

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов, Б. И. Введение в химию и технологию органических красителей / Б.И. Степанов. – М.: Химия, 1984. – 589 с.
2. Андросов, В. Ф. Синтетические красители в легкой промышленности / В.Ф. Андросов, И.Н. Петрова. – М.: Легпромбыт-издат, 1989. – 467 с.
3. Бородкин В.Ф. Химия красителей / В.Ф. Бородкин. – М.: Химия, 1981 – 284 с.
4. Преч, Э. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных / Э. Преч, Ф. Бюльманн, К. Афвольтер. – М.: Мир, 2006. – 438 с. – ISBN 5-03-003586-9
5. Ершов, Б.А. Спектроскопия ЯМР в органической химии / Б.А. Ершов. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1995. – 263 с. – ISBN 5-288-01272

УДК 536.24:66.045.122

*Щербин Сергей Анатольевич,**к.т.н., доцент, декан факультета технической кибернетики,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,**e-mail: dekan_fik@angtu.ru**Глотов Валерий Андреевич,**обучающийся гр. ТМм-24-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: valera.glotov.2002@mail.ru*ВАРИАНТ РЕКОНСТРУКЦИИ УЗЛА КОНДЕНСАЦИИ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА
ДИХЛОРЕТАНА*Shcherbin S.A., Glotov V.A.*A VARIANT OF RECONSTRUCTION OF THE CONDENSATION UNIT OF PYROLYSIS
PRODUCTS OF DICHLOROETHANE

Аннотация. Рассматривается вариант решения проблемы низкой эффективности конденсации пара и последующего охлаждения конденсата винила хлористого в кожухотрубчатом аппарате.

Ключевые слова: кожухотрубчатый конденсатор, реконструкция теплообменного аппарата.

Abstract. A solution to the problem of low efficiency of steam condensation and subsequent cooling of vinyl chloride condensate in a shell-and-tube apparatus is considered.

Keywords: shell-and-tube condenser, reconstruction of the heat exchanger.

Поливинилхлорид (ПВХ) – это универсальный полимер, из которого получают огромный спектр пластмассовых изделий, как пластифицированных, так и непластифицированных. Большое количество пластифицированного полимера используется для изготовления изоляции и оболочек электропроводов, кабелей, гибких пленок, листов и труб, используемых в строительстве, сельском хозяйстве и других отраслях. Изоляционные материалы на основе ПВХ отличаются малой чувствительностью к действию влаги и высокой стабильностью в условиях эксплуатации.

Широкое применение пластифицированный ПВХ находит в производстве пластиков в сочетании со сталью, алюминием, медью и другими металлами. Из таких пластиков изготавливаются щиты управления,

детали машин, корпуса телевизоров, компьютеров и т.д.

Цех получения винила хлористого входит в состав производства ПВХ АО "Саянскхимпласт". Получение винила хлористого осуществляется методом пиролиза дихлорэтана при температуре 460-520 °С и давлении 2,2-4,0 МПа с последующей закалкой продуктов пиролиза в ректификационной колонне. Газообразные продукты, состоящие из несконденсированного винилхлорида, хлористого водорода и дихлорэтана, из головной части колонны закалки поступают в конденсатор.

В настоящее время для конденсации и последующего охлаждения паров используется горизонтальный двухходовой кожухотрубчатый теплообменник с неподвижными трубными решетками (рисунок 1). Пар пода-

ется в трубы, а вода в межтрубное пространство.

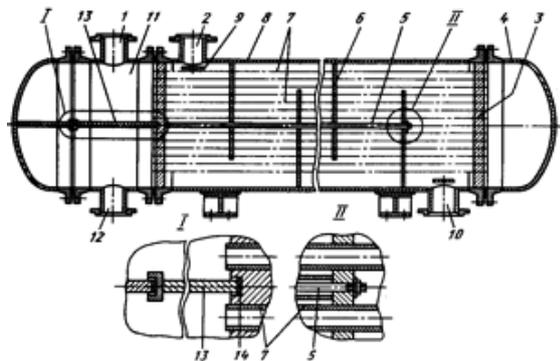


Рисунок 1 – Кожухотрубчатый конденсатор:
 1, 2 – штуцера для ввода пара и охлаждающей воды; 3 – трубная решетка; 4 – крышка; 5 – стяжка; 6 – сегментная перегородка; 7 – трубы; 8 – кожух; 9 – отбойник; 10, 12 – штуцера для отвода воды и конденсата; 11 – распределительная камера; 13 – перегородка; 14 – прокладка

При расчетном давлении 2,2 МПа температура насыщенных паров, поступающих в конденсатор, составляет 230 °С. После конденсации жидкость охлаждается до 40 °С.

