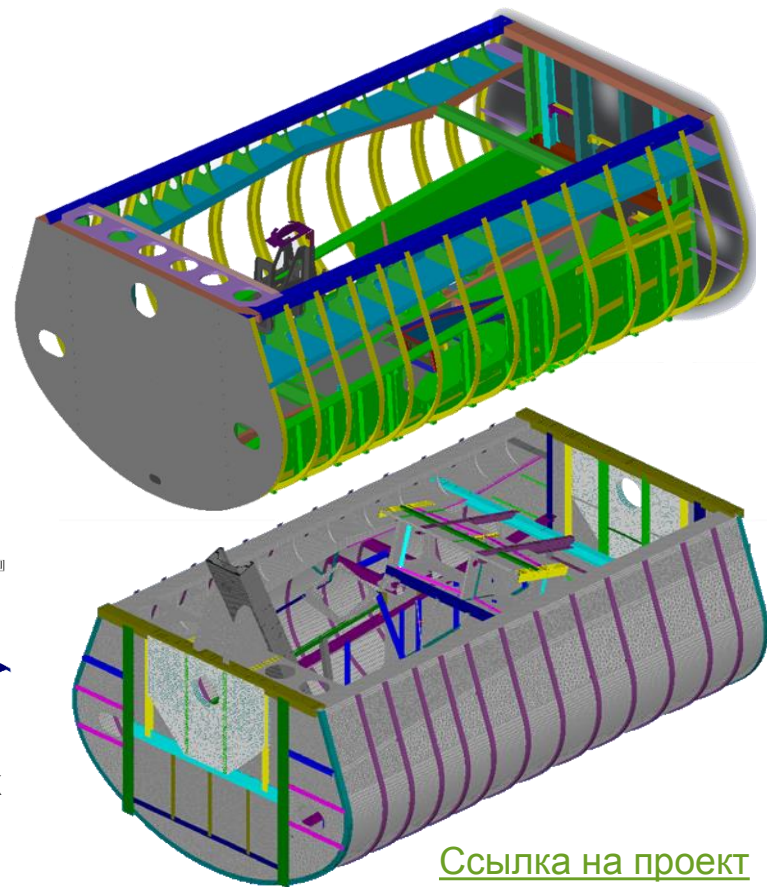
Карта распределения эквивалентных напряжений



Напряжения в конструкции пола



Напряжения в верхних балках



[Ссылка на проект](#)

Модель макета кабины ЛА
выполнена в APM Structure3D

Про поверхностное моделирование

”

При проектировании некоторых моделей требуется обеспечить высокое качество поверхностей с целью улучшения эргономики, аэрогидродинамики, повышения технологичности, уменьшения износа и т.д. Чаще всего при моделировании таких поверхностей необходимо добиться их максимальной гладкости, избежать дефектов в виде бугров и провалов, а также обеспечить возможность успешного создания эквидистантных поверхностей при придании им толщины. Моделирование поверхностей высокого качества представляет собой итерационный процесс, в который включается построение, анализ и редактирование кривых, на их основе строятся и сопрягаются поверхности, которые в свою очередь подвергаются анализу и редактированию до достижения требуемых характеристик.

Юрий Лопаткин, аналитик АСКОН



Сплайн по точкам






A diagram illustrating a point spline. It shows a series of lines radiating from a central point to a curved boundary. The lines are more densely packed in some areas and more spread out in others, following the shape of the boundary. The text 'Сплайн по точкам' is written in a light gray font inside a white, cloud-like shape that is part of the diagram.



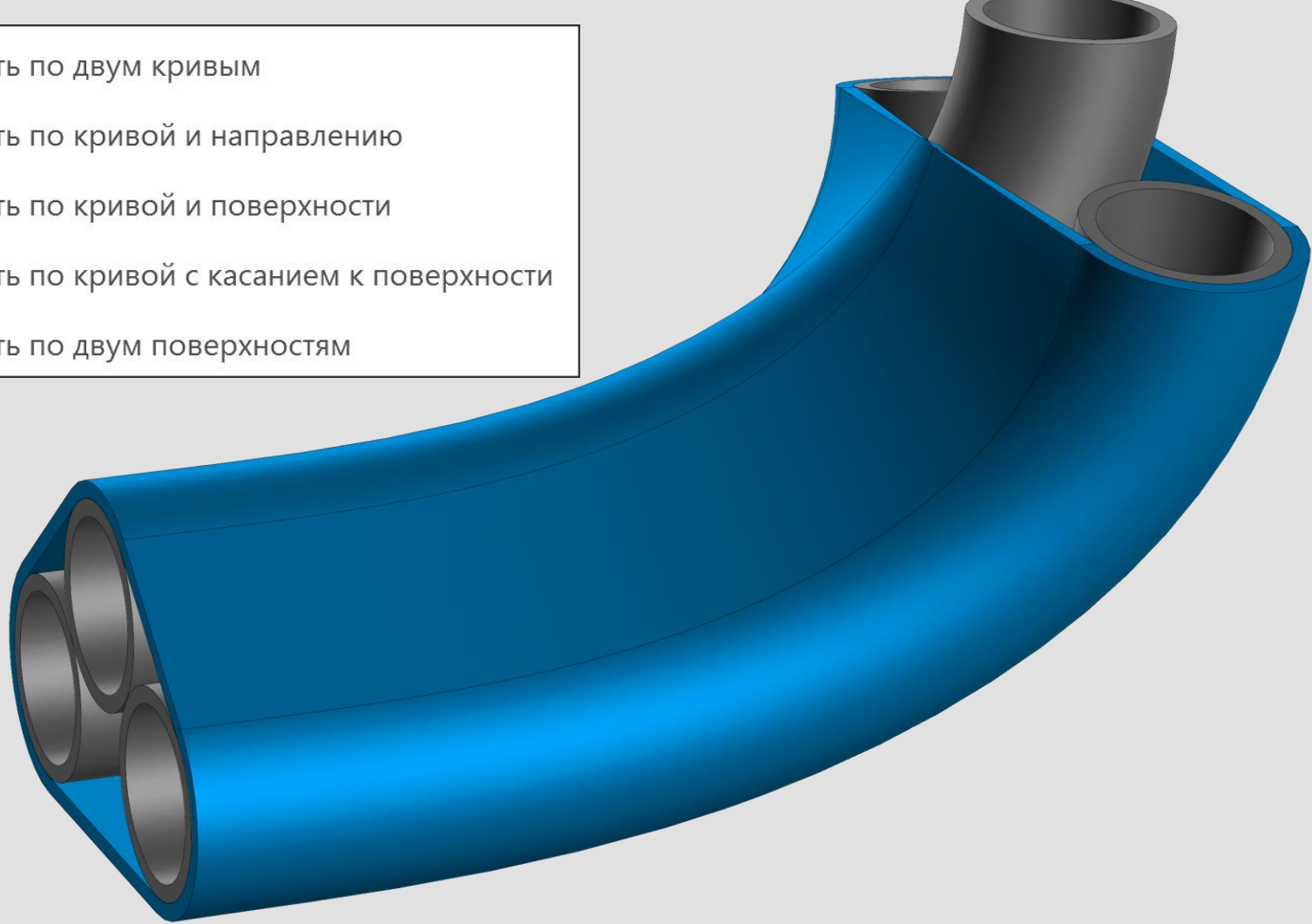
Метасплайн

A diagram illustrating a metab spline. It shows a series of lines radiating from a central point to a curved boundary. The lines are more densely packed in some areas and more spread out in others, following the shape of the boundary. The text 'Метасплайн' is written in an orange font inside a white, cloud-like shape that is part of the diagram.

Метасплайн

-  Линейчатая поверхность по двум кривым
-  Линейчатая поверхность по кривой и направлению
-  Линейчатая поверхность по кривой и поверхности
-  Линейчатая поверхность по кривой с касанием к поверхности
-  Линейчатая поверхность по двум поверхностям

□ ОКБ СУХОГО (ОАК)



Новые способы построения линейчатых поверхностей

Наклон стороны 2

От объекта



От хорды

[Поверхность](#)

Грань.Поверхность по сети кривых:1

Условие:

По касательной



Коническая кривая сечения

Способ задания фор...

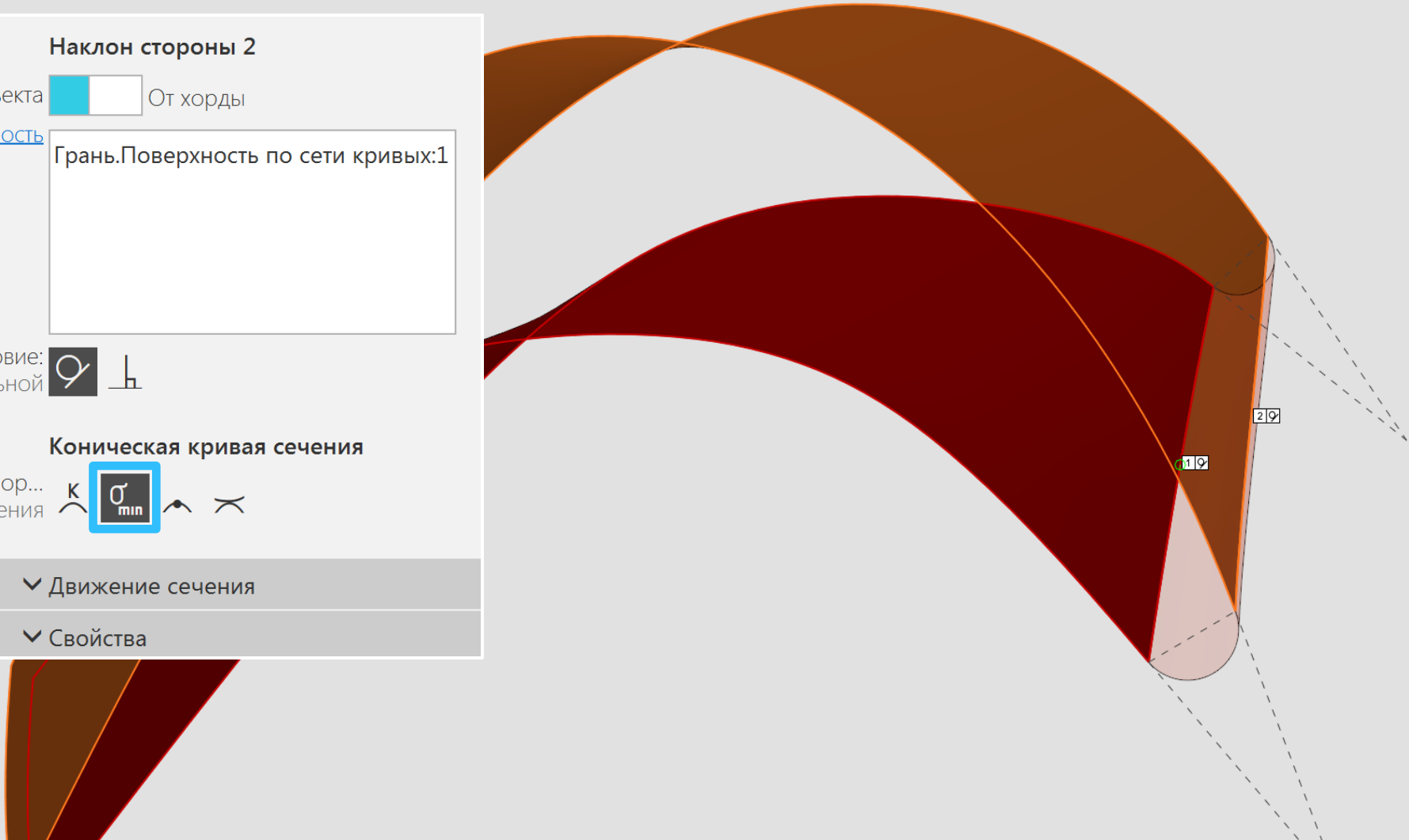
Минимум напряжения

к

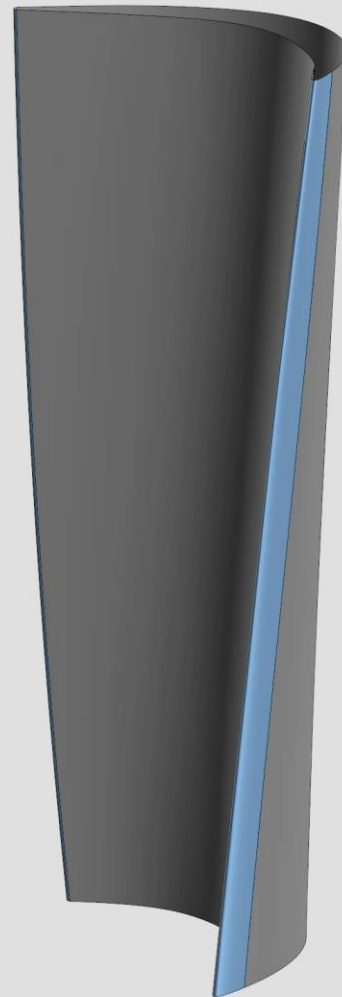
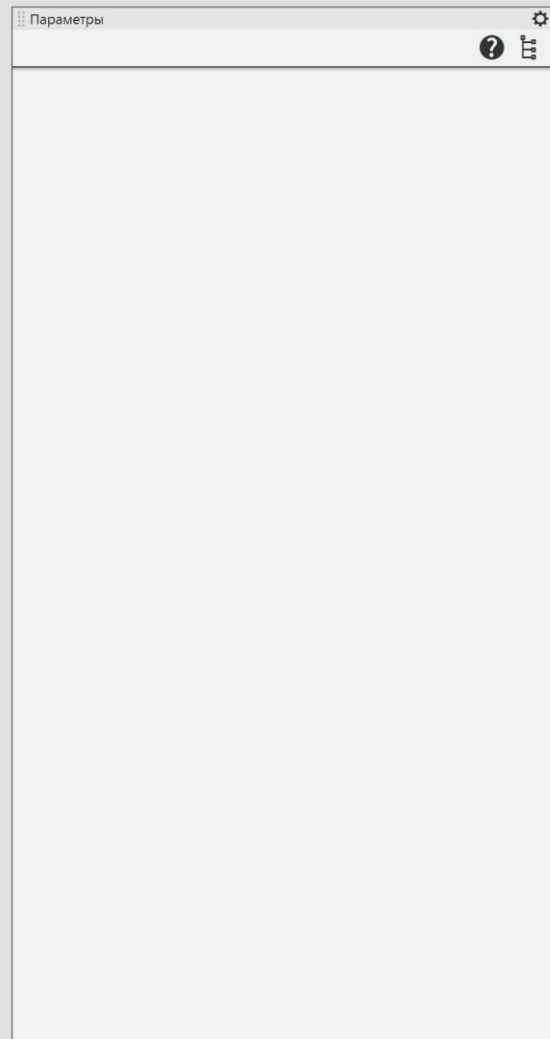


✓ Движение сечения

✓ Свойства



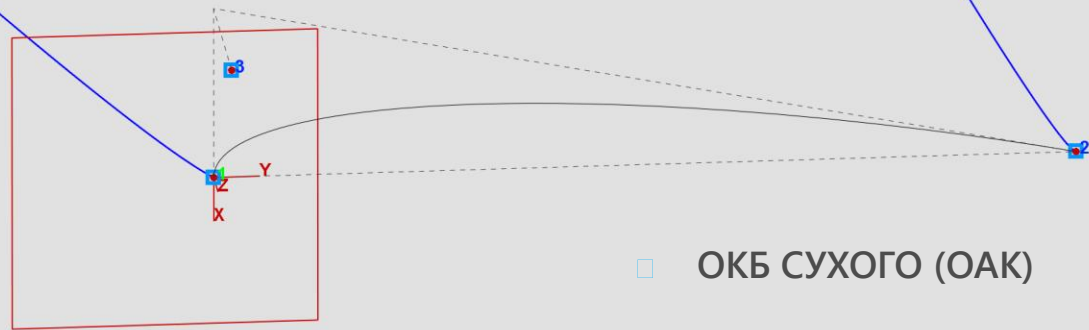
Подбор формы поверхности конического сечения минимального напряжения

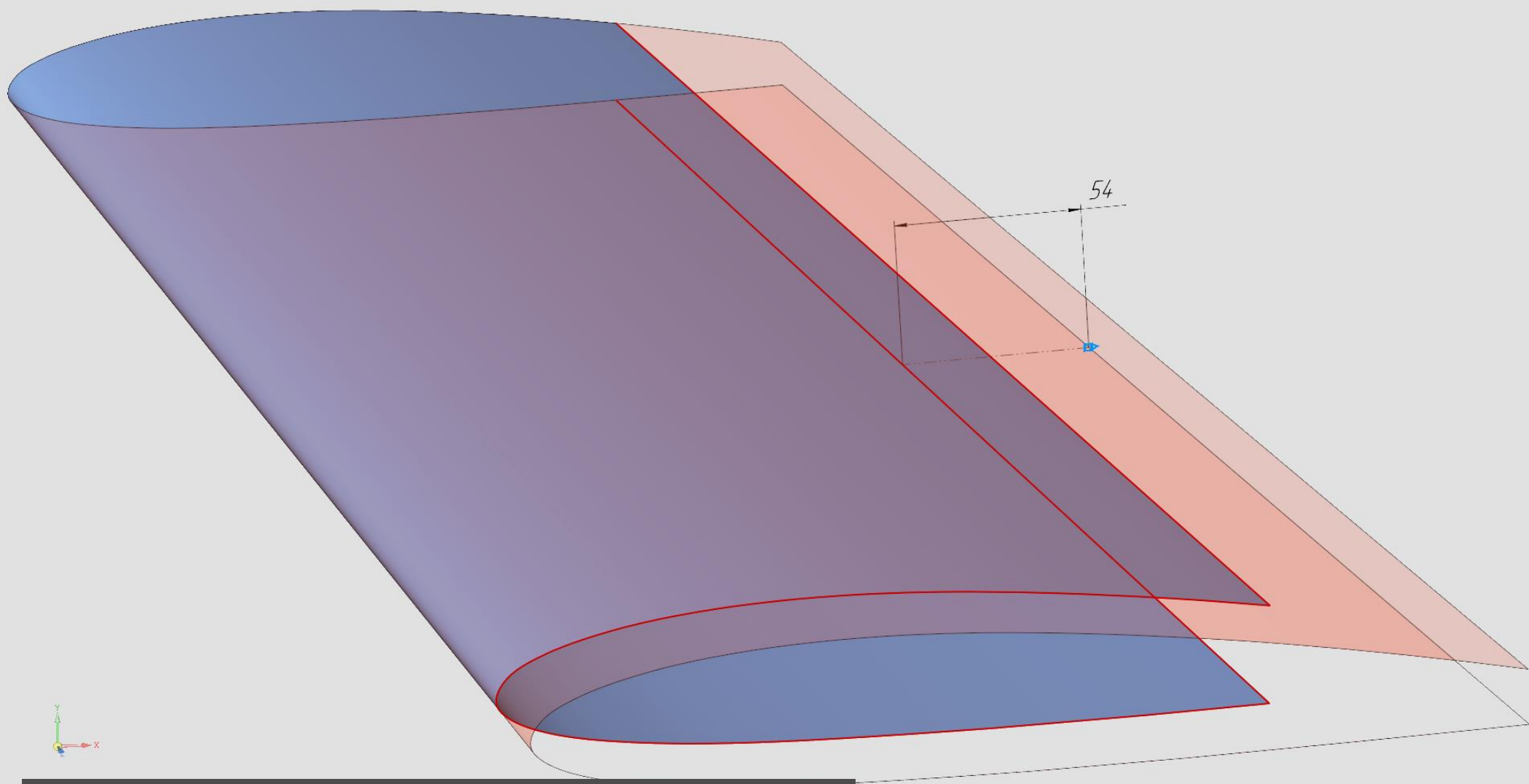


Подбор формы поверхности конического сечения минимального напряжения

- По вершине и дискриминанту
- По вершине и точке на кривой
- По касательным и дискриминанту
- По касательным и точке на кривой

Кривая конического сечения





Продление многогранной поверхности

Параметры

Проверка непрерывности

?

☰

✖

Объекты

Укажите объекты

Радиус стыка:

0.01

^ Допустимые значения

G0 (Точность стыка):

0.000002

G1 (Касательность):

0.000144

G2 (Гладкость):

0.001

Результат

Обработано пар: 0

Количество стыков: 0

Критерий:

