Бальчугов Алексей Валерьевич,
д.т.н., профессор, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: balchug@mail.ru

Кустов Борислав Олегович,
аспирант, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: fresh_33@mail.ru

РАЗРАБОТКА ТЕПЛООБМЕННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ АТМОСФЕРНЫМ ВОЗДУХОМ

Balchugov A.V., Kustov B.O.

DEVELOPMENT OF A HEAT EXCHANGE DEVICE FOR COOLING RETAIL WATER WITH ATMOSPHERIC AIR

Аннотация. Предлагается новая конструкция теплообменного аппарата для охлаждения оборотной воды атмосферным воздухом. В сравнении с градирнями новый аппарат позволяет устранить потери оборотной воды и обеспечить высокую интенсивность теплопередачи.

Ключевые слова: интенсификация теплообмена, плосколопастная крыльчатка, вращение трубы.

Abstract. A new design of a heat exchanger for cooling circulating water with atmospheric air is proposed. Compared to cooling towers, the new unit eliminates the loss of recycled water and ensures high heat transfer rates.

Key words: heat transfer intensification, flat-blade impeller, pipe rotation

Градирни широко используются в различных отраслях промышленности для охлаждения оборотной воды атмосферным воздухом. Высокая интенсивность теплопередачи в градирнях обусловлена непосредственным контактом воды и воздуха на поверхности насадочных устройств. Существенным недостатком градирен является высокие потери воды за счет испарения ее в поток воздуха и за счет брызгоуноса. Так, потери воды в промышленных градирнях составляют до 3,5 % от расхода воды и зависят от начальной температуры воды, скорости ветра, типа контактных устройств и конструкции брызгоуловителей. Потери воды необходимо восполнять свежей очищенной водой, что приводит к увеличению эксплуатационных затрат.

Для устранения указанных недостатков предлагается конструкция нового теплообменного устройства, в которой сохраняется высокая интенсивность теплопередачи и исключаются потери воды в атмосферу. Конструкция нового теплообменного устройства приведена на рис. 1. Обратная вода подается через штуцер 10 насосом в емкость 1, находящуюся под атмосферным давлением. Уровень воды в емкости 1 должен быть таким, чтобы обеспечить затопление концов теплообменных трубок. Из емкости 1 вода самотеком спускается вниз по теплообменным трубкам 3, внутри которых жестко крепятся плосколопастные крыльчатки 5. Нисходящий поток воды приводит во вращение крыльчатку 5 вместе с теплообменной трубой 3. Снаружи к теплообменным трубкам крепятся лопасти 4. Лопасти вращаются вместе с тру-

бой и вызывают перемещение воздуха относительно теплообменной поверхности. Это позволяет обеспечивать высокую интенсивность теплопередачи. По трубкам вода стекает в емкость 2, которая находится под атмосферным давлением (штуцер 11). Из емкости 2 охлажденная обратная вода насосом подается на технологические нужды через штуцер 12. Позициями 6, 7, 8 на рис. 1 показаны соответственно подшипники, опорное кольцо и уплотнение. Позиция 13 – зазор между трубой и крышкой емкости 2. В новом устройстве вода не контактирует с атмосферным воздухом, что исключает потери воды в атмосферу. Высокая интенