

FLOWVISION

решение задач вычислительной гидрогазодинамики



СОДЕРЖАНИЕ

- 1** Возможности продукта
- 2** Этапы решения задач и примеры кейсов
- 3** Кастомизация

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОДУКТА

Внешнее и внутреннее обтекание

Течение со свободной поверхностью

Многофазные явления и фазовые переходы

Конвекция и сопряженный теплообмен

Теплопередача и тепломассообмен

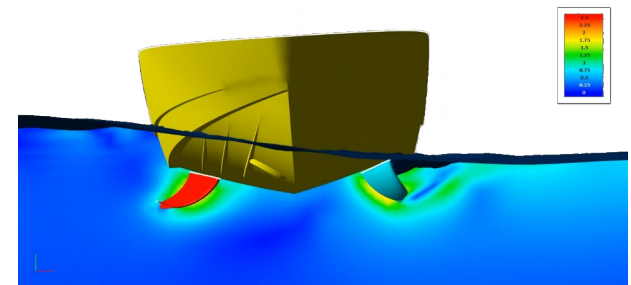
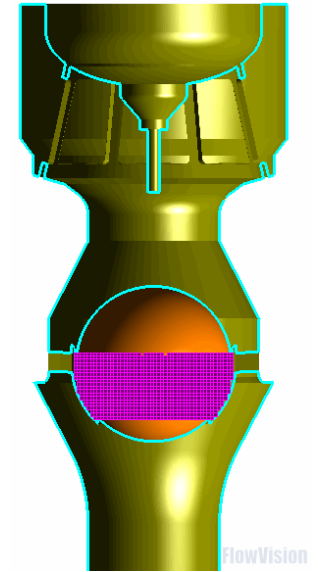
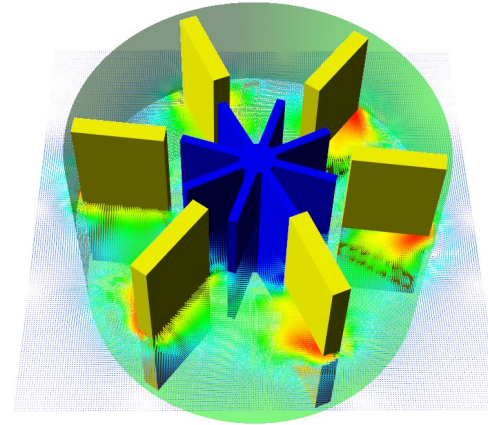
Процессы перемешивания многокомпонентных смесей,
анализ химических реакций и процессов горения

Ротор-статорные задачи и задачи с поступательным движением

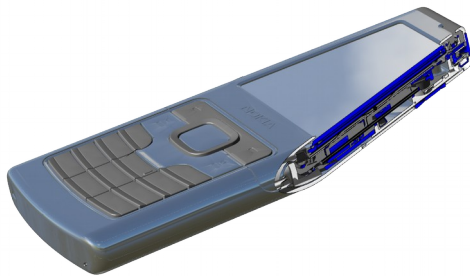
Процессы обледенения

Движение плазмы с учетом абляции, электромагнитных полей
и падения потенциалов на поверхности металла

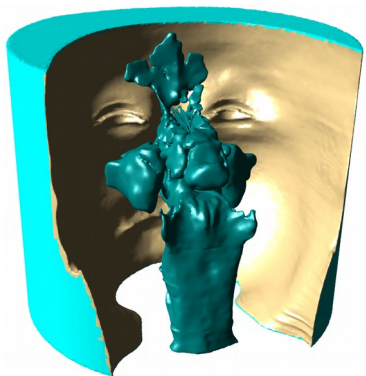
Генерация шума с использованием акустико-вихревого метода



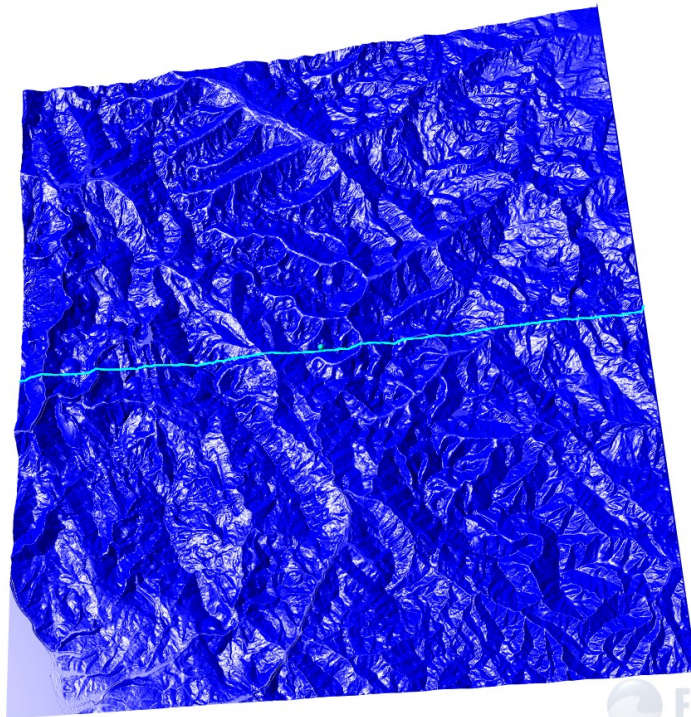
ГЕОМЕТРИЯ



CAD-сборка
более 100 деталей



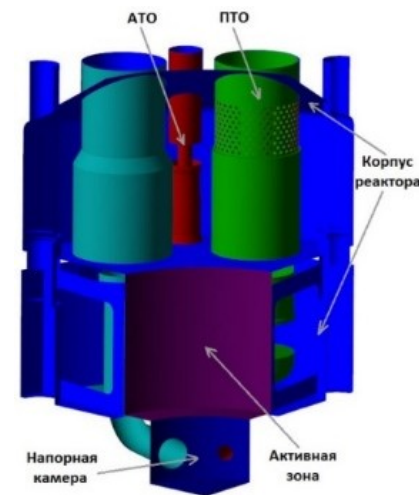
Облако точек скана МРТ



Полноразмерная 3D модель
с аэрофотосъемки
оз. Рицца, Абхазия, 81x74 км

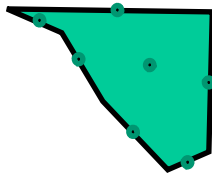
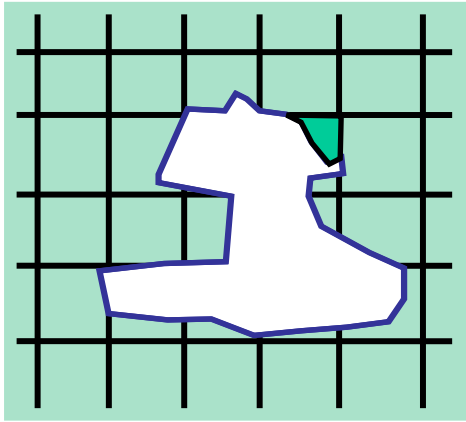


Массив данных
с Motion Capture



Крупногабаритная
CAD-сборка

ПОДСЕТОЧНОЕ РАЗРЕШЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ



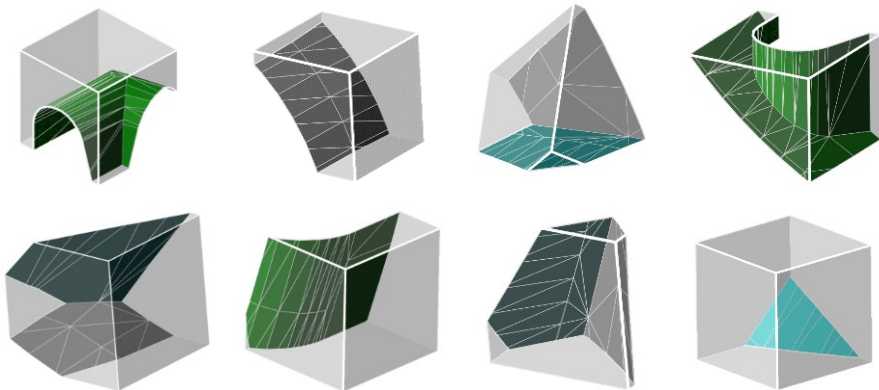
Конечно-объемная аппроксимация
исходных уравнений

Прямоугольная неоднородная
расчетная сетка

Поверхность геометрической модели
аппроксимируется поверхностной
треугольной сеткой

Ячейка – произвольный многогранник

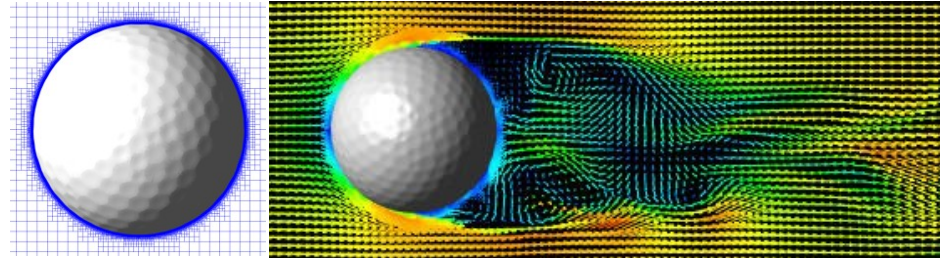
Булево вычитание объема из
начальной сетки



РАЗРЕШЕНИЕ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ

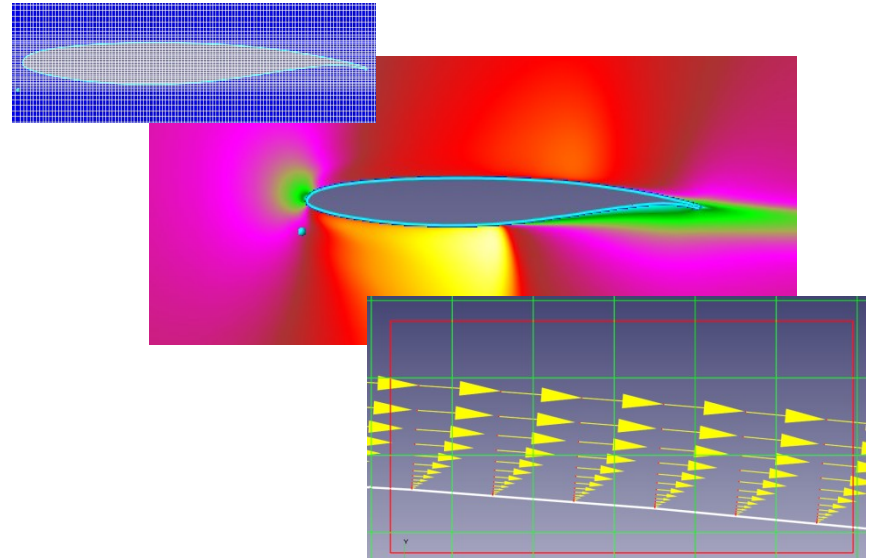
Явное разрешение основной сеткой

- сгущение начальной сетки вблизи границы или в ее окрестности
- адаптация сетки вблизи границы
- $30 > Y^+ > 1$



Пристеночные функции

- Учет ламинарного, переходного и логарифмического участков
- Учет градиента давления, кривизны и сжимаемости
- $Y^+ > 30$



