

ИСПАРИТЕЛЬ АППАРАТА ОХЛАЖДЕНИЯ УСТАНОВКИ УТИЛИЗАЦИИ ОКИСЛИТЕЛЯ

*Э.А. Карпович (ГНИИ Минеральных удобрений и пигментов),
А.В. Рудь*

Технология утилизации окислителя ракетного топлива предусматривает поддержание в реакционной зоне температуры технологической среды в пределах 15-30 °С. На пилотной установке отвод тепла химических реакций ведется проточной водой. Для опытно-промышленной установки по утилизации до 1 т/ч окислителя предложено использовать фреоновую холодильную установку. По сумме теплопритоков определена хладопроизводительность холодильной установки $Q = 85-90$ кВт.

Реактор, где осуществляются процессы обезвреживания окислителя является объемным аппаратом с диаметром 2,5 м и высотой 2 м, он оборудован турбинной мешалкой диаметром $d_m = 0,5$ м, вращающейся со скоростью $n_m = 3,3$ с⁻¹. Прорабатывается вариант испарителя холодильной установки в виде однетрубного змеевика с диаметром $d_y = 0,04$ м, встроенного в реактор.

Нами рассмотрен вопрос расчета условий теплообмена в реакционной зоне от технологической среды к поверхности змеевика. Согласно технологии среда представляет собою суспензию, жидкая фаза которой содержит 38±3 % HNO₃ и 40±3% NH₄NO₃. В суспензии около 7% твердой фазы в виде HNO₃·(NH₂)₂CO. Плотность указанной среды $\rho_{см} = 1382$ кг/м³. По расчету теплоемкость $c_{см} = 3,12$ кДж/(кг·К). Теплопроводность $\lambda_{см} = 0,479$ Вт/(м·К) и динамическая вязкость смеси $\mu_{см} = 0,0166$ Па·с приняты как характеристики концентрированной азотной кислоты. Число Рейнольдса для случая работы мешалки в аппарате засчитано формуле:

$$Re_{см} = n_m \cdot d_m^2 \cdot \rho_{см} / \mu_{см} = 6,51 \cdot 10^5$$

Число Нуссельта определяем по критериальному уравнению

$$Nu_{см} = 0,87 \cdot Re^{0,62} \cdot Pr^{0,33} (\mu_{см} / \mu_{wсм})^{0,14} = 6896,8$$

По значению числа $Nu_{см}$ определяем коэффициент теплоотдачи

$\alpha = 1321$ Вт/(м²·К). Методом приближения определено, что коэффициент теплопередачи $K_{fn} \approx 0,3 \cdot \alpha \approx 400$ Вт/(м²·К). Тогда расчетная наружная поверхность змеевика $F_n = 90000 / (400 \cdot 20) = 11,2$ м². Длина змеевика $L = 81,4$ м. Внутренняя поверхность змеевика $F_b = 10,22$ м². Определяем плотность теплового потока со стороны кипящего фреона.

$$q_b = 90000 / F_b = 8806 \text{ Вт/м}^2$$

При кипении фреона R-22 рекомендуемые плотности тепловых потоков 2,3-11 кВт/м². Таким образом принятая конструкция змеевика удовлетворяет целям выполняемой работы. Число витков змеевика 12. При межвитковом шаге 0,1 м высота змеевика 1,2 м и он удовлетворительно вписывается в габариты реактора.