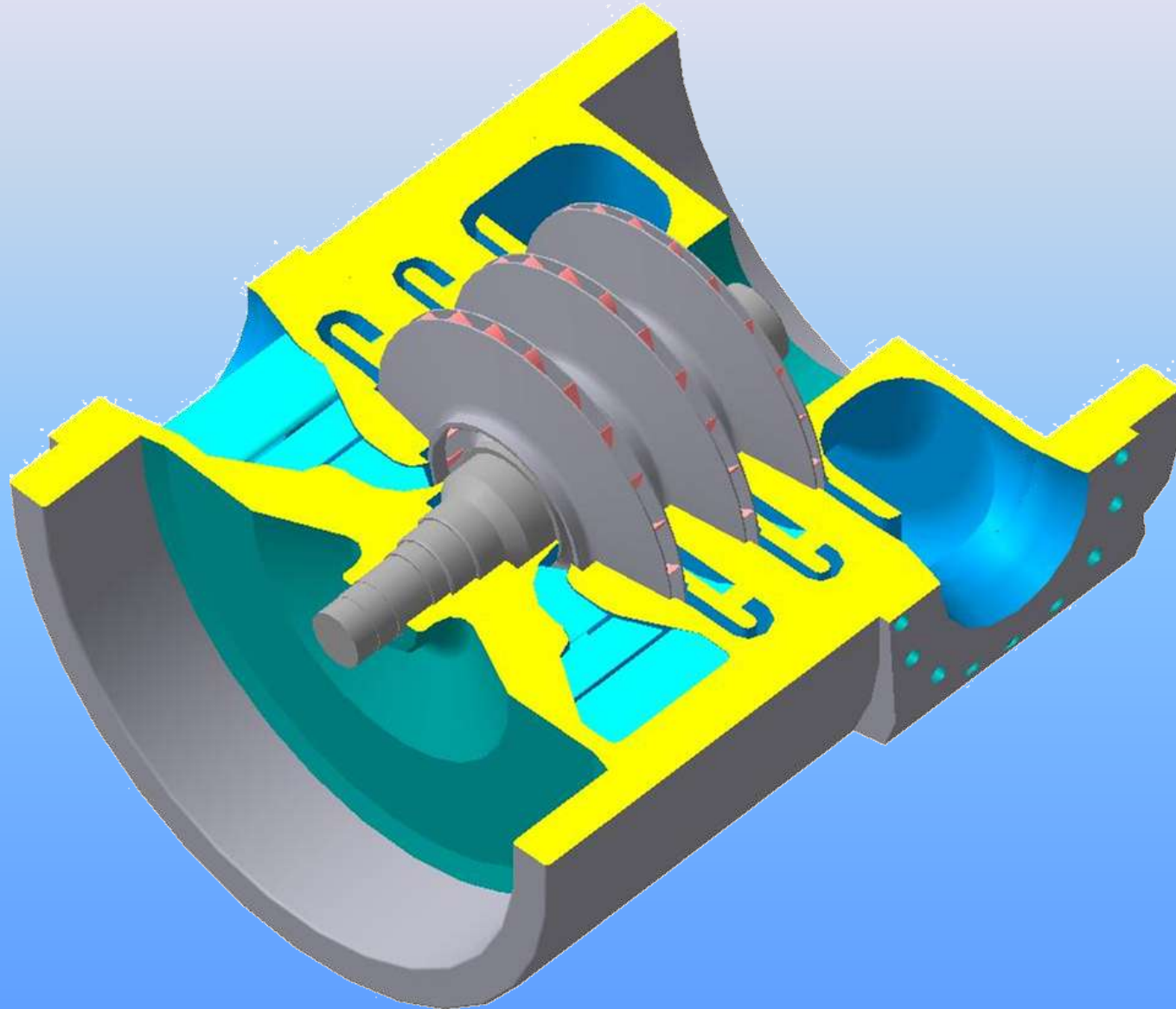


# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision



# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса **FlowVision**

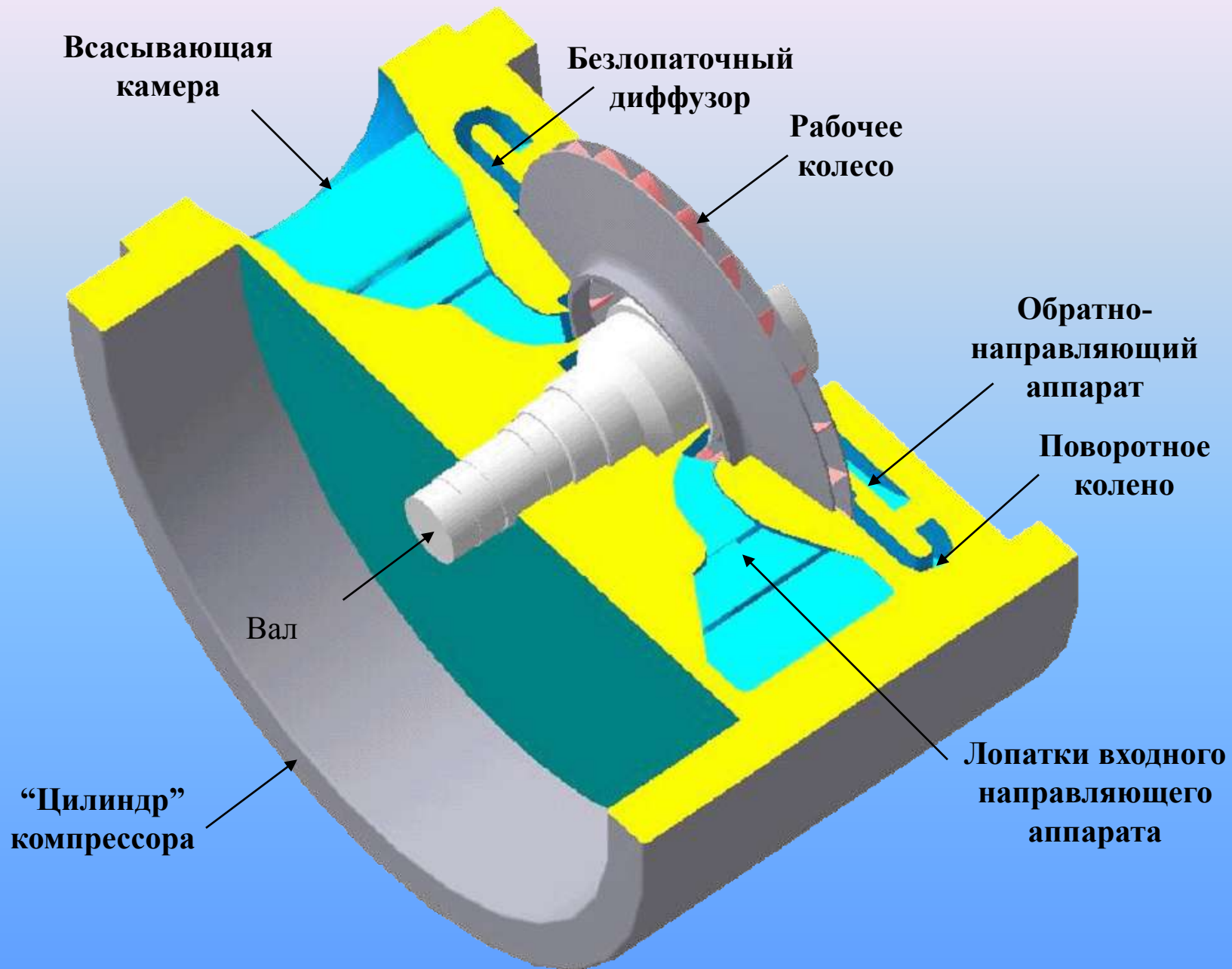
## ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ СТУПЕНИ И ВНУТРЕННЕГО ОБЪЕМА ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ

Твердотельные модели созданы в САD-системе **КОМПАС-3D 6V Plus** и включают в себя следующие основные элементы:

- Всасывающая камера с направляющим аппаратом;
- Рабочее колесо;
- Безлопаточный диффузор;
- Поворотное колено;
- Обратно-направляющий аппарат.

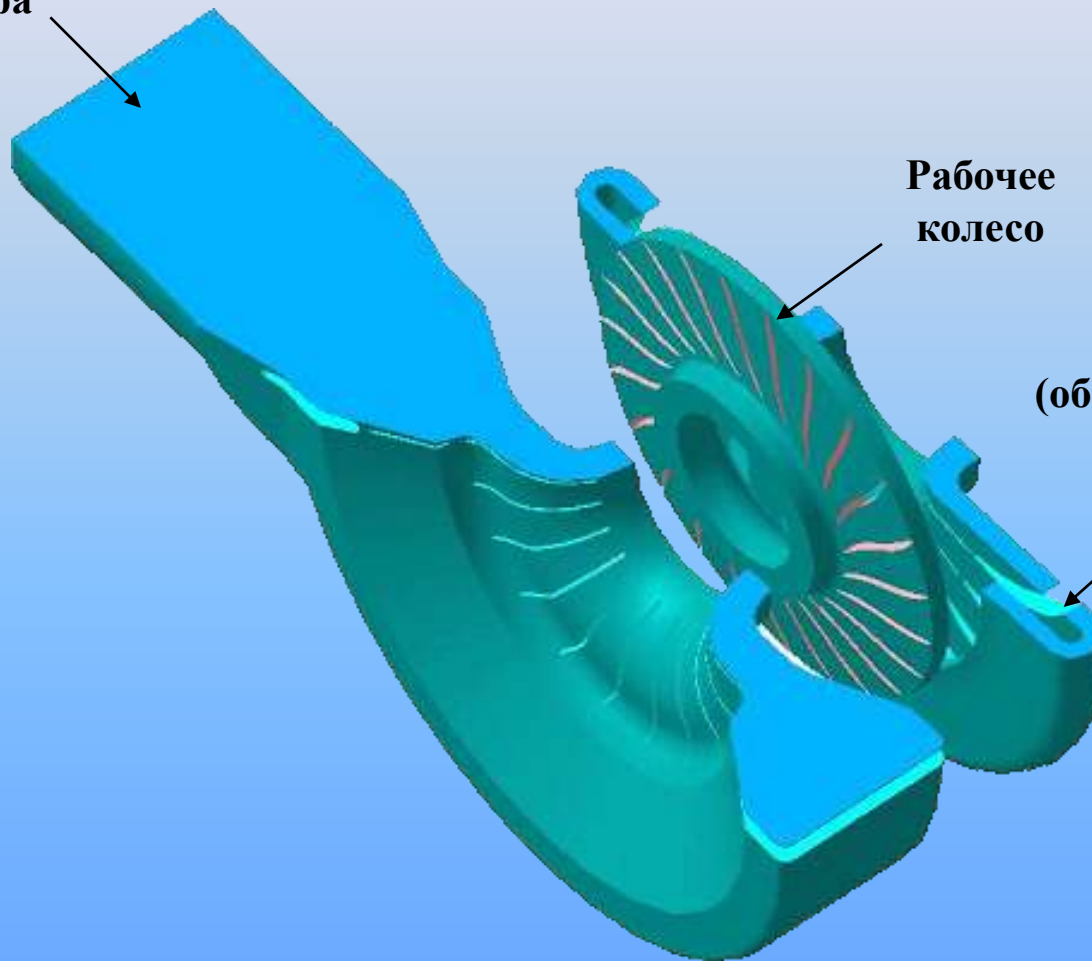
Экспорт геометрии проточной части ступени из **КОМПАС-3D 6V Plus** осуществлялся в формате (\*.igs), с последующей коррекцией модулем **Flow3D Vision**. Полученная твердотельная модель проточной части сохранялась в специальном формате (\*.mesh), обеспечивающим импорт геометрии в **FlowVision**.

## Твердотельная модель ступени центробежного компрессора



# Модели внутреннего объема элементов проточной части ступени Подобласти расчета

Всасывающая  
камера



Рабочее  
колесо

ОНА  
(обратно-направляющий  
аппарат)

# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса **FlowVision**

Подобласти расчета – **Всасывающая Камера, Колесо, ОНА;**

Математическая модель – **Полностью сжимаемая жидкость;**

Опорные величины –  **$P=101330$  Па;  $T=293$  К;**

Рабочее тело – **Воздух;**

Параметры модели – **Стандартная k-е модель турбулентности;**

Движение – **Вращение подобласти Колесо – 4000 об/мин;**

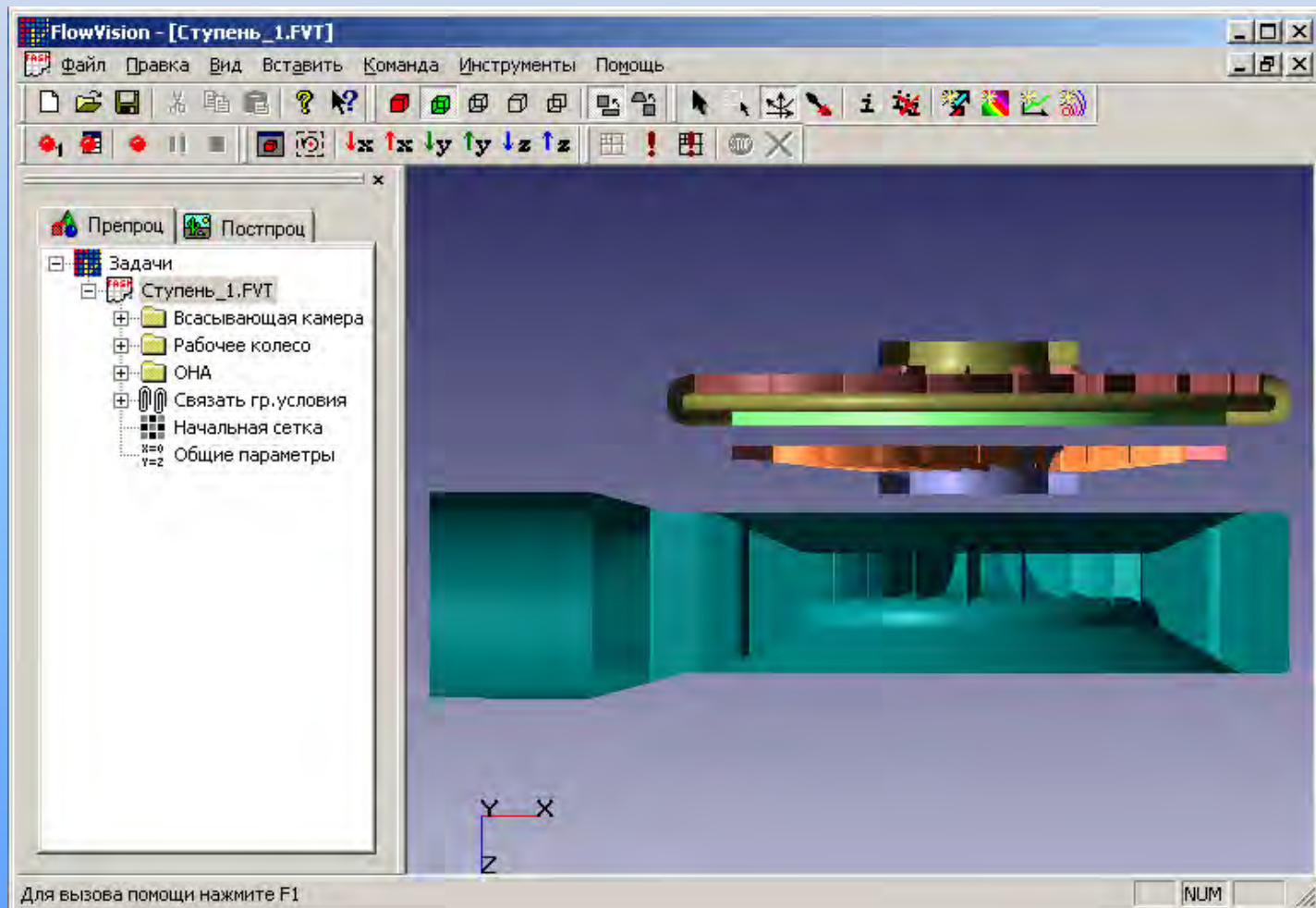
Граничные условия и связки – **Вход (опорные значения величин),  
Стенка Всасывающей Камеры,  
Скользящий Выход Всасывающей Камеры +  
+ Скользящий Вход Колеса,  
Вращающаяся Стенка Колеса,  
Скользящий Выход Колеса +  
+ Скользящий Вход ОНА,  
Стенка ОНА,  
Выход (расход в расчетной точке – 5,68 кг/с);**

Расчетная сетка – **79875 ячеек.**

**Примечание:** Теплообмен между рабочим телом и корпусом компрессора отсутствует, протечки – не учитываются.

# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

## Окно препроцессора

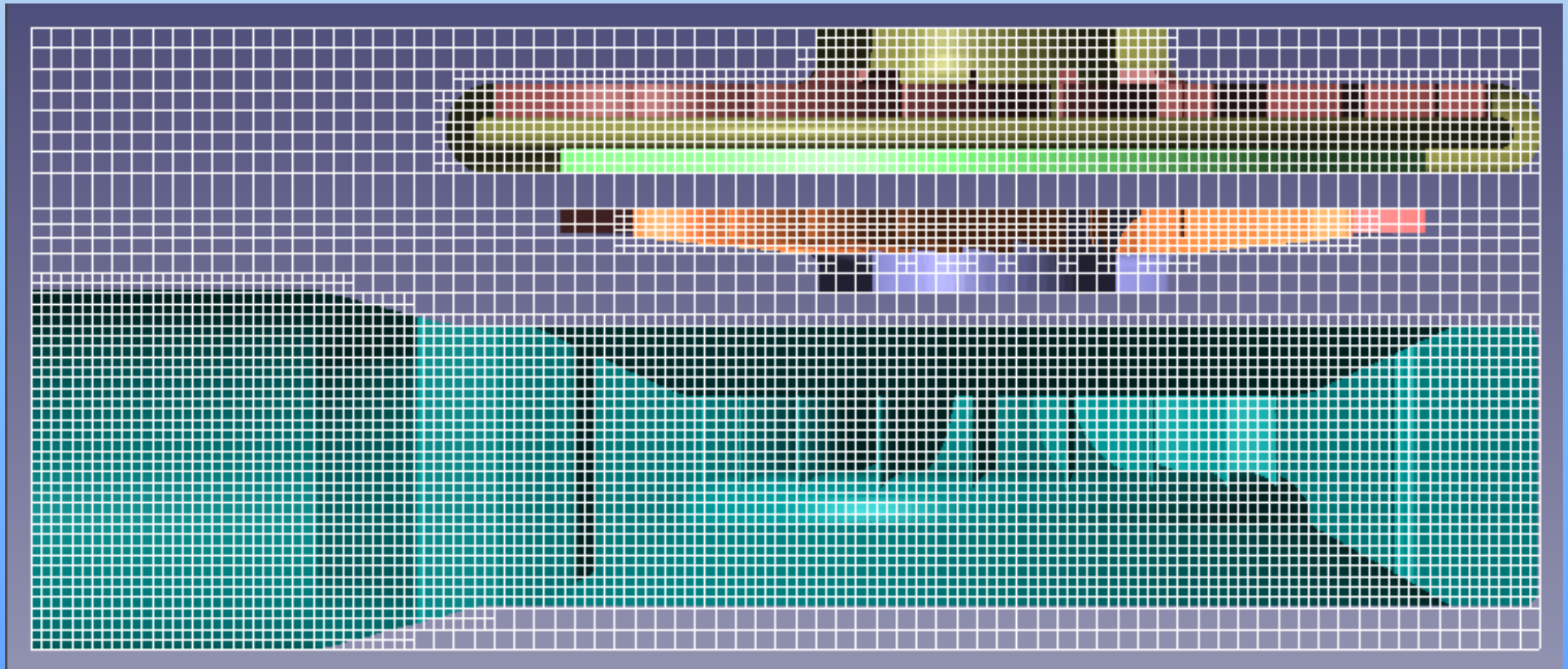




# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

Расчетная сетка с адаптацией по граничным условиям :

- Стенка Всасывающей Камеры;
- Вращающаяся Стенка Колеса;
- Стенка ОНА.



# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса **FlowVision**

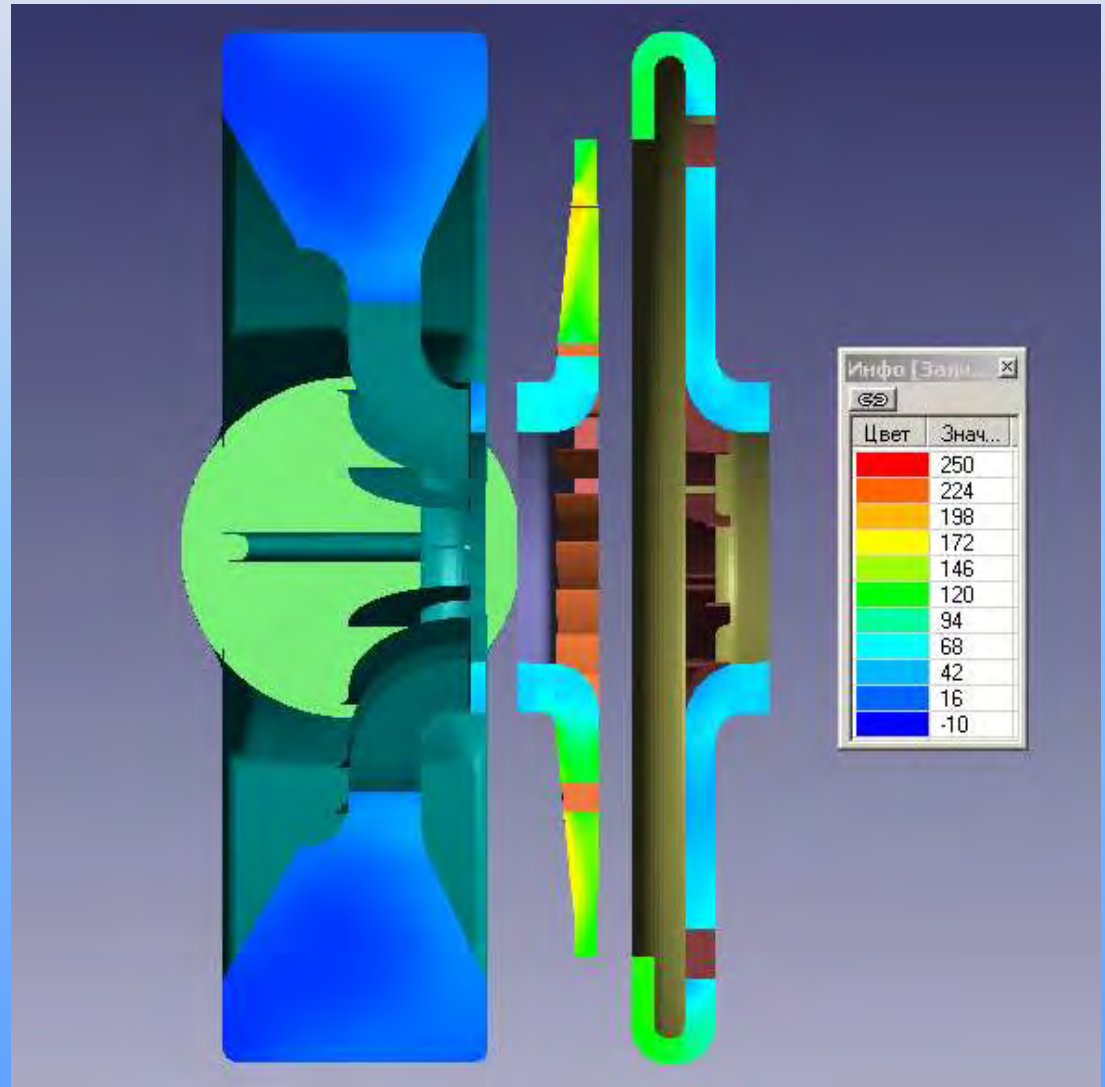
## Анализ результатов расчета с использованием возможностей постпроцессора

- Рассматриваются способы представления результатов расчета с помощью интегральных и распределенных характеристик.
- Показаны методы анимации течения газа.



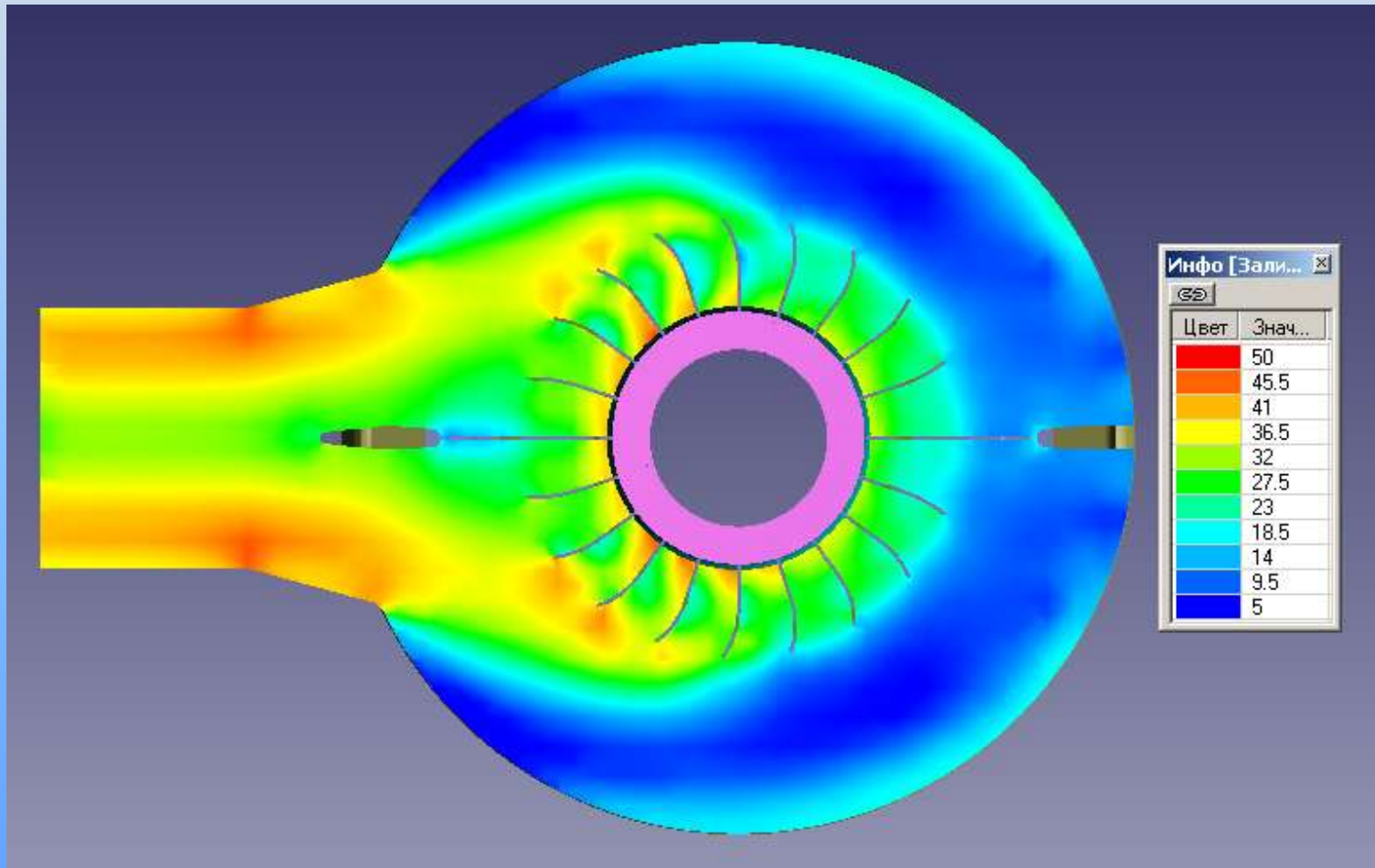
# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

Распределение скорости в продольном сечении ступени



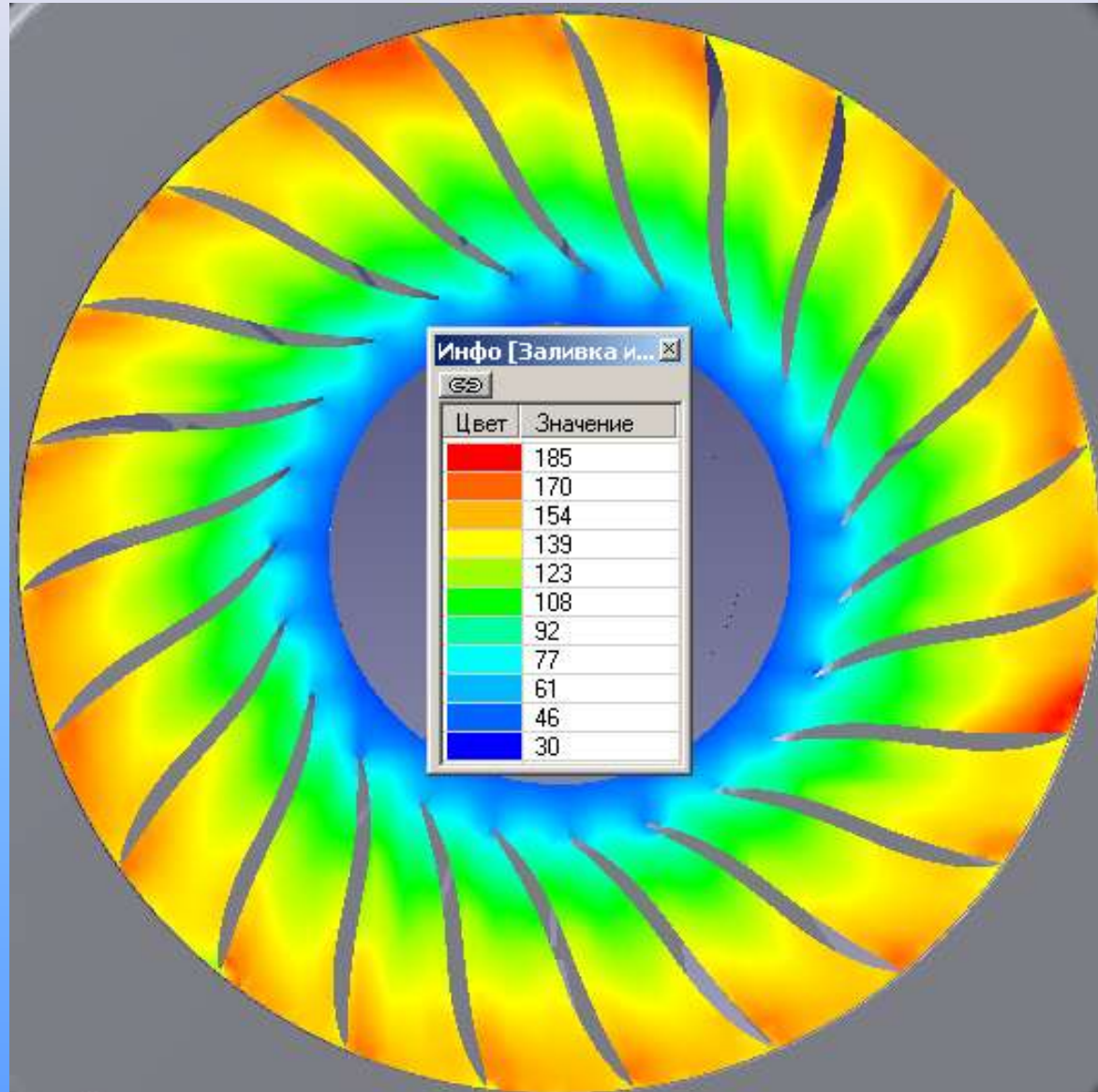
# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

Распределение скорости в среднем сечении всасывающей камеры

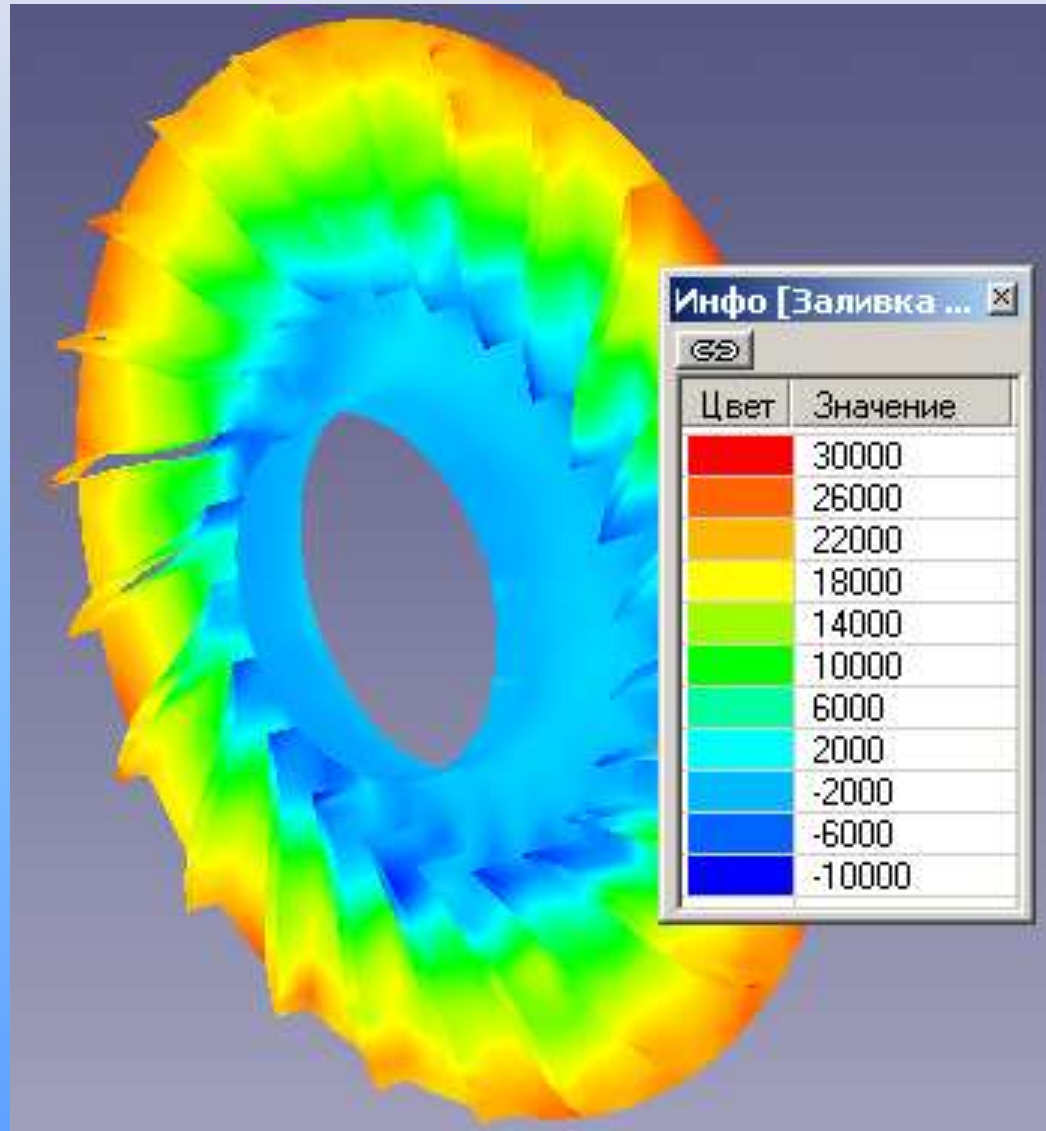


# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

Распределение скорости  
на основном диске  
колеса



# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

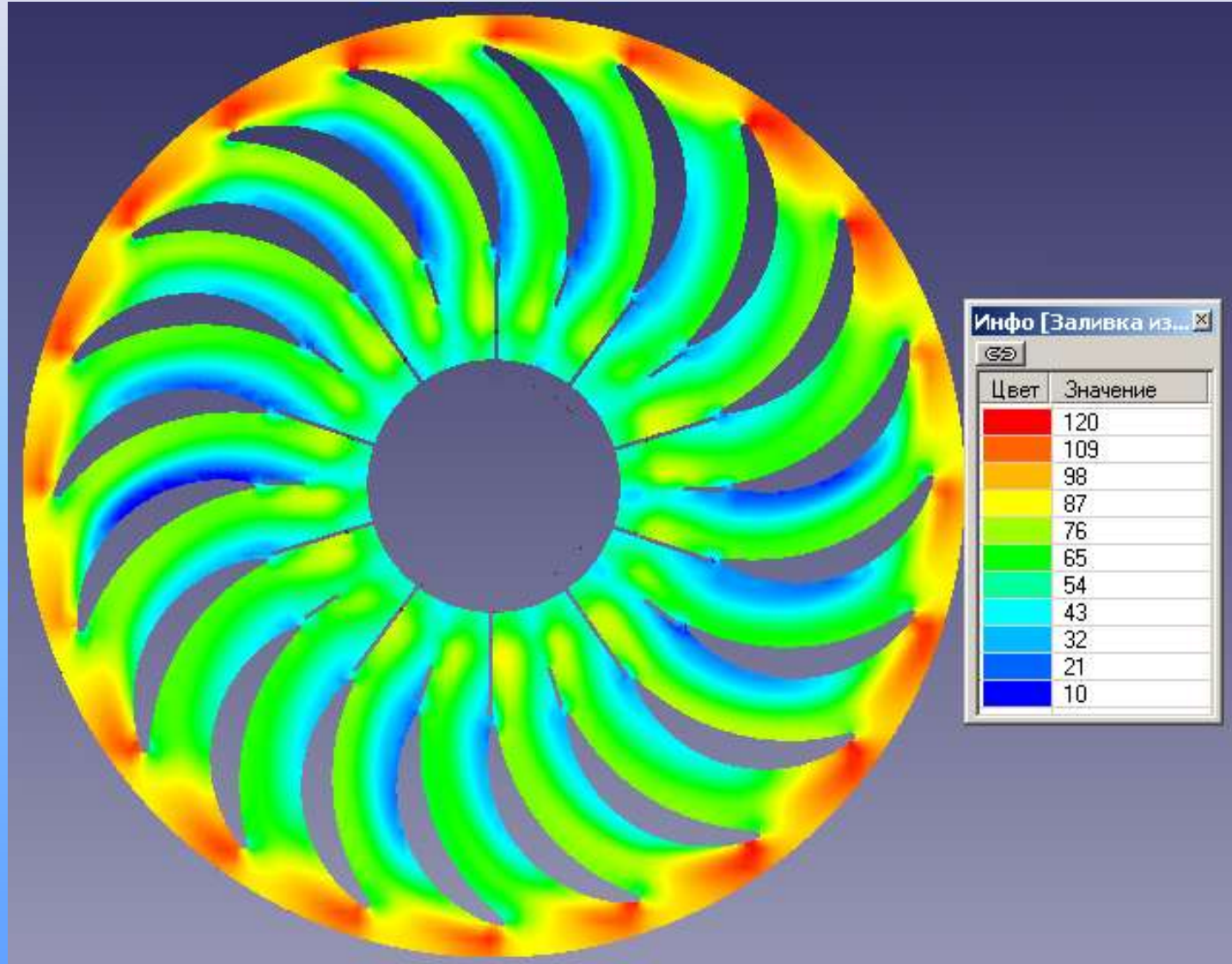


**Распределение давления в рабочем колесе**



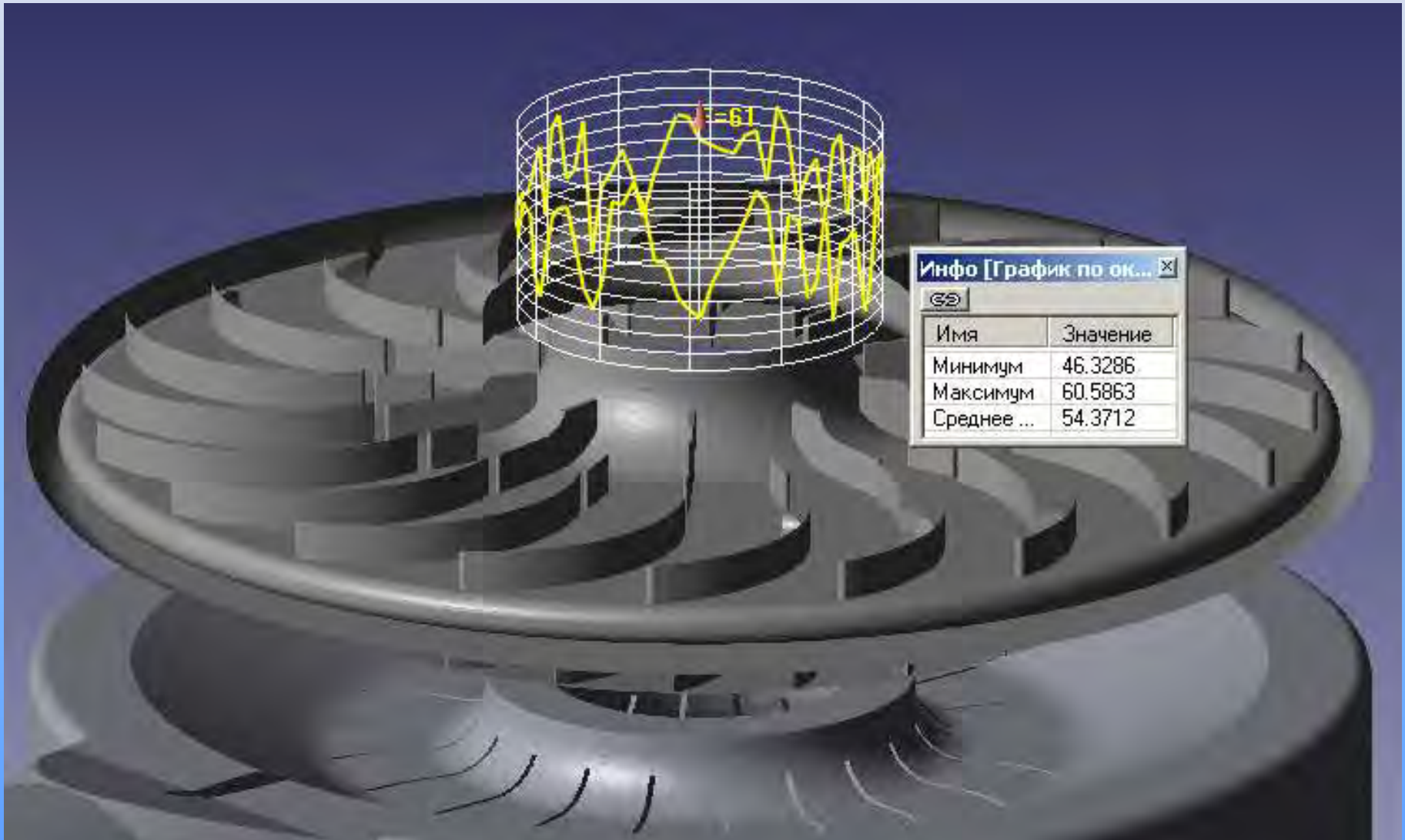
# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

Распределение скорости в среднем сечении обратного направляющего аппарата



# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

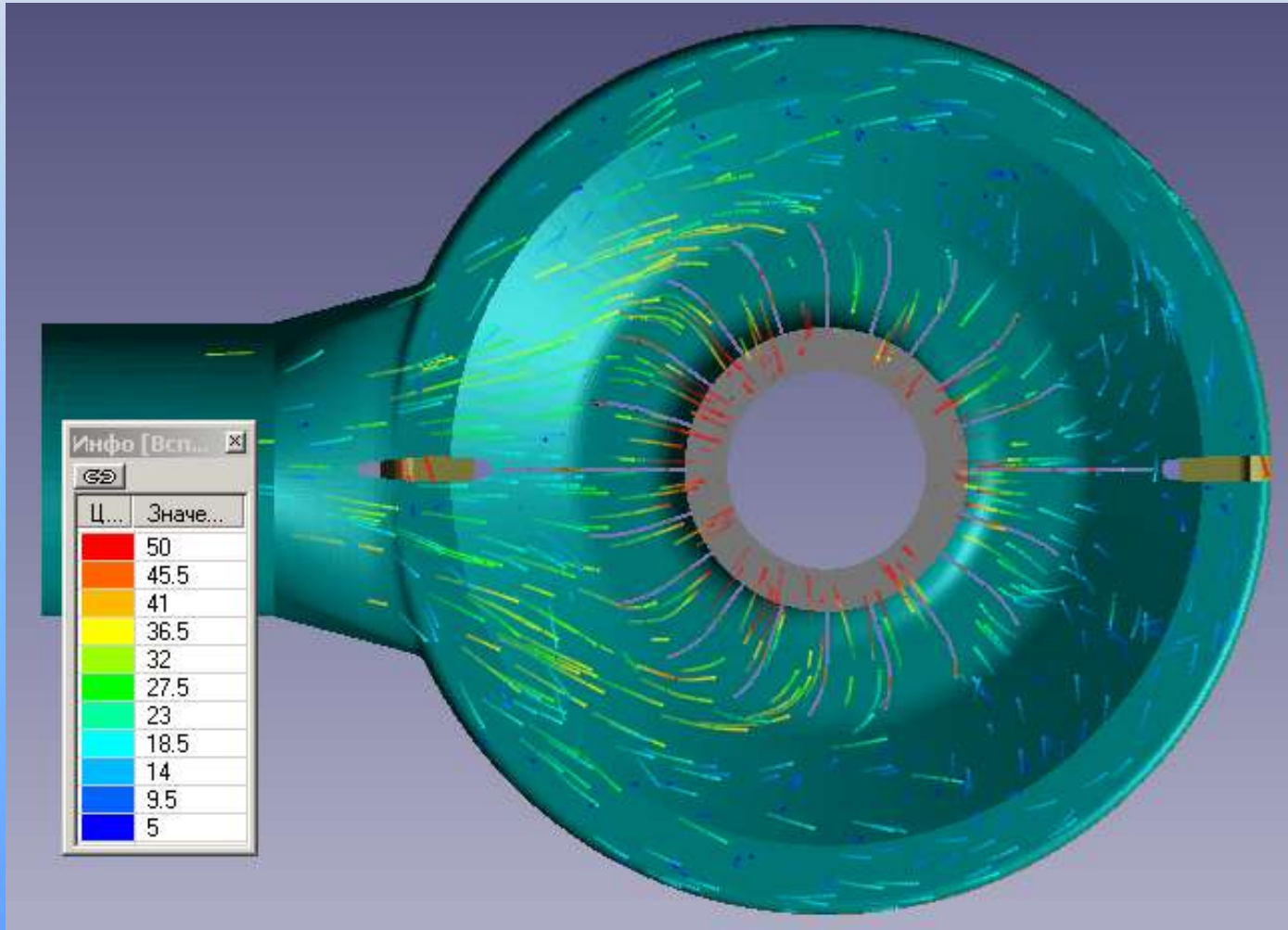
График распределения скорости на выходе из ступени





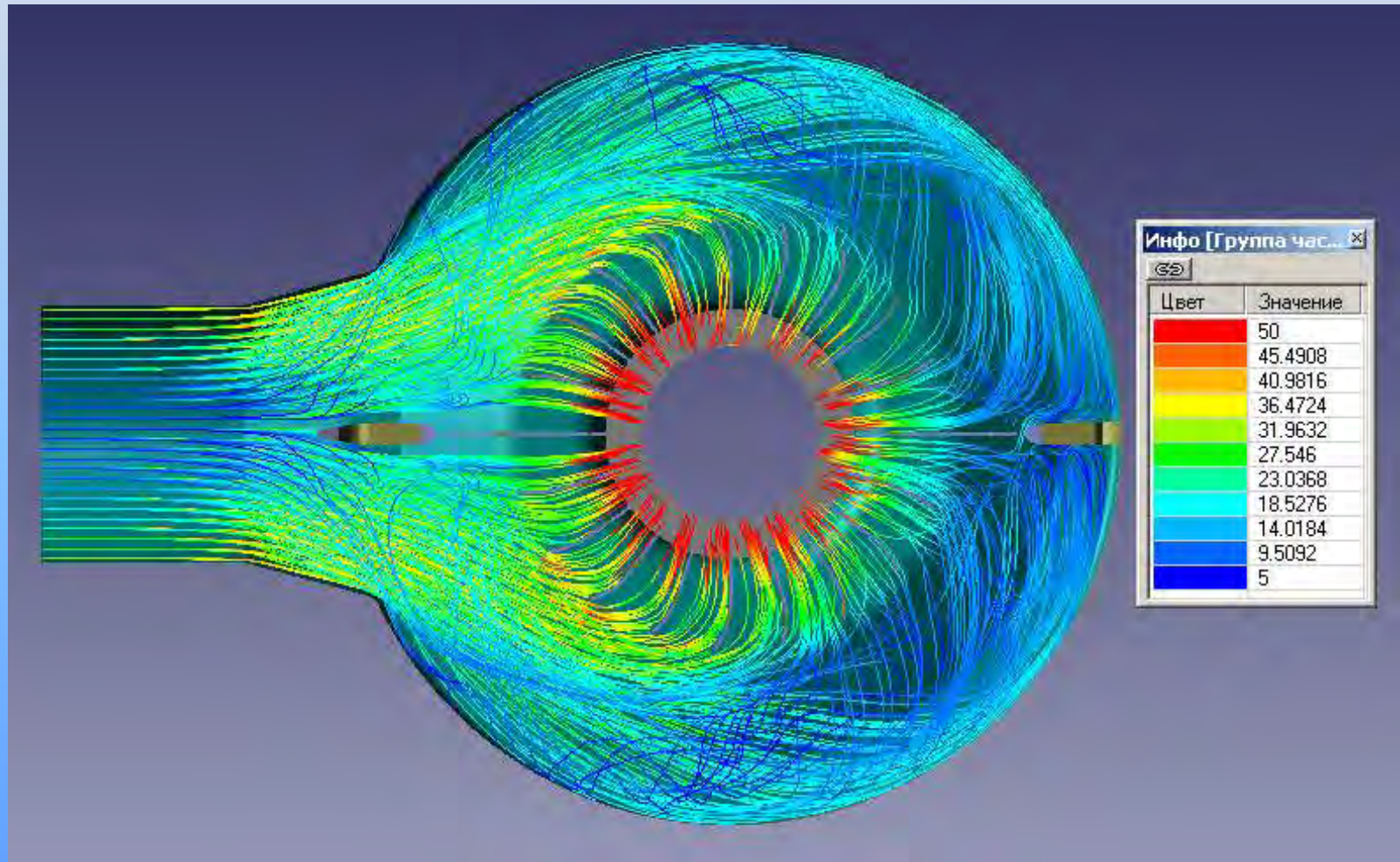
# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

Анимация течения газа с помощью метода “Вспышки”



# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

Анимация течения газа с помощью метода “Группа частиц”



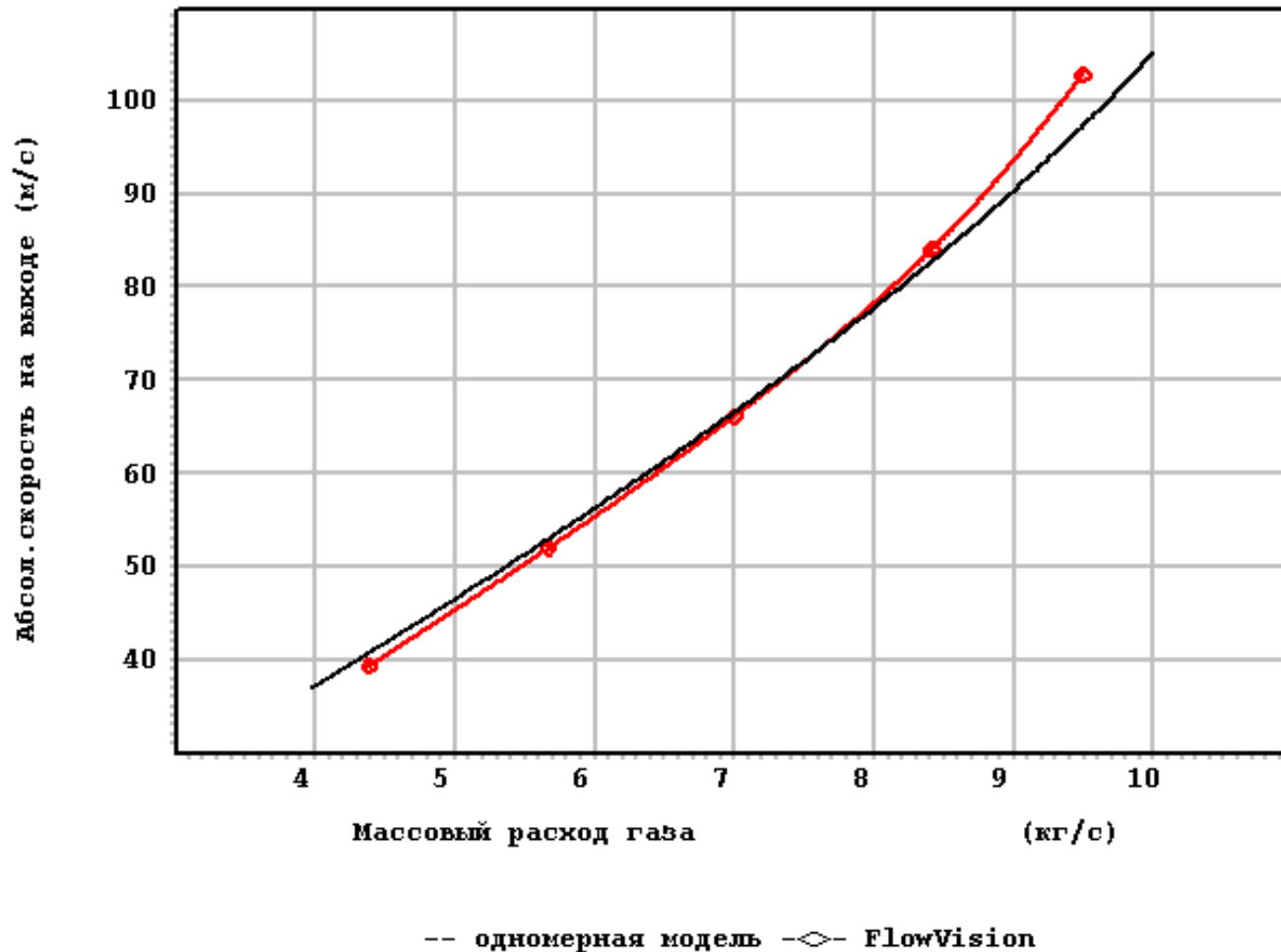
# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса **FlowVision**

## Результаты расчетов ступени центробежного компрессора

- Сходимость процесса расчета задачи достигается при равенстве расхода на входе в ступень заданному на выходе
- Число итераций в зависимости от режима – (800 – 1200)
- Время расчета одного режима – (16 – 24 ч.)
- Приведены суммарные характеристики ступени рассчитанные по одномерной математической модели и с помощью **FlowVision**.  
(идентификация одномерной математической модели проводилась по результатам натурных испытаний различных типов СПЧ на модельном газе – воздухе)

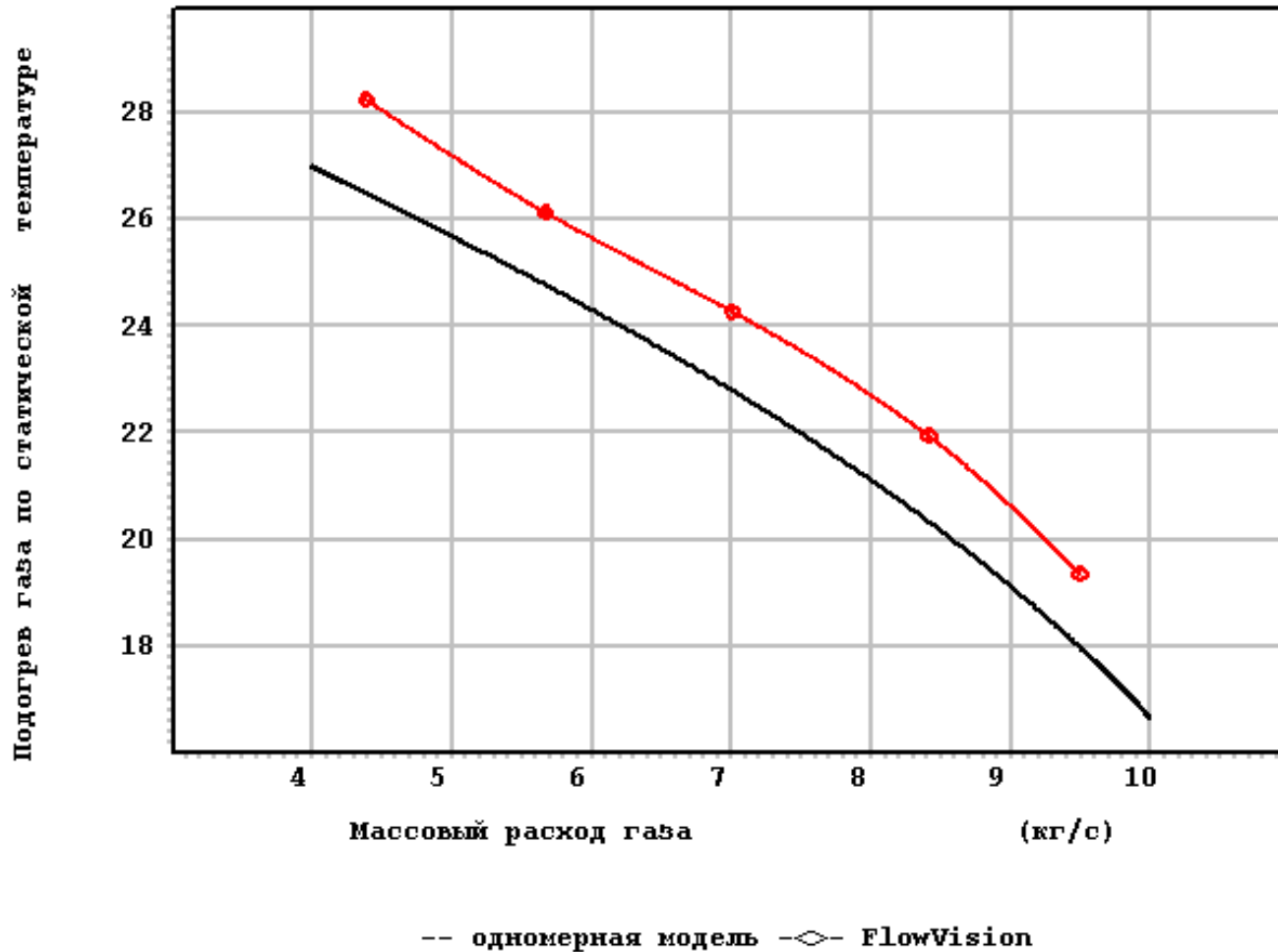
# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

Зависимость абсолютной скорости на выходе от массового расхода



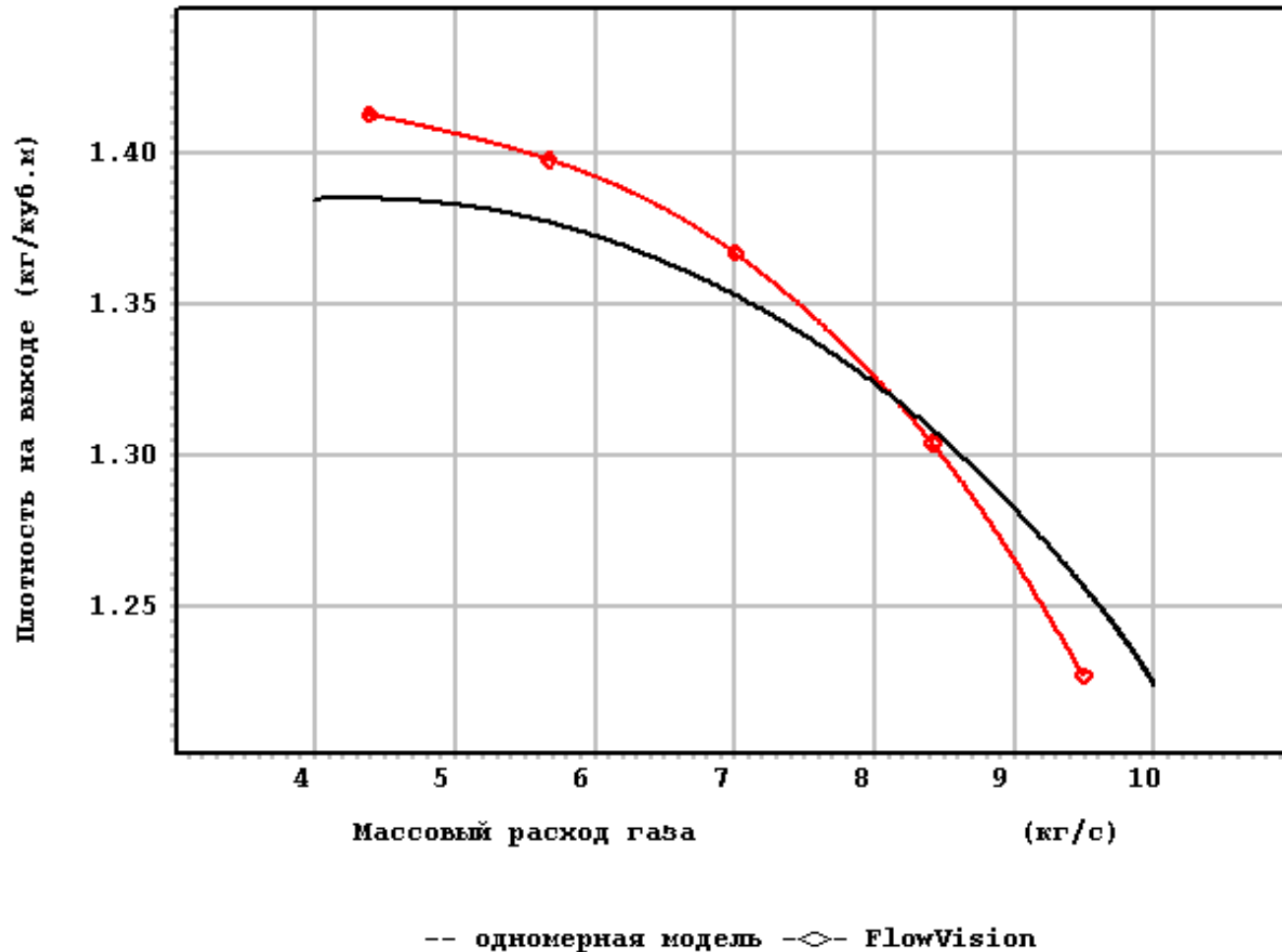
# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

Зависимость подогрева газа от массового расхода



# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

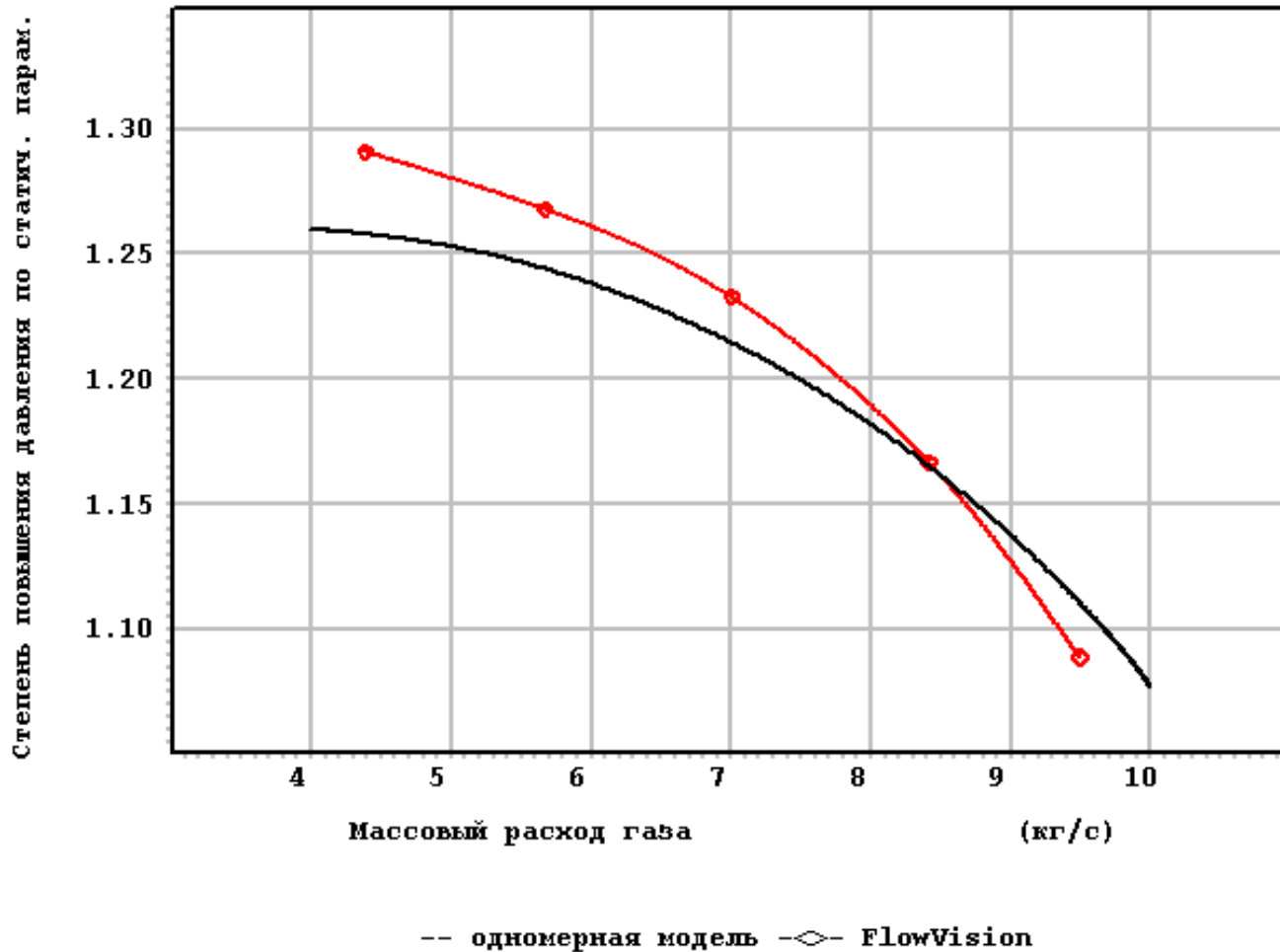
Зависимость плотности на выходе от массового расхода





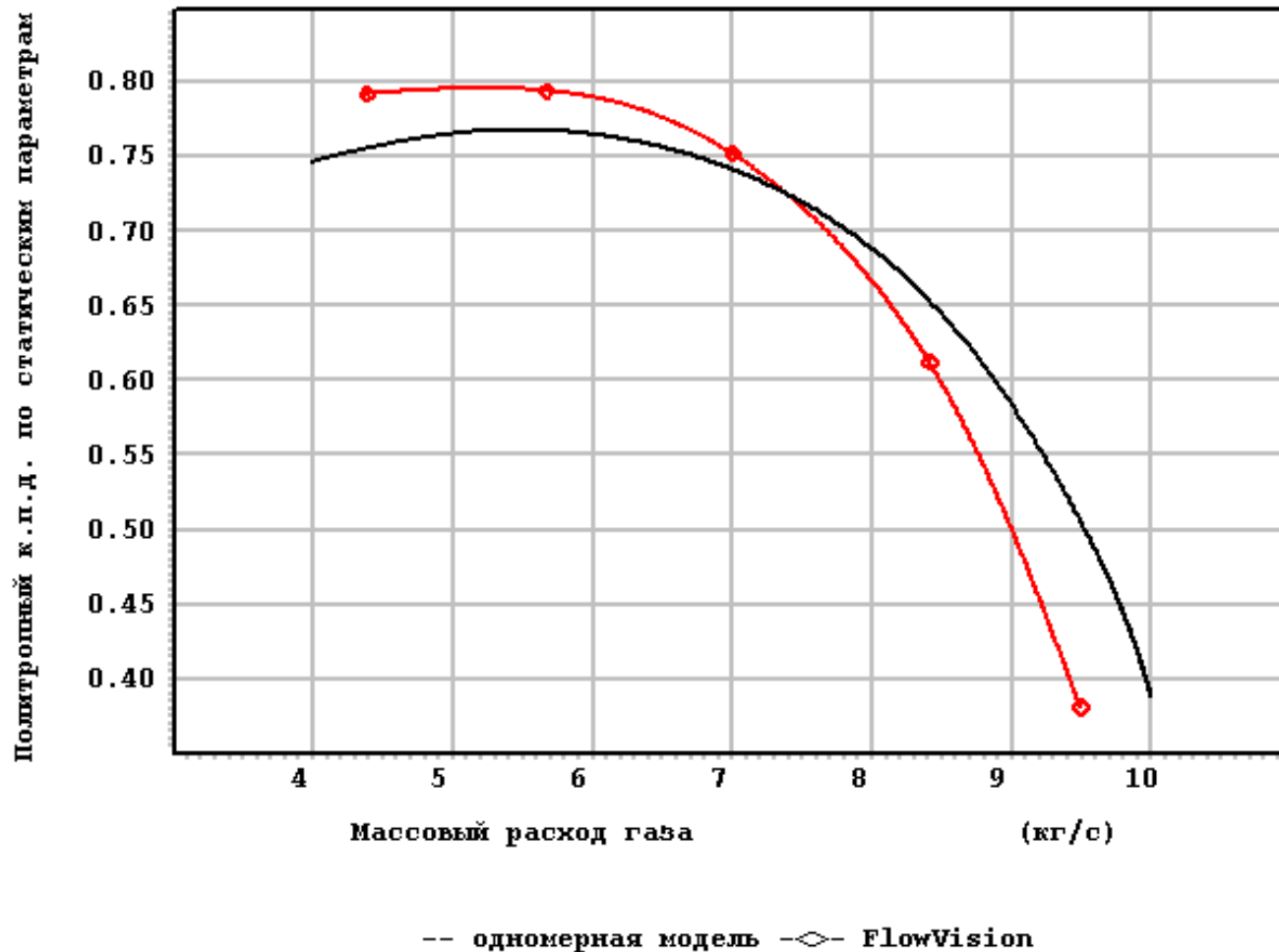
# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

Зависимость степени повышения давления от массового расхода



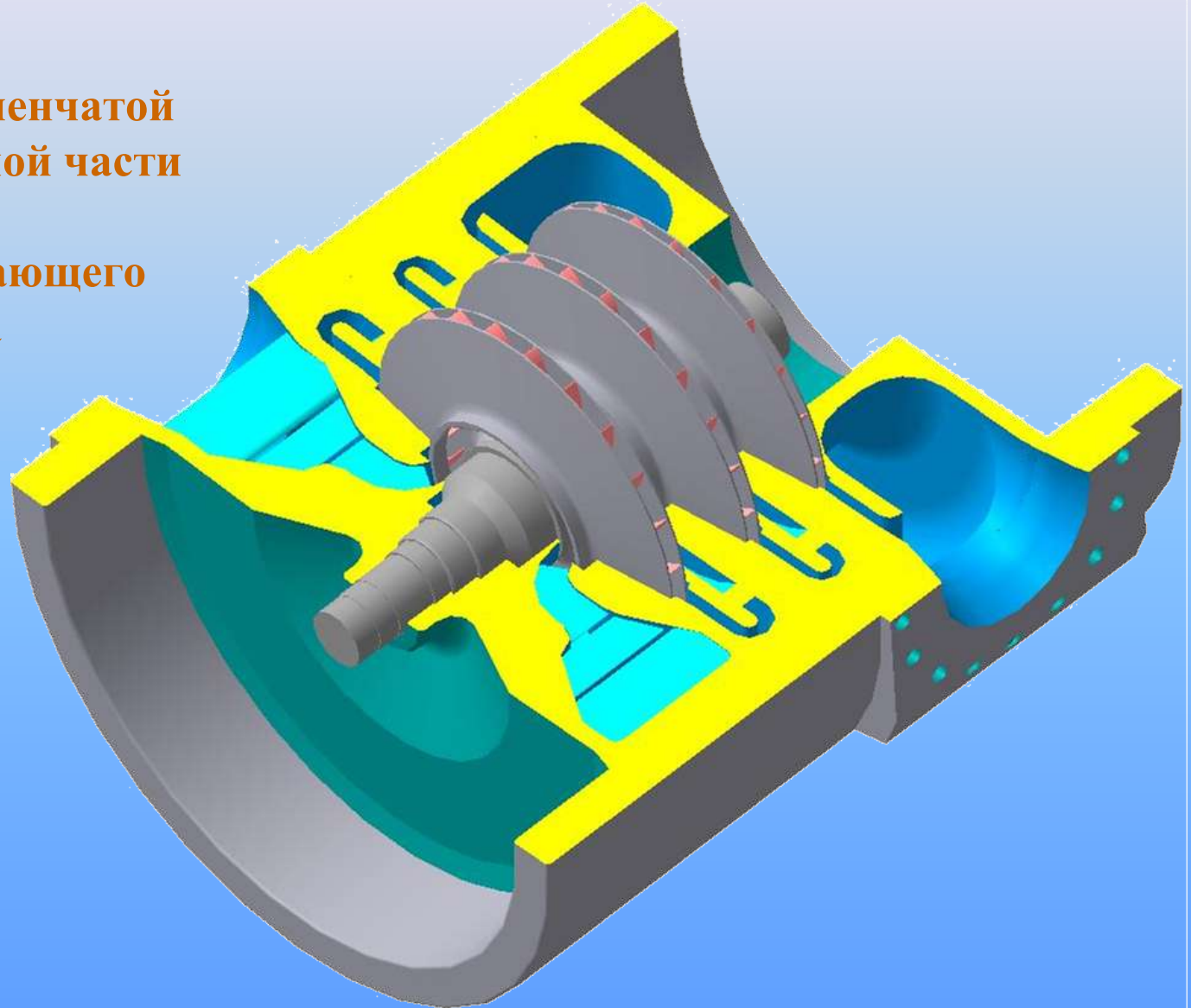
# Моделирование пространственного течения в ступени центробежного компрессора на основе программного комплекса FlowVision