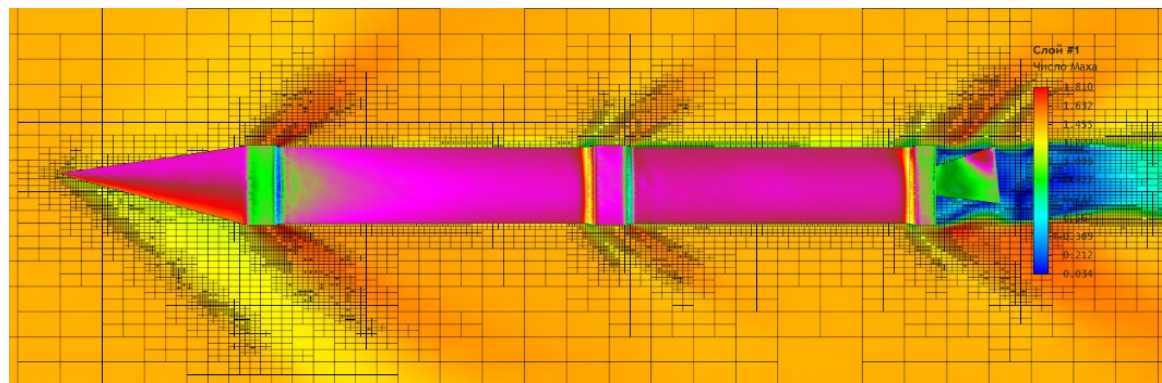
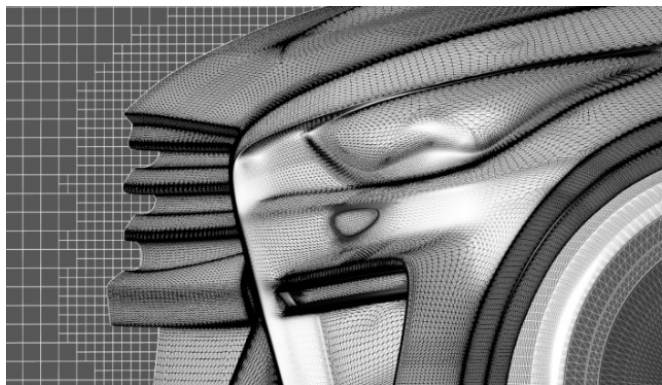
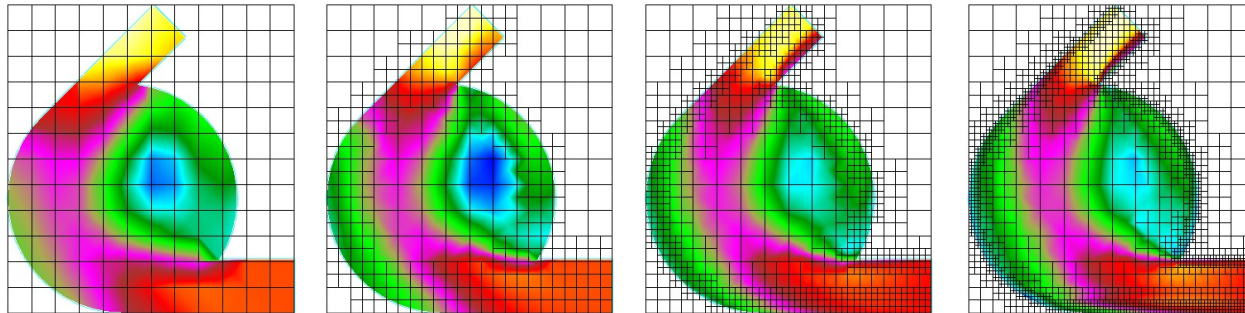
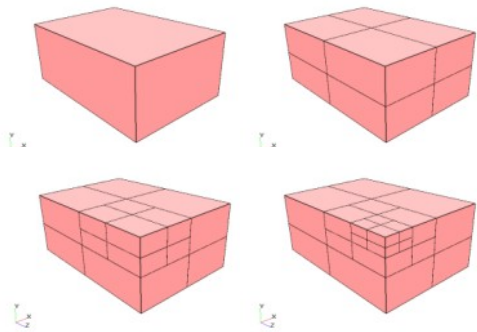
Явное разрешение сеткой типа «Химера»

- Полное решение всех уравнений основной сетки
- Наложенная сетка
- Итерационный обмен данными с основной сеткой
- $Y^+ \leq 1$

Профиль скорости вблизи крылового профиля

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ СЕТКИ

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ И АДАПТИВНОЕ



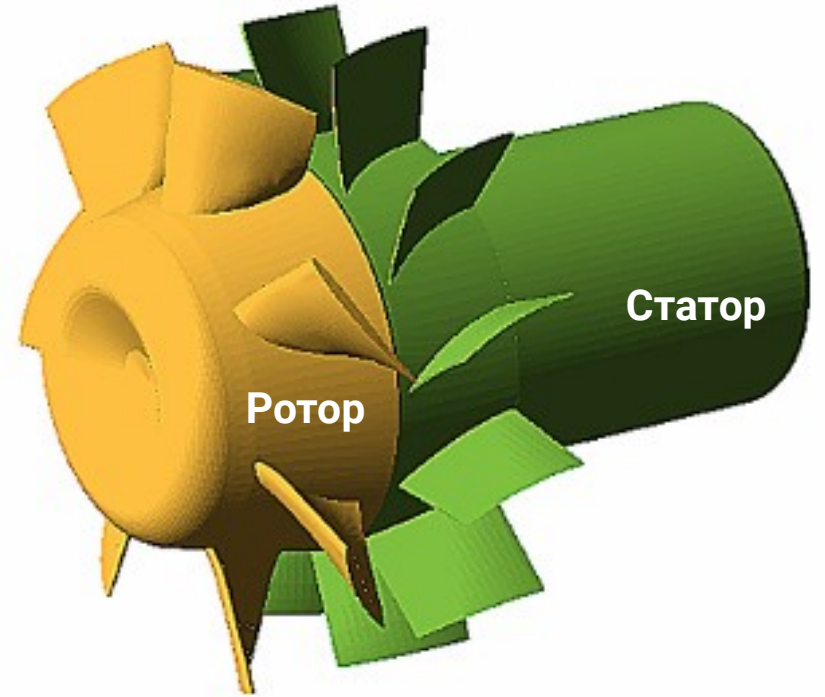
РОТОР-СТАТОР

Моделирование обтекания **отдельно** рабочего колеса и ротора, **так и ступени** – пара в виде вращающейся и неподвижной области

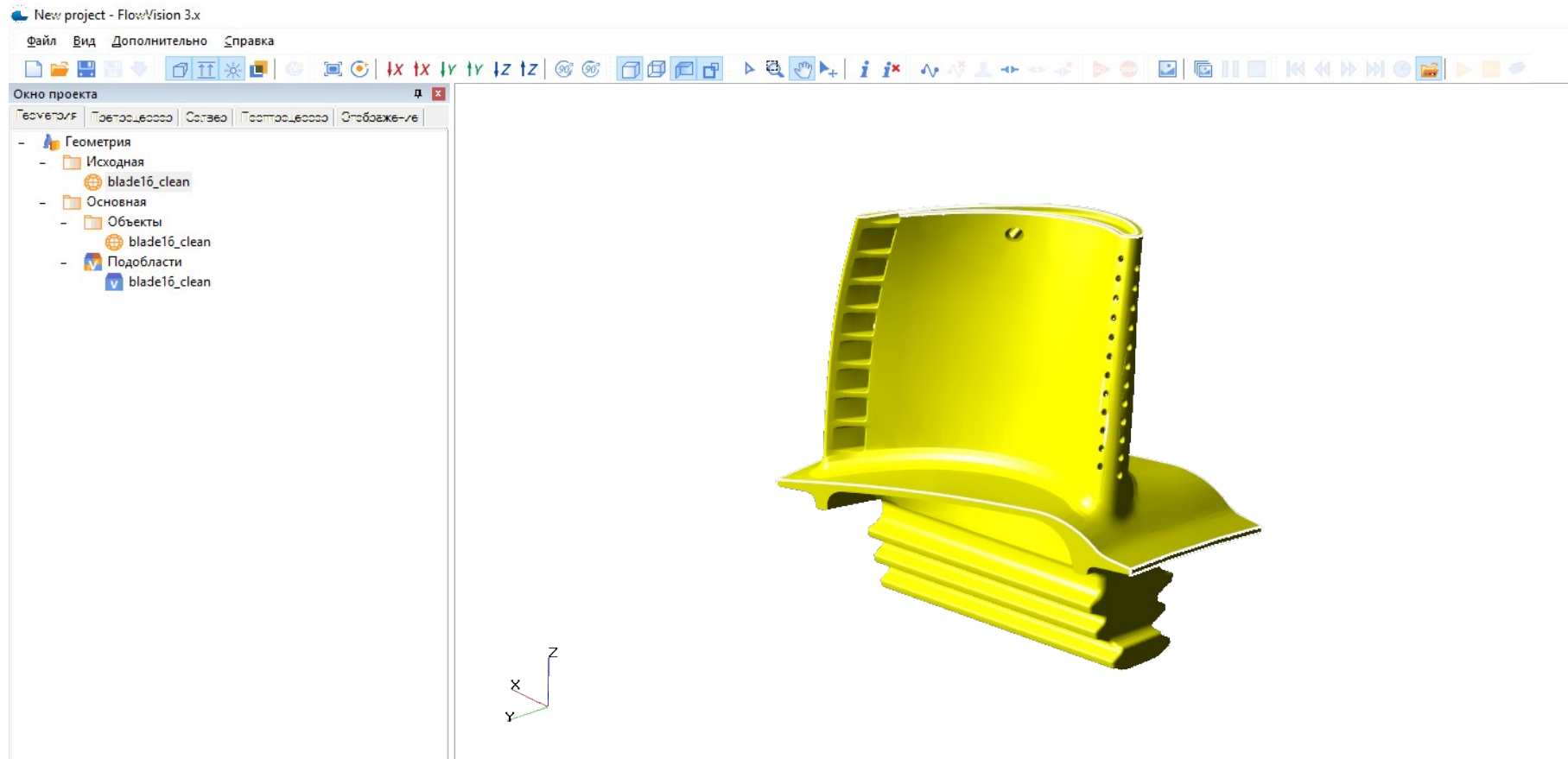
Роторная подобласть вращается зацело, включая геометрию области и расчетную сетку, с заданной частотой вращения или в режиме Авторотации

Связывание решения в неподвижных и вращающихся подобластях выполняется через **граничное условие «Связанное»**

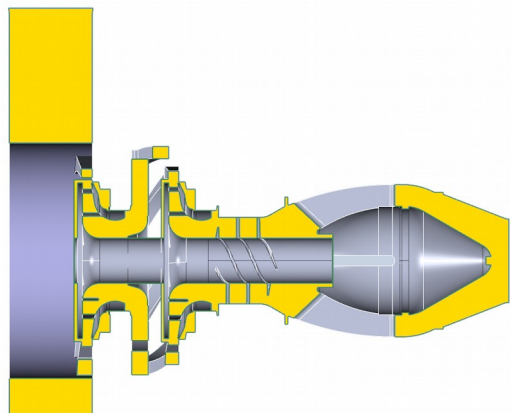
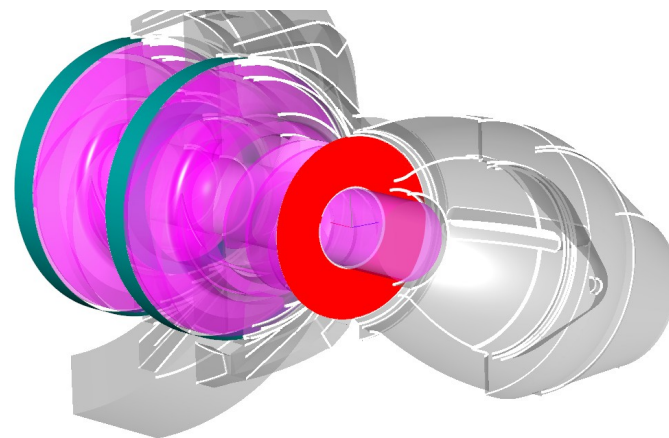
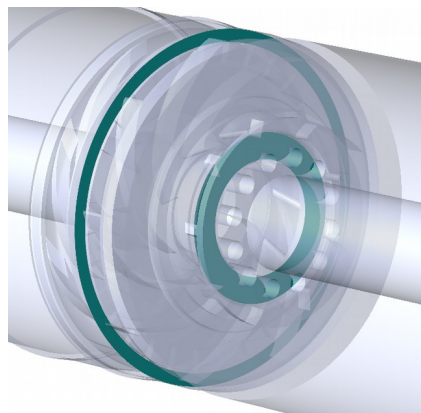
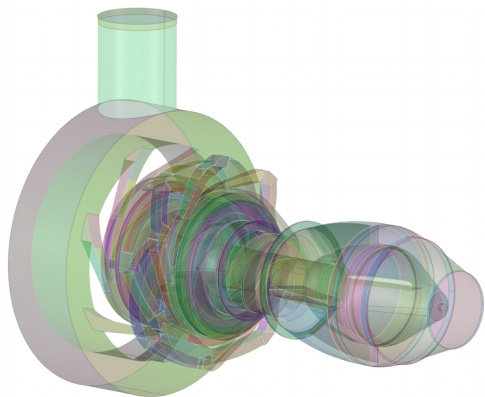
При связывании происходит **передача данных** между контактирующими расчетными ячейками, прилегающих к ГУ «Связанное»



