

Волков И.А., Долгирев Ю.Е.

РЕШЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ANSYS  
THERMOPHYSICAL PROBLEM SOLVING WITH THE HELP OF ANSYS  
PACKAGE

*dolgirev1@dpt.ustu.ru*

*ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет –  
УПИ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
г. Екатеринбург*

*С помощью пакета ANSYS поставлена и решена теплофизическая задача для элемента преобразователя тепловой энергии в механическую.*

*Thermophysical problem has been set and solved with the help of ANSYS package for the element of in a transformer of thermal energy into mechanical.*

При подготовке магистров на кафедре молекулярной физики УГТУ-УПИ предусмотрено изучение и освоение пакета ANSYS для решения газогидродинамических и теплофизических задач, входящих в сферу научно-исследовательских направлений кафедры.

ANSYS – это универсальная программная система, способная решить очень широкий спектр физических задач и основанная на методе конечных элементов. Этот проект существует и интенсивно развивается на протяжении последних лет. На сегодняшний день с помощью ANSYS можно решить большинство линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого тела, газогидродинамические, теплофизические, электродинамические задачи, а также задачи акустики. Также ANSYS позволяет решать совместные задачи. Так, например, решение одной задачи может служить начальными условиями для другой. В данной работе рассмотрена постановка и решение теплофизической задачи для преобразователя тепловой энергии в механическую.

Основой теплового анализа в ANSYS является уравнение теплового баланса, полученное в соответствии с принципом сохранения энергии. При помощи ANSYS задачи решаются методом конечных элементов, получая в результате поле температуры. Затем ANSYS использует температурное поле для определения других тепловых параметров.

В дополнение к трем основным методам теплообмена в ANSYS можно учитывать специальные эффекты, такие, как смена фазового состояния и внутреннее тепловыделение.

Алгоритмы проведения стационарного и нестационарного теплового анализа очень схожи. Для проведения стационарного теплового анализа нужно выполнить три основных шага: 1) построить модель; 2) задать граничные условия и получить решение; 3) вывести результаты.

Для создания модели необходимо задать геометрию модели, указать все физические свойства материалов, типы элементов, вещественные константы. Эта последовательность общая для большинства задач. Далее опре-

## Секция 2

деляется тип анализа, опции решения, граничные условия, опции шага нагружения и запускается конечно элементное решение.

Под шагом нагружения понимается конфигурация нагрузок, действующих в течение заданного временного интервала, для которых мы получаем решение. Нагрузки включают в себя граничные условия, внешние и внутренние силовые функции. В тепловом анализе нагрузки – это задаваемые температуры, тепловые потоки, конвекция, энерговыделение и т.д. Время является основным параметром как стационарного, так и нестационарного анализа. В стационарном анализе, чтобы получить решение, мы должны задать время шага нагружения. Здесь оно выступает в качестве параметра слежения при решении задачи. Для более точного решения внутри шага нагружения можно задать определённое количество шагов приращения.

На кафедре молекулярной физики были разработаны антигравитационные тепловые трубы, широко использующиеся сегодня в мире, и преобразователи тепловой энергии в механическую. В обоих этих устройствах происходит сложный теплообмен с фазовыми переходами.

Принципиальная схема простейшего преобразователя показана на рис.1.

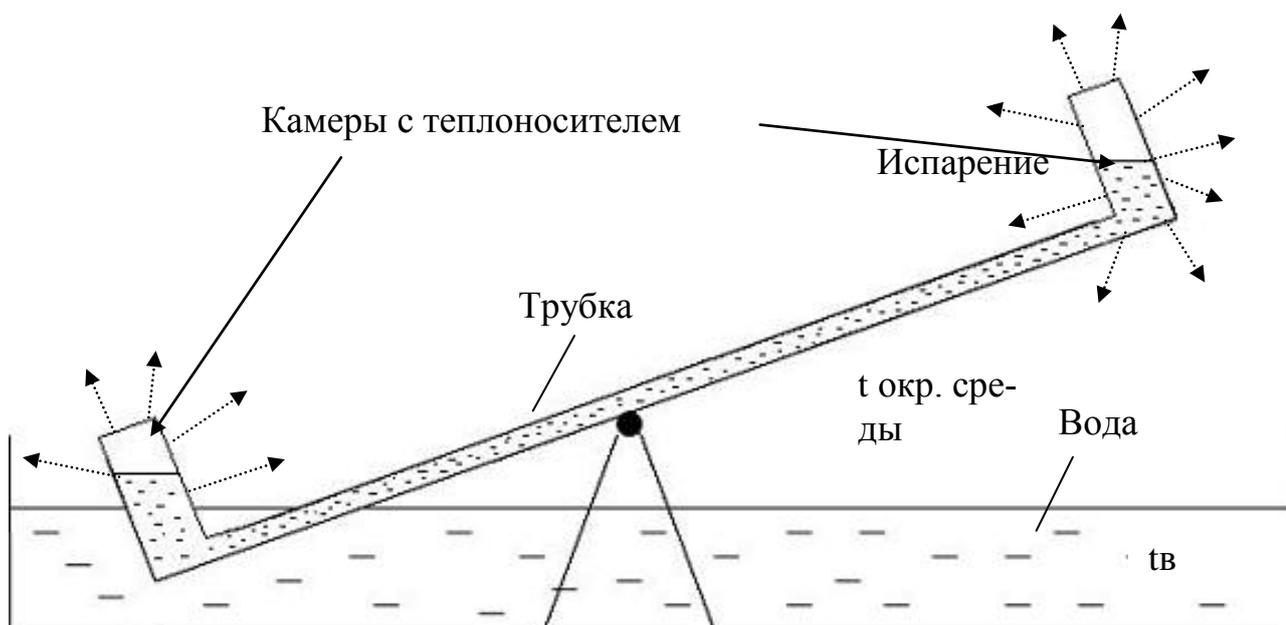


Рис. 1. Принципиальная схема преобразователя

Преобразователь представляет собой замкнутый объем, состоящий из 2-х одинаковых камер, соединенных между собой трубкой, после вакуумирования заполненных на 0,75 общего объема жидкостью, в частности ацетоном.

