

**Подоплелов Евгений Викторович,**

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

e-mail: uch\_sovet@angtu.ru

**Дементьев Анатолий Иванович,**

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

e-mail: anatdementev@mail.ru

**Король Максим Николаевич,**

магистрант, Ангарский государственный технический университет

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕСОРБЦИОННОЙ КОЛОННЫ УСТАНОВКИ ВОДНОЙ ОТМЫВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГАЗОВ ОТ АММИАКА И АМИНОВ**

**Podoplelov E.V., Dement'ev A.I., Korol' M.N.**

## **DESIGNING THE DESORPTION COLUMN FOR THE INSTALLATION OF WATER WASHING OF TECHNOLOGICAL GASES FROM AMMONIA AND AMINES**

**Аннотация.** В работе предлагается реконструкция технологической схемы водной отмывки газовой смеси от аммиака и аминов, для новой схемы очистки спроектирована десорбционная колонна.

**Ключевые слова:** абсорбция, десорбция, аммиак, амины.

**Abstract.** The paper proposes the reconstruction of the technological scheme of water washing of the gas mixture from ammonia and amines, a desorption column has been designed for a new purification scheme.

**Keywords:** absorption, desorption, ammonia, amines.

Разделение реакционной смеси с извлечением монометиламина, диметиламина, триметиламина и метилового спирта производится методом ректификации. Получаемые после процесса ректификации технологические газы, в состав которых входят амины, аммиак, оксид углерода, метан и азот, необходимо утилизировать с целью снижения выбросов вредных веществ в атмосферу. Более полное извлечение аммиака и аминов из технологических газов и возвращение их в схему ректификации позволит повысить эффективность работы установки. Извлечение аммиака и аминов из газовой смеси производится путем водной отмывки технологических газов в последовательно расположенных абсорбционных колоннах поз. 200 и 200А (рисунок 1) установки 71/72 цеха 39/71 производства АО «Ангарская нефтехимическая компания». В действующей схеме абсорбент с извлеченными газами направляется в последовательно расположенные колонны на ректификацию и далее на биологическую очистку сточных вод. С целью совершенствования процесса и снижения расхода абсорбента предлагается дооборудовать технологическую схему водной отмывки газовой смеси десорбционной колонной поз. 1, насосами, теплообменниками поз. 3, 4, сепаратором поз. 5, в этом случае будет обеспечиваться замкнутый цикл по абсорбенту (рисунок 1).

Насыщенный абсорбент перед подачей в десорбционную колонну поз. 1 нагревается в теплообменнике поз. 3 за счет теплоты очищенного абсорбента,

выходящего с низа колонны поз. 1, что позволяет сэкономить значительное количество теплоты и пара. Далее насыщенный абсорбент с температурой около 80 °С поступает на орошение в десорбционную насадочную колонну поз. 1, куб

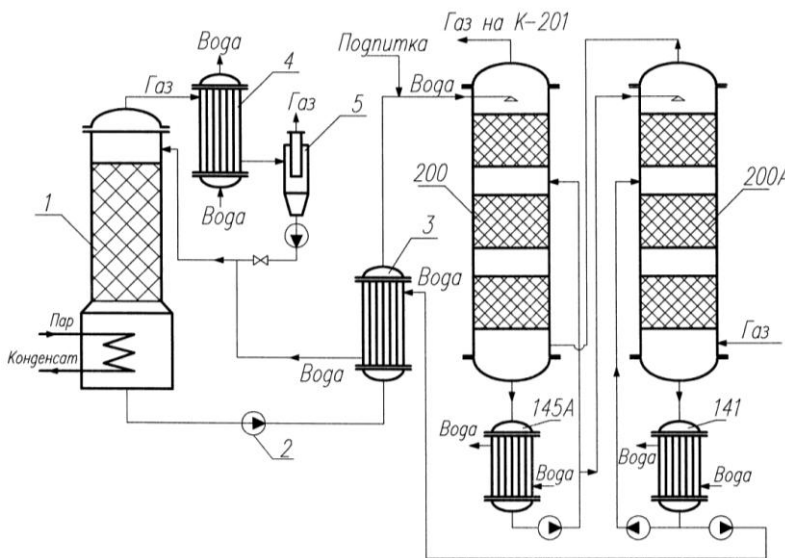


Рисунок 1 – Технологическая схема установки водной отмывки газовой смеси от аммиака и аминов

Водяной конденсат после сепаратора возвращается в колонну 1.

В работе выполнены расчеты десорбционной колонны, предназначенной для выделения из абсорбента (воды) аммиака и аминов, по результатам расчетов определены основные габаритные размеры (диаметр и высота рабочей части) колонны. Расчеты производились по методике, приведенной в источнике [1]. В качестве контактных устройств выбраны керамические кольца Рашига размером 35×35×4 мм, уложенные «внавал» и имеющие следующие характеристики: удельная поверхность насадки  $f=200 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , свободный объем  $\varepsilon=0,74 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , эквивалентный диаметр  $d_3=0,015 \text{ м}$ . Предельная фиктивная скорость пара в точке захлёбывания (инверсии)  $\omega_{пр}$  рассчитывалась по следующей зависимости:

$$\lg \left( \frac{\omega_{пр}^2 \cdot f \cdot \rho_y \cdot \mu_x^{0,16}}{g \cdot \varepsilon^3 \cdot \rho_x} \right) = A - 1,75 \cdot \left( \frac{L}{G} \right)^{0,25} \cdot \left( \frac{\rho_y}{\rho_x} \right)^{0,125},$$

где  $\rho_y$  – плотность газовой смеси,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho_x$  – плотность абсорбента (воды),  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  $\mu_x$  – динамическая вязкость абсорбента,  $\text{мПа}\cdot\text{с}$ ;  $L$  – расход абсорбента,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $G$  – расход газовой смеси,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $A$  – коэффициент для кольцевой насадки,  $A=0,022$ . Рабочая скорость газа  $\omega_y$  принималась на 25 % меньше предельной скорости газа  $\omega_{пр}$ .