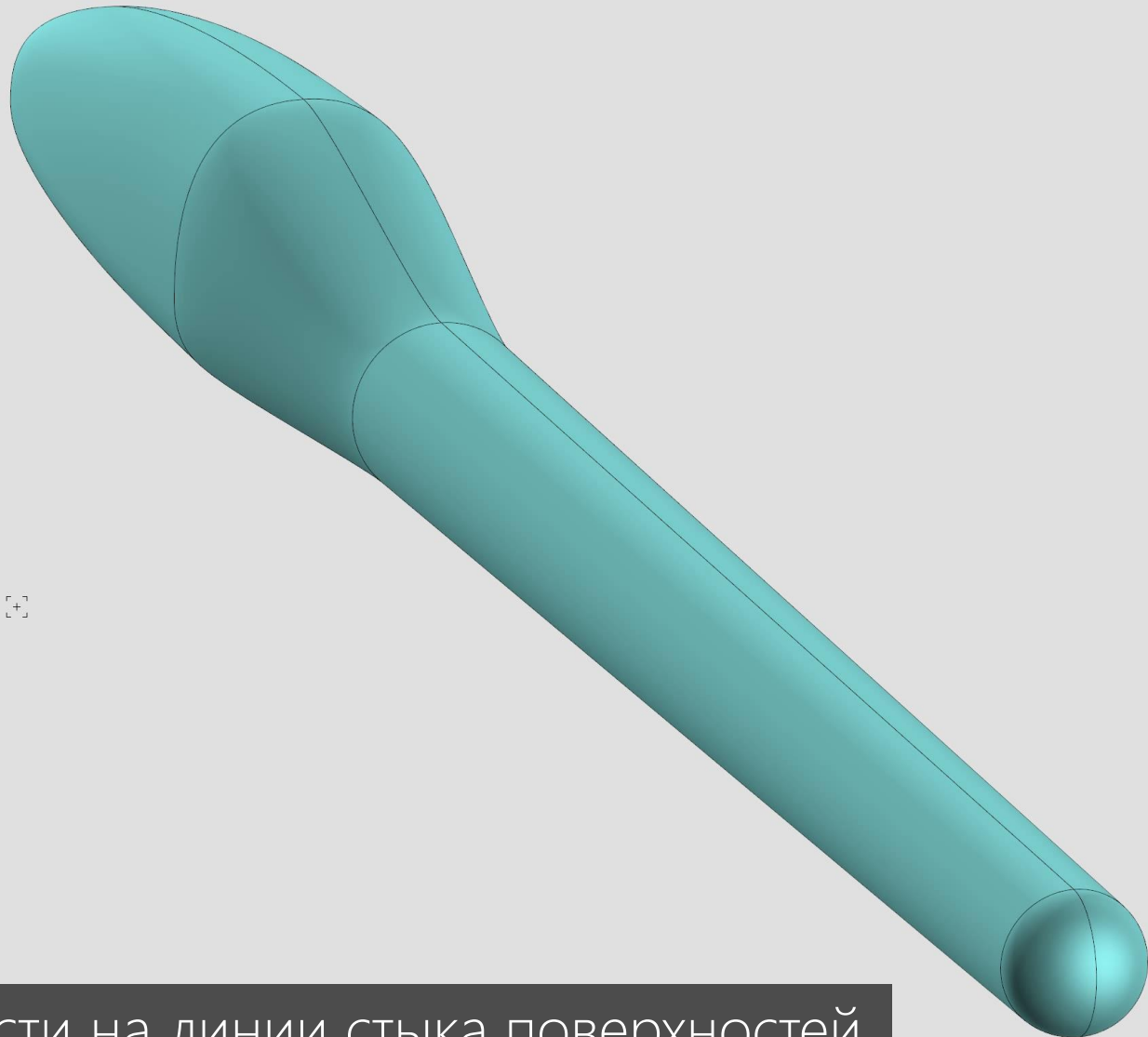
G0 G1 G2

Точность стыка

Успешно: 0 из 0 (стыков)

i

№	G0	Расстояние	G1	Угол	G2	% отк...