В качестве холодного теплоносителя в конденсаторе используется оборотная вода, температура которой изменяется от 20 до 35 °С.

Эффективность охлаждения оборотной воды в градирнях зависит от времени года. Например, при средней температуре атмосферного воздуха 23 °С температура оборотной воды на входе в теплообменное оборудование составляет около 28 °С, а при большей температуре воздуха может достигать 32 °С вместо принимаемых при проектных расчетах 20-25 °С. При таких значениях температур движущая сила процесса теплообмена существенно уменьшается.

Зачастую эта проблема решается за счет существенного увеличения расхода охлаждающей воды. Очевидно, что такой подход приводит к значительному увеличению затрат электроэнергии на работу насосов [1].

После модернизации, связанной с увеличением производительности установки, тепловая нагрузка на конденсатор возросла. Это привело к снижению эффективности аппарата, что проявилось в неполной конденсации паров и недостаточном охлаждении конденсата. Поэтому возникла необходи-

мость выполнения поверочного теплового расчета конденсатора для выявления проблем и обоснованного выбора варианта его реконструкции.

Коэффициенты теплоотдачи рассчитывались по уравнению:

$$\alpha = Nu \cdot \lambda / l,$$

где Nu – критерий Нуссельта, характеризующий интенсивность теплообмена на границе твердое тело-жидкость (газ); λ – коэффициент теплопроводности теплоносителя, Вт/(м·К); l – определяющий линейный размер поверхности теплообмена, м. В качестве l , как правило, принимается длина или диаметр (эквивалентный диаметр) поверхности.

Критерий Нуссельта при пленочной конденсации пара внутри горизонтальных труб рассчитывался по уравнению [2]:

$$Nu_{\text{кон}} = a Re_{\text{пл}}^{0,5} \left(\frac{\sigma}{\rho_{\text{п}} g d_1^2} \right)^{0,3} \left(\frac{l}{d_1} \right)^{0,35},$$

где a – коэффициент (при конденсации паров органических жидкостей $a = 0,36$); σ – поверхностное натяжение, Н/м; $\rho_{\text{п}}$ – плотность пара при рабочем давлении, кг/м³; d_1, l – соответственно внутренний диаметр и длина теплообменных труб, м; $Re_{\text{пл}}$ – критерий Рейнольдса для пленки конденсата:

$$Re_{\text{пл}} = \frac{4\Gamma}{\mu},$$

где μ – вязкость конденсата, Па·с; Γ – плотность орошения, кг/(с·м):

$$\Gamma = \frac{G_{\text{п}}}{\Pi},$$

где $G_{\text{п}}$ – массовый расход пара, кг/с; Π – полный периметр поперечного сечения поверхности, по которой движется пленка конденсата, м. Для кожухотрубчатых теплообменных аппаратов

$$\Pi = \frac{\pi d_1 n}{z},$$

где n – количество труб; z – число ходов по трубам.

Критерии Нуссельта для конденсата в зоне охлаждения (трубное пространство) и для охлаждающей воды (межтрубное пространство) при турбулентных режимах движения потоков рассчитывались, соответственно, по упрощенным выражениям:

$$Nu_{\text{охл}} = 0,021 \cdot Re_{\text{к}}^{0,8} \cdot Pr_{\text{к}}^{0,43};$$

$$Nu_{\text{в}} = 0,126 \cdot Re_{\text{в}}^{0,65} \cdot Pr_{\text{в}}^{0,36},$$

где $Re_{\text{к}}, Re_{\text{в}}$ – критерии Рейнольдса для конденсата и для охлаждающей воды;

Pr_k, Pr_v – критерии Прандтля для конденсата и для охлаждающей воды.

