

**ОТЗЫВ**  
**на автореферат диссертационной работы**  
**Юшковой Екатерины Александровны на тему:**  
**«Повышение энергоэффективности тепломассообменных процессов на**  
**нефтеперерабатывающем предприятии с использованием эксергетического пинч-**  
**анализа», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук**  
**по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика**

**Актуальность темы и научная новизна.** Потребление энергии в мире непрерывно возрастает, причём в последние годы рост энергопотребления превышает экономический рост. Крупнейшими потребителями энергоресурсов являются промышленные объекты, в том числе нефтегазовый комплекс, для которого задача повышение эффективности использования энергии в производственных процессах становится сейчас приоритетной.

Россия обладает значительными запасами нефти и природного газа, однако глубина залегания нефтяных пластов, качество нефти и условия добычи делают российские нефти довольно дорогими, к тому же общемировые цены на энергоносители имеют общую тенденцию к росту, причём неравномерному, что негативно влияет на рентабельность производств нефтеперерабатывающего комплекса, делает проблематичным выстраивание долгосрочной стратегии развития отрасли в целом.

Большинство объектов энергетического комплекса были спроектированы и построены во времена низких цен на энергоносители, когда доля затрат на топливо в себестоимости конечного продукта была ниже, и вопрос организации оптимального режима энергопотребления не стоял так остро. Теперь же, когда в цене конечного продукта нефтепереработки доля затрат на топливо превышает 50%, оптимизация производственных процессов с целью уменьшения энергопотребления - одна из важнейших, в особенности для нашей страны, где ранее этому вопросу не уделялось должного внимания.

Для достижения высокой производительности и наименьшего при этом потребления энергетических ресурсов технологическими объектами необходимы современные методы анализа этих объектов с целью выявления узлов и участков с наибольшими потерями, устранения несовершенств их конструкции и дальнейшего повышения эффективности. Данные методы должны давать возможно более точные результаты для конкретного производства и при этом обладать универсальностью, необходимой для применения при анализе различных по своей структуре типов производств.

Метод пинч-анализа, появившийся в 70-х годах прошлого века, в последние 20 лет активно развивается, поскольку достаточно простыми способами и с минимальным количеством входных параметров позволяет оценить термодинамическую эффективность конкретного производства. С помощью пинч-технологии анализируют возможность использования внутренних ресурсов технологической системы, то есть возможность рекуперации теплоты, что позволяет существенно сократить энергопотребление, модернизировать и рационализировать схему производства. Так, например, в «Union Carbide» после применения пинч-технологии в нефтехимической отрасли была получена экономия за счет снижения энергетических затрат в размере 1,05 млн долларов при окупаемости проекта 6 месяцев, а в «ICI» в отрасли специальной химии экономия составила 1,6 млн долларов.

В свою очередь, эксергетический метод - метод термодинамического анализа, основанный на использовании второго закона термодинамики, - позволяет оценить предельно возможные энергетические показатели, степень термодинамического совершенства отдельных процессов, а в некоторых случаях и указать рекомендации по совершенствованию установки - указать те элементы, где потери имеют наибольшее значение.

Каждый из методов анализа имеет как свои преимущества, так и недостатки. Например, преимущество пинч-анализа в том, что можно представить информацию об

N 526-9  
от 09.12.2010

исследуемой системе на простых диаграммах (в виде составных кривых, большой составной кривой), таким образом, на ранних стадиях проектирования становится возможным проследить эффективность будущей системы. Основным ограничением пинч-анализа является то, что он применим исключительно к процессам теплопередачи, а процессы, в которых происходит изменение давления или состава рабочего вещества, таким методом проанализированы быть не могут, хотя процессы именно такого типа являются наиболее частыми в теплоэнергетических и химико-технологических системах.

Что касается эксергетического метода анализа, то его преимущество заключается в том, что он может быть применим как к технологическим системам (с химическими превращениями внутри системы), так и к любым теплоэнергетическим и холодильным установкам, при этом можно эффективно определить наиболее рациональные их модификации. Однако, рекомендации, выработанные на основе анализа эксергетическим методом, не могут быть вполне объективными из-за недоучета взаимосвязи потерь в отдельных процессах и их влияния на общее совершенство установки. Также необходимо учитывать и тот факт, что потери относятся к тому элементу, для которого их вычислили, а не к смежному, где они зародились.

Объединив положительные стороны обоих методов, можно получить совершенно новую методику, объединив достоинства двух методов и устранив их недостатки.

Именно этому пути следовала автор диссертации, что придаёт её работе не только актуальность, но и научную новизну. В работе было показано, что комбинированный метод пинч-анализа и эксергетического анализа позволяет эффективнее оптимизировать систему теплообмена нефтеперерабатывающего предприятия в области генерации тепла и его использования в технологиях первичной переработки нефти, причём, как показано автором, не всегда при этом необходимо усложнение имеющейся схемы, напротив, можно уменьшить количество теплообменников.

**Практическая значимость.** Автором проведен сравнительный анализ структурной и параметрической оптимизации системы теплообмена установки первичной перегонки нефти традиционным пинч-анализом и эксергетическим пинч-анализом и доказано преимущество разработанного метода эксергетического пинч-анализа. После проведения предложенного автором комбинированного анализа предложены меры повышения энергоэффективности тепломассообменных процессов нефтеперерабатывающего завода. Разработана и внедрена в проектно-конструкторскую деятельность предприятия первичной переработки нефти методика применения эксергетического пинч-анализа для оптимизации систем теплообмена при генерации и использования тепла в технологиях нефтеперерабатывающего завода, разработана и апробирована математическая модель для проведения параметрической оптимизации системы теплообмена установки первичной перегонки нефти.

Положения, вынесенные на защиту, доказаны, выводы и рекомендации обоснованы сходимостью результатов экспериментов и теоретических исследований при практическом измерении эксергии рабочих тел. Достоверность также подтверждается использованием для исследования подлинных данных установки ЭЛОУ-АТ-6 ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез», подлинных показаний теплового пункта задания от ООО «Теплоэнерго», сходимостью расчетных данных с полученными результатами натуральных исследований.

#### **Замечания:**

1. Почему рассматривается только установка ЭЛОУ-АТ-6, и по результатам её исследования делается обобщение об эффективности метода по всем теплообменникам, где происходит тепломассообмен.

2. Не выполнен расчет экономических показателей от применения метода.

3. При общем высоком качестве и наглядности иллюстративного материала, представленного в автореферате, отдельные иллюстрации (рис. 8 и 13) не читаются из-за мелкого шрифта.

Отмеченные замечания не снижают научной и практической ценности представленной работы.

Диссертация «Повышение энергоэффективности тепломассообменных процессов на нефтеперерабатывающем предприятии с использованием эксергетического пинч-анализа», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 № 1755 адм, а ее автор – Юшкова Екатерина Александровна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Кандидат технических наук,  
директор Санкт-Петербургского филиала АНО  
ДПО «Техническая академия Росатома»



Новиков Денис Юрьевич



Санкт-Петербургский филиал АНО ДПО «Техническая академия Росатома»  
Адрес: 197348, г. Санкт-Петербург, ул. Аэродромная, 4, литер А  
Тел: 8 (812) 394-50-02  
E-mail: info@rosatomtech.spb.ru

03 декабря 2020 г.