

Курсовая работа по физике:

Изучение естественной и
вынужденной конвекции.

Применение последовательного
слабосвязанного анализа в ANSYS.

Выполнена студентами

203 группы:

Петрушенко Иваном,

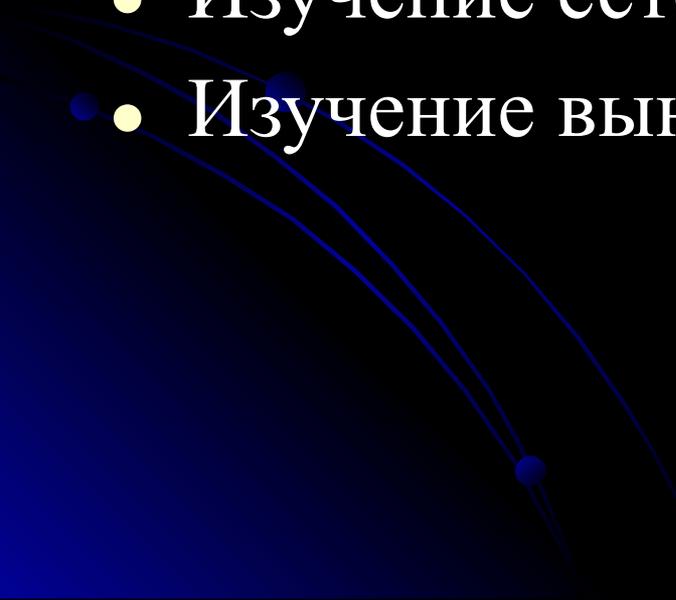
Шевякиной Натальей,

Руководители:

Стишков Ю.К. Елагин

И.А.

Постановка задачи и её цели:

- Изучение последовательного слабосвязанного анализа на примере Гидродинамического и Термоэлектрического анализа.
 - Изучение естественной конвекции.
 - Изучение вынужденной конвекции.
- 

Кратко об алгоритме анализа:

Последовательный слабосвязанный анализ используется в случаях взаимодействия жидкости и твёрдого тела при незначительном влиянии друг на друга.

При решении задачи уравнения для жидкости и твёрдого тела решаются независимо друг от друга.

Этот анализ переносит в жидкости: силы, потоки тепла, смещения твёрдого тела, скорости и температуру через границу раздела жидкости и твёрдого тела, в качестве граничных условий.

Алгоритм совершает циклы между анализами до тех пор, пока не будет достигнута сходимость, определяемая по величинам переносимым через границу (или пока не пройдёт максимальное количество итераций).

Небольшая теоретическая справка:

Во внутреннем цилиндре задана разность потенциалов. По внутреннему цилиндру течет постоянный ток. За время t через каждое сечение проводника проходит заряд:

$$q = I t$$

Это равносильно тому, что заряд $q = I t$ переносится за время t из одного конца проводника в другой. При этом силы электростатического поля и сторонние силы, действующие на данном участке, совершают работу:

$$A = U I t$$

В случае, когда проводник неподвижен и химических превращений в нём не совершается, работа тока затрачивается на увеличение внутренней энергии проводника, в результате чего проводник нагревается. При протекании тока в проводнике выделяется тепло:

$$Q = U I t = I^2 R t = (U^2/R) t$$

Это соотношение было установлено Джоулем и, независимо от него, Ленцем и носит название закона Джоуля-Ленца (интегральная форма).

От формулы, определяющей тепло, выделившееся во всём проводнике, можно перейти к выражению, характеризующему выделение тепла в различных местах проводника. Удельной мощностью тока w называется количество тепла, выделившееся в единице объёма проводника за единицу времени:

$$w = \frac{d^2 Q}{dV dt}$$

Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме - удельная мощность тока равна скалярному произведению векторов плотности тока и напряженности электрического поля:

$$w = j \cdot E = \sigma \cdot E^2 = \frac{1}{\rho} E^2$$

где s - удельная проводимость;

r - удельное сопротивление среды.

Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме носит совершенно общий характер, т. е. не зависит от природы сил, возбуждающих электрический ток.

Закон Джоуля-Ленца, как показывает опыт, справедлив и для электролитов и для полупроводников.

Основные шаги применяемые при решении:

Создание твёрдотельной и жидкостной моделей, с наложенными нагрузками и выбором опций решателя.

Обозначение границы взаимодействия жидкости и твёрдого тела, производимой на обеих моделях; с использованием одной из команд SF, SFA, SFE, SFL (сразу на узлы, на поверхности, на элементы на линии).

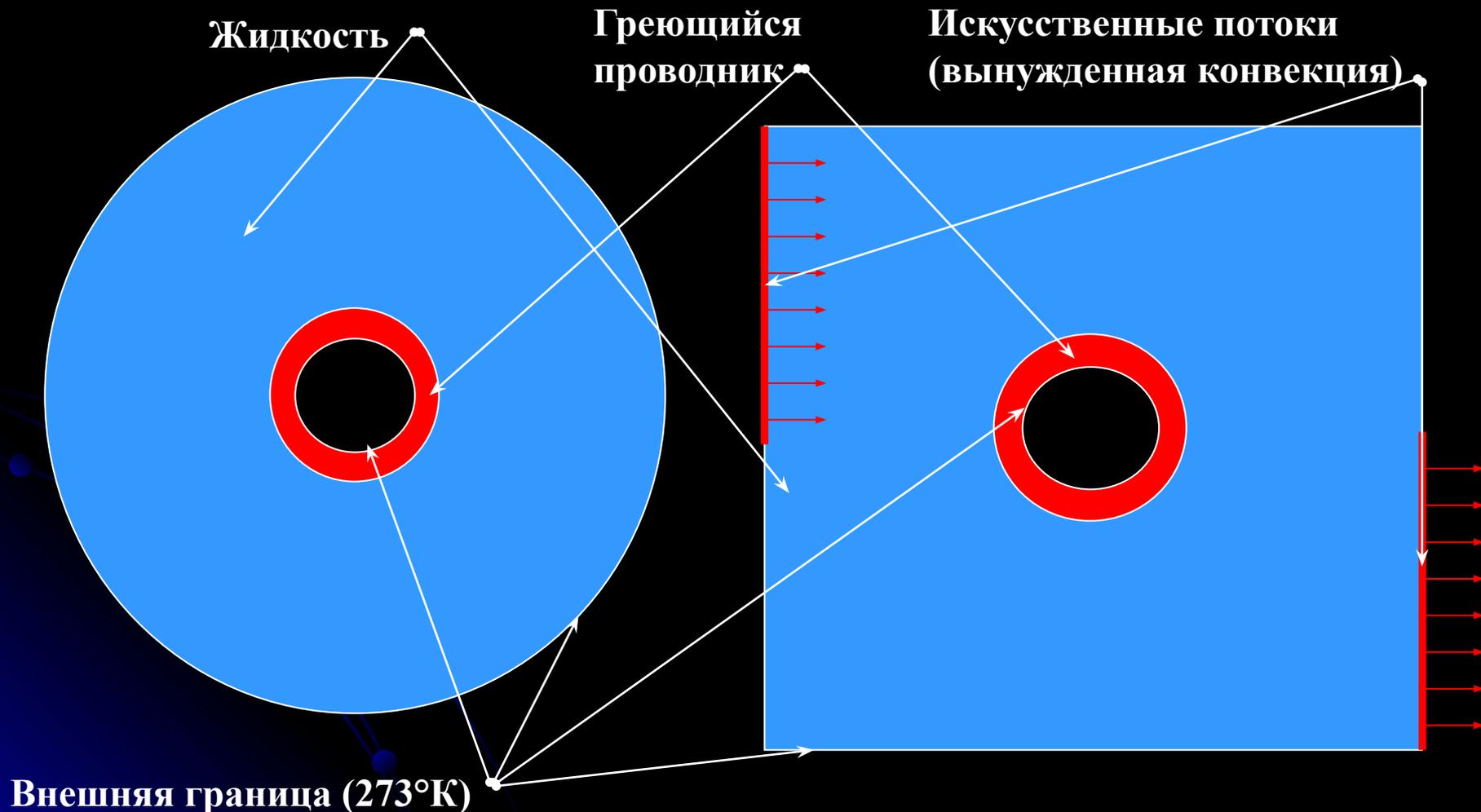
Задание опций решателя слабо связанного анализа.

Запуск решения.

- Анализ результатов, проводится при загрузке баз результатов отдельно для жидкости и отдельно для твёрдого тела, необходимо загружать результаты с помощью команды FILE.

Использованные модели:

Гидродинамическая модель разбивалась на элементы FLUID141, а термоэлектрическая на элементы PLANE67.



Основные свойства моделей:

Заданы следующие свойства материала для твердого тела:

удельное сопротивление 10000 Омм ;

коэффициент удельной теплопроводности равен единице;

температура на внутренней границе 273 К .

Для жидкости заданы следующие свойства:

коэффициент вязкости $0,017 \text{ м}^2/\text{с}$;

удельная теплоемкость $2000 \text{ Дж}/(\text{кг К})$;

коэффициент удельной теплопроводности $1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

температура на внешней границе 273 К .

Настройки слабосвязанного анализа:

Включение/выключение слабо связанного анализа: FSAN,ON

Выбор порядка решения разных решателей анализа: FSOR,SOLID

Выбор типа твердотельного анализа (статический/переходной):
FSTR,SOLID,stat

Выбор типа жидкостного анализа (статический/переходной): FSTR,FLUID,stat

Выбор типа интерполяции при переносе нагрузок через границу раздела
(консервативная/неконсервативная) FSIN,CONS

Задание шага по времени в твердотельном анализе DELTIM,0.0125

Задание шага по времени в жидкостном анализе: FLDA, TIME, STEP, 0.0125

Временной интервал решения слабо связанного анализа: FSTI, 1.0

Задание шага по времени в слабо связанном анализе: FSOT,0.0125

Задание количества итераций проводимых за временной шаг: FSIT, 100

Задание критерия сходимости для всех величин: FSCO,ALL,1.0e-2

Задание частоты записи в файл результатов: FSOU,1

Задание величины релаксация для всех величин: FSRE,ALL,1.0

Программная постановка задачи:

Для решения поставленных задач были использованы две программы для изучения естественной и вынужденной конвекции соответственно, на примере которых и можно разобрать применение вышеупомянутых команд настроек слабосвязанного анализа к применению к конкретным задачам и их решению в ANSYS. Так же хочется обратить внимание на то что данная возможность появилась только в ANSYS 7.0, до этого подобные задачи могли решаться только вручную переносом результатов одного анализа в качестве нагрузок в другой, а потом наоборот и так далее, что требовало большого труда для программирования каждого процесса переноса, результатов, самостоятельного подбора первоначальных нагрузок, а так же отсутствовал контроль за сходимостью процесса, что делало моделирование подобных задач крайне сложным делом, недоступным для использования пользователя ANSYS нашего уровня знаний.

[Показать программу для естественной конвекции>>](#)

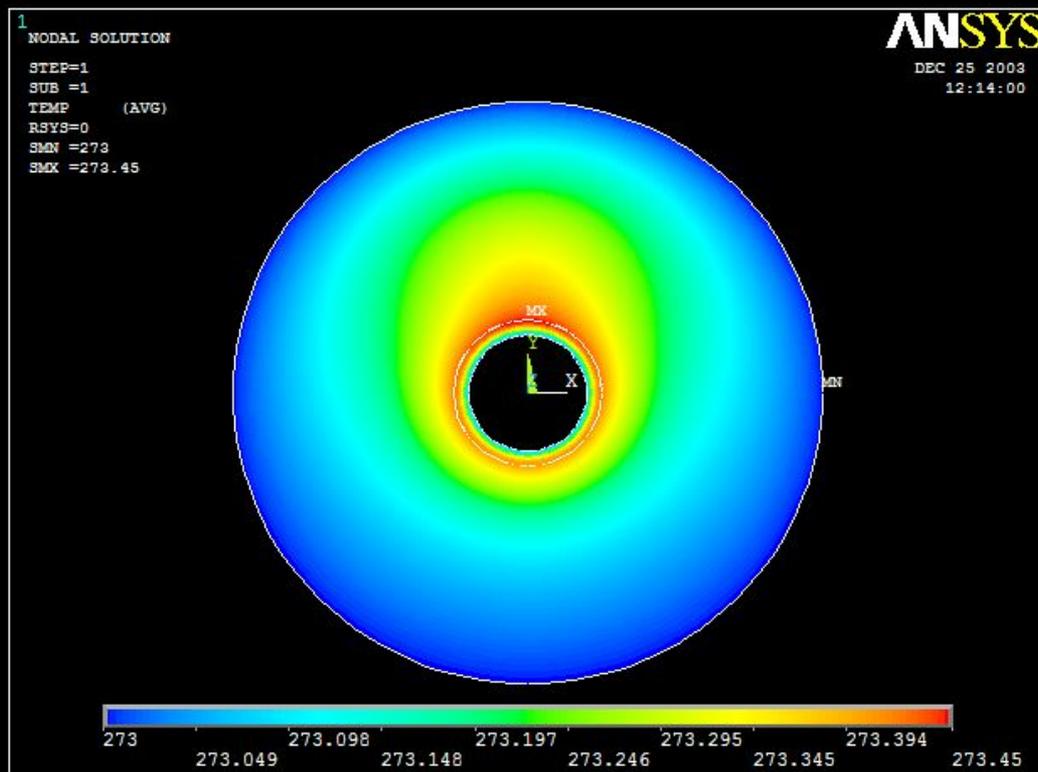
[Показать программу для вынужденной конвекции>>](#)

Исследование естественной конвекции:

При исследовании естественной конвекции делаются следующие физические выводы:

1. Естественный конвективный теплообмен происходит не равномерно по всей поверхности, т.к. образующиеся потоки жидкости имеют различную скорость в разных точках и неравномерно отбирают тепло у греющегося проводника.
2. Изменяя форму греющегося проводника, можно регулировать его естественное охлаждение окружающей средой таким образом обеспечивая уменьшение, а в идеале и отсутствие точек излишнего перегрева ведущих к несвоевременному выходу из строя электроприбора.

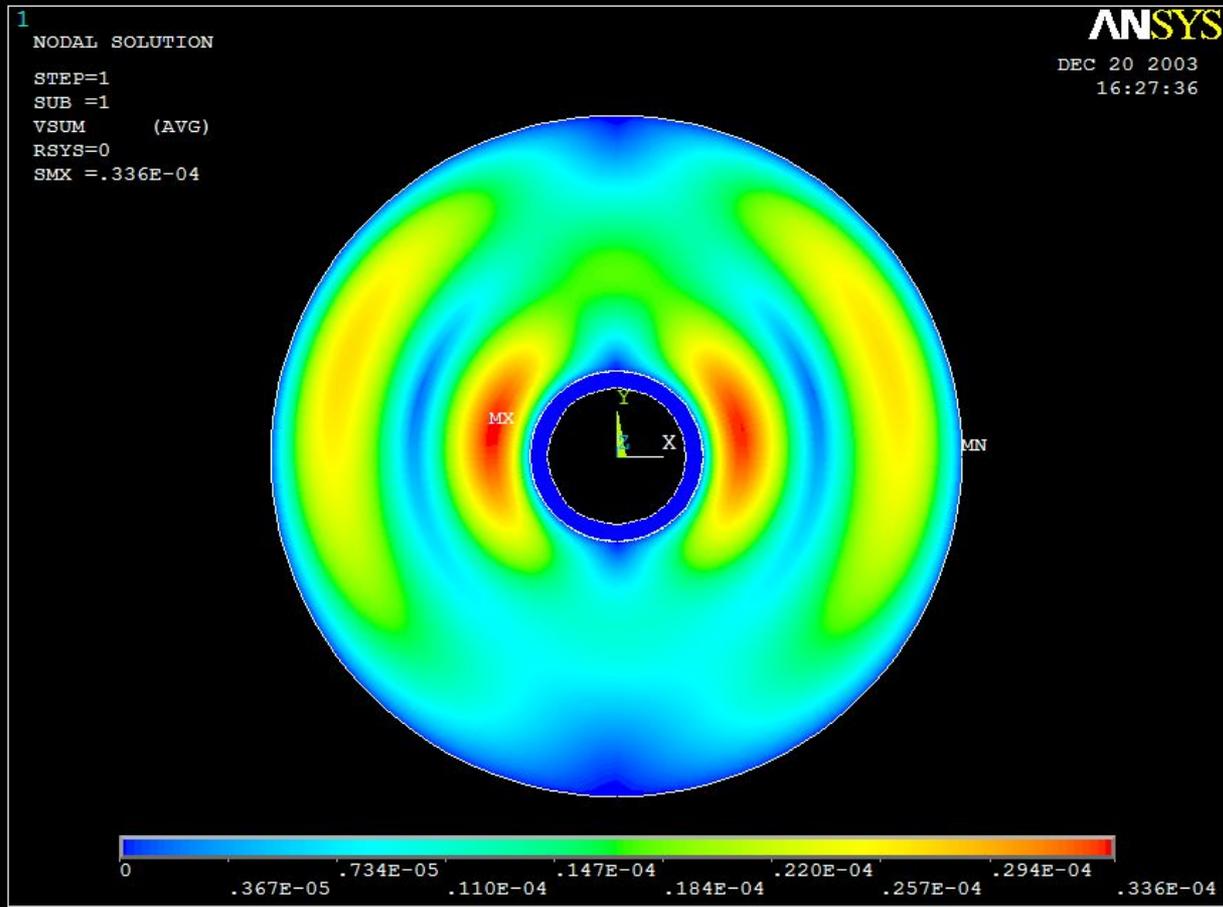
Контурный график распределения температуры



Контурный график распределения давления



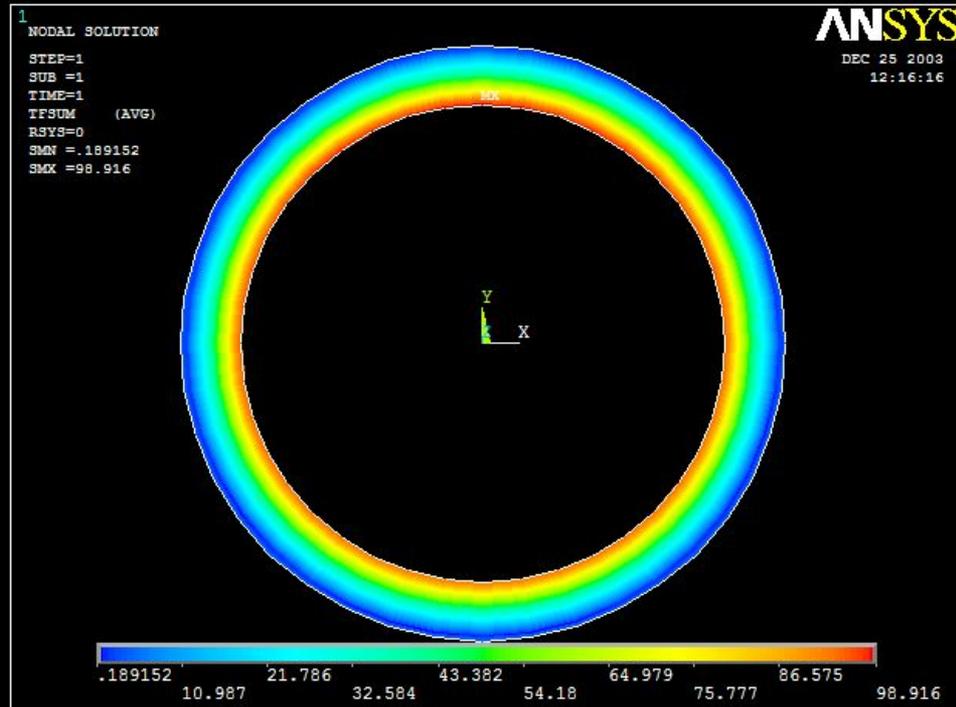
Контурный график распределения скоростей



Джоулев нагрев



Теплопоток через твёрдое тело



Градиент температуры в твердом теле

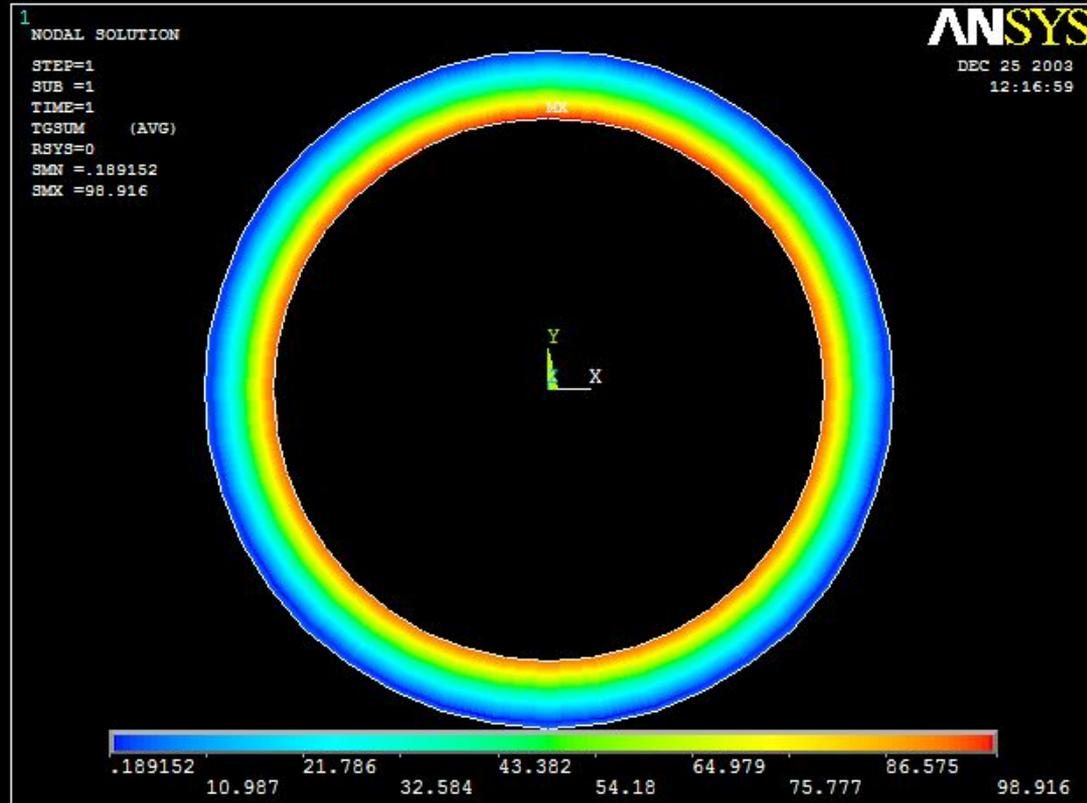
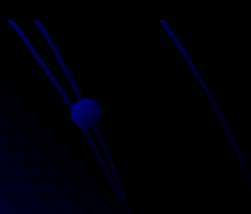
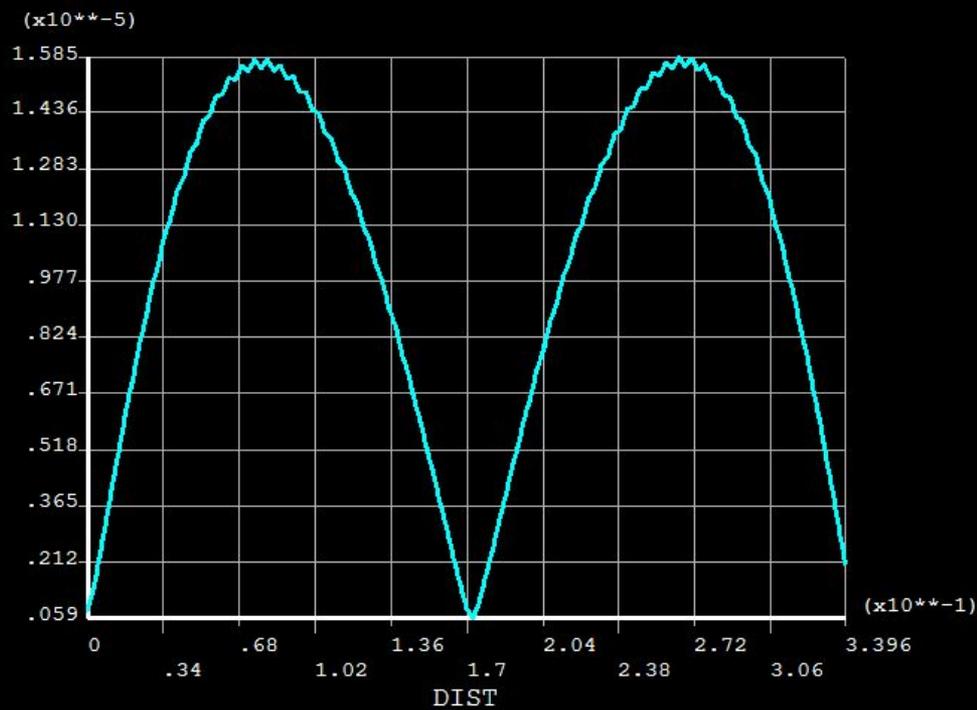
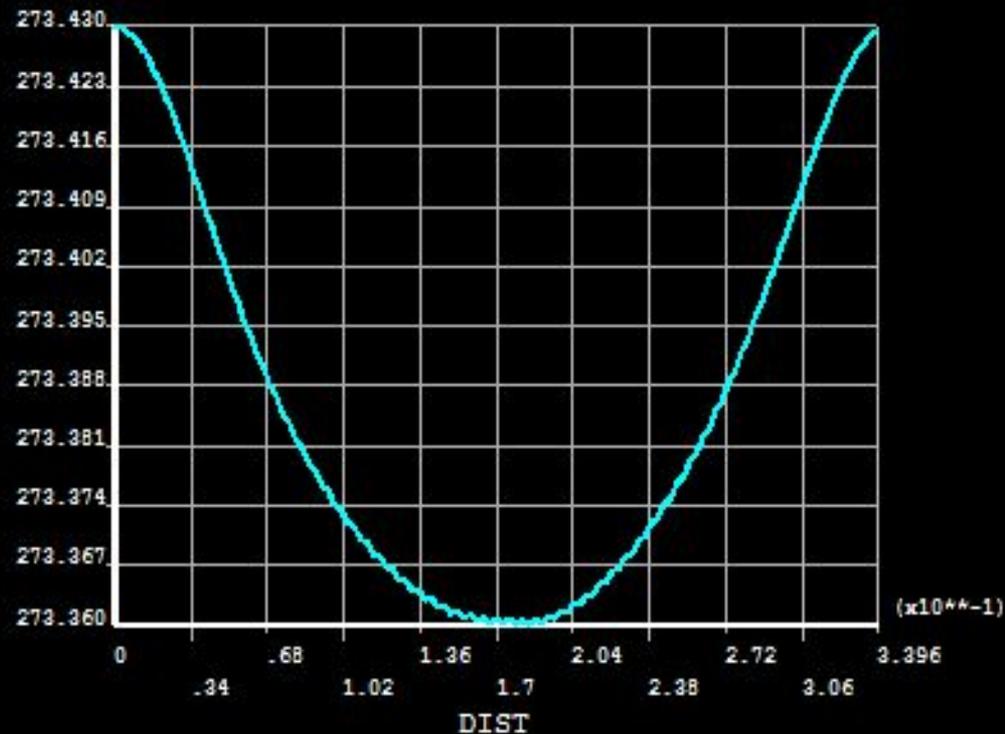
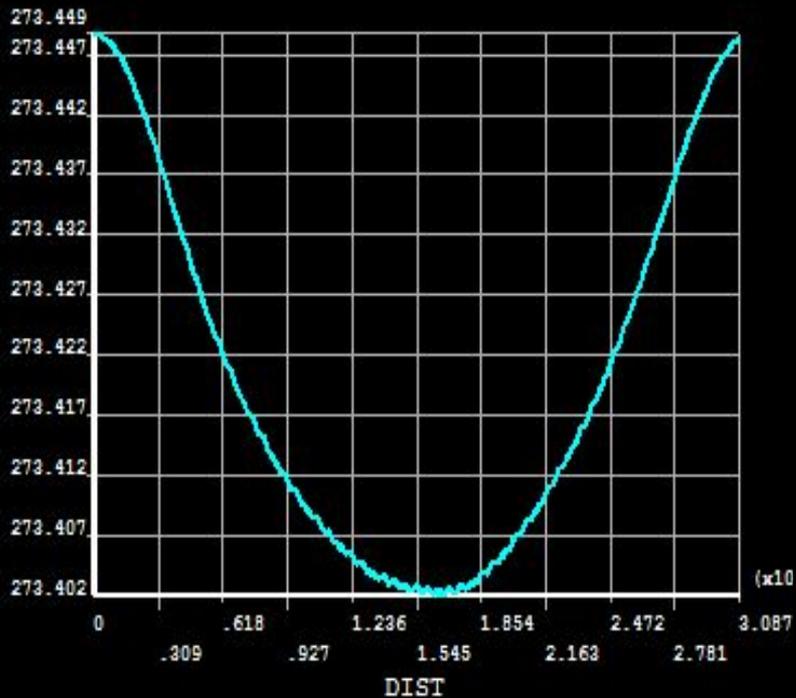