В результате поверочного расчета значения коэффициентов теплоотдачи для теплоносителей составили:

– для пара, конденсирующегося в трубном пространстве

$$\alpha_{\text{кон}} = 622 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К});$$

– для конденсата в зоне охлаждения

$$\alpha_{\text{охл}} = 394 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К});$$

– для воды в межтрубном пространстве

$$\alpha_v = 7661 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}).$$

Видно, что интенсивность теплоотдачи в межтрубном пространстве на порядок больше, чем в трубном.

Далее определялись коэффициенты теплопередачи для зоны конденсации и охлаждения:

$$K = 1/(1/\alpha_1 + R_1 + \delta/\lambda_{\text{ст}} + R_2 + 1/\alpha_2),$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от горячего теплоносителя к стенке теплообменной поверхности, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$. Принимается равным $\alpha_{\text{кон}}$ или $\alpha_{\text{охл}}$; R_1 и R_2 – термические сопротивления загрязнений на поверхностях стенки, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$; δ – толщина стенки поверхности теплопередачи, м; $\lambda_{\text{ст}}$ – коэффициент теплопроводности материала стенки, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $\alpha_2 = \alpha_v$ – коэффициент теплоотдачи от стенки к холодному теплоносителю (воде), $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$.

Коэффициенты теплопередачи для зон конденсации и охлаждения соответственно составили:

$$K_{\text{кон}} = 438 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К});$$

$$K_{\text{охл}} = 320 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}).$$

Площади поверхностей теплопередачи зон конденсации и охлаждения определялись по выражению: $F = Q/(K\Delta t_{\text{ср}})$, где Q – мощность теплового потока, Вт; $\Delta t_{\text{ср}}$ – средняя разность температур теплоносителей, К.

В результате расчета общая площадь поверхности теплообмена, необходимая для конденсации и последующего охлаждения паровой смеси составила $F_{\text{общ}} = 316 \text{ м}^2$. При этом фактическая площадь поверхности конденсатора составляет $F_{\text{факт}} = 208 \text{ м}^2$, что недостаточно.

Для устранения выявленных проблем предлагается установить дополнительные перегородки в распределительных камерах конденсатора для увеличения числа ходов по трубному пространству, повышения коэффициентов теплоотдачи от пара в зоне конденса-

ции и от жидкости в зоне охлаждения конденсата и, соответственно, коэффициента теплопередачи в аппарате. Предложено увеличить число ходов по трубам с 2 до 4.

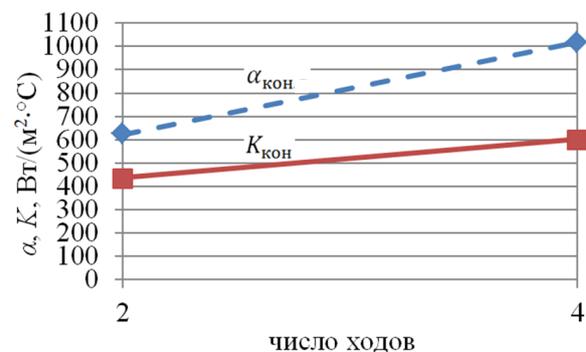


Рисунок 2 – Зависимость коэффициентов теплоотдачи $\alpha_{\text{кон}}$ и теплопередачи $K_{\text{кон}}$ в зоне конденсации от числа ходов по трубам

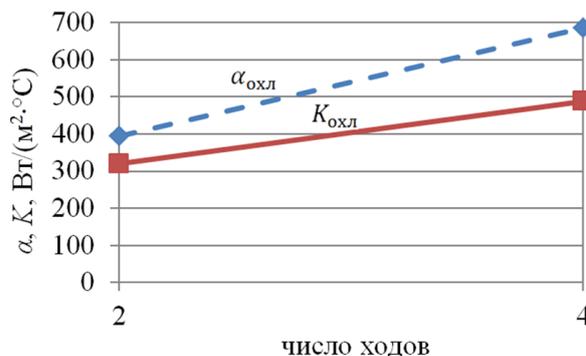


Рисунок 3 – Зависимость коэффициентов теплоотдачи $\alpha_{\text{охл}}$ и теплопередачи $K_{\text{охл}}$ в зоне охлаждения от числа ходов по трубам