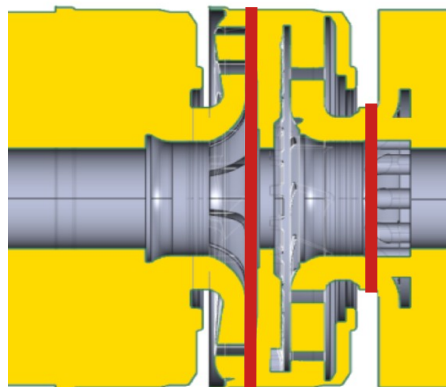
ИМПОРТ ГЕОМЕТРИИ



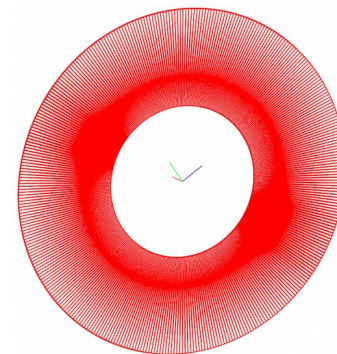
ПОДГОТОВКА ГЕОМЕТРИИ



Расчетная область

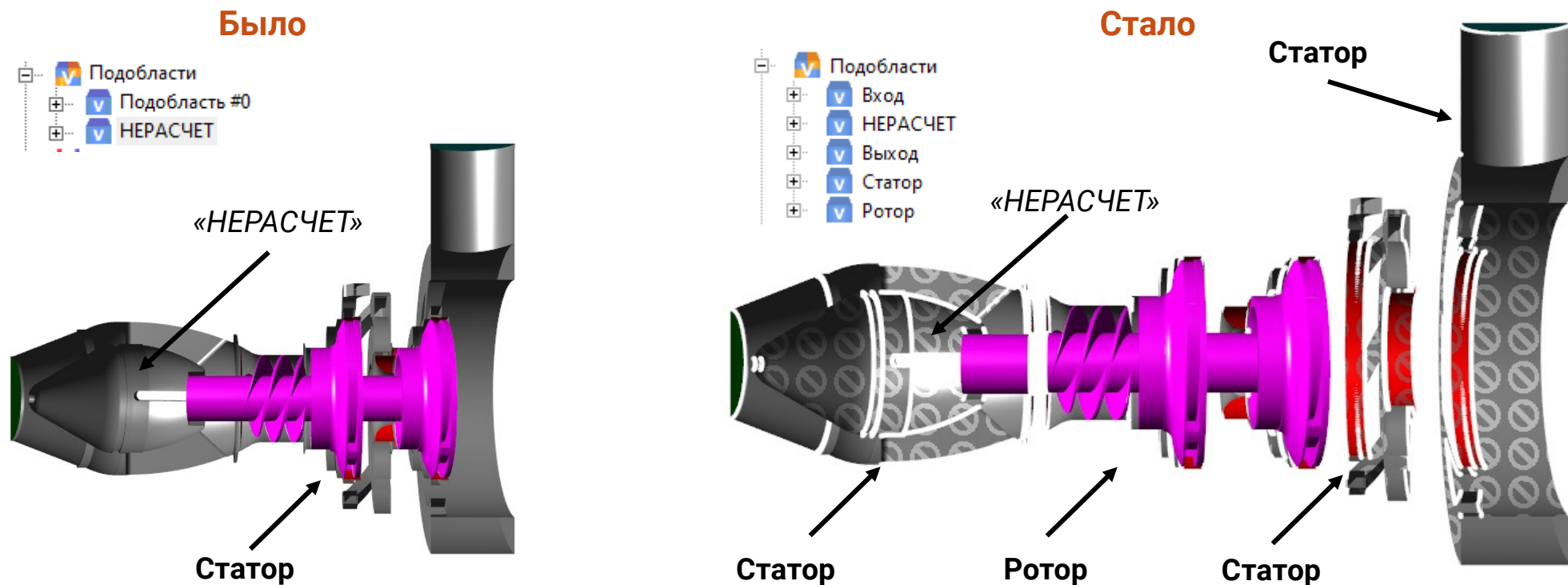


Маркерные поверхности — граница между статором и ротором

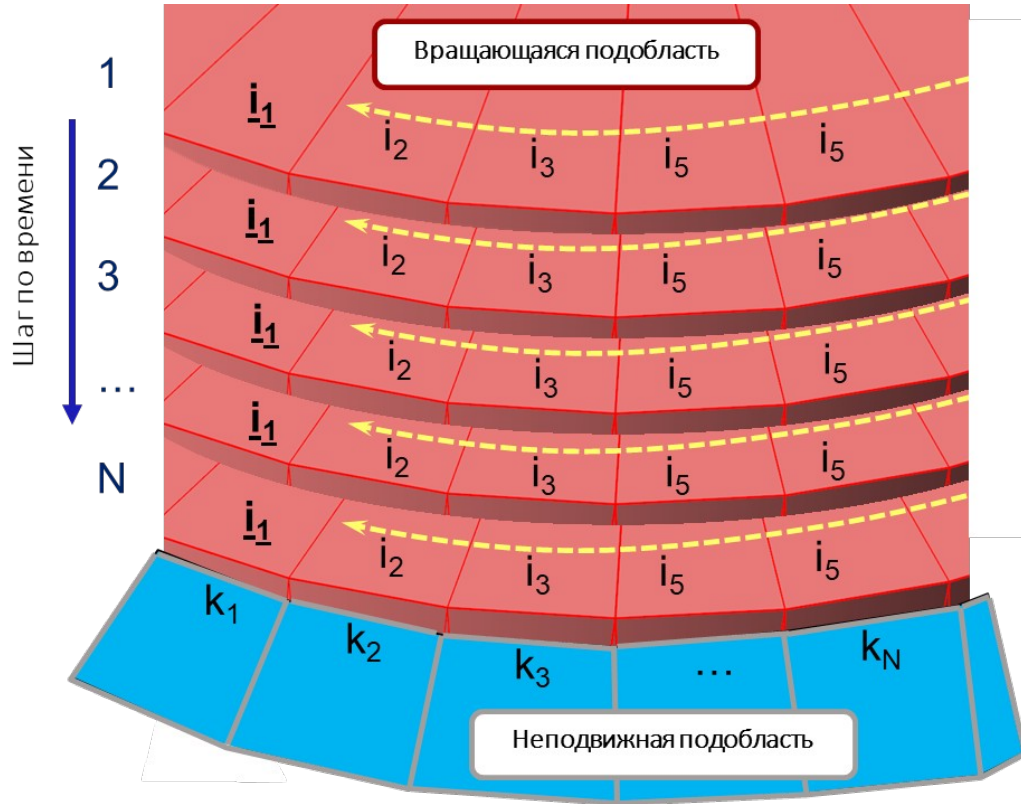


СОЗДАНИЕ СКОЛЬЗЯЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

По маркерной поверхности происходит разделение на несколько подобластей.
На скользящих поверхностях задаются ГУ «Связанный»



ГУ СВЯЗАННЫЙ – МЕТОД ЗАМОРОЖЕННЫЙ РОТОР



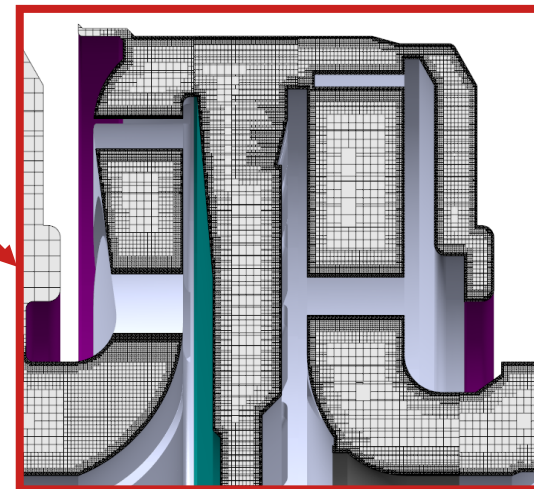
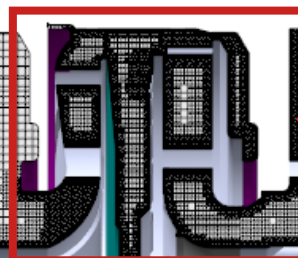
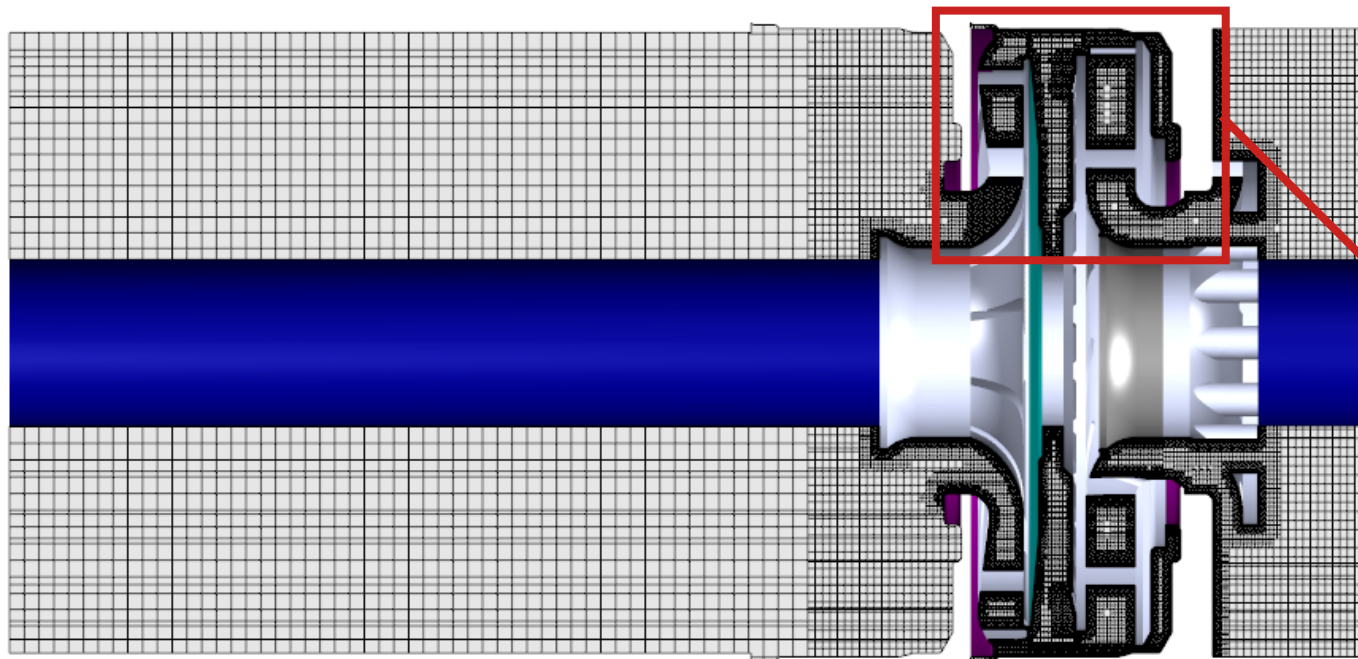
На каждом шаге расчета **не выполняется поворот Ротора относительно Статора**. Расчет идет с фиксированным положением Ротора относительно статора