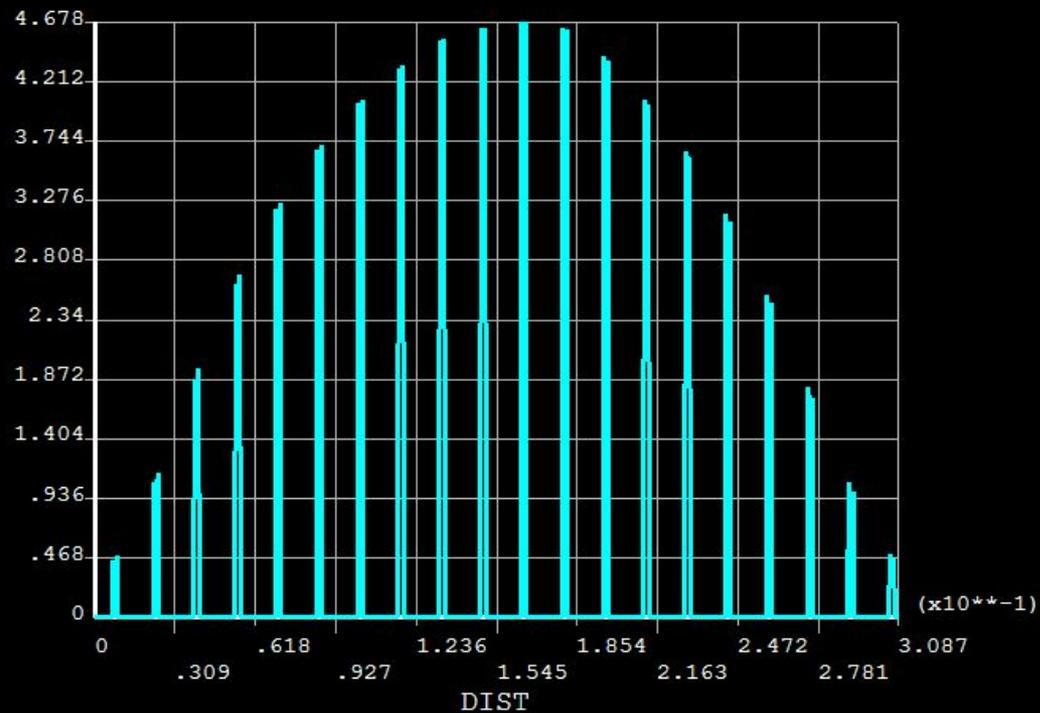
График скорости жидкости обтекающей тело, на расстоянии одного узла от границы.



На этих графиках представлено распределение температуры :
1).вдоль границы раздела
2).вдоль пути, смещенного в жидкость на один узел

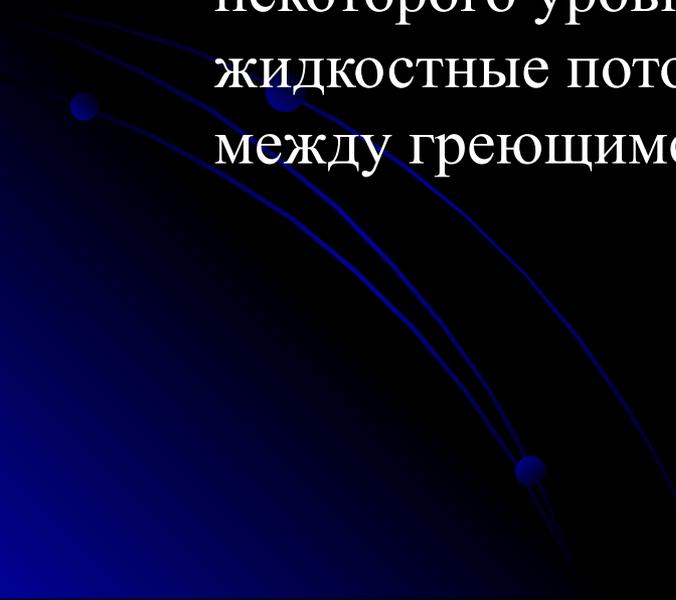


Поток тепла отдаваемого телом через границу с жидкостью.
(смотреть по огибающей)



Исследование вынужденной конвекции:

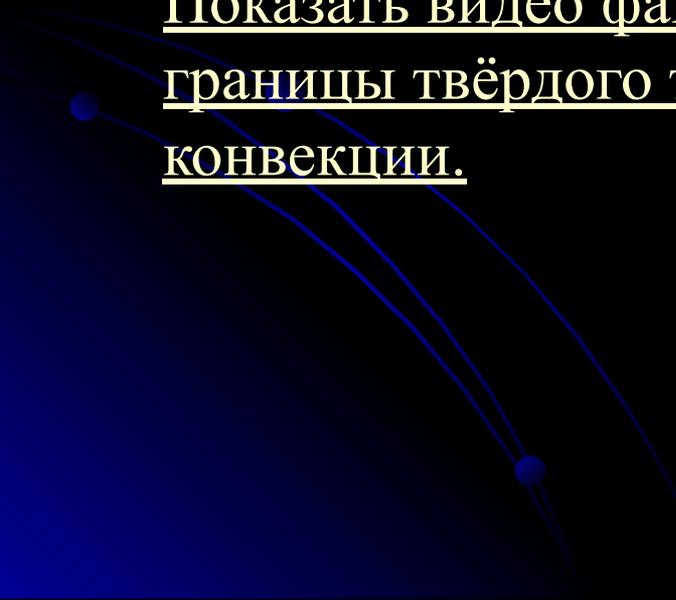
При исследовании вынужденной конвекции делаются следующие физические выводы:

1. При недостаточности естественной конвекции можно повысить степень охлаждения прибора добавив также вынужденную конвекцию.
 2. Вынужденная конвекция постепенно изменяет жидкостные и соответственно тепловые потоки, и после некоторого уровня полностью заглушает естественные жидкостные потоки, самостоятельно создавая теплообмен между греющимся прибором и окружающей его средой.
- 

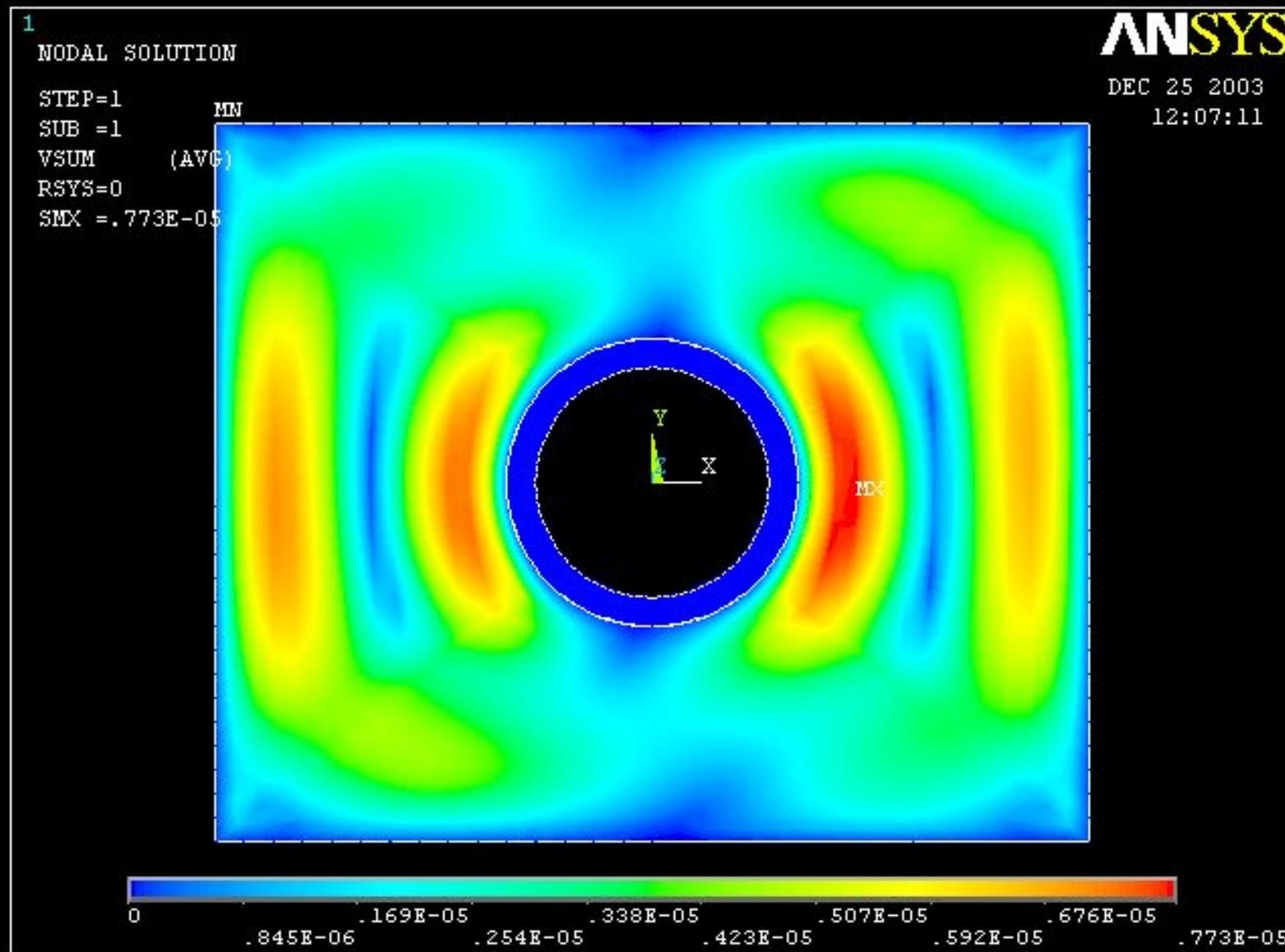
Результаты полученные для вынужденной конвекции:

