

Щербин Сергей Анатольевич,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: dekan_ftk@angtu.ru

Коряченко Антон Олегович,

магистрант, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: koriachenkoanton@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООТДАЧИ В ВОЗДУШНОМ КОНДЕНСАТОРЕ ПРОПАНА

Shcherbin S.A., Koriachenko A.O.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF HEAT TRANSFER IN THE PROPANE AIR CONDENSER

Аннотация. Рассмотрен вариант реконструкции аппарата воздушного охлаждения, предназначенного для конденсации пропана, с целью повышения интенсивности теплоотдачи от наружной поверхности оребренных труб к атмосферному воздуху.

Ключевые слова: аппарат воздушного охлаждения, коэффициент оребрения.

Abstract. A variant of reconstruction of the tube bundle of an air-cooling apparatus designed for propane condensation is considered in order to increase the intensity of heat transfer from the outer surface of finned tubes to atmospheric air.

Keywords: air cooling, coefficient of finning.

Технологические установки действующих нефтеперерабатывающих предприятий Восточно-Сибирского региона России – это, в основном, крупнотоннажные мощности, построенные в большинстве случаев много лет назад и не отвечающие современным требованиям по качеству продукции, безопасности, уровню автоматизации управления процессами и т.д.

Одним из основных видов технологического оборудования на нефтеперерабатывающих, нефтехимических, химических и смежных с ними производствах является теплообменная аппаратура, доля которой составляет примерно 30-40 % от всего оборудования. Значительную долю теплообменных аппаратов составляет конденсационно-холодильная аппаратура, в частности – аппараты воздушного охлаждения (АВО), предназначенные для конденсации паров и охлаждения высокотемпературных жидких продуктов. Особенно они получили распространение на пожаро- и взрывоопасных производствах, поскольку существенная доля теплоты (до 30 %) в этих аппаратах снимается посредством естественной конвекции атмосферного воздуха, что является решающим фактором при аварийных ситуациях, например при отключении электрической энергии.

Известно, что использование атмосферного воздуха в качестве теплоносителя ограничено малой величиной коэффициента теплоотдачи от теплообменной поверхности к воздуху. Так, в АВО коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности труб к воздуху значительно меньше коэффициента теплоотдачи от технологической среды к внутренней поверхности труб. Поэтому, для по-

вышения эффективности АВО за счет увеличения коэффициента теплоотдачи к воздуху и площади поверхности теплообмена, наружную поверхность теплообменных труб выполняют оребренной. Наиболее часто используются монометаллические алюминиевые трубы с накатанным винтовым ребром (рисунок 1, а), либо биметаллические (рисунок 1, б), состоящие из внутренней гладкой трубы (стальной или латунной) и наружной алюминиевой трубы с накатанным винтовым ребром.

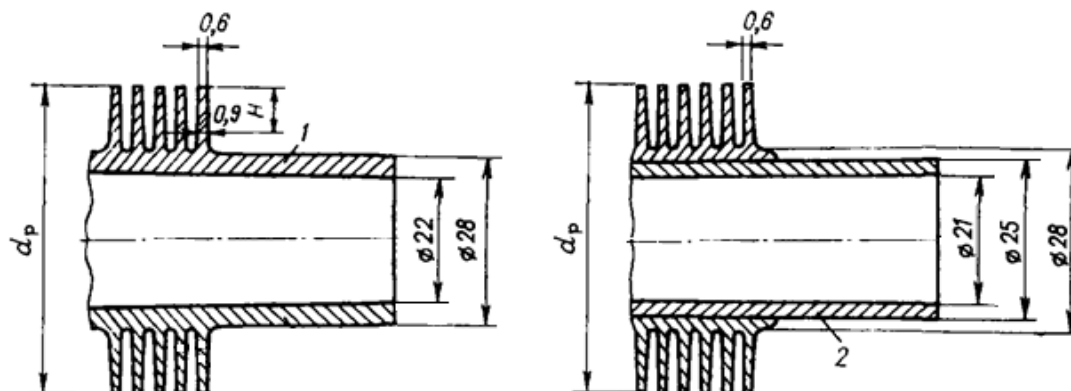


Рисунок 1 – Оребренная теплообменная труба АВО:
1 – монометаллическая (алюминиевая); 2 – биметаллическая

Соответственно, важной характеристикой трубного пучка АВО является коэффициент оребрения K_{op} , рассчитываемый как отношение площадей наружных поверхностей оребренной и неоребреной (гладкой) трубы.

В настоящее время на российских нефтеперерабатывающих предприятиях используется много аппаратов воздушного охлаждения с низкими коэффициентами оребрения труб – 9 и 14,6, вследствие чего наблюдается низкий теплосъем. Повысить эффективность теплоотдачи к воздушному потоку можно увеличением коэффициента оребрения теплопередающих труб при сохранении существующего расхода энергии на движение воздуха. При таком подходе посредством модернизации существующего оборудования решается актуальная задача энерго- и ресурсосбережения.

В данной работе приведены результаты сравнения интенсивности теплоотдачи от наружной поверхности теплообменных труб к воздуху при разных значениях коэффициента оребрения. В качестве объекта исследования был выбран аппарат воздушного охлаждения (рисунок 2), предназначенный для конденсации и последующего охлаждения пропана на установке ГФУ-1 цеха 17/19 АО "АНХК". Условное обозначение аппарата АВГ-9-Ж-2,5-Б1-В3/8-8-4 означает следующее: аппарат воздушного охлаждения с горизонтальным расположением теплообменных секций; с коэффициентом оребрения труб 9,0; с жалюзи; рассчитанный на условное давление 2,5 МПа; с материальным исполнением секций Б1; с двигателем типа В3; с числом рядов труб 8; с числом ходов по трубам в секции 8 и длиной труб 4 м.

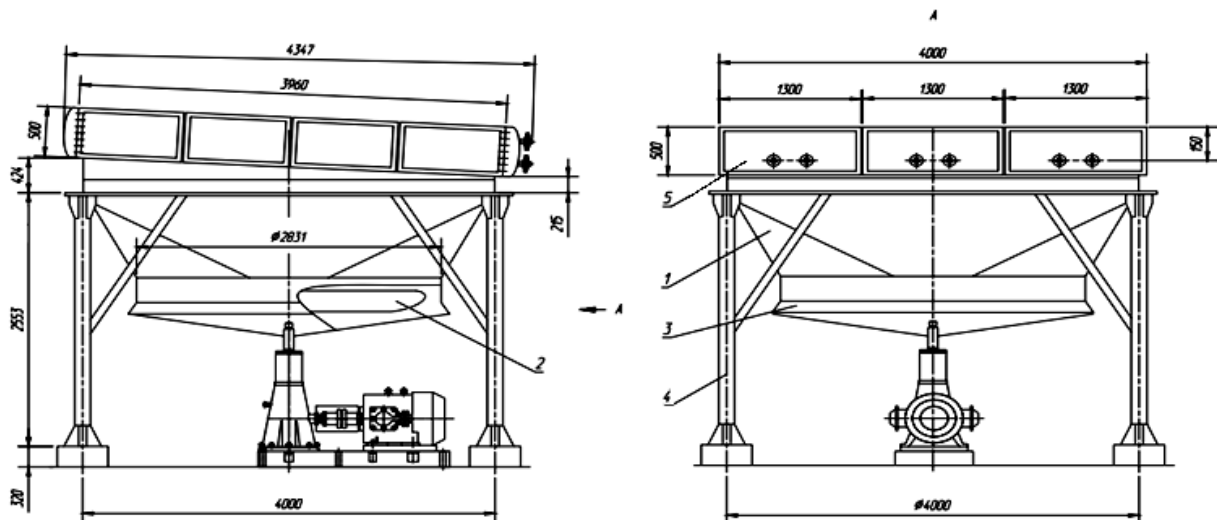


Рисунок 2 – Горизонтальный аппарат воздушного охлаждения:

- 1 – воздухораспределительная камера; 2 – осевой вентилятор; 3 – диффузор;
4 – опорная стойка; 5 – теплообменная секция

В таблице 1 приведены рассчитанные при разных коэффициентах оребрения теплообменных труб значения следующих параметров:

- площади сечения межтрубного пространства f_{MT} :

$$f_{MT} = z_c b (L - 2\delta_p) f_c,$$

где z_c – число параллельных секций, через которые проходит воздух; b – рабочая ширина просвета в секции, м; L – длина труб, м; δ_p – толщина трубной решетки, м; f_c – относительное свободное сечение секции;

- скорости воздуха в узком сечении пучка труб W_B ;

- коэффициента теплоотдачи от стенки трубы к воздуху α_B :

$$\alpha_B = C_2 \lambda_B (W_B \rho_B / \mu_B)^{0,65} Pr^{0,35},$$

где $0,45 \leq C_2 \leq 0,5$ – коэффициент, принимаемый в зависимости от значения K_{op} ; λ_B , ρ_B , μ_B , Pr – соответственно коэффициент теплопроводности, плотность, коэффициент динамической вязкости и критерий Прандтля для воздуха при средней температуре. Начальная расчетная температура воздуха принимается на 2-3 °С выше средней июльской температуры, конечная – в зависимости от температуры охлаждаемой жидкости, но не более 60 °С;