Шаг по времени для решения уравнений **не ограничен критерием Скользящее CFL=1** и может быть задан любым. Шаг по времени явно не зависим от размера ячейки сетки вблизи Скользящей поверхности

Аналогом данного подхода в западной терминологии является **метод Frozen Rotor**

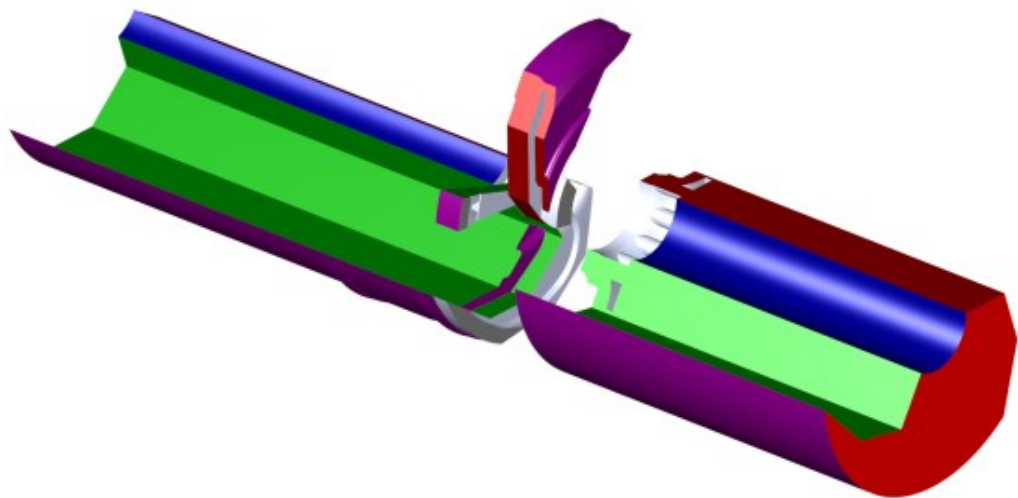
СЕТОЧНАЯ СХОДИМОСТЬ

9,5 млн. ячеек



Адаптация 5 уровня

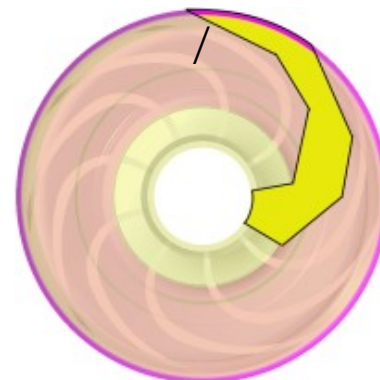
СЕКТОРНАЯ ПОСТАНОВКА



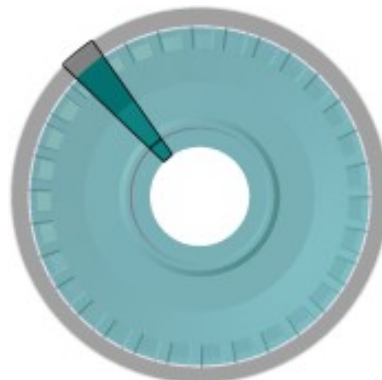
Выход



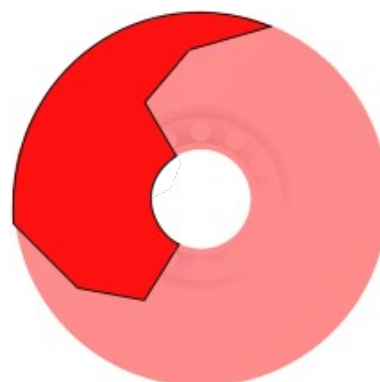
Рабочее колесо



Гребёнка

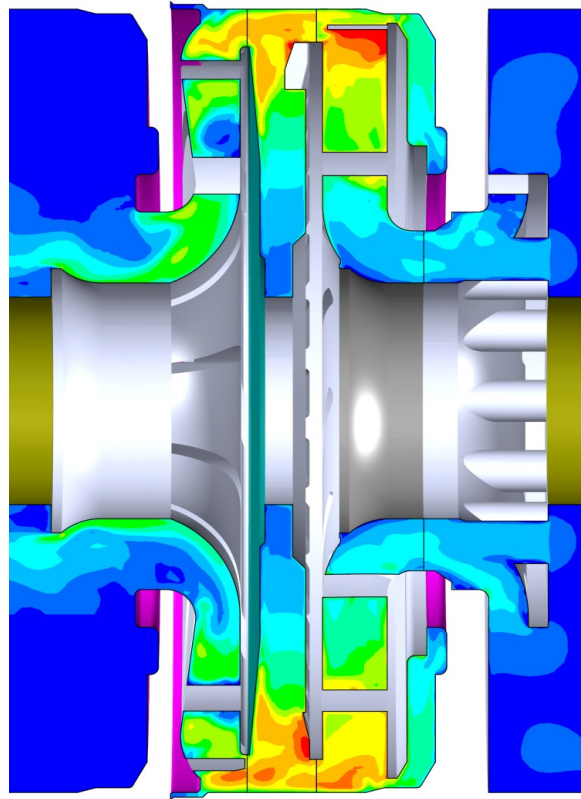


Вход

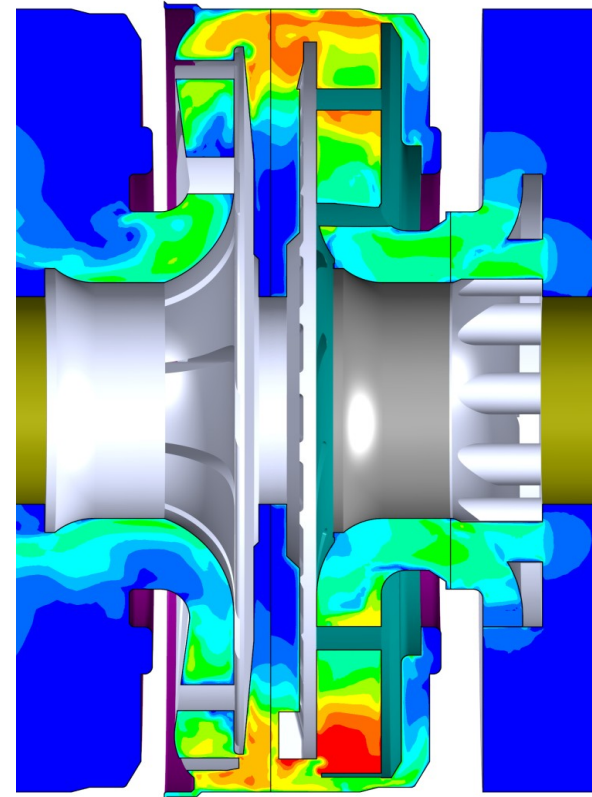
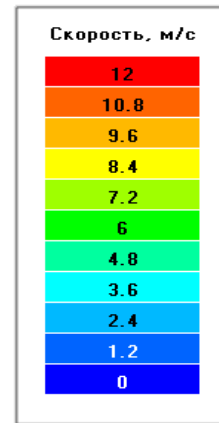


РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ В ПЛОСКОСТИ СИММЕТРИИ

Область РК



Секторная постановка



Полная постановка

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ

Скользящая поверхность

Полностью согласованная по пространству и времени между каскадами ступеней постановка задачи

Точный метод моделирования при определении абсолютных значений характеристик

Арифметически дорогой метод моделирования

Минимальные трудозатраты при работе с конструкторской CAD-моделью

Ограничение **Скользящее CFL=1**

Шаг по времени зависит от размера ячейки на **ГУ Скользящее** и частоты вращения

Применим для некратного количества лопаток в **Роторе и Статоре** относительно друг друга

Рост размерности задачи при переходе от ступени к агрегату (компрессор, турбина)

Замороженный ротор

Частично согласованная между каскадами ступеней постановка задачи

Точность моделирования достижима при количестве лопаток на каскадах ступени более 13

Средний по арифметическим затратам метод моделирования

Минимальные трудозатраты при работе с конструкторской CAD-моделью

Шаг по времени не зависит от размера ячейки на **ГУ Скользящее** и частоты вращения

Применим для сравнительной оценки характеристик различных исполнений конструкции ступени, а также для исследования сходимости по сетке

Не привязан к кратности количества лопаток в **Роторе и Статоре** относительно друг друга

Секторная постановка

Несогласованная по пространству и времени между каскадами ступеней постановка задачи

Точность обеспечивается только для каждой лопатки в постановке моделирования

Арифметически дешевый метод моделирования

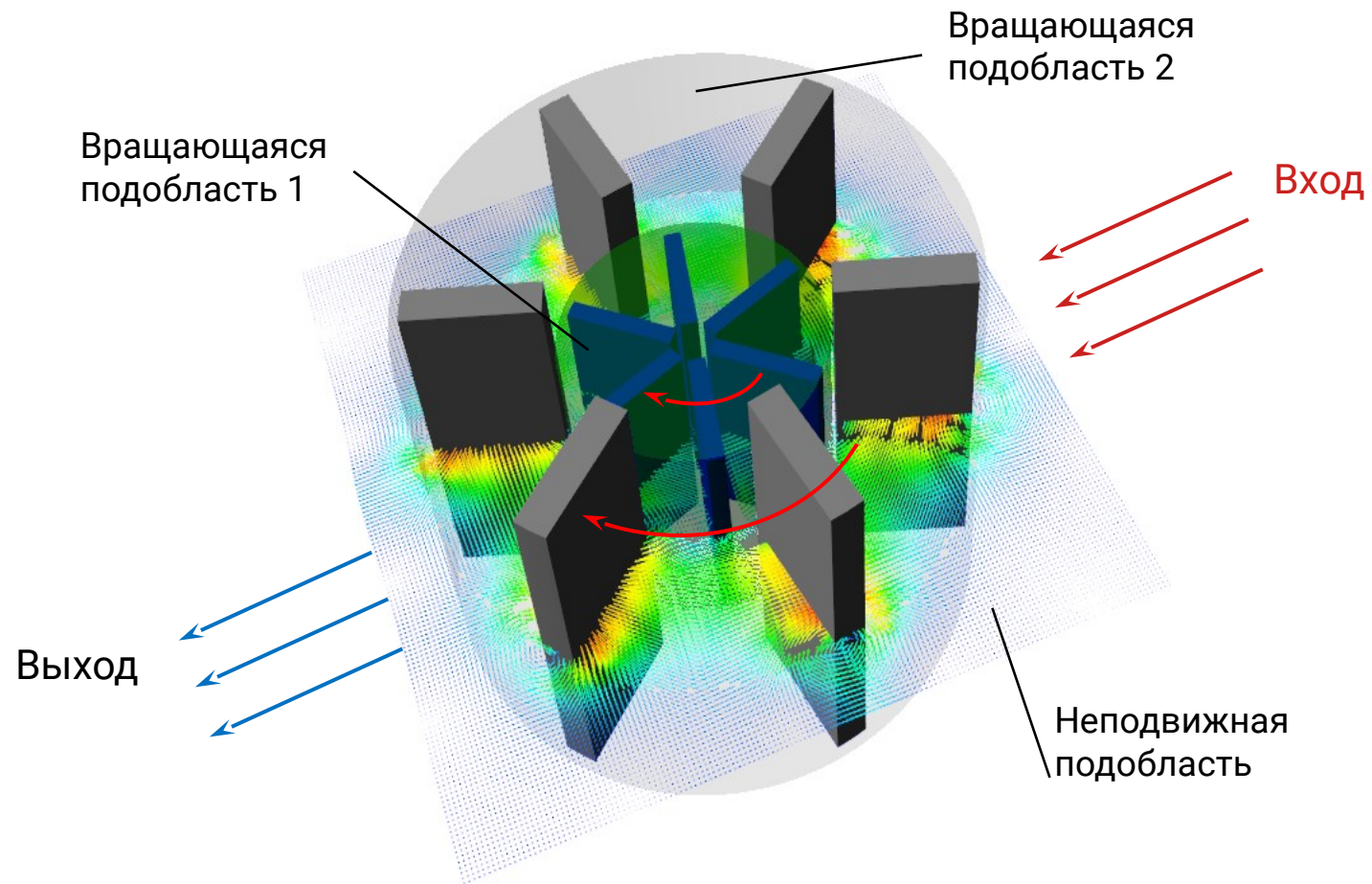
Максимальные трудозатраты при работе с CAD-моделью

Шаг по времени не зависит от размера ячейки на **ГУ Скользящее** и частоты вращения ротора

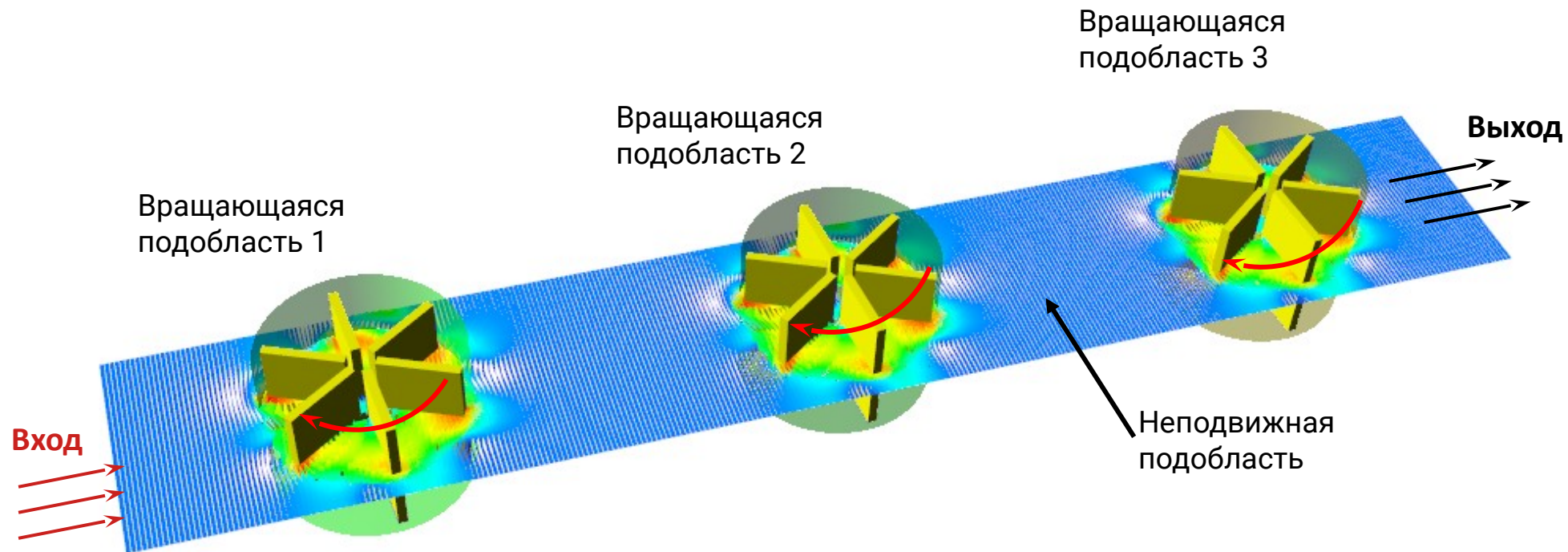
Применим для любого количества лопаток в **Роторе и Статоре**

Применим для относительного улучшения характеристик лопаток **Ротора и Статора** и исследования сходимости по сетке

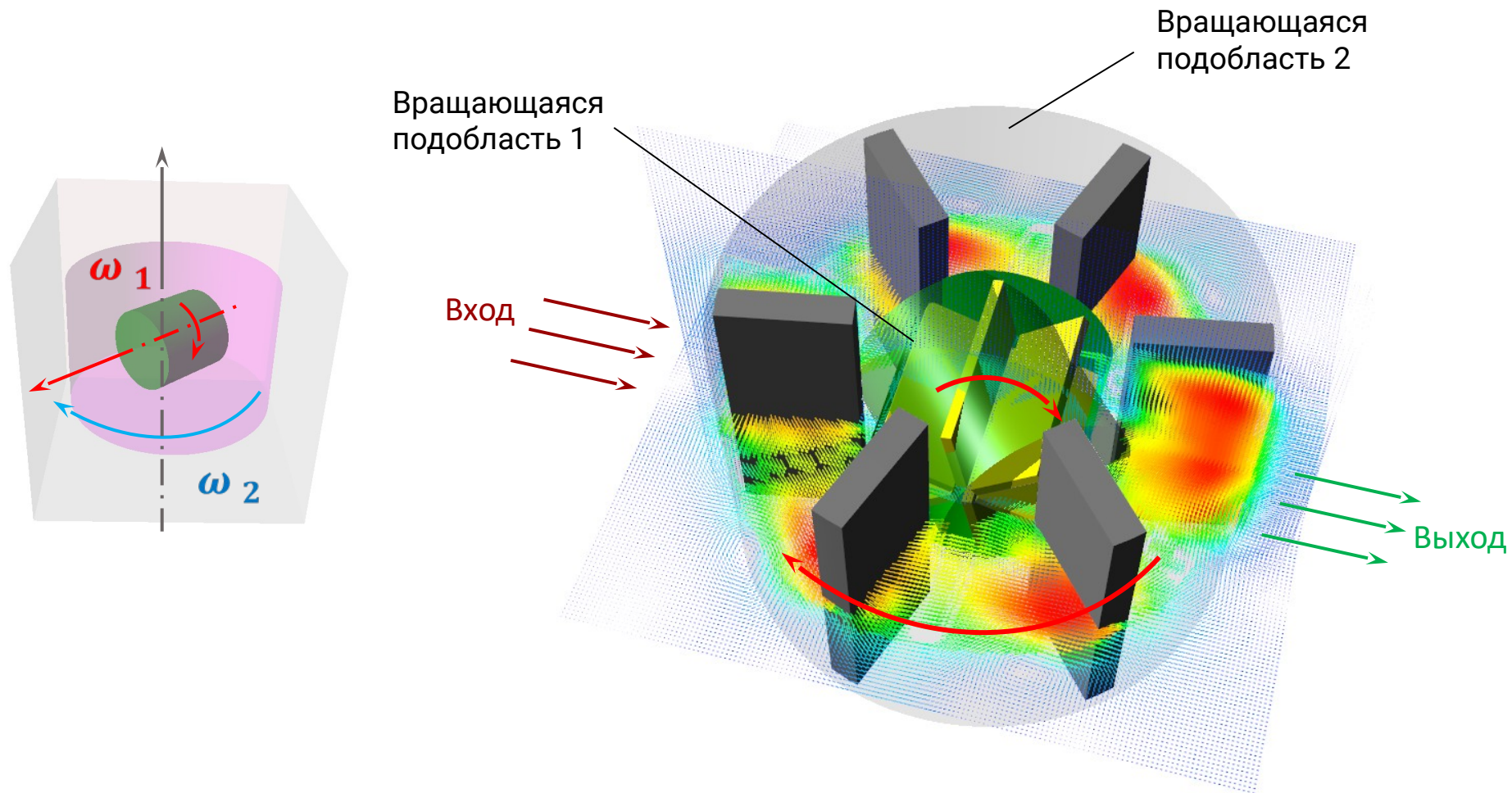
СОСНЫЕ ВЛОЖЕННЫЕ РОТОРЫ



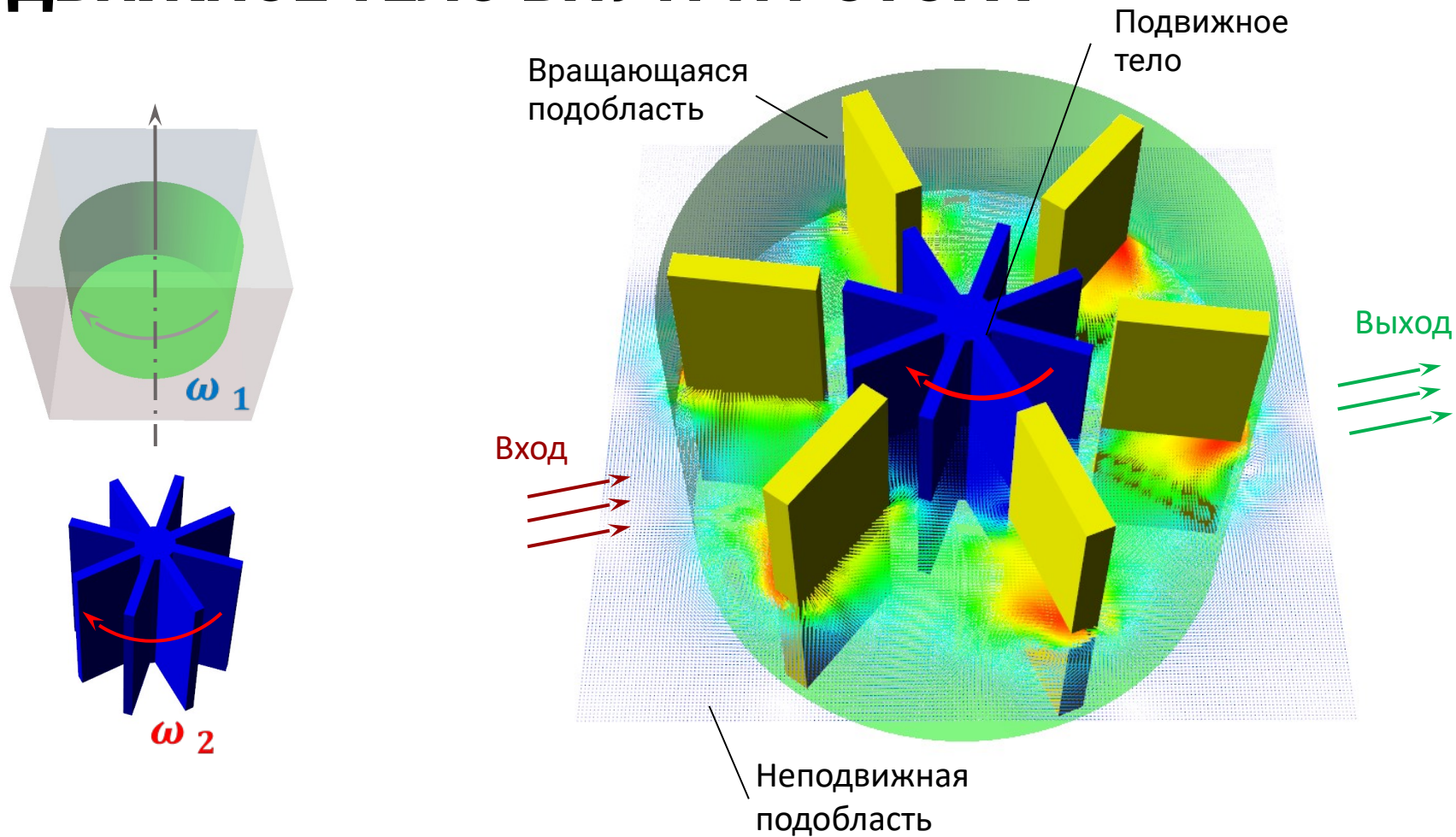
МНОГООСНЫЕ РОТОРЫ



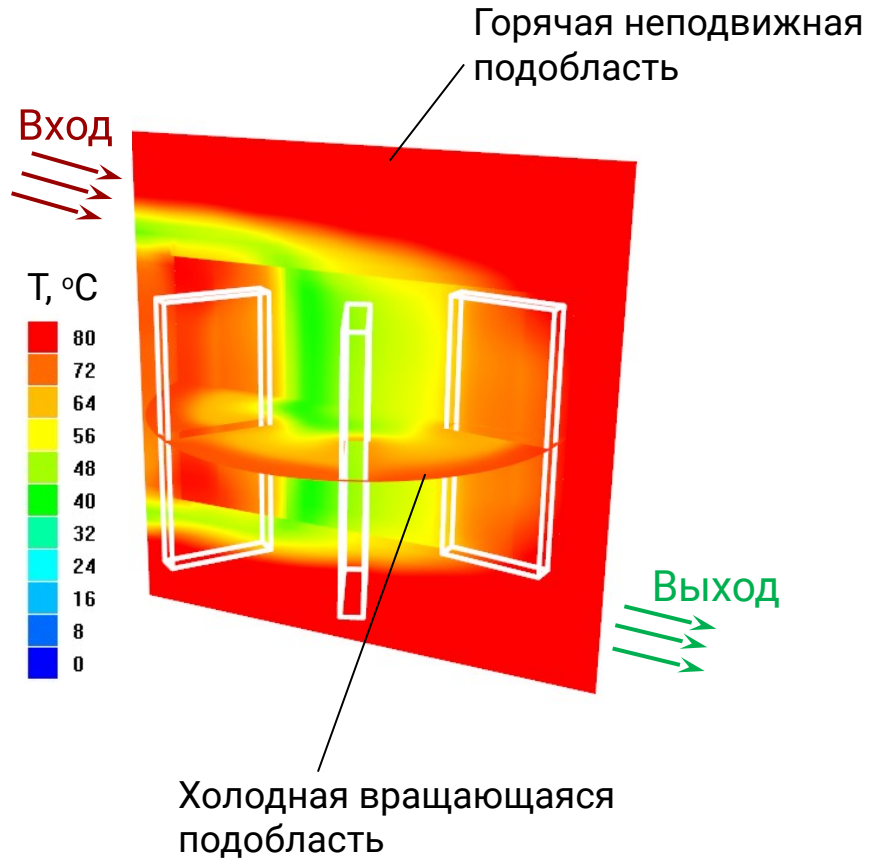
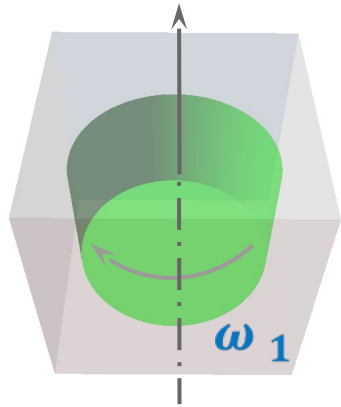
НЕСООСНЫЕ ВЛОЖЕННЫЕ РОТОРЫ



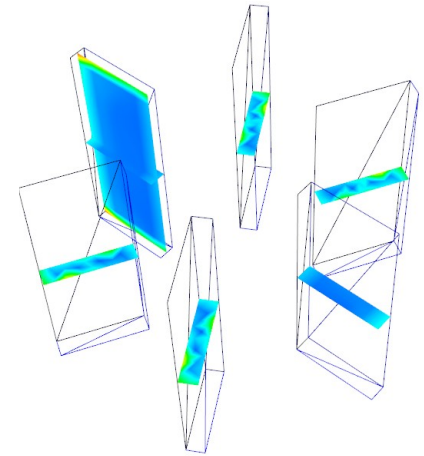
ПОДВИЖНОЕ ТЕЛО ВНУТРИ РОТОРА



СОПРЯЖЕННЫЙ ТЕПЛОБМЕН В РОТОРЕ



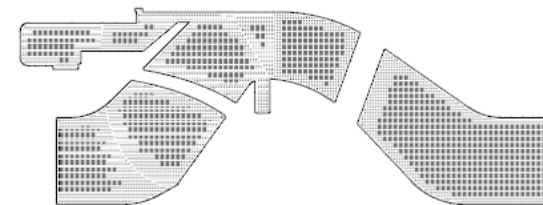
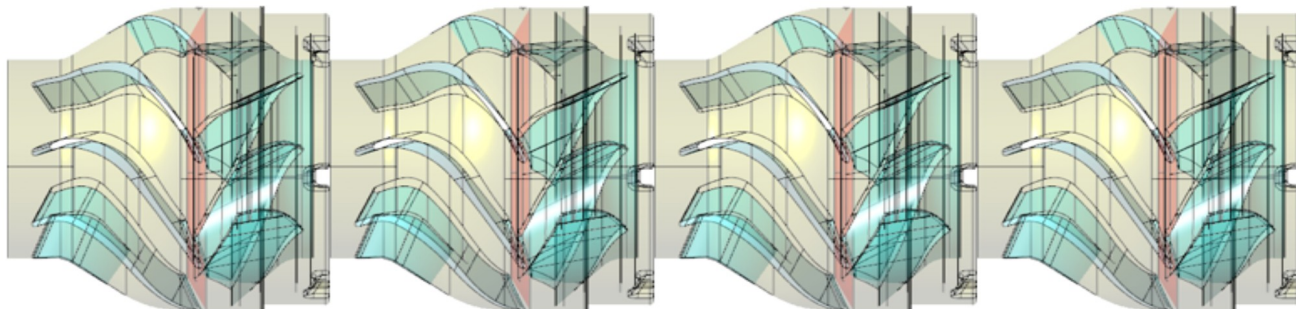
Т, °С



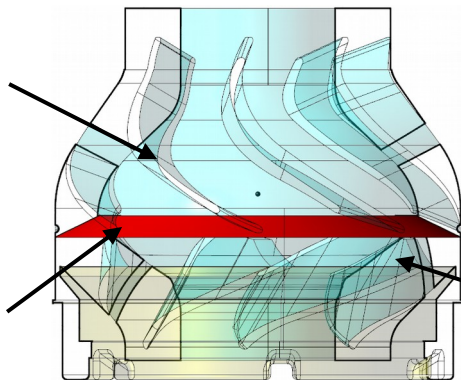
Нагрев лопаток ротора

ПРИМЕР

Насос с диагональными лопатками

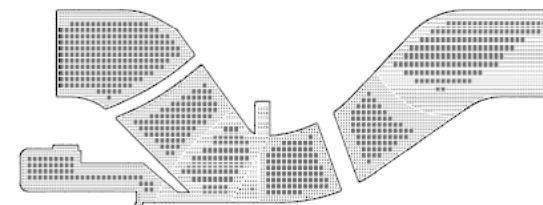


Рабочее колесо



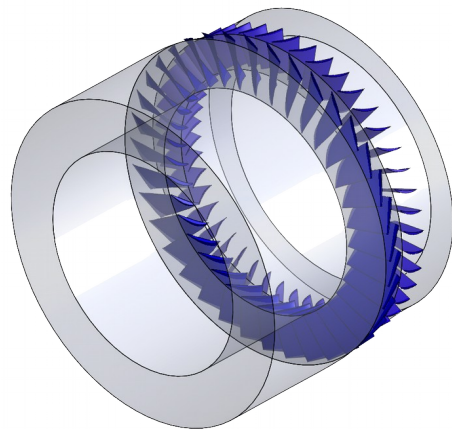
Скользящие границы

Аппарат

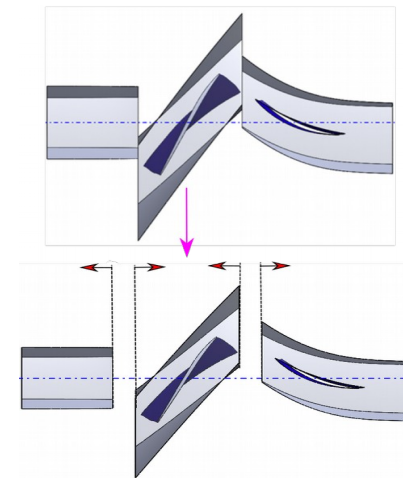


Расчетная область

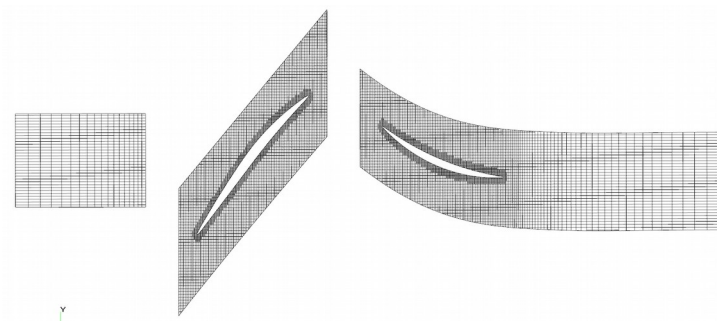
ПРИМЕР



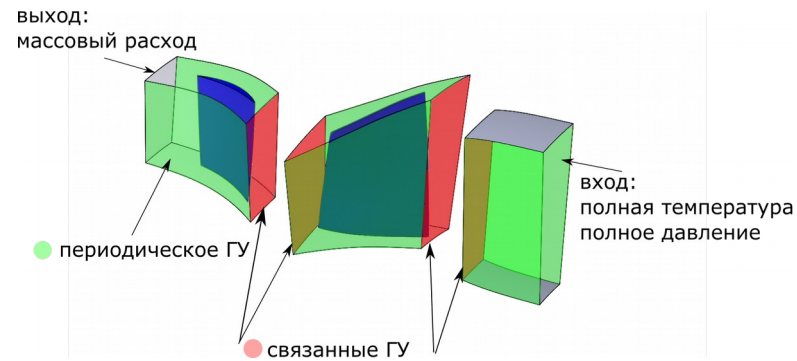
Проточная область
(NASA stage 37)



Секторная постановка



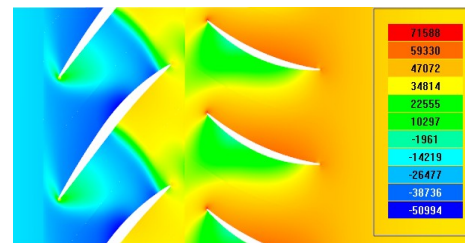
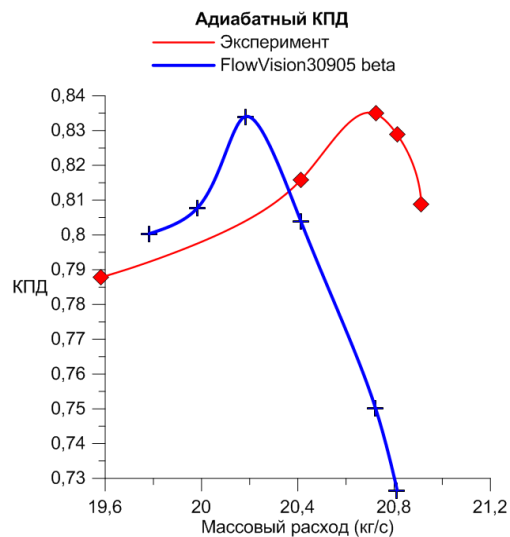
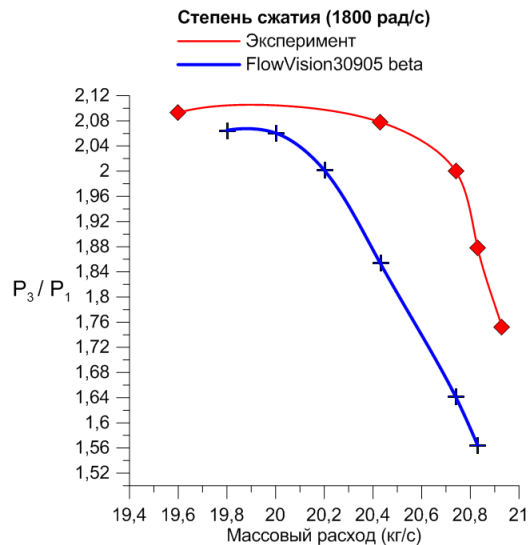
Расчетная сетка



