



УДК 004.2

INCREASE OF EFFICIENCY OF THERMAL PERCEPTION OF HEATING SURFACES OF MEMBRANE ECONOMIZER**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОСПРИЯТИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА МЕМБРАННОГО ЭКОНОМАЙЗЕРА****Vazhanov N.N. / Бажанов Н.Н.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

SPIN: 7098-5758

*Southern Federal University (SFedU) Chekhova st.,22, Taganrog, RF**Южный федеральный университет, Таганрог, ул.Чехова, 22*

Аннотация. В работе рассматривается математическое моделирование нагрева лепесткового элемента экономайзера. Обсуждается применение технологии вычислительного эксперимента, который следует проводить на многопроцессорных вычислительных системах.

Ключевые слова: теплообмен, котельный агрегат, экономайзер

Вступление.

Главными направлениями развития в котлостроении в последние годы являются следующие технологические особенности: использование цельносварных ограждающих экранов, внедрение мембранных и оребренных поверхностей нагрева, снижение габаритов оборудования при увеличении интенсивности теплообмена в его элементах. Многообразие конструктивных решений отдельных узлов при сложных граничных условиях теплообмена не позволяет вести расчеты с помощью известных нормативных методов [1]. Этот факт предопределил широкое внедрение вычислительного эксперимента [2,3] в технологию конструкторских разработок и использование современных средств вычислительной техники, эффективно реализующих вычислительный эксперимент.

Применение различных видов оребрения труб с целью повышения эффективности теплосприятия поверхностей нагрева является одной из актуальных задач в энергомашиностроении. Для мощных котельных агрегатов производительностью 500 т/час и более на Таганрогском котлостроительном заводе «Красный котельщик» (входит в состав ООО «НордЭнергоГрупп») уже внедрено серийное изготовление мембранных экономайзеров, цельносварные пакеты которых образуются из труб, предварительно оребренных с двух сторон продольными пластинами, расположенными в плоскости пакета. Мембранные конвективные поверхности нагрева (ширмы, экономайзеры, перегреватели) эффективны как для газа и мазута, так и для твердых топлив были спроектированы в Таганрогском проектно-конструкторский центре, который осуществляет проектирование котлов большой и средней мощности, теплообменного оборудования для ТЭС и АЭС, оборудования ХВО, энергоарматуры, энергозапчастей, оказывает услуги по пуску, наладке и диагностике, проводит научно-исследовательские работы, технологические и экспериментальные разработки. При этом проводились научные исследования с помощью технологии вычислительного эксперимента с учеными и инженерами



Таганрогского государственного радиотехнического института (ныне подразделения Южного федерального университета).

Теоретически было выявлено и впоследствии подтверждено натурными экспериментами, что наиболее перспективным является поперечное оребрение, выполняемое путем приварки пластин к трубам мембранных конвективных пакетов (так называемое мембранно-лепестковое оребрение). Надежная работа такой мембранно-лепестковой поверхности определяется, в основном, температурным режимом лепестка. Аналитический расчет температурного режима элемента возможен с помощью гиперболических функций или функций Бесселя, однако признать его точным нельзя, так как не учтено влияние приварки лепестка, охлаждающей среды и конвективного теплообмена торцевыми поверхностями. Кроме того, пластина не является строго прямоугольной и растечки тепла по ней при таких методах расчета выявить не удастся. К тому же граничные условия по тепловому воздействию по поверхности лепестка переменны и зависят как от расстояния между соседними лепестками, так и от других конструктивных особенностей поверхности.

Достоверные результаты в этом случае могут быть получены путем математического моделирования температурного поля мембранно-лепестковой поверхности. Такое моделирование было выполнено как на аналоговых установках, имеющих ограничения по точности и по числу моделируемых узлов, так и на цифровых вычислительных устройствах [4].

При выполнении НИР для «Красного котельщика» объектом математического моделирования являлись мембранно-лепестковые элементы, которые играют значительную роль в формировании оптимального теплового режима котлоагрегата и, в конечном счете, влияют на мощность и экономичность энергетической установки. Эти элементы достаточно тонкие, так что можно пренебречь изменением их температуры по толщине. Для конструкций такого типа явление теплообмена наблюдается в значительно большей степени вдоль лицевых поверхностей элементов, чем по ограничивающим их кромкам.

Нужно подчеркнуть, что большинство реальных теплофизических задач – нелинейны. В редких случаях линеаризация оправдана, так как, несмотря на возможность минимизировать ошибки линеаризации, часто точность решения таких задач неудовлетворительна. Можно считать допустимой максимальную ошибку плюс-минус 1% от пиковой температуры. Ошибка в пределах 3-5% возможна в некоторых ориентировочных расчетах, но погрешность в 10% оправдать нельзя. Например, рабочие температуры плазмы и металла труб в топочных камерах котлов ТГМП-204, ТПЕ-428 достигает двух тысяч и восьмиста градусов Цельсия соответственно. В этом случае ошибка в определении температурного поля металла труб составит восемьдесят градусов. Известно, что при высоких температурах предел прочности и другие механические характеристики металла настолько резко меняются на каждые десять градусов температуры, что ошибка в восемь раз больше совершенно не допустима.

До последнего времени традиционным источником информации о



температуре в отдельных точках исследуемого объекта служили экспериментальные замеры, проводимые на натуральных образцах и физических моделях. Однако они не могут дать полного представления о температурном поле, трудоемки, сложны и имеют высокую стоимость. Альтернативным путем является проведение вычислительного эксперимента, который может дать более обширную и достоверную информацию.

Для каждой модели термонагруженного элемента необходимо решать большое число вариантов изменяя некоторые параметры задачи и, быть может, саму математическую модель. Эта особенность («многовариантность» и «многомодельность») вычислительного эксперимента проявляется во многократных изменениях программы, реализующей алгоритм, причем эти изменения касаются как структуры программы в целом, так и отдельных ее частей. При моделировании тепловых полей эти особенности проявляются часто. Наиболее полно вычислительный эксперимент расчета тепловых полей можно поставить лишь на многопроцессорных вычислительных системах, используя новую технологию программирования. Она строится на основе модульной (блочной) структуры математической модели и алгоритма. Средством автоматизации решения таких классов задач являются пакеты прикладных программ, составляющие основу математического обеспечения вычислительного эксперимента. Технология решения прикладных задач при реализации вычислительного эксперимента представлена в работе [2].

На основе анализа полученных результатов и их сравнения со свойствами реального объекта делаются выводы о проведении дальнейших расчетов по готовым программам, или производится модификация алгоритмов, или вносится изменение математической и (или) физической модели.

Уровень сложности используемого математического аппарата при расчете основных качественных характеристик изучаемого процесса определяется, как правило, уровнем сложности исследуемого физического объекта, а также степенью точности, требуемой при получении результатов. В свою очередь точность обусловлена прикладным характером исследований, их практической направленностью. Требования к точности теоретических исследований постоянно возрастает, что приводит к чрезвычайному усложнению математического описания задачи; ее решение на однопроцессорных вычислительных устройствах становится затруднительным или вообще невозможным. Решением этой технической проблемы является использование многопроцессорных вычислительных систем, позволяющих проводить вычислительных эксперимент. Разработка таких вычислительных устройств совместно со специализированным математическим обеспечением, включающим языки высокого уровня для параллельных вычислений и пакеты прикладных программ, в некоторых случаях эквивалентна созданию крупных экспериментальных установок, так как вычислительный эксперимент может заменить ряд дорогостоящих и длительных натуральных испытаний.

Литература:

1. Шнейдер П. Инженерные проблемы теплопроводности. – М.: Иностран.



лит., 1960. – 473 с.

2. Самарский А.А. Математическое моделирование и математический эксперимент. – Вестник АН СССР, 1979, № 5.

3. Самарский А.А. Вести широкую пропаганду идей и методов вычислительного эксперимента. – Вестник АН СССР, 1981, № 3, с. 61 -65.

4. Николаев И.А., Бажанов Н.Н., Чернов А.С. Организация теплового расчета мембранно-лепестковых поверхностей нагрева методом конечных элементов на спецвычислителе. – В кн.: Тез. докладов науч.-техн. семинара «Развитие машинных методов и средств решения краевых задач». Москва – Донецк, 1993, с. 6.

***Abstract.** The paper deals with mathematical modeling of heating of the petal element of the economizer. The application of the technology of computational experiment, which should be carried out on multiprocessor computer systems, is discussed. The paper deals with mathematical modeling of heating of the economizer petal element*

***Key words:** heat exchange, boiler unit, economizer*

Статья отправлена: 23.12.2019 г.

© Бажанов Н.Н.