Показать видео файл с изменением векторного поля скоростей при увеличении конвекции.

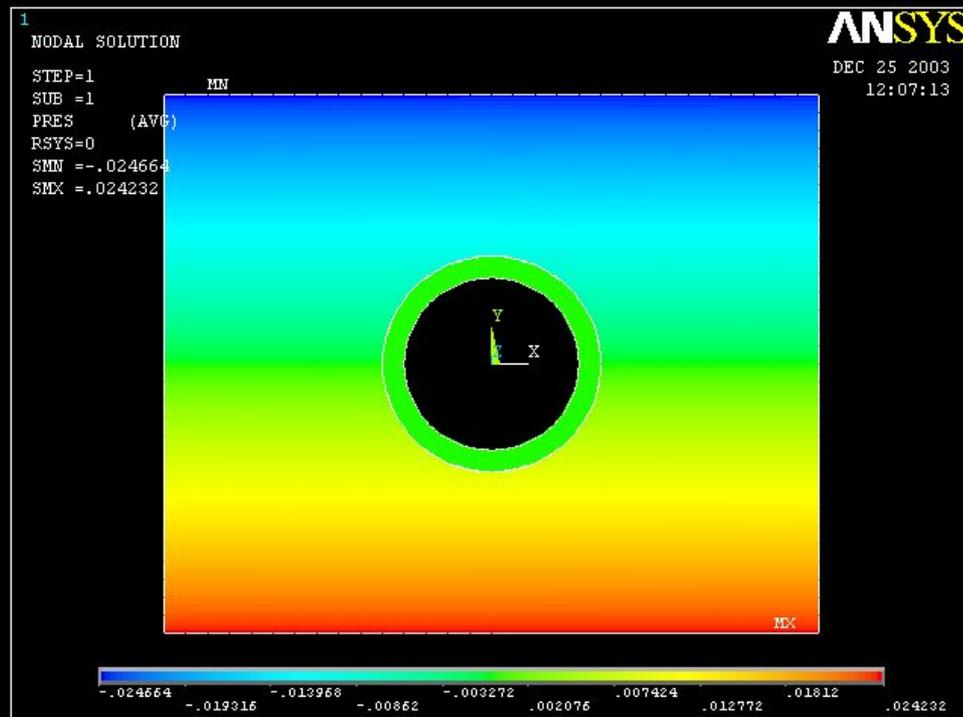
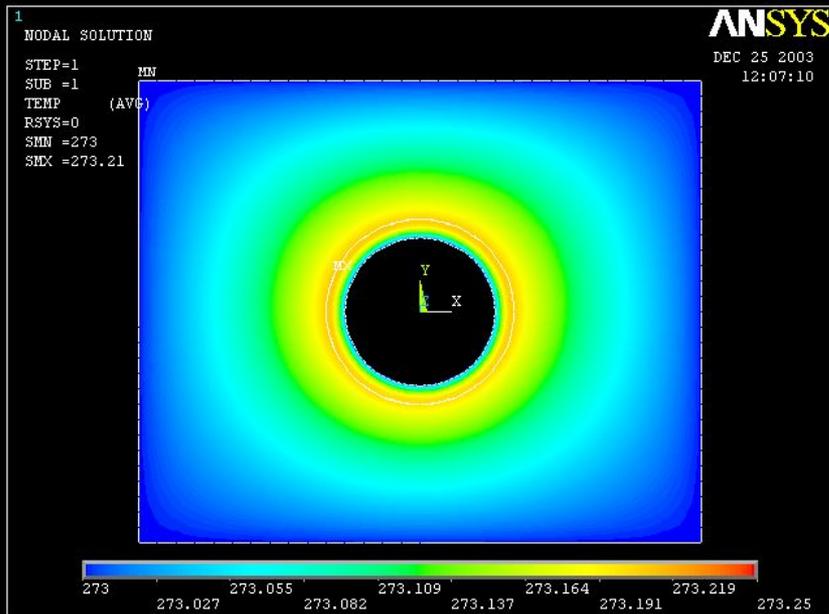
Показать видео файл с изменением температуры границы твёрдого тела и жидкости при увеличении конвекции.



Контурный график модуля скорости



Контурный график распределения температуры



Контурный график давления

Итоговые выводы сделанные в работе:

- При естественной конвекции идёт не равномерное охлаждение тел, даже простой формы и полной симметрии .
- Изменяя форму тела можно добиться большей равномерности теплоотдачи и избежать появления точек излишнего перегрева.
- Для улучшения конвективного теплообмена и его корректировки возможно применение вынужденной конвекции.