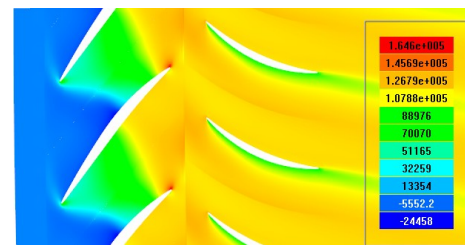
Граничные условия

РЕЗУЛЬТАТЫ

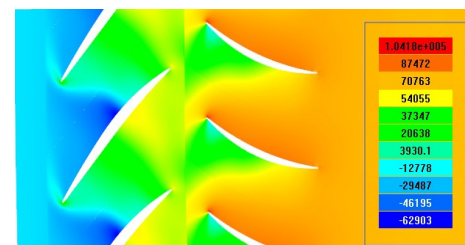
Зависимости и визуализация



Режим
запираия



Расчетный
(КПДmax)

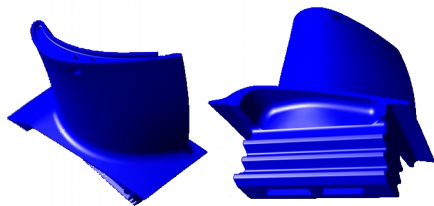
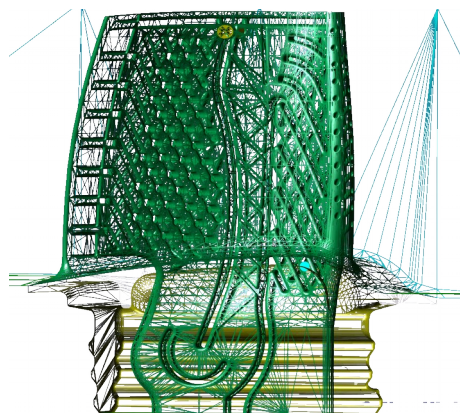


Режим
помпажа

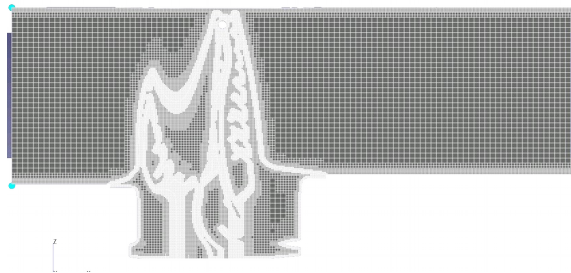
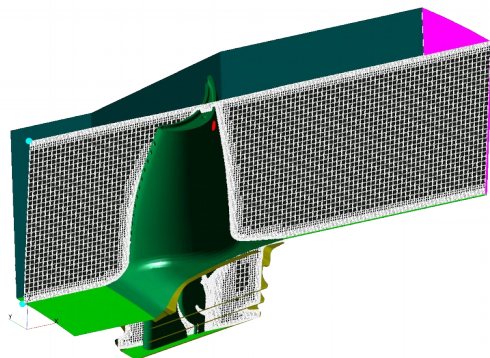
	Степень сжатия при максимальном КПД	Адиабатный КПД
Эксперимент	2,074	0,84
FlowVision 30905	2,002	0,839
% разница	3,4%	0,1%

ПРИМЕР

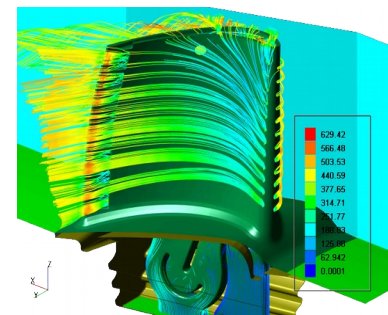
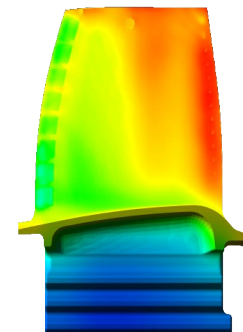
Охлаждение лопатки турбины



Геометрия



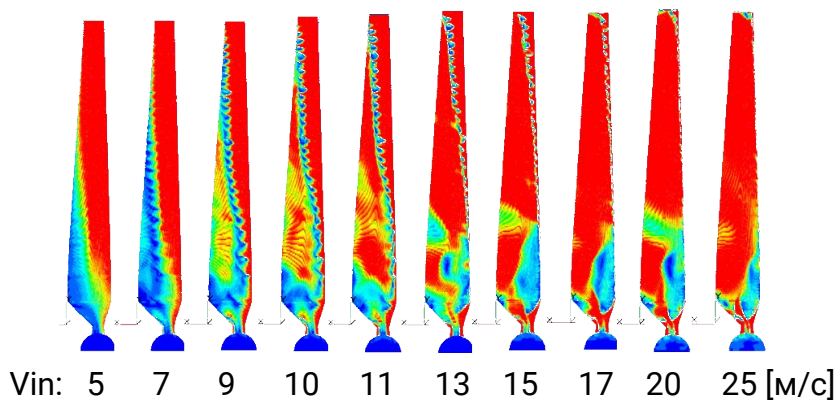
Расчетная область



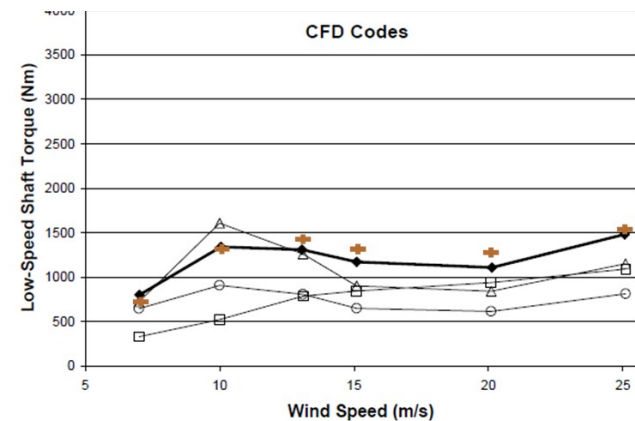
Струйки охлаждающего газа.
 $P^*w_{cool}=15 \text{ atm}$

ПРИМЕР

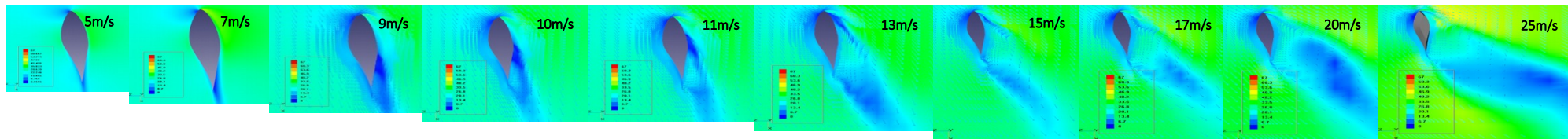
Нестационарные испытания ветро-энергетической установки



Изменение области отрыва в зависимости от скорости ветра



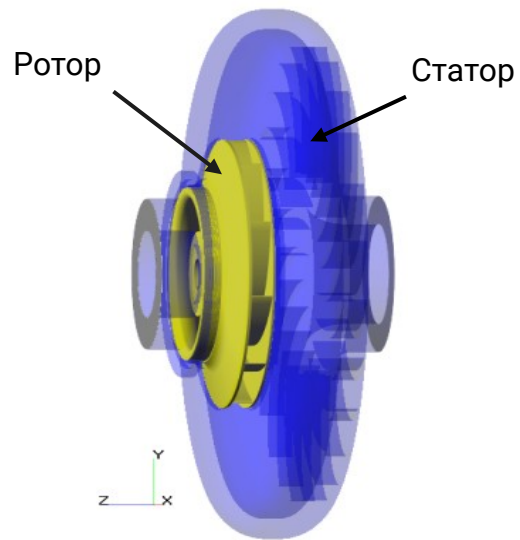
Зависимость момента на валу от скорости ветра при нулевом курсовом угле



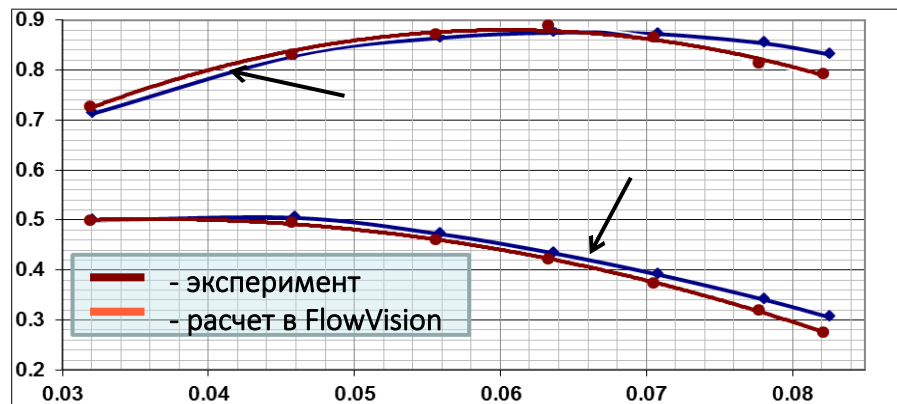
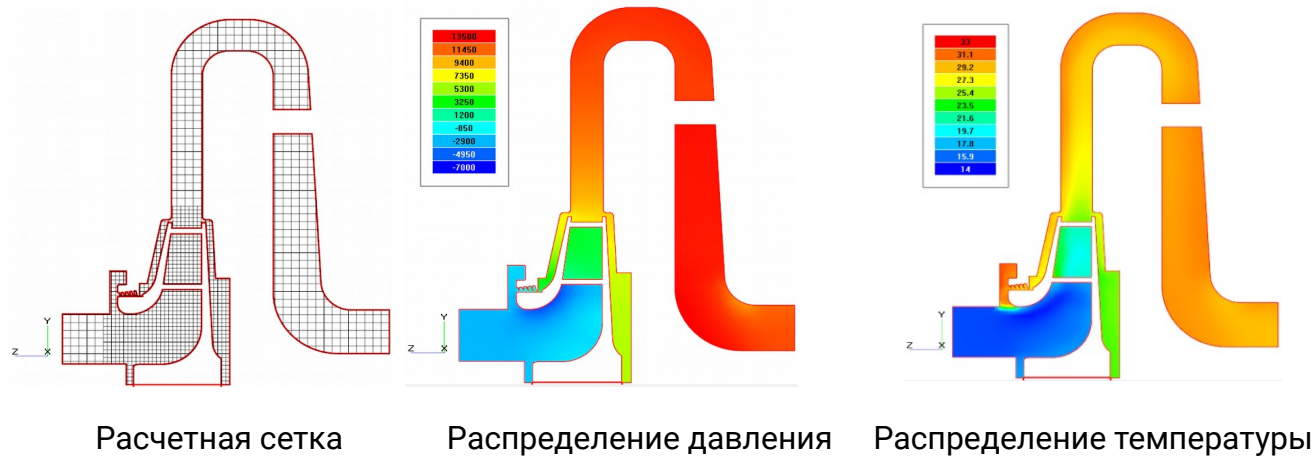
Мгновенные распределения относительной скорости в плоскости сечения лопасти на 63% размаха

