

## СОЗДАНИЕ КОНДЕНСАТОРА НОВОГО ТИПА НА БАЗЕ АППАРАТА С ВЕРТИКАЛЬНЫМИ КОНТАКТНЫМИ РЕШЕТКАМИ

*М.С. Лесухин, Л.Г. Григорян*

Самарский государственный технический университет  
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: mcles@yandex.ru

*Рассмотрены различные методы интенсификации теплопередачи при конденсации в теплообменных аппаратах нефтеперерабатывающей промышленности. Предложена конструкция нового конденсатора на базе аппарата с вертикальными контактными решетками. Рассмотрена экспериментальная установка для изучения процесса теплообмена в конденсаторе с вертикальными контактными решетками.*

**Ключевые слова:** конденсатор, интенсификация тепло- и массообмена, пленка конденсата, аппарат с вертикальными контактными решетками.

Совершенствование существующих и создание принципиально новых конструкций теплообменных аппаратов является одним из наиболее востребованных и перспективных направлений научного исследования в областях нефтепереработки и нефтехимии. Наибольшее применение в процессах конденсации нашли следующие типы аппаратов: конденсаторы воздушного охлаждения, кожухотрубчатые вертикальные и горизонтальные и пластинчатые конденсаторы.

Главным недостатком всех типов конденсаторов является образование на теплопередающей поверхности пленки конденсата, обладающей большим термическим сопротивлением, что существенно снижает коэффициент теплоотдачи от паров к стенке. Режим течения пленки на теплопередающей поверхности изменяется от ламинарного к волновому и далее турбулентному, что сильно отражается на эффективности теплообмена. Для снижения негативного влияния пленки конденсата на тепло- и массообмен при конденсации в промышленных аппаратах предложены и реализованы на практике следующие конструктивные и технологические решения [1-3].

1. Применение оребренных поверхностей. За счет действия сил поверхностного натяжения образующийся конденсат стекает во впадины, в результате чего на выступах остается пленка с минимальным термическим сопротивлением, а скопившийся во впадинах конденсат стекает с труб под действием силы тяжести.

2. Применение различных конструкций для отвода конденсата с теплопередающей поверхности (перегородок, пластин, желобов, колец).

3. Изгибание теплопередающей поверхности.

4. Завихрение и ускорение газовой фазы (для увеличения динамического воздействия пара на пленку конденсата).

---

*Работа проведена с использованием оборудования ЦКП «Исследование физико-химических свойств веществ и материалов» Самарского государственного технического университета при финансовой поддержке Минобрнауки России.*

*Михаил Сергеевич Лесухин, аспирант кафедры «Машины и аппараты химических производств».*

*Леон Гайкович Григорян (д.т.н., проф.), профессор кафедры «Машины и аппараты химических производств».*

5. Преобразование пленки в удобную для разбрызгивания форму.
6. Увеличение удельной поверхности конденсации за счет диспергирования образовавшегося конденсата.
7. Разрушение ламинарного пограничного слоя в пленке за счет воздействия на нее потока диспергированного конденсата.

Возможность реализации большинства из приведенных способов интенсификации конденсации в одном аппарате без существенного увеличения металлоемкости дает аппарат с вертикальными контактными решетками (АВР) и полыми зигзагообразными каналами. Принципиальная схема нового типа конденсатора приведена на рис. 1.

В аппарате организуется пленочное течение конденсата по вертикальным решеткам (сеткам), сквозь отверстия которых проходит паровой поток. Такая малоустойчивая форма течения жидкости позволит достичь многократного дробления конденсата при малых энергозатратах. Образующийся капельный поток не только увеличивает поверхность фазового контакта, но и возбуждает ламинарный подслоя пленки конденсата, ударяясь на большой скорости о стенки полого канала. В аппарате также достигается турбулизация газового потока за счет расположения контактной решетки в вертикальном зигзагообразном канале между двумя соседними полыми каналами с хладагентом. Данный эффект позволяет снизить негативное влияние наличия в составе паров инертного (неконденсирующегося) газа за счет снижения диффузионного сопротивления массопереносу [4].

Ранее проводилось исследование теплопередачи при пленочном и капельном орошении наклонной пластины [5], которое показало, что за счет возмущения вязкого подслоя пленки капельным потоком достигается увеличение коэффициента теплоотдачи от пластины в 3-4 раза (рис. 2). Данный эффект применим и для случая конденсации на поверхности пластины.

