

**Моделирование рекуперативных воздухоподогревателей  
с использованием среды CoCreate**

Дикий А.В., Кадач Т.В., Карпович С.А.

Белорусский национальный технический университет

Основная выработка электроэнергии в РБ сохраняется за тепловыми станциями (свыше 90% вырабатываемой в РБ электроэнергии). В республике существует нескольких нефтеперерабатывающих заводов и, как следствие, имеются значительные объемы низкосортных жидких топлив, сжигание которых требует высокого подогрева воздуха с глубоким охлаждением дымовых газов.

Для этих целей в конструкциях котельных агрегатов используются воздухоподогреватели и роль их в современных ТЭС непрерывно возрастает. Это обусловлено рядом факторов. Температура газов за водяным экономайзером мощных котлов составляет 350-400 °С, в воздухоподогревателе она снижается до 140-160 °С. Тепло, отданное газами воздуху, возвращается в топку котла. Подогретый воздух улучшает горение топлива, в результате чего снижается химический и механический недожог топлива. Благодаря воздухоподогревателю использование тепла, выделяемого сжигаемым топливом, повышается на 10-15% и КПД современных котлоагрегатов достигает 92-94%. Кроме того, благодаря подогреву воздуха повышается температура в топке, растут температурные напоры в тракте котла и, следовательно, уменьшается масса дорогостоящих поверхностей нагрева, работающих под давлением.

Повышение КПД котла за счет снижения температуры уходящих газов приводит к тому, что при сжигании сернистых топлив холодная часть воздухоподогревателя имеет температуру стенки ниже температуры точки росы дымовых газов. В связи с этим возникает низкотемпературная коррозия и загрязнение холодной части воздухоподогревателя.

В этих условиях очень важно не только правильное конструирование, но и правильная эксплуатация воздухоподогревателей. Известно, что повышение уровня эксплуатации позволяет уменьшить расход топлива на 1-1,5%, а иногда и больше. Все

это показывает, что вопросы улучшения работы воздухоподогревателей и экономии топлива неразрывно связаны между собой.

Существует два принципа передачи тепла в воздухоподогревателе от газов к воздуху: рекуперативный и регенеративный. Рекуперативные воздухоподогреватели являются наиболее простыми теплообменниками. В процессе передачи тепло проходит непрерывно через стенку, с одной стороны которой проходят газы, с другой стороны – воздух. Наиболее распространенным рекуперативным воздухоподогревателем является трубчатый (ТВП). ТВП прост в изготовлении и эксплуатации, но он имеет большую массу и занимает большой объем. Поэтому ТВП устанавливаются в основном на котлах малой и средней энергетики и не имеют ограничений по виду топлива.

При значительной коррозии «холодного» конца (особенно «холодных» углов) появляются заметные перетоки воздуха в газовый тракт, а замена кубов трубчатого воздухоподогревателя является весьма трудоемкой операцией.

Отмеченные особенности определяют трудности конструирования этих воздухоподогревателей – создание компактных малогабаритных элементов с минимальным загрязнением и коррозионно-абразивным износом, обеспечивающих надежность и экономичность парового котла и энергоблока в целом.

Описанная задача принятия решения из-за многочисленных факторов, влияющих друг на друга, представляет собой сложную вариационную задачу, допускающую множество технически возможных решений, из которых нужно выбрать оптимальное, что затруднительно при ручном проектировании даже для сравнительно небольшого числа параметров.

Проблемам оптимального проектирования теплоэнергетических установок посвящено значительное количество работ; исследовались задачи оптимизации как котлоагрегатов в целом, так и отдельных компонентов. Однако результаты этих работ не нашли широкого применения в проектных организациях. Это связано со сложностью построения адекватных математических моделей, трудностями, возникающими при подготовке исходных данных для оптимизационных задач и использовании полученных результатов в процессах проектирования.

Преодоление этих проблем возможно при внедрении специальных технологий автоматизированного проектирования, включающих в себя соответствующие оптимизационные модели, эффективные методы решения и необходимое программное обеспечение. Пользователю должны быть предоставлены удобные средства подготовки исходных данных, управления параметрами модели и процессом решения оптимизационных задач, проведения анализа полученных результатов.

Для обеспечения надежной работы котла важно получить оптимальный вариант конструктивного исполнения ТВП. Кроме того, для повышения точности расчетов моделирование теплообмена в ТВП желательно провести с использованием известных программных продуктов для решения конечно-элементных задач (например, FlexPDE).

Предварительное моделирование ТВП, проведенное с помощью конечно-элементного пакета FlexPDE, показало перспективность анализа ТВП с помощью компьютерных средств, однако при этом возникают проблемы геометрического описания объекта в связи с наличием значительного количества (до нескольких сотен) однотипных элементов.

В результате для построения геометрической модели ТВП была выбрана система OneSpace Designer Modeling, т.к. она обеспечивает простое и быстрое по сравнению с другими системами, построение трехмерных моделей сложных инженерных конструкций. Входящий в ее состав модуль Design Analysis, основанный на полнофункциональном ядре Nastran, позволяет проводить анализ полученных моделей. Открытость интерфейсов OneSpace Designer Modeling дает возможность интегрировать с ней внешние приложения.

Разработанное приложение OSD.exe содержит геометрическую модель ТВП, описанную на языке LISP. С учетом заданных параметров конструкции ТВП приложение передается на выполнение посредством технологии DDE в OneSpace Designer Modeling. На основе полученной геометрической модели ТВП проводится его тепловой расчет с помощью модуля Design Analysis. Результаты расчетов сохраняются в файле отчета result.html и могут быть использованы для дальнейшего поиска оптимального варианта ТВП.