Анализ типа непрерывности на линии стыка поверхностей

Параметры

Проверка кривизны

Объекты

Укажите объекты

Экстремумы кривизны: ☐

Карта кривизны: ☒

Способ: Гауссова

Min: 0 Max: 0

Масштаб: 50

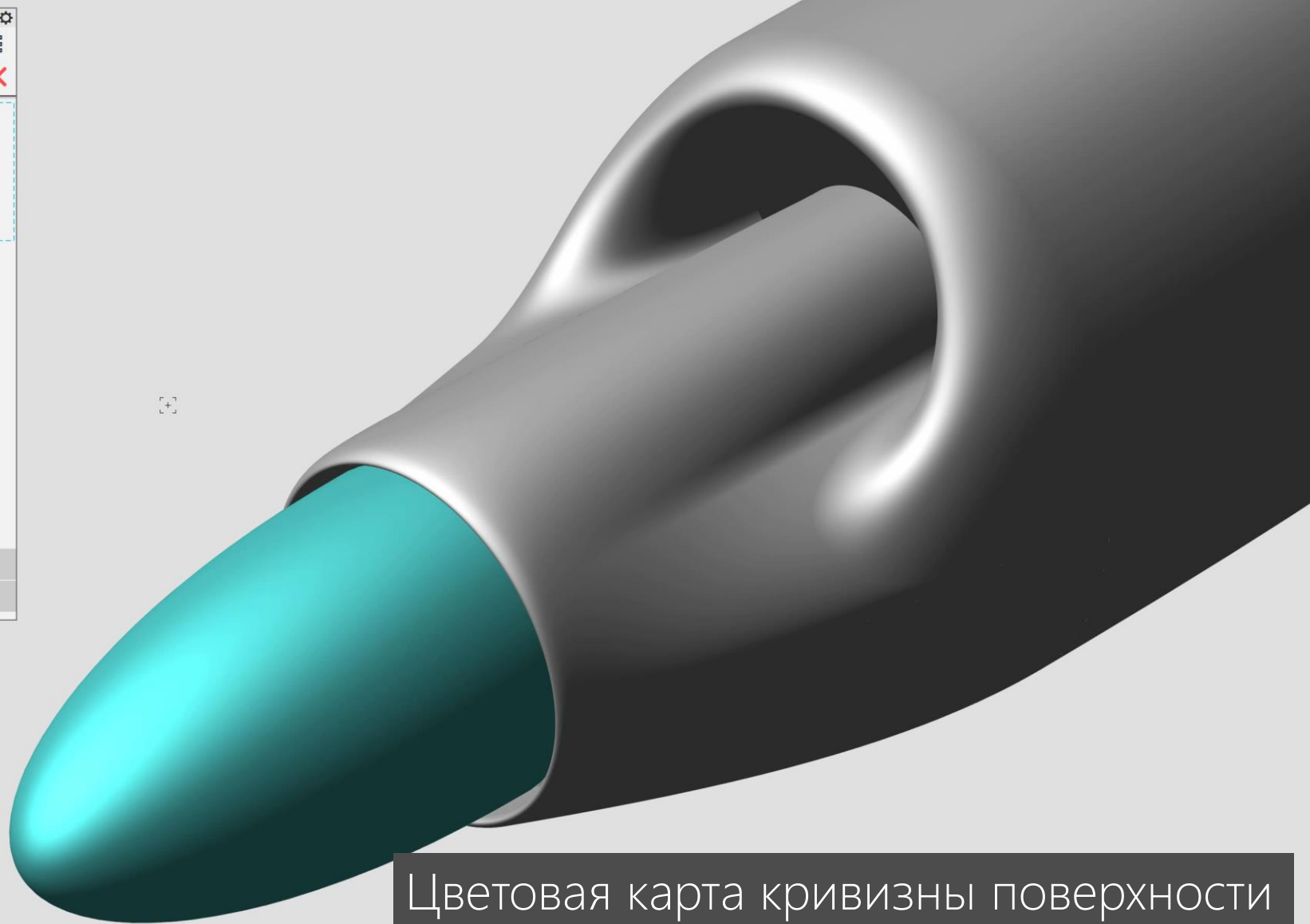
Центр: 50

☐ Повышенная точность...