ПРИМЕР

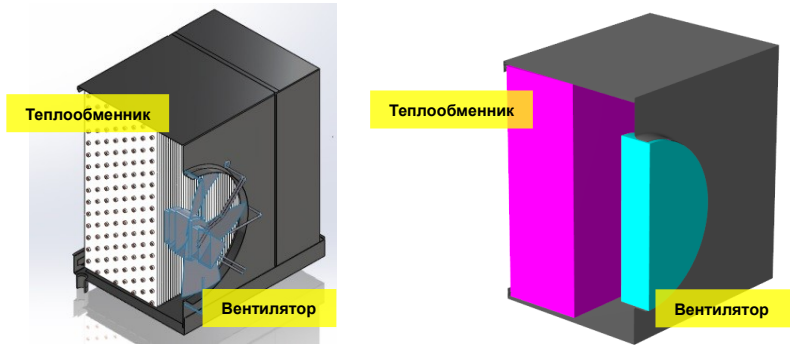
Центробежный компрессор



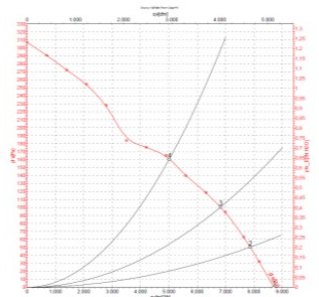
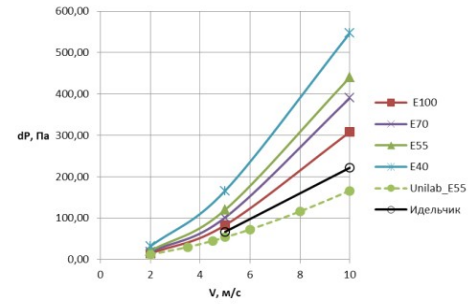
Геометрия ступени



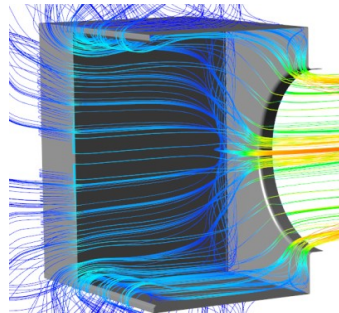
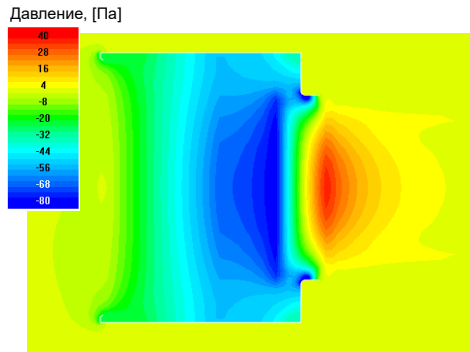
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ В КОМПОНОВКЕ



1. Выделение области теплообменника (ТА) и вентилятора

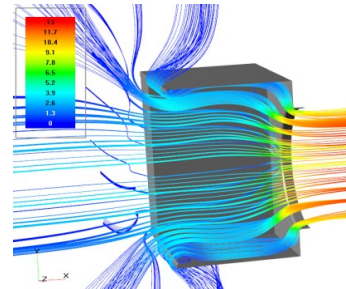


2. Использование напорных характеристик ТА и вентилятора вместо агрегатов

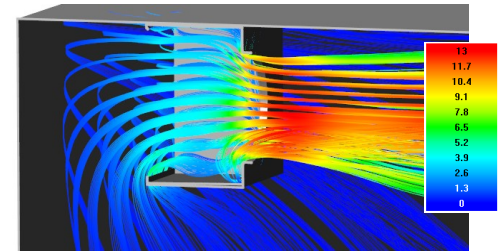


3. Моделирование работы оборудования

Размещение вдали от стенки



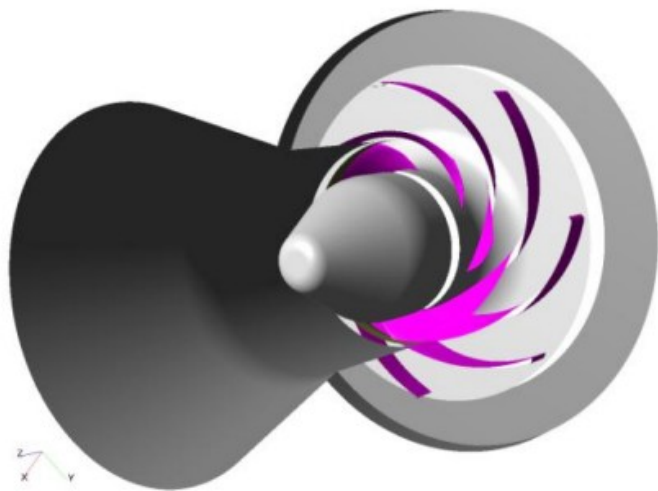
Размещение у стенки



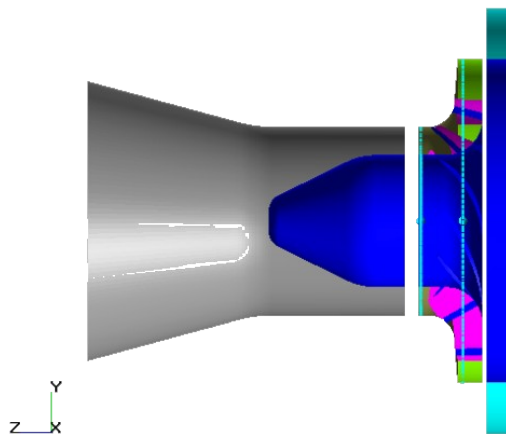
4. Оценка работы оборудование в разных условиях размещения

ПРИМЕР

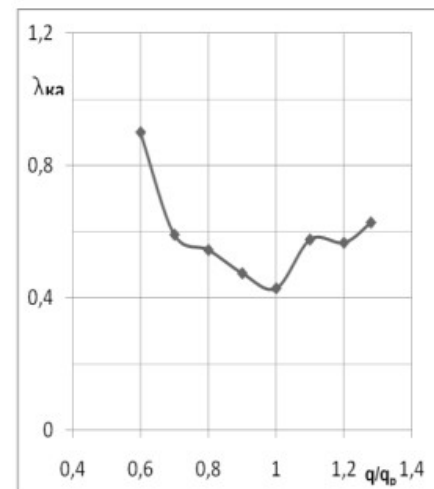
Определение коэффициента начальной кавитации в центробежном насосе



Геометрия насоса



Подобласти расчетной модели



Расчетная зависимость коэффициента начальной кавитации от относительного расхода

РЕШАТЕЛЬ

МОДЕЛЬ АКУСТИКИ

Акустико-вихревой метод

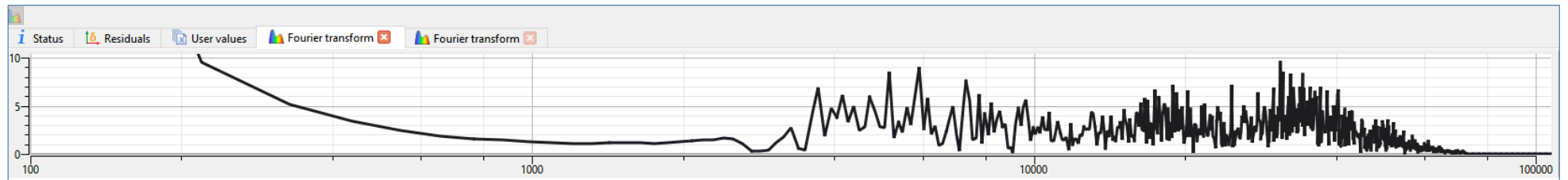
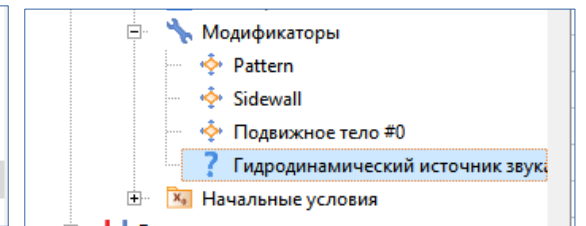
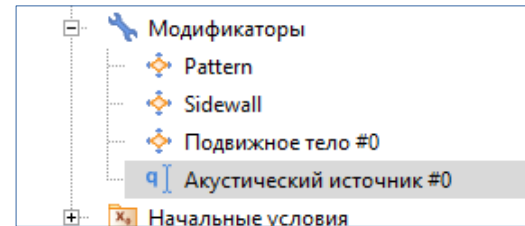
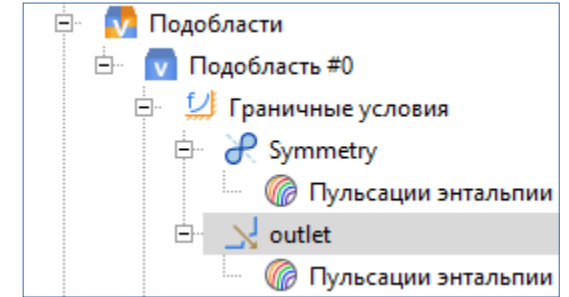
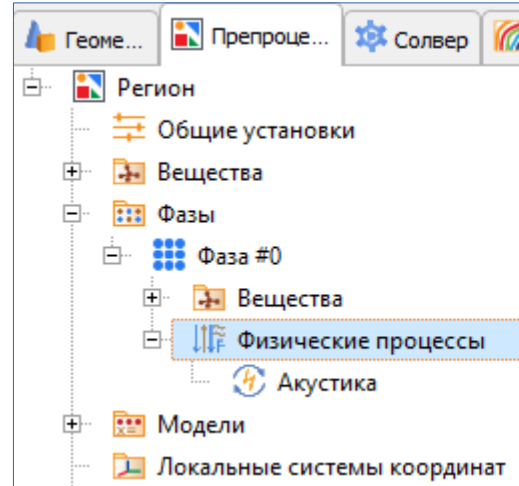
Сопряженный и последовательный гидродинамическо-акустический расчёт

ГУ для акустики

отражающее, неотражающее, импедансное

Накопленный и пользовательский источники / Запись в файл

Преобразование Фурье для источников и для обработки результатов



КАСТОМИЗАЦИЯ

Окно свойств

Применить Откатить

Размерность кг/м³

Значение Таблица f(x)

Таблица f(x)

Контроль ввод

№	x	f(x)
1	27	1.16477
2	134	1.1571
3	319	1.14003
4	814	1.09516
5	982	1.07975
6	1536	1.03028
7	1666	1.01772
8	1777	1.00681
9	1817	0.99983
10	2148	0.96838

Переменная Общие / COORD.Y

OK Отмена

- Подвижное тело #40
- Подвижное тело круг
- Fv Объемная сила #0
- Q Объемный источник тепл...

Formula editor

1 a=cos(3*Time)|

Accept Cancel

Undo Redo

Compile

Keyboard

2	3	+	-	*	/	sin	cos	tg	ctg	min	max	sum	prod
5	6	#	%	^	sqrt	arcsin	arccos	arctg	arcctg	AND	OR	XOR	NOT
8	9	abs	sign	linear	root	sh	ch	th	cth	if	in	==	!=
.	E	vec	.x	.y	.z	arsh	arch	arth	arcth	<	<=	>=	>
)	=	len	norm	refl	damp	exp	ln	lg	log	{	}	:	;

Variables & constants

All Physical Integral User References Constants

- Common
 - Area
 - Conservative velocity
 - Coordinates
 - Density
 - Distance to wall
 - ExplicitTimeStep

Operations

All Arithmetic Exponential Trigonometric Hyperbolic Logic Statistic External Special

Operation	Ident.	Usage syntax
Negation	-	"-s"; "-v"
Addition	+	"s1+s2"; "v1+v2"
Subtraction	-	"s1-s2"; "v1-v2"
Multiplication	*	"s1*s2"; "s*v" or "v*s"; "v1*v2" (per component multiplication)
Division	/	"s1/s2"; "v/s"; "v1/v2" (per component division)

АСКОН объединяет решения для расчётов в комплексное решение

Санкт-Петербург
ул. Одоевского, дом 5, лит. «А»