Диаметр десорбционной колонны определялся по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{G \cdot \rho_y}{0,785 \cdot \omega_y}}.$$

По результатам расчетов диаметр колонны составил 600 мм.

Высота слоя насадки рассчитывалась через высоту единиц переноса  $h_{oy}$  и число единиц переноса  $n_{oy}$  по формуле:  $H = h_{oy} \cdot n_{oy}$ . По результатам расчетов высота слоя насадки из колец Рашига размером 35×35×4 мм, размещенных в колонне «внавал», составила 1 м.

Обогрев рабочей среды в кубе десорбционной колонны можно производить острым паром, не используя никаких дополнительных теплообменных устройств, что позволит снизить капитальные затраты на десорбционную колонну. Однако использование острого пара в данном случае является нерациональным, поскольку содержание водяных паров в газовой смеси на выходе из колонны увеличится, что, несомненно, отразится на эффективности процесса десорбции. Поэтому для нагрева воды в десорбционной колонне предлагается использовать трубчатый погружной змеевик. Для трубчатого змеевика произведены расчеты требуемой поверхности теплопередачи  $F$  и определены основные его габаритные размеры. Коэффициент теплоотдачи от пара к стенке трубчатого змеевика рассчитывался по формуле [1]:

$$\alpha_1 = 1,36 \cdot A \cdot q^{0,5} \cdot L^{0,35} \cdot d^{-0,25}, \quad (1)$$

где  $A$  – коэффициент, объединяющий физико-химические константы воды и пара [1];  $q$  – удельная тепловая нагрузка,  $Bm/m^2$ ;  $L$  – длина трубы,  $m$ ;  $d$  – внутренний диаметр трубы,  $m$ .

Подставим в уравнение (1) численные значения величин и следующие выражения:  $q = \frac{Q}{F}$  и  $L = \frac{F}{\pi \cdot d}$ , получим зависимость коэффициента теплоотдачи для гладкой трубы от требуемой поверхности теплопередачи:

$$\alpha_1 = 16334,39 \cdot F^{-0,15}, \quad (2)$$

где  $Q$  – количество тепла, Вт.

Для изогнутых труб (змеевиков) полученное значение коэффициента теплоотдачи (2) умножается на коэффициент  $\chi$ , учитывающий относительную кривизну змеевика:

$$\alpha_{3M} = \chi \cdot \alpha_1,$$

где  $\chi = 1 + 3,54 \cdot \frac{d}{D}$ ;  $D$  – диаметр витка змеевика,  $m$ .

В результате получим зависимость коэффициента теплоотдачи для змеевика от требуемой поверхности теплопередачи:

$$\alpha_{3M} = 27768,46 \cdot F^{-0,15}. \quad (3)$$

Коэффициент теплоотдачи от трубчатого змеевика к воде в кубе десорбционной колонны определяется из критерия Нуссельта по следующей формуле:

$$\alpha_2 = (Nu \cdot \lambda) / d,$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности абсорбента (воды),  $Вт/(м \cdot К)$ .

Коэффициент теплопередачи рассчитывался по формуле:

$$K = 1 / \left( \frac{1}{\alpha_{зм}} + \frac{\delta}{\lambda_{см}} + \frac{1}{\alpha_2} \right), \quad (4)$$

где  $\delta$  – толщина стенки трубы,  $м$ ;  $\lambda_{см}$  – коэффициент теплопроводности стенки трубы из стали 20.

Требуемая поверхность трубчатого змеевика определялась из основного уравнения теплопередачи:

$$F = Q / (K \cdot \Delta t_{cp}), \quad (5)$$

где  $\Delta t_{cp}$  – средняя движущая сила,  $К$ .

Уравнение (5) с учетом выражений (3) и (4) и после подстановки численных значений величин примет вид:

$$F = \frac{173748}{\left( \frac{1}{27768,46 \cdot F^{-0,15}} + 0,00087 \right) \cdot 50}$$

По результатам расчетов требуемая поверхность змеевика составила 3,2  $м^2$ . По величине требуемой поверхности определялись следующие размеры трубчатого змеевика: длина витка – 1,6  $м$ , количество витков – 12, высота – 1,3  $м$ , диаметр витка принят 0,5  $м$ , масса змеевика – 71,6  $кг$ .

Осуществление работы абсорбционной установки по предлагаемой схеме не потребует больших капитальных вложений, поскольку на установке имеется не используемая в процессе десорбционной колонна диаметром 600  $мм$ . Ожидаемый экономический эффект за счет снижения расхода абсорбента составит 224477  $руб.$  в год [2]. Кроме того, за счет снижения промышленных стоков в систему биологической очистки стоков удастся снизить затраты по очистке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – М.: Альянс, 2006. – 576 с.
2. Бальчугов А.В., Подоплелов Е.В., Дементьев А.И. Совершенствование технологической схемы производства метиламинов и её аппаратурное оформление // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2014. – № 2 (42). – С. 179-183.