Кривизна в точке: ☐

Формат информации

Свойства

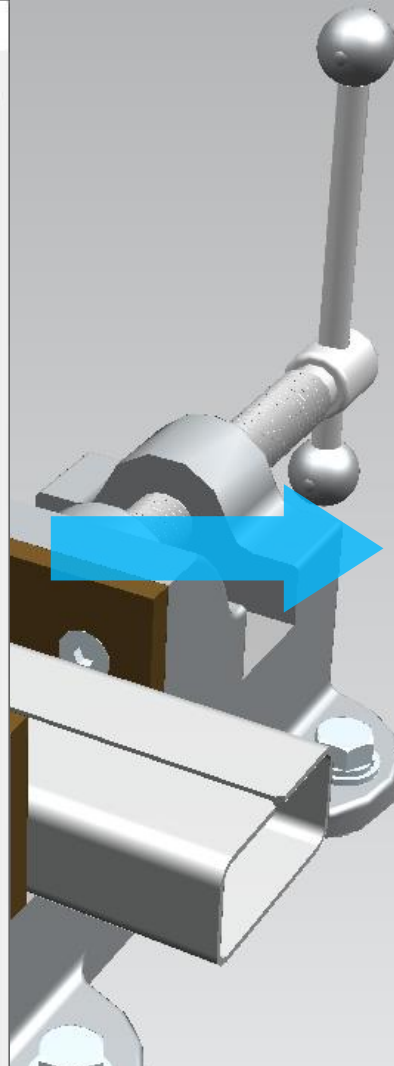


Свойства

Атрибуты Геометрия Размеры

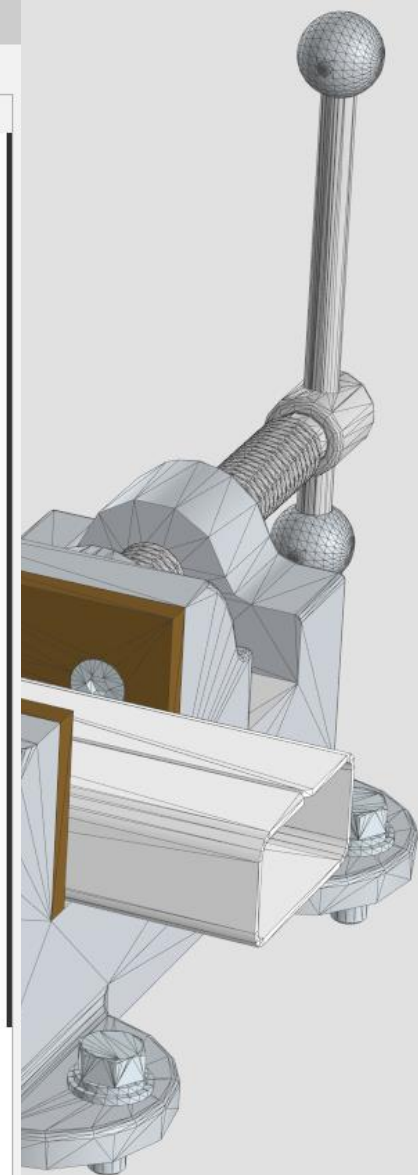
Атрибут	Значение
Application Name:	Solid Edge
Author:	
Byte Count:	0
CAD Source:	Solid Edge
Category:	Test example for iPad
Comments:	Assembly containing the single .
Company:	Siemens PLM Software
Document Number:	MB-VICE-002-A
Hidden Objects:	0
Keywords:	Multi, Body, iPad, Viewer
Last Author:	
Last Save Date:	2012/02/23-13:22:18
Lines:	0
Manager:	
Multimedia Clips:	0
Name of Saving Application:	Solid Edge
Name:	Machine Vice (MB Master)
Notes:	0
Origination Date:	2012/02/23-12:55:14
Paragraphs:	0
Presentation Format:	
Project Name:	Machine Vice
Revision:	1
SEFileName:	D:\zink_share\wise\Machine V
Slides:	0
Status:	0
Subject:	Assembly of Master MB part do.
Template:	Ansi Assembly.asm
Title:	Machine Vice Assembly

Добавить как столбец Печать Экспорт в файл



Список свойств

Свойство	Значение	Едини...
Наименование	MachineVice	-
SEFileName	D:\zink_share\wise\Machine...	-
Category	Test example for iPad	-
Deviational Tolerance	0.005 in	-
Length	20.0	-
Application Name	Solid Edge	-
Fill Style	ANSI32(Steel)	-
Relief Width	0.030 in	-
Chordal	0.000233	-
Title	Machine Vice Master MB Pa...	-
Manager		-
CAD Source	Solid Edge	-
Name of Saving Applicati...	Solid Edge	-
Accuracy	0.990	-
Density	0.28298507824 lbm/in^3	-
Project Name	Machine Vice	-
Virtual Style	Machined steel	-
Angular	30.000000	-
Last Author		-
Subject	MB Master part document	-
Material Thickness	0.063 in	-
Material	Steel	-
		-
	Siemens PLM Software	-
Keywords	Multi, Body, iPad, Viewer	-



Чтение атрибутов файлов формата JT



Благодарю за внимание. Готов ответить на вопросы.
Алексей Родин,
АСКОН, Консорциум РазВИТие
rodin_av@ascon.ru
(903) 690-36-82

