

*Мокшанов Андрей Сергеевич, студент*

*Самарский государственный технический университет,*

*г. Самара, Россия*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА В ТЕПЛООТДАЧЕ КОТЛОАГРЕГАТОВ**

**Аннотация:** В данной статье проводится анализ применения водотрубных отопительных котлоагрегатов с конвективным теплообменом. Водотрубные котлоагрегаты являются важной частью систем отопления и горячего водоснабжения. В результате анализа выявляются факторы, которые влияют на эффективность водотрубных котлоагрегатов с конвективным теплообменом и предлагаются рекомендации для оптимизации их работы.

**Ключевые слова:** Водотрубные котлоагрегаты, котлы утилизаторы, конвективный теплообмен, отопление, горячее водоснабжение, эффективность.

**Abstract:** This article analyzes the use of water-tube heating boilers with convective heat exchange. Water-tube boilers are an important part of heating and hot water supply systems. As a result of the analysis, the factors that affect the efficiency of water-tube boilers with convective heat exchange are identified and recommendations for optimizing their operation are proposed.

**Keywords:** Water-tube boilers, heat recovery boilers, convective heat exchange, heating, hot water supply, efficiency.

Водотрубные отопительные котлоагрегаты с конвективным теплообменом являются одним из наиболее распространенных решений для обеспечения тепла и горячей воды в различных сферах жизни, начиная с жилых домов и заканчивая промышленными предприятиями. Конвективный теплообмен - это ключевая

характеристика, определяющая эффективность таких систем.

Основными преимуществами конвективного теплообмена в водотрубных котлоагрегатах являются:

- + Механизм конвективного теплообмена обеспечивает высокую эффективность передачи тепла от газового пламени к воде в трубах. Это способствует снижению энергопотребления и экономии ресурсов.

- + Водотрубные котлоагрегаты с конвективным теплообменом обычно обладают долгим сроком службы и высокой надежностью в работе.

- + Конвективный теплообмен снижает риск возгорания и повреждения оборудования, что делает такие котлоагрегаты безопасными в эксплуатации [3].

Однако есть и недостатки, которые стоит учитывать:

- Установка и обслуживание водотрубных котлоагрегатов с конвективным теплообменом может потребовать значительных инвестиций.

- Требуется регулярное техническое обслуживание и очистка для поддержания высокой эффективности.

- Такие системы могут занимать довольно много места, что важно учитывать при проектировании.

Водотрубные котлоагрегаты с конвективным теплообменом находят широкое применение в различных областях, включая жилищное и коммерческое отопление, производство пара и горячей воды для промышленных нужд, а также в энергетической отрасли.

Для оптимизации работы водотрубных котлоагрегатов с конвективным теплообменом, необходимо уделять внимание регулярному обслуживанию и следить за правильной настройкой оборудования. Также важно использовать современные технологии и методы для повышения энергоэффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Увеличивая эффективность функционирования энергопотребителей, можно существенно снизить воздействие человека на окружающую среду и уменьшить себестоимость единицы произведенной энергии. Один из важных компонентов системы отопления - это котлоагрегат. Многие котельные,

особенно те, которые находятся в отдаленных районах нашей страны, сталкиваются с общими недостатками:

1. Значительный физический износ оборудования для котельных.
2. Низкая эффективность, которая часто связана с отсутствием современных систем автоматизации.
3. Недостаточно совершенные газогорелочные устройства.
4. Быстрое образование отложений на поверхностях нагрева из-за неправильной настройки режимов горения.
5. Плохая теплоизоляция.
6. Отсутствие задних поверхностей нагрева.
7. Большие потери воздуха в дымоходах из-за неприемлемого состояния облицовки.
8. Конструкционные недостатки конвективных поверхностей нагрева.

Целью исследования является изучение влияния использования конвективных пакетов с шахматным расположением в газовых отопительных котлах на их эффективность. Для расчетов используется программный пакет ANSYS Workbench. С помощью программы ANSYS была создана геометрия 3D и 2D участка котлоагрегата КВГа - 0,8 МВт.

Рассмотрим два варианта размещения конвективных пакетов, которые должны влиять на работоспособность котлоагрегата. Создадим 2D и 3D модели геометрии котлоагрегата с различным расположением трубок (рисунок 1) [2].

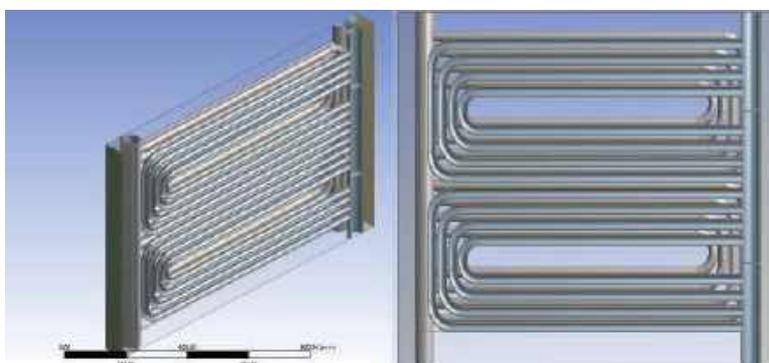


Рисунок 1 - 3D геометрия расчетной части котла КВГа - 0,8

Изучая процесс передачи тепла в части котла, где расположены трубы конвективных пакетов, можно сделать следующий вывод: режим движения газовых продуктов, омывание труб каждого ряда и теплообмен в пучке зависят от схемы размещения труб, которая определяется:

1. Диаметр наружных труб -  $d_{нар}$ .
2. Количеством рядов труб в направлении движения теплоносителя -  $n$ ,
3. Расстоянием между осями труб по ширине -  $S_1$  и по глубине пучка -  $S_2$ .

В случае коридорного расположения труб трубы одного ряда закрывают часть труб предыдущего ряда, что ухудшает омывание передней части труб и делает большую часть поверхности трубы малоподвижной. Это приводит к увеличению ламинарного вязкого подслоя с преобладанием кондуктивного теплообмена [3].

В случае шахматного расположения труб, одни трубы не закрываются другими. Это повышает коэффициент теплоотдачи, особенно при равных условиях, в сравнении с коридорным расположением.

При любом размещении труб в каждом ряду возникает дополнительная турбулентность потока. В результате этого коэффициент теплоотдачи для труб во втором ряду оказывается выше, чем для труб в первом ряду, и для третьего ряда он также превосходит второй. С начиная с третьего ряда, поток жидкости становится более устойчивым, и коэффициент теплоотдачи остается постоянным для всех последующих рядов.

Если примем теплоотдачу третьего ряда за 100 %, то теплоотдача для труб первого ряда, независимо от того, коридорного они расположения или шахматного, составляет 60 %. Теплоотдача для труб второго ряда в коридорном пучке составляет 90 %, а в шахматном - 70 % [3].

Максимальные значения абсолютного давления наблюдаются в промежутке между первым и третьими рядами конвективных пакетов. При столкновении дымовых газов с первым рядом второго конвективного пакета, абсолютное давление выше при шахматном расположении труб, чем при

коридорном.

Температура достигает максимума на входе в межтрубное пространство (170) и постепенно уменьшается по мере прохождения первого ряда трубок до 130 - 140 градусов. Далее, при прохождении второго ряда труб, температура в межтрубном пространстве уменьшается до 140 - 130 градусов.

Анализ, проведенный в рамках исследования конвективного теплообмена в пакетах труб с различным расположением, позволяет выявить факторы и причины, влияющие на интенсификацию процесса теплообмена в таких трубах. В частности, анализ показал, что теплоотдача для труб второго ряда коридорного пучка составляет 90 %, в то время как для шахматного пучка - 70 %.

Важной характеристикой теплообмена в конвективных пакетах труб является влияние размещения самих труб. Как было упомянуто ранее, коридорное и шахматное расположение труб имеют свои особенности.

При коридорном расположении труб трубы одного ряда ограничивают доступ воздуха к трубам предыдущего ряда, что снижает эффективность теплообмена и увеличивает ламинарный вязкий слой. В случае шахматного расположения труб, этой проблемы нет, и коэффициент теплоотдачи сохраняется на более высоком уровне. Это важно для оптимизации работы конвективных пакетов и повышения их теплоотдачи.

Кроме того, анализ результатов исследования показал, что максимальные значения абсолютного давления обнаруживаются в промежутке между первым и третьими рядами конвективных пакетов. Это может быть важной информацией при проектировании и обслуживании котлоагрегатов, поскольку понимание распределения давления помогает учесть нагрузки и предотвратить потенциальные поломки или утечки.

Касаясь температурных характеристик, теплоотдача зависит от температуры в межтрубном пространстве. Анализ показал, что температура уменьшается по мере прохождения теплоносителя через ряды труб. Это имеет значение при планировании технологических процессов, где температурные параметры играют важную роль [1].

В заключение, проведенное исследование конвективного теплообмена в конвективных пакетах труб с различным расположением позволяет лучше понять процессы, происходящие в котлоагрегатах. Понимание эффектов турбулентности, распределения давления и температурных характеристик важно для оптимизации работы систем отопления и повышения их эффективности. Данные результаты могут быть использованы в дальнейших исследованиях и при проектировании более эффективных систем отопления и теплоснабжения. Это важный шаг в направлении снижения энергопотребления и воздействия на окружающую среду.

#### **Библиографический список:**

1. Брюханов, О. Н. Теплообмен / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. - Москва: Машиностроение, 2012. - 464 с.
2. Быстрицкий, Г. Ф. Основы энергетики / Г.Ф. Быстрицкий. - М.: ИНФРА-М, 2007. - 288 с.
3. Епифанов, А. П. Электромеханические преобразователи энергии / А.П. Епифанов. - М.: Лань, 2004. - 208 с.