Зависимость политропного к.п.д. от массового расхода



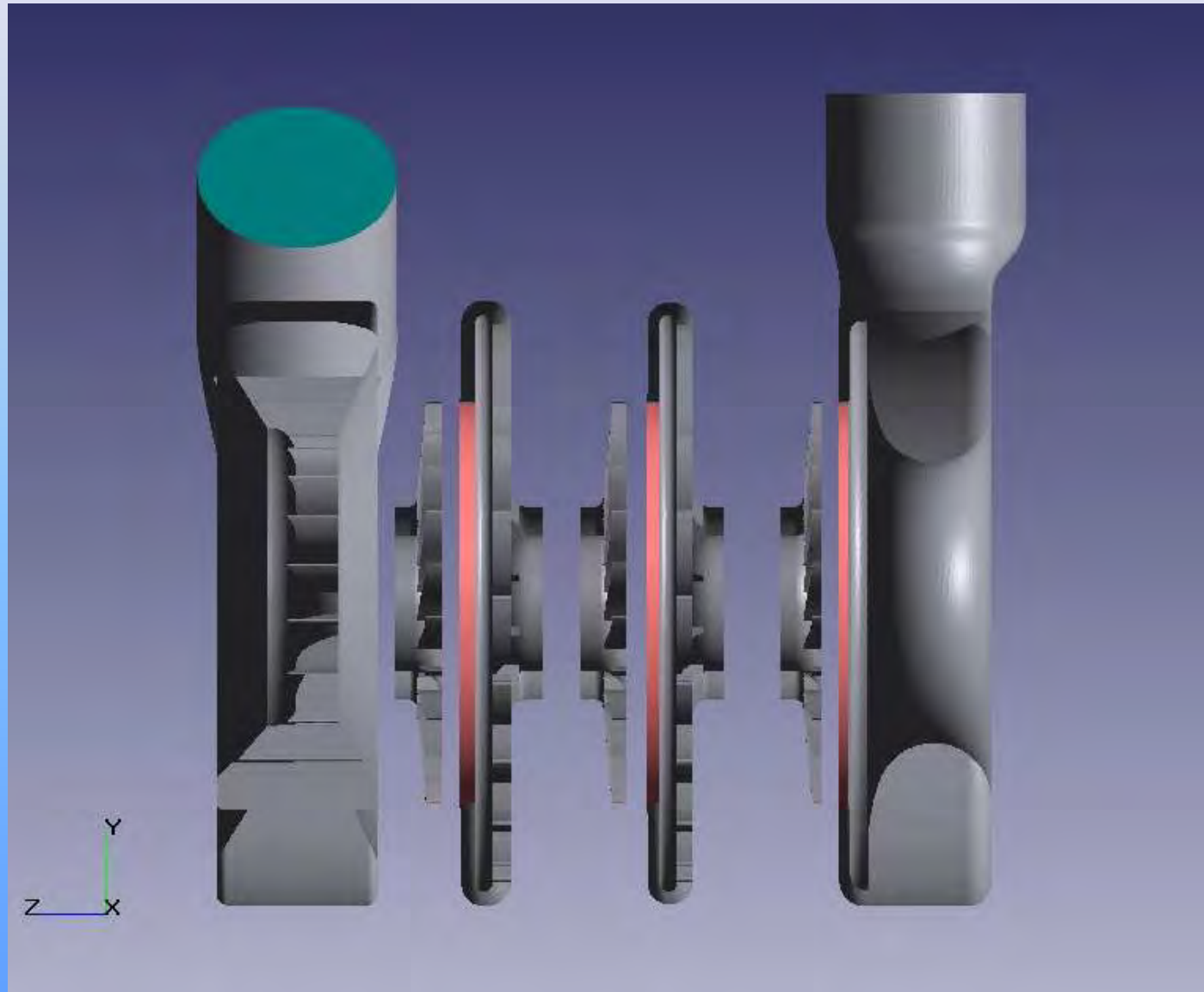
# Моделирование пространственного течения в трехступенчатом центробежном компрессоре

Модель трехступенчатой  
сменной проточной части  
(СПЧ)  
газоперекачивающего  
агрегата



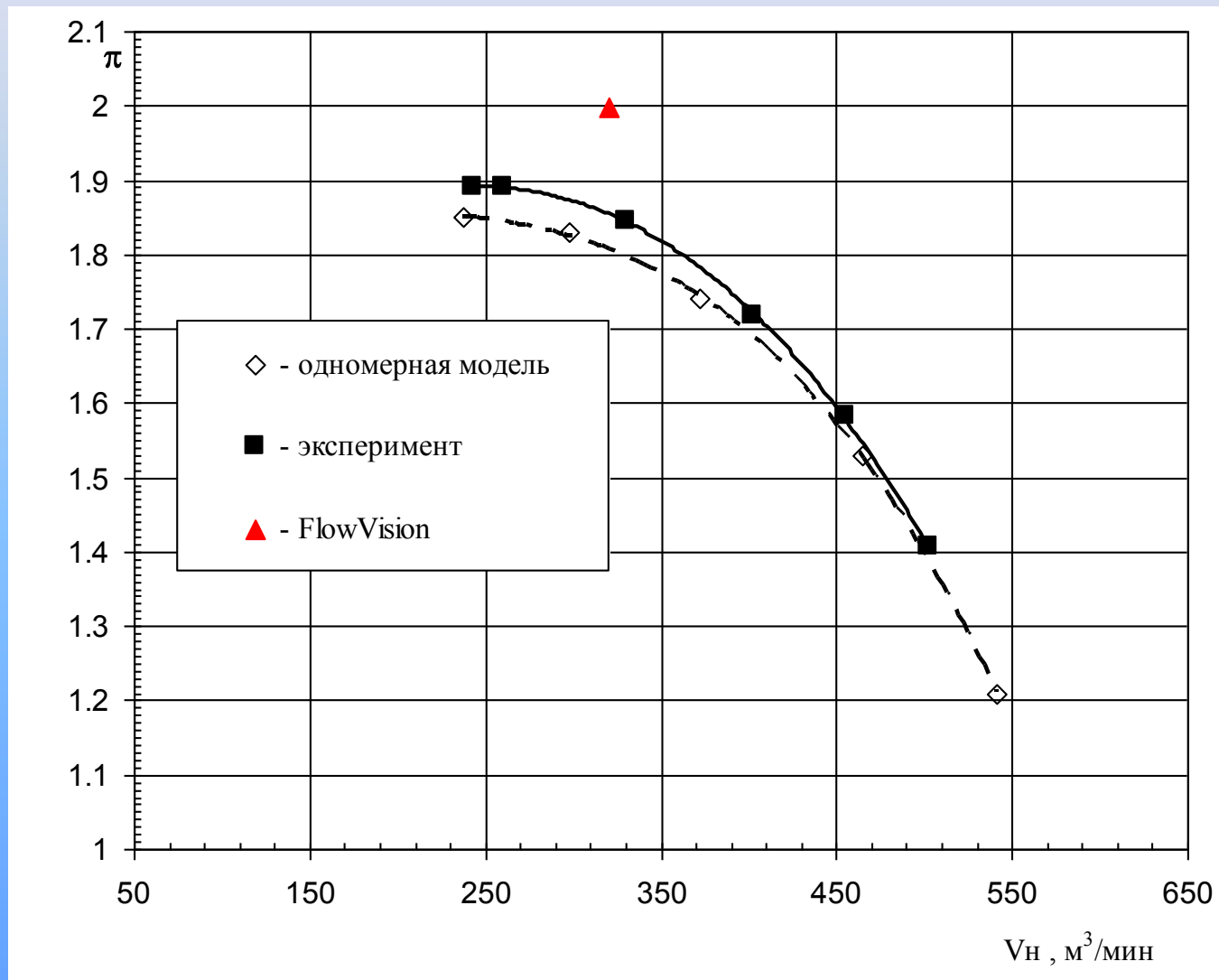
# Моделирование пространственного течения в трехступенчатом центробежном компрессоре

Трехступенчатая  
СПЧ  
в представлении  
FlowVision



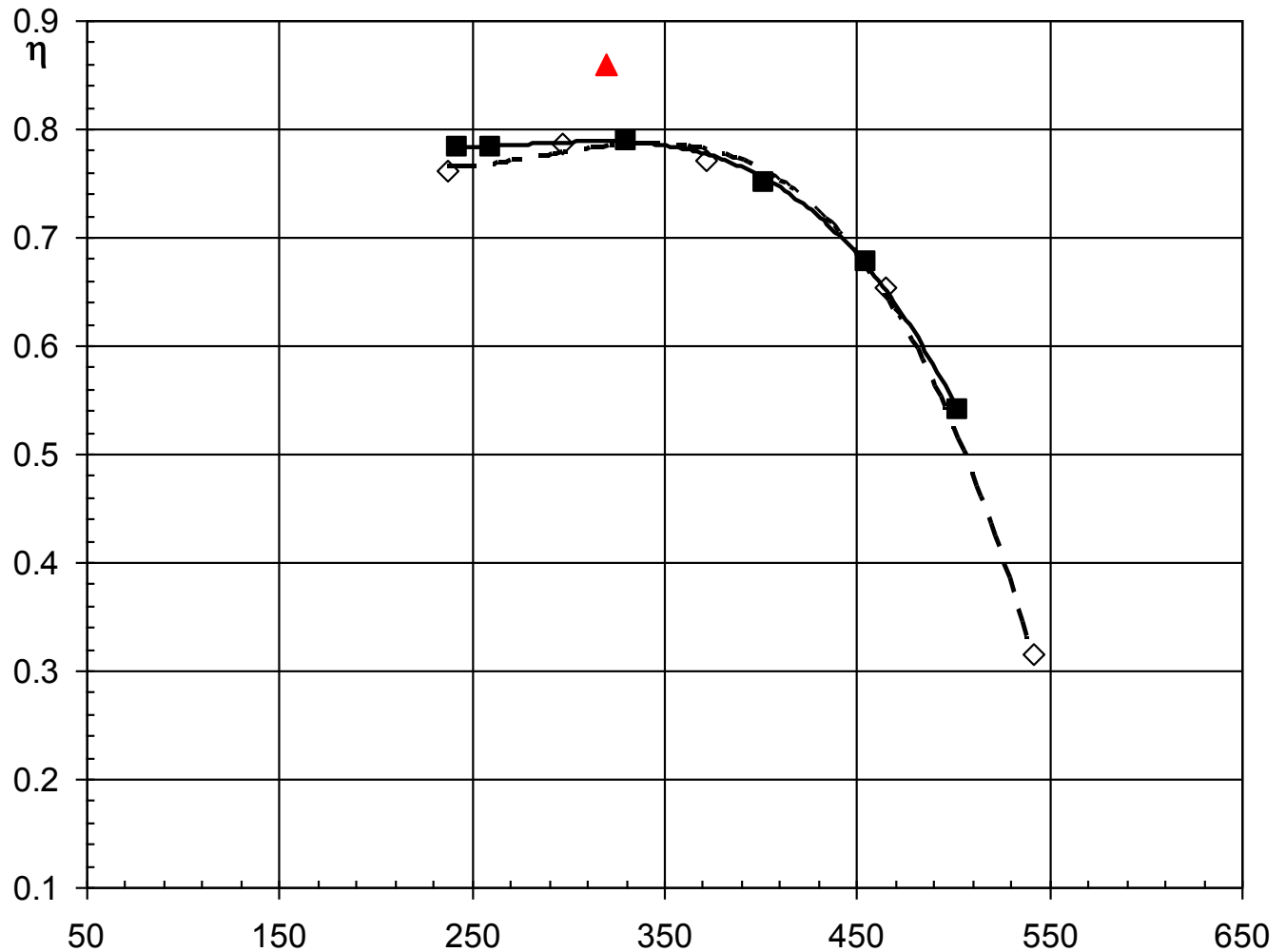
# Моделирование пространственного течения в трехступенчатом центробежном компрессоре

Характеристики  
СПЧ на воздухе,  
при  $t_n=20\text{ C}$  и  
 $n=4000\text{ об/мин}$



# Моделирование пространственного течения в трехступенчатом центробежном компрессоре

Характеристики  
СПЧ на воздухе,  
при  $t_n=20$  С и  
 $n=4000$  об/мин





## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Результаты расчета по **FlowVision** в данной постановке задачи показали вполне удовлетворительное соответствие результатам расчета по одномерной математической модели и экспериментальным данным.
- Использование программного комплекса **FlowVision** представляет практический интерес для исследовательских расчетов вязкого пространственного потока в элементах проточной части центробежного компрессора, а также для доводки ступеней на завершающей стадии проектирования.