Ацетон выбран, т.к. крутизна линии насыщения его при комнатных температурах достаточна, чтобы создавать перепады давления для преодоления небольших гидростатических давлений. Работа преобразователя зависит от температуры воды в ванне –  $t_{\text{в}}$ , температуры окружающего воздуха –  $t_{\text{окр}}$  и его влажности.

Многолетний опыт показывает, что преобразователь работает без нагрева воды в ванне, т.е. только за счет охлаждения в процессе испарения с поверхности выступающей над водой камеры.

Процесс испарения полностью зависит от температуры окружающей среды, её влажности, а также конвективных потоков. Моделируя работу преобразователя не учитываются принудительно-конвективные потоки, а только естественно-конвективные. Разность температур, возникающая между окружающей средой и более холодной камерой, определяется так называемой температурой мокрого термометра. Обе камеры имеют температуры ниже окружающей среды, но та, которая в данный момент находится вверху имеет более низкую температуру за счет испарения воды со всей поверхности. Этой небольшой разности температур хватает, чтобы понизить температуру, а соответственно и давление насыщенного пара ацетона в верхней камере до такого значения, что разность давлений пара между правой и левой камерами позволяет вытолкнуть жидкость из левой камеры в правую. Как только масса ацетона справа превысит массу ацетона в левой части, правая камера сразу опускается в воду и начинается процесс ее нагрева и охлаждения левой. Таким образом камеры будут постоянно менять свое положение, т.е. качаться.

Период качания зависит от следующих факторов:

- Температуры воды и воздуха;
- Влажности среды;
- Длины трубки, соединяющей камеры;
- Высоты расположения оси над поверхностью воды;
- Состояния наружных поверхностей камер;
- Объема камер и их заполнения;
- Крутизны линии насыщения теплоносителя, заполняющего преобразователь.

В данной работе определяется период качания преобразователя. Для этого надо совместно решить внутреннюю и внешнюю задачу. Внутреннюю задачу можно значительно упростить определяя только перепад температур и, соответственно, перепад давления по линии насыщения, необходимый для преодоления гидростатического давления столба жидкости в преобразователе. Связь между внутренней и внешней задачей осуществляется через металлическую стенку камеры. Можно также выделить отдельный элемент преобразователя – отдельную камеру. Внешняя задача наиболее сложная. Испарение воды с наружной поверхности камеры, более холодной, чем окружающий воздух, определяется разностью температур между ними, которая, в свою очередь, зависит от влажности. Если зафиксировать влажность, то при данной температуре среды, можно определить температуру мокрого термометра, т.е. наружную температуру верхней камеры, соответственно, поток тепла, идущий от окружающей среды на испарение воды.

Тогда задача для элемента преобразователя – камеры – может быть сформулирована: 1) геометрическая модель – элемент преобразователя, обычно цилиндрической формы, заполненный теплоносителем в жидкой фа-

зе; 2) граничные условия – на наружной поверхности камеры условия второго рода, т.е. тепловой поток, связанный с интенсивностью испарения; на внутренней поверхности камеры граничные условия четвертого рода. Из условия снижения общей температуры камеры на необходимую разность температур определяется необходимое для этого время и, соответственно, период качания. Предварительные расчеты показали соответствие экспериментальных модельных данных.

**Голубина В.В., Соломаха Э.**

**Golubina V.V., Solomakha E.**

**ЭОР ГЛАЗАМИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ И СТУДЕНТА**

**EER – AS IT IS SIING BY TEACHER AND STUDENTS**

*eifeu@mail.ru*

*ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет –*

*УПИ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»*

*г. Екатеринбург*

*В материалах рассматриваются особенности разработки и применения электронного образовательного ресурса – опорного конспекта лекций – для повышения эффективности усвоения учебного материала.*

*In this report we analyse basic conspect of lectures for effective research study of economics.*

Раздел I. ОВР глазами преподавателя

В современных условиях, когда объем аудиторного материала (по любой практически дисциплине) составляет не более 50%, резко возрастает значение двух аспектов преподавания:

1. повышение эффективности использования учебного аудиторного времени (читай: на лекции или семинаре надо успеть и больше, и лучше, т.е. обязательно рассматривать наиболее сложные моменты);
2. методическое обеспечение возможностей самостоятельного освоения курса студентом (читай: разработка таких приемов самостоятельной работы, которые бы побуждали студента к поиску учебного материала и проработке литературы по курсу).

Достижение этих целей вполне осуществимо с применением ЭОР различного типа, которые можно применять и для проведения лекций и семинарских занятий, и для организации самостоятельной работы студента. Примером может служить опорный конспект лекций – известный методический прием подачи материала в виде структурно-логических схем и текстовых выводов.

Разработка опорного конспекта лекций для преподавателя имеет большое значение:

1. Структурируется учебный материал; четко выстраивается логика изложения каждой темы;
2. Совершенствуется стиль подачи материала: текстовые выводы и содержание схем должны быть сформулированы кратко, четко, доступно;