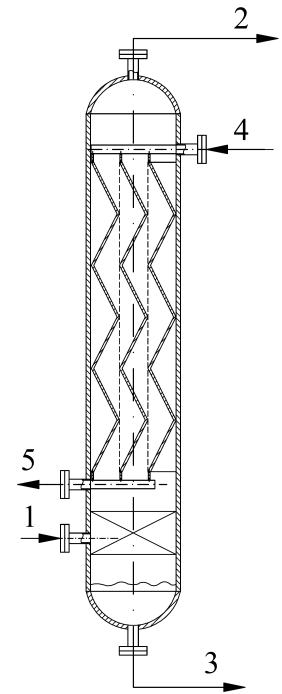


Рис. 1. Принципиальная схема конденсатора с вертикальными контактными решетками:  
1 – пар; 2 – неконденсированный газ; 3 – конденсат; 4 – вода холодная; 5 – вода обратная

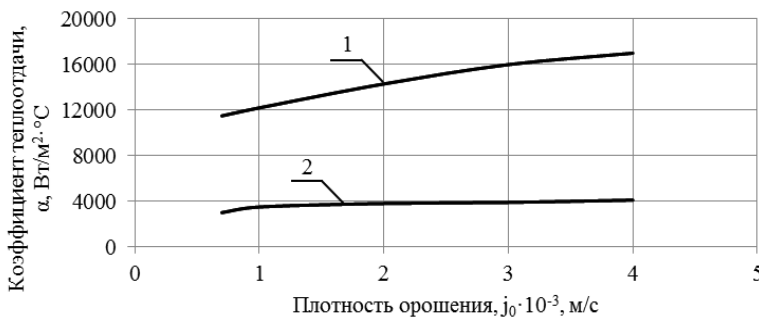


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплоотдачи от плотности орошения наклонной пластины:  
1 – капельное орошение; 2 – пленочное орошение

Изучение теплопередачи в рассматриваемом аппарате сводится к определению коэффициента теплоотдачи со стороны конденсирующегося пара по причине того,

что теплоотдача со стороны жидкого хладагента (воды) в канале прямоугольного сечения достаточно хорошо изучена.

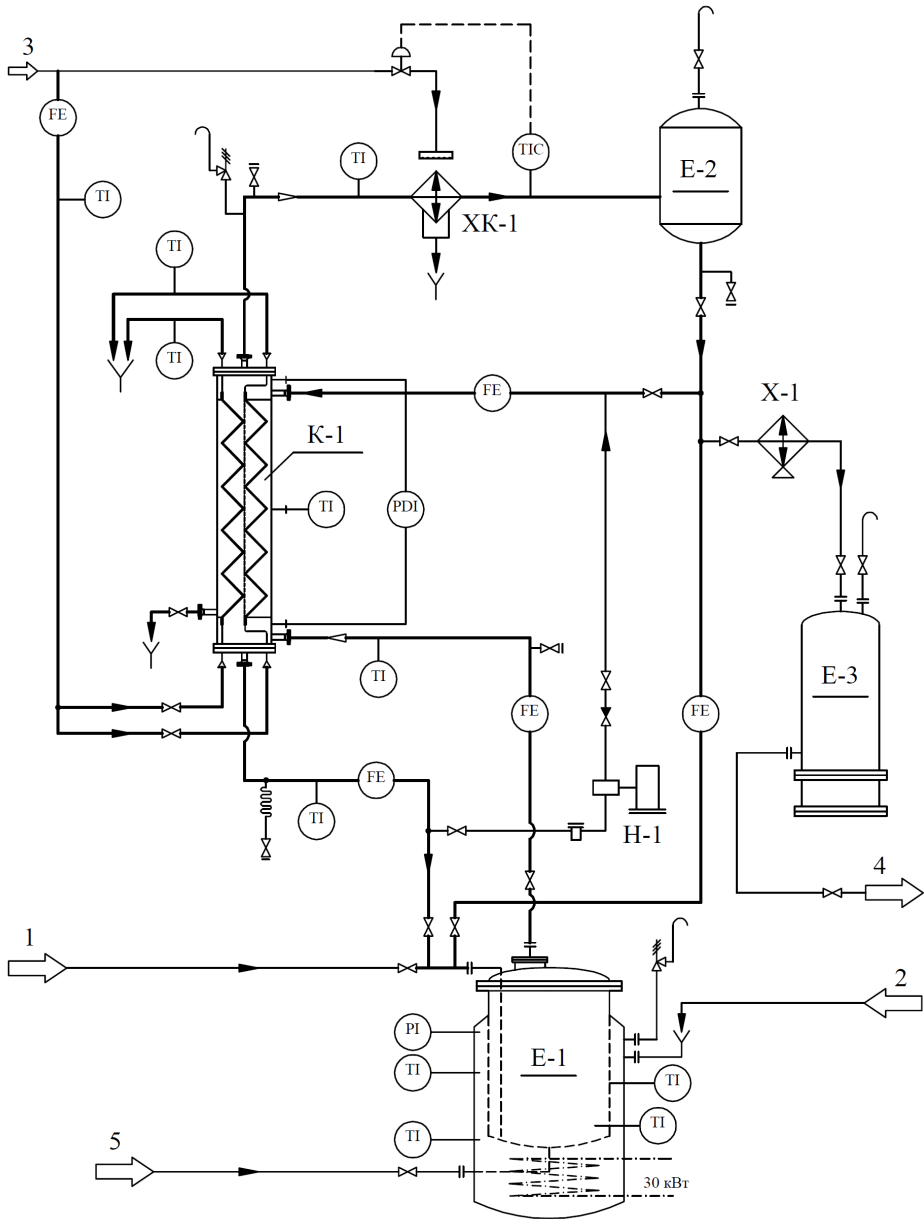


Рис. 3. Принципиальная схема опытной установки:

FE – замер расхода; PI – замер давления; PDI – замер перепада давления; TI – замер температуры; TIC – регулирование температуры

Для проведения исследования спроектирована и изготовлена опытная установка (рис. 3). Установка рассчитана на работу на смеси гексан/гептан или на тяжелой бензиновой фракции. Выбор рабочей смеси определен возможностью полной конденсации паров в водяном холодильнике XK-1.

Работа экспериментальной установки предусмотрена по замкнутой схеме. Рабочая смесь 1 нагревается в кубе E-1 за счет электронагревателей, встроенных в рубашку с органическим теплоносителем 2. Образующиеся пары направляются в кон-

денсатор с вертикальными контактными решетками К-1, где частично конденсируются. В полые каналы конденсатора подается холодная вода 3.

Конденсат стекает обратно в куб Е-1, несконденсированные пары поступают в оросительный конденсатор ХК-1, где полностью конденсируются. Конденсат из ХК-1 поступает в емкость-делитель Е-2, откуда часть конденсата в качестве флегмы возвращается в конденсатор К-1, остальной конденсат возвращается в куб Е-1. Предусмотрена возможность отбора конденсата 4 из Е-2 через холодильник Х-1 в приемник Е-3. Замкнутая схема работы установки предусмотрена с целью установления постоянства состава паров на входе в конденсатор К-1. Также предусмотрена возможность подачи горячего орошения в конденсатор К-1 с помощью насоса Н-1. В куб Е-1 предусмотрена подача инертного газа 5 для изучения влияния инерта на процесс теплопередачи.

Дальнейшими целями исследования являются:

- математическое описание теплопередачи в рассматриваемом аппарате;
- проведение серии экспериментов для оценки полученной математической модели;
- оценка фракционирующей способности рассматриваемого конденсатора.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.с. 305896 СССР, МКИ В 01 D 3/28. Теплообменный аппарат / Р.Х. Мухутдинов, М.Н. Ягудин, А.Н. Кузнецов, В.Б. Нестеренко, Л.А. Шилов, А.П. Литвин, И.Х. Турецкий, С.Н. Сидяков // (СССР) № 1363946 / 23-26; Заяв. 08.09.69; Опубл. 11.06.71, Бюл. № 19. 3 с.
2. А.с. 1764664 СССР, МКИ В 01 D 3/30. Теплообменный аппарат / Э.М. Орымбетов, О.М. Кирасиров, В.Г. Голубев // (СССР) № 4863642/26; Заяв. 04.09.30; Опубл. 30.09.92, Бюл. № 36. 3 с.
3. А.с. 1681164 СССР, МКИ F 28 D 7/02. Селективный модульный конденсатор / И.П. Ефременко, В.В. Куговой, А.А. Ерин, Г.А. Сумалинский, А.М. Остренко // (СССР) № 4698979/26; Заяв. 11.04.89; Опубл. 30.09.91, Бюл. № 36. 3 с.
4. Григорян Л.Г., Лесухин С.П., Тимонин А.В. Тепло- и массообмен при конденсации пара в присутствии неконденсирующегося газа в неадиабатических аппаратах с вертикальными контактными решетками (АВР) // Теплообмен ММФ-96. Том 11. Теплообмен в химико-технологических устройствах. – Минск: АНК «ИТМО им. А.В. Лыкова» АНБ, 1996. – С. 42-45.
5. Григорян Л.Г. Гидродинамика, массо- и теплообмен при взаимодействии жидкости и газа на вертикальных контактных решетках колонных аппаратов: Дис. ... докт. техн. наук. – Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1986. – 333 с.

Статья поступила в редакцию 20 февраля 2013 г

## CREATING A CONDENSER OF A NEW TYPE ON THE BASIS OF A VESSEL WITH VERTICAL CONTACT GRIDS

*M.S. Lesukhin, L.G. Grigoryan*

Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

*The main methods of condensation heat transfer enhancement in heat exchangers of oil refining industry are analyzed in the paper. The design of a new condenser on the basis of a vessel with vertical contact grids is suggested. A laboratory unit for the analysis of heat exchange in condenser with vertical contact grids is considered.*

**Keywords:** *condenser, enhancement of heat- and mass transfer, condensate film, vessel with vertical contact grids.*

---

*Mikhail S. Lesukhin, Postgraduate student.  
Leon G. Grigoryan (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.*