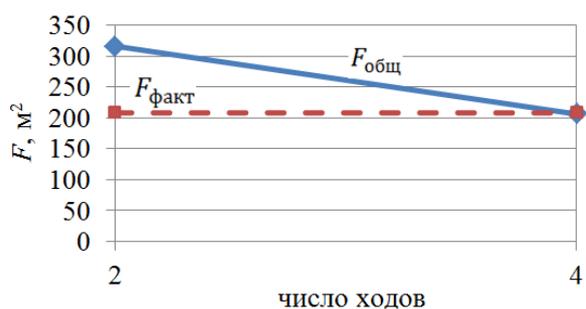


Рисунок 4 – Зависимость общей площади поверхности теплообмена конденсатора $F_{\text{общ}}$ от числа ходов по трубам

Был выполнен тепловой расчет четырехходового конденсатора, основные результаты которого приведены на рисунках 2-4. Значения коэффициентов теплоотдачи от горячего теплоносителя составили:

– для пара, конденсирующегося в трубном пространстве

$$\alpha_{\text{кон}} = 1018 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К});$$

– для конденсата в зоне охлаждения

$$\alpha_{\text{охл}} = 686 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}).$$

Коэффициенты теплопередачи для зон конденсации и охлаждения для четырехходового конденсатора соответственно составили:

$$K_{\text{кон}} = 603 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К});$$

$$K_{\text{охл}} = 488 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}).$$

Требуемая для конденсации и последующего охлаждения паровой смеси площадь поверхности теплообмена четырехходового аппарата составила $F_{\text{общ}} = 206 \text{ м}^2$, что не превышает фактической площади поверхности.

Видно, что при числе ходов по трубному пространству равном 2 не выполняется

условие $F_{\text{общ}} < F_{\text{факт}}$ (рисунок 4), что объясняет недостаточную эффективность действующего конденсатора. С увеличением числа ходов это условие выполняется за счет существенного увеличения коэффициентов теплоотдачи от теплоносителя в трубном пространстве и коэффициентов теплопередачи.

Таким образом, по результатам расчетов можно сделать вывод, что изменение числа ходов паровой смеси по трубному пространству с 2 до 4 является рациональным вариантом реконструкции аппарата. Такая модернизация не потребует существенных материальных затрат и позволит решить актуальную для предприятия проблему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щербин, С. А. Определение эксплуатационных затрат на кожухотрубчатый теплообменник / С. А. Щербин, А. А. Глотов // Сборник научных трудов АнГТУ. – 2020. – № 17. – С. 140-144.

2. Иоффе, И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / И. Л. Иоффе. – Ленинград : Химия, 1991. – 351 с.

УДК 66.063.8

Щербин Сергей Анатольевич,
к.т.н., доцент, декан факультета технической кибернетики,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: dekan_fik@angtu.ru

Глотов Валерий Андреевич,
обучающийся гр. ТМм-24-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: valera.glotov.2002@mail.ru

О СОВМЕЩЕНИИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И ДИСПЕРГИРОВАНИЯ

Shcherbin S.A., Glotov V.A.

ON THE COMBINATION OF MIXING AND DISPERSION PROCESSES

Аннотация. Рассматриваются особенности применения диссольверов для совмещения процессов перемешивания и диспергирования.

Ключевые слова: диссольвер, перемешивание, измельчение, диспергирование, гомогенизация.

Abstract. The features of the use of dissolvers for combining mixing and dispersion processes are considered.

Keywords: dissolver, mixing, grinding, dispersion, homogenization.

Перемешивание широко применяется в химической и других отраслях промышленности для получения однородных смесей, а также для увеличения поверхности контакта фаз при проведении химических реакций,

массообменных процессов и для интенсификации теплообмена.

Выбор способа перемешивания и аппаратуры для его проведения определяется целью перемешивания, агрегатным состоянием и свойствами перемешиваемых материалов,