- приведенного коэффициента теплоотдачи от наружной поверхности условно неоребранных труб к воздуху $\alpha_{пр}$:

$$\alpha_{пр} = C_1 \alpha_B,$$

где $0,44 \leq C_1 \leq 0,83$ – коэффициент, принимаемый в зависимости от K_{op} ;

- произведения $\alpha_{пр} K_{op}$, по величине которого оценивалась интенсивность теплоотдачи от наружной поверхности оребренной трубы к воздуху.

В соответствии с использованной методикой [1, 2], максимальное значение произведения $\alpha_{пр} K_{op}$ соответствует оптимальному значению коэффициента оребрения. Результаты расчетов также иллюстрирует рисунок 3.

Таблица 1

Результаты расчета процесса теплоотдачи от поверхности оребренного трубного пучка к воздуху при разных коэффициентах оребрения

| $K_{ор}$ | f_{MT}, M^2 | $W_B, M/C$ | $\alpha_B, Bт/(M^2 \cdot K)$ | $\alpha_{пр}, Bт/(M^2 \cdot K)$ | $\alpha_{пр}K_{ор}, Bт/(M^2 \cdot K)$ |
|----------|---------------|------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| 9 | 5,75 | 10,9 | 72,3 | 60,0 | 540 |
| 11 | 5,48 | 11,43 | 73,1 | 56,1 | 617,1 |
| 13 | 5,29 | 11,85 | 73,9 | 51,9 | 674,7 |
| 14,6 | 5,14 | 12,19 | 74,5 | 48,4 | 706,6 |
| 15 | 5,11 | 12,27 | 74,6 | 47,75 | 716,3 |
| 17 | 4,84 | 12,95 | 75,9 | 43,4 | 737,8 |
| 19 | 4,66 | 13,45 | 76,2 | 38,7 | 735,3 |
| 21 | 4,42 | 14,18 | 78,00 | 34,4 | 722,4 |

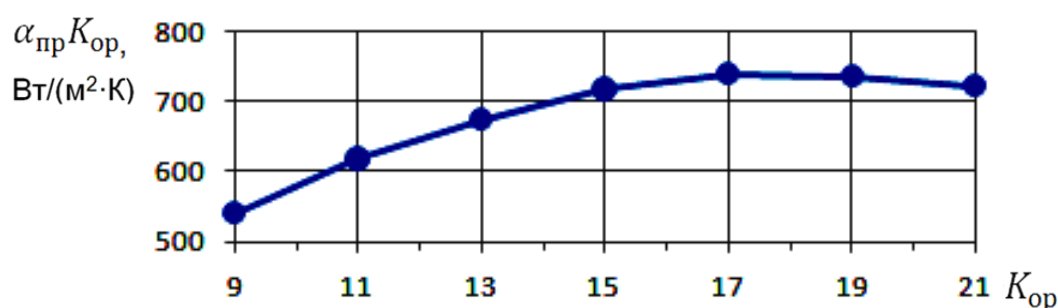


Рисунок 3 – Зависимость интенсивности теплоотдачи на наружной поверхности оребренной трубы ($\alpha_{пр}K_{ор}$) от коэффициента оребрения ($K_{ор}$)

При коэффициенте оребрения $K_{ор}=17$ произведение $\alpha_{пр}K_{ор}$ имеет наибольшее значение 737,8 Вт/(м²·К), то есть теплоотдача от наружной поверхности труб к воздуху в этом случае будет наиболее интенсивной.

Переоборудование подобных узлов конденсации и охлаждения на нефтеперерабатывающих производствах приведет к повышению эффективности теплообменных аппаратов, а также позволит отказаться от дополнительного оборудования для охлаждения продукции, что в настоящее время так важно для нефтехимической промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербин С.А., Никитина И.А. Теплоотдача от наружной поверхности труб в аппаратах воздушного охлаждения // Вестник АНГТУ. 2017. № 11. С. 115-118.
2. Щербин С.А., Никитина И.А. Оптимальный коэффициент оребрения трубного пучка воздушного конденсатора паров бензина // Сборник научных трудов АНГТУ. 2019. С. 157-161.
3. Щербин С.А., Коряченко А.О. Повышение эффективности теплоотдачи в аппаратах воздушного охлаждения // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2021. С. 105-106.