

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ И УДАЛЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ В ТЕПЛООБМЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ

© **Е.В. Самаркина¹, Т.А. Костенко²**

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены вопросы эффективности, дана экономическая оценка работы теплообменного оборудования. Представлены способы очистки теплообменного оборудования, а также методы, позволяющие улучшить его работу. Предложен комплекс мероприятий, направленных на повышение эффективности использования сырья и энергии, что позволит снизить доли энергетической и сырьевой составляющей в себестоимости выпускаемой продукции.

Ключевые слова: теплообменное оборудование, энергетика, очистка теплообменников, оценка эффективности программы, подготовка воды, отложения, коррозионные процессы

STATE OF PROBLEMS OF FORMATION AND REMOVAL OF SEDIMENTS IN HEAT EXCHANGE EQUIPMENT

© **Ekaterina V. Samarkina, Ekaterina V. Samarkina**

Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation

The article discusses the issues of efficiency, gives an economic assessment of the operation of heat exchange equipment. The article presents the methods of cleaning heat exchange equipment, as well as methods to improve its performance. The article suggests a set of measures aimed at improving the efficiency of the use of raw materials and energy, which will reduce the proportion of energy and raw materials in the cost of products.

Keywords: heat exchange equipment; energy; heat exchanger cleaning; program performance evaluation; water preparation, sediments; corrosion processes

Решение проблем энергосбережения на различных предприятиях напрямую связано с техническим состоянием различного оборудования, в том числе теплообменного. Теплообменным оборудованием называется устройство, в котором происходит передача теплоты от одной среды к другой. Среды, участвующие в теплообмене, называются теплоносителями. В качестве теплоносителей могут использоваться пары различных веществ, газы, жидкости и жидкие металлы. Теплоноситель, отдающий теплоту и имеющий более высокую температуру, называется первичным, а воспринимающий теплоту теплоноситель с более низкой температурой называется вторичным.

При этом различные примеси, содержащиеся в испаряемой и нагреваемой воде, могут выделяться на внутренних поверхностях парогенераторов и испарителей в твердую фазу в виде накипи и взвешенного шлама. К сожалению, провести четкую границу между накипью и шламом достаточно сложно. Это связано с тем, что вещества, отлагающиеся на поверхностях нагрева в форме накипи, могут с течением времени превращаться в шлам, и, наоборот, шлам при некоторых условиях может прикипать к поверхностям нагрева, образуя накипь [1, 2]. Образование подобных отложений в теплообменном оборудовании является серьезной проблемой для различных предприятий. Нефтехимические предприятия также не являются исключением.

В основе процессов образования минеральных отложений лежат процессы кристаллизации солей, состоящие из стадии зародышеобразования, роста кристаллической фазы и ее уплотнения. Центры кристаллизации могут возникать в толще воды и на поверхности твердых материалов. На рабочих поверхностях теплообменников центры кристаллизации могут появиться после прилипания к ним загрязнений или действия заряда от термоэлектричества, возникающего за счет разности температур по обеим сторонам металлической стенки канала теплообменника. Дальнейший рост кристаллов обычно происходит за счет диффузии новых молекул растворенного вещества. После того как диффузия становится затруднительной, происходит уплотнение отложения. В результате этого минеральные отложения формируются слоями [3].

¹ Самаркина Екатерина Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики, e-mail: ekatsamar@yandex.ru

Ekaterina V. Samarkina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Heat and Power Engineering Department, e-mail: ekatsamar@yandex.ru

² Костенко Татьяна Алексеевна, магистрант группы ТЭМ-18-1 Института энергетики, e-mail: kostenkota@ex.istu.edu

Tatyana A. Kostenko, a graduate student of Institute of Energy, e-mail: kostenkota@ex.istu.edu

Основной причиной, по которой на теплообменниках образуются отложения – некачественная вода, содержащая растворенные минеральные вещества [1]. Если вовремя не предпринять необходимые меры, можно полностью вывести оборудование из строя.

Наличие отложений на поверхности теплообменного оборудования приводит к следующим негативным последствиям:

- 1) снижает тепловую производительность в результате падения фактического коэффициента теплопередачи, а также вследствие роста термического сопротивления трубок;
- 2) увеличивает температуру подогревателей воды, приводящую к ухудшению показателей;
- 3) увеличивает гидравлическое давление в трубах в результате уменьшения их сечения и роста шероховатости.

Все отложения, независимо от их классификации, снижают эффективность теплообмена и увеличивают затраты на обслуживание оборудования. Отложения образуют плотную пленку, которая снижает эффективность всех теплообменных процессов, а также вызывает необходимость дорогостоящего ремонта.

Наличие твердых отложений, различной накипи, загрязнений на теплообменных поверхностях приводит к существенному снижению общего процесса теплопередачи, снижению тепловой производительности, повышению расхода теплоносителя, температурного напора, и в конечном итоге увеличению расходов топливно-энергетических ресурсов. При этом нарушение технологического режима эксплуатации теплообменного оборудования снижает эффективность работы в целом, что в свою очередь ведет к снижению давления, преждевременному износу и выходу из строя теплообменных аппаратов.

Основным методом очистки оборудования от отложений долгое время был принят химический метод. Химическая промывка теплообменников производится с помощью специальных реагентов и специальными установками, необходимыми для приготовления раствора реагента, придания ему нужной температуры очистки, подачи моющего средства в теплообменник и удаления его из агрегата. Промывка теплообменников осуществляется, как правило, за счет циркуляции реагента в нем на протяжении некоторого времени. Заканчивается очистка теплообменника промывкой.

Для снижения образования количества отложений следует проводить качественную подготовку воды. Чаще всего под этим понимается докотловая и внутрикотловая очистка воды от примесей и введение в нее реагентов, препятствующих протеканию коррозионных процессов и выпадению осадков. Если же этого недостаточно или не делается вовсе, то теплообменник спустя какое-то время необходимо подвергнуть очистке механическим или химическим методами.

Помимо применения физической силы или использования инструментов (скребки, щетки и др.) произвести очистку теплообменного оборудования можно с помощью струи воды, подающейся под давлением. Такой механический метод с применением гидравлики позволяет убрать накипь со всех деталей котла с наименьшей вероятностью их повреждения.

В настоящее время также достаточно часто используются химические методы – химические промывки. В частности, широкое применение для очистки поверхностей нагрева получил метод кислотной химической очистки ингибированной соляной кислотой с последующим щелочением. Однако при проведении химической очистки кислотой часть поверхности труб может очиститься раньше, и кислота будет реагировать с чистым металлом, подвергая его коррозии. Кроме этого возможно возникновение в трубах серьезных пробок из накипи. При кислотной очистке наличие таких пробок приводит к необходимости замены труб.

Анализ литературных данных показал, что для прекращения образования отложений на поверхностях греющих теплообменников возможно использовать гидродинамические свойства потока теплоносителя.

Известно, что ламинарное и турбулентное течение сказывается на скорости транспортировки воды, нефти, природного газа, влияет и на другие параметры. Течение воды при более низких скоростях, при которых перемешивания слоев не происходит, является ламинарным.

Турбулентное течение сопровождается интенсивным перемешиванием жидкости с пульсациями скоростей и давлений. Наряду с основным продольным перемещением жидкости наблюдаются поперечные перемещения и вращательные движения отдельных объемов жидкости. Вода в трубе «бурлит», тем самым смывая с внутренней поверхности все загрязнения, что в дальнейшем позволяет не дать осадкам осесть. Момент перехода из ламинарного в турбулентное течение определяется величиной, которая называется критической скоростью потока [4].

Практика показывает, что при течении воды по теплообменникам со скоростью выше 1,5–2,0 м/с образование отложений замедляется. Однако при этих условиях, с одной стороны, ухудшается процесс теплопередачи, а с другой – приходится использовать более мощные насосные агрегаты и затрачивать больше электроэнергии. В то же время при создании в теплообменнике турбулентного течения можно снизить скорость струи до 0,3–1,6 м/с, сохраняя при этом очищающие свойства потока [3].

В ряде случаев для получения турбулентного течения поток воды либо барботируют сжатым воздухом, либо обрабатывают звуком высокой интенсивности. Кроме этого турбулентность потока

можно вызвать более простыми методами, например, создав на внутренней поверхности трубы определенную степень шероховатости. Либо сделать рельефной, ребристой и волнистой поверхность канала, по которому течет вода, после чего теплообменник сможет стать способным к самоочистке.

Существует опыт изготовления теплообменных аппаратов из графита, который характеризуется устойчивостью к коррозии и высокой теплопроводностью [5]. Благодаря указанным качествам теплообменники данного типа можно достаточно широко использовать в химической промышленности. Основным элементом графитового аппарата является графитовый блок в форме параллелепипеда, где имеются непересекающиеся горизонтальные и вертикальные отверстия, предназначенные для движения теплоносителей. По горизонтальным отверстиям осуществляется двухходовое движение теплоносителя, которое возможно благодаря металлическим плитам по бокам. Конструкция блочного графитового теплообменника может включать больше одного блока.

Следует отметить, что в последние годы проблема отложений в оборудовании значительно обострилась на нефтехимических предприятиях, что связано не только с длительным сроком эксплуатации установок, но и с увеличением агрессивности перерабатываемой нефти (производится переработка сернистой и высокосернистой нефти), явной тенденцией возрастания объемов переработки.

Опыт работы отечественных нефтеперерабатывающих заводов показал, что при эффективной защите и качественной очистке теплообменного и нефтеперерабатывающего оборудования от отложений следует обратить особое внимание на причину отложений и борьбу с ними.

Признаками нарушения работы теплообменных аппаратов из-за наличия отложений являются:

- 1) снижение эффективности теплопередачи и увеличение гидравлического сопротивления ввиду загрязнения рабочих поверхностей различными отложениями;
- 2) смешение сред в аппарате теплоносителя за счет внутренней утечки среды, имеющей большее давление, в среду, имеющую меньшее давление (например, на установке первичной переработки нефти при анализе дистиллятора обнаруживаются следы нефти). Смешение теплоносителей может быть вызвано повреждением труб в результате возникновения отложений на поверхности теплообменников, нарушением плотности фланцевого соединения, а также соединения трубных пучков с трубными решетками;
- 3) снижение эффективности теплопередачи из-за потери плотности в разъёмных соединениях [4].

Для эффективной работы теплообменного оборудования требуется его периодическая и тщательная очистка. Обоснованный выбор метода очистки оборудования является ключевым моментом для современной защиты системы от последствий отложений в процессе переработки нефти. Это непосредственно связано с необходимостью снижения прямых затрат предприятия. Стоит отметить, что помимо прямых затрат, связанных с проблемой образования отложений и коррозии, существуют и иные затраты, которые не поддаются оценке. Например, возникновение аварийных ситуаций, связанных с выходом из строя оборудования, как следствие, возможное загрязнение окружающей среды (допустим при выходе из строя нефтеперерабатывающего оборудования), а также возможные ухудшения условий труда персонала предприятия.

Таким образом, анализ литературных источников и практики показал, что на предприятиях существует достаточно серьезная проблема загрязнения теплообменного оборудования и, как следствие, выхода его из строя. Это зачастую связано с проблемами недостаточной подготовки воды и тяжелыми условиями эксплуатации оборудования, что в конечном итоге может привести к значительному перерасходу топлива и электроэнергии. При движении горячей воды в тонких трубках теплообменников образуется накипь и отложения. Слой отложений всего в 1,5 мм увеличивает расход топлива примерно на 8–13 %. При длительной эксплуатации теплообменного оборудования такой слой может достичь толщины 5 мм. В результате перерасход топлива может составить более 30%. Если на стенках теплообменников после очистки остается хотя бы небольшой слой накипи, это приводит не только к снижению теплопроводности стенки труб, на таких поверхностях гораздо быстрее образуется новая накипь.

Во избежание крупных затрат и снижения издержек предприятий от процессов, связанных с образованием отложений в теплообменном оборудовании, необходимо серьезно подходить к вопросам получения качественной воды с минимальным содержанием минеральных веществ, что позволит снизить прямые и косвенные затраты на различных производствах [5].

Библиографический список

1. Громов С.Л., Пантелеев А.А. Современные технологии водоподготовки как средство снижения эксплуатационных расходов // Энергетик. 2012. № 10. С. 15–18.
2. Хушвактов Ш.Ш., Конюхов В.Ю. Использование газотурбинных электростанций для утилизации ПНГ // Байкальская наука: идеи, инновации, инвестиции: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Иркутск, 10 ноября 2017 г.). Иркутск: Изд-во ООО «Научное партнерство «Алекс»», 2017. С. 75–77.
3. Кузьменко А.П., Жуков Е.А., Верхотуров А.Д., Сокол И.В. О некоторых аспектах высококонцентрированного энергетического взаимодействия с поверхностными слоями. // Научно-технические и

социально-экономические проблемы развития Дальневосточного региона Российской Федерации: сб. тр. Региональной науч.-техн. конф. Хабаровск, 1996. С. 5–6.

4. Чемезов А.В., Стефановская О.М. Топливные элементы – перспективный вид энергопроизводящего оборудования // Молодежный вестник ИргТУ. 2017. № 3 (27). С. 18.

5. Водоподготовка: справочник для профессионалов / под ред. С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. 240 с.

6. Чупова М.В., Галковский В.А. Влияние качества воды на теплообменное оборудование // Энергетика. Информатика. Инновации – 2016: материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Смоленск, 24–25 ноября 2016 г.). В 3 т. Смоленск: Универсум, 2016. Т. 1. С. 204–207.