

M.L. Zheludkevich, J.R.B. Gomes, J. Tedim // Npj Materials Degradation. – 2022. – Vol. 6. – № 1. – Article number 48. <https://doi.org/10.1038/s41529-022-00259-9>.

2. Davronov, R. BERT-based drug structure presentation: A comparison of tokenisers / R. Davronov, F. Adilova // AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2781. – № 1. Article number 020039. <https://doi.org/10.1063/5.0144799>.

3. Bostrom, K. Byte Pair Encoding is Suboptimal for Language Model Pretraining / K. Bostrom, G. Durrett // arXiv (Cornell University). – 2020. – <https://doi.org/10.48550/arxiv.2004.03720>.

4. Jo, J. The message passing neural networks for chemical property prediction on SMILES / J. Jo, B. Kwak, H.-S. Choi, S. Yoon // Methods. – 2020. – Vol. 179. – P. 65-72. – <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2020.05.009>.

УДК 665.6

Таранова Л.В.

(ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет)

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ТЕПЛООБМЕНА В ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Процессы переработки нефтегазового сырья, как известно, относятся к высокочрезвычайно затратным с точки зрения энергопотребления технологическим процессам. Это связано с необходимостью перемещения потоков в пределах производственной установки с созданием требуемых давлений и преодолением возникающих в аппаратах и трубопроводной сети гидравлических сопротивлений, а также с требованием создания соответствующих температурных режимов проведения процессов в единицах технологического оборудования.

Последний аспект связан с весьма широким диапазоном варьирования температур реализации отраслевых процессов и необходимостью применения разнообразного оборудования для тепловых процессов в любых процессах подготовки и различных этапов переработки углеводородного сырья на стадиях первичной и глубокой переработки и нефтегазохимии.

С учетом особенностей осуществления отраслевых процессов при их организации по непрерывной технологии и параметрами их проведения объективно возникает необходимость решения задач повышения энергоэффективности, реализации энерго- и ресурсосберегающих подходов, сокращения доли нерационально используемого тепла и его потерь.

По различным оценкам [1, 2, 3] для отечественных отраслевых предприятий отмечается достаточно низкая степень полезно используемого тепла – 23–26%, значительный потенциал повышения энергоэффективности – порядка 40% с экономией энергоресурсов на уровне 35% с резервом сокращения энергопотребления за счет оптимизации рекуперативного теплообмена как минимум на 10-20%.

В настоящей работе рассмотрены некоторые аспекты и подходы к решению задач энерго- и ресурсосбережения (ЭРС) для предприятий переработки углеводородных ресурсов, в основе которых можно выделить как общие вопросы рационального теплообмена за счет оптимизации этих процессов в пределах технологического объекта, так и конкретные предложения с учетом технологических и технических решений для изучаемого объекта.

К общим вопросам на основе анализа литературы и предыдущих исследований можно отметить ряд моментов, сгруппированных в условно технологические и технические мероприятия. К технологическим, в частности, можно отнести:

- оптимизация режимов работы технологических установок с позиций минимизации энергозатрат;
- повышение степени использования вторичных энергоресурсов, в т.ч. и низкопотенциального тепла с сокращением доли применения специальных теплоносителей/хладагентов;
- интеграция тепловых потоков в пределах рассматриваемого объекта и междисциплинарная, т.е. на различных иерархических уровнях как в пределах предприятия, так и более высоких;
- сокращение потерь тепла с технологическими потоками и при рассеивании тепла в атмосферу.

Технические аспекты сокращения энергозатрат путем повышения эффективности реализации тепловых процессов в соответствующих единицах оборудования могут быть связаны с:

- выбором более эффективных типов и разновидностей аппаратов для осуществления этих процессов;
- с возможностью совмещения целевых и теплообменных процессов в одном аппарате;
- с конструктивными решениями для оборудования для тепловых процессов (главным образом – теплообменные аппараты, трубчатые печи), направленными на интенсификацию и повышение эффективности процесса – с учетом таких факторов как оптимизация режимов движения потоков, характеристики теплопередающей поверхности, в т.ч. в плане материального исполнения и с учетом степени ее загрязнения;

– с минимизацией потерь тепла от поверхности оборудования и трубопроводов за счет теплоизоляции и футеровки.

Конкретные мероприятия, направленные на модернизацию или оптимизацию процессов с ЭРС-позиций формируются с учетом используемых на анализируемом объекте технологий, температурных параметров проведения процессов и особенностей его аппаратного оформления.

Для выработки модернизационных предложений по оптимизации систем теплообмена на анализируемых объектах и разработке энергоэффективных систем целесообразно рассматривать их с позиций системного подхода с проведением анализа их структуры (декомпозиции), анализа материально-энергетических потоков (собственных и сторонних – внешних) и аппаратного оформления, в первую очередь, для систем теплообмена. Это обеспечивает возможности поиска «узких» мест с позиций рационального энергопотребления, оценки резервов теплоэнергосбережения и возможных путей теплоинтеграции, в т.ч. и на междисциплинарном уровне. В качестве наиболее эффективного метода на этом пути можно считать пинч-анализ и его разновидности с построением температурно-энтальпийных диаграмм и оценки зоны оптимального рекуперативного теплообмена. Использование пинч-анализа, как инструмента для определения термодинамически необходимого теплоснабжения применительно к нефтехимии по данным [4] может обеспечить экономию порядка 40 % от потребляемых объемов топлива.

При анализе отраслевых технологических объектов с позиций рационального использования собственных энергетических ресурсов обращают на себя внимание такие единицы оборудования, как аппараты воздушного охлаждения (АВО) и трубчатые печи. АВО повсеместно используют в первую очередь в узлах ректификации для конденсации и охлаждения паров дистиллята, а также на линиях охлаждения продуктовых потоков установок. Печи применяют в высокотемпературных процессах нефтегазопереработки и нефтегазохимии.

Особенностью этих групп аппаратов с позиций ЭРС-подходов является потребление тепла/энергии для обеспечения своей работы с одной стороны и прямые потери тепла – его рассеяние в атмосферу – с другой стороны. В этой связи при выработке предложений по оптимизации систем теплообмена, в первую очередь, анализировали возможности свести к минимуму прямые потери тепла и разработке предложений по использованию потенциала охлаждаемых или рассеивающихся в атмосферу потоков. Результаты и предложения по ряду рассмотренных технологических объектов приведены ниже (таблица 1).

Таблица 1 – Предложения по оптимизации систем теплообмена

Выявленные недостатки	Предложения по оптимизации
Технологический объект – Блоки компримирования и адсорбционной осушки при подготовке газа	
Потери тепла при охлаждении газа после ступеней сжатия в АВО; использование трубчатой печи на стадии регенерации	Использование тепла охлаждаемых в АВО потоков для предварительного нагрева газа регенерации перед печью с введением в систему дополнительного теплообменника; сокращение выбросов в атмосферу; снижение нагрузки на печь, сокращение выбросов дымовых газов
Технологический объект – Секция гидроочистки установки каталитического риформинга	
Рассеяние тепла дистиллятных продуктов узла стабилизации в АВО	Использование тепла потока для предварительного нагрева сырья с последующим доохлаждением в АВО; рациональное использование имеющихся теплообменников, сокращение АВО и потерь тепла, сокращение затрат на нагрев сырья, возможность теплоинтеграции с секцией риформинга
Технологический объект – Установка получения этан/этилена	
Недостаточное использование тепла потока пирогаза после трубчатых печей	Использование тепла пирогаза для предварительного подогрева сырья с введением дополнительного теплообменника; сокращение потерь тепла, нагрузки на печи, повышение их КПД; возможность теплоинтеграции в пределах комплексной установки
Технологический объект – Установка глубокой переработки мазута (секция вакуумной перегонки)	
Возможность повышение эффективности использования теплотенциала потоков в блоке нагрева сырья	Оптимизация работы системы теплообмена с введением дополнительного аппарата в блок сырьевых теплообменников; сокращение нагрузки на печь, сокращение выбросов в атмосферу

Таким образом, на основе анализа теплоэнергетических потоков и систем теплообмена технологических объектов можно решать задачи оптимизации теплообмена с учетом ЭРС-подхода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ленкевич, Д. А. Состояние и направления повышения энергетической эффективности нефтеперерабатывающих заводов / Д. А. Ленкевич, Ф. Р. Исмагилов // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2022. – № 11–12. – С. 11–18.
2. Глаголева, О. Ф. Повышение эффективности процессов подготовки и переработки нефти (обзор) / О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин // Нефтехимия. – 2020. – Т. 60, № 6. – С. 745–754.
3. Sladkovskiy D. A., Murzin D. Yu. Integrated Power Systems for Oil Refinery and Petrochemical Processes. *Energies*, 2022, V. 15(17), p. 64–86.
4. Жулаев, С. В. Пинч-анализ и оптимизация промышленных объектов / С. В. Жулаев. – Текст : электронный // Нефтегазовое дело. – 2012. – № 2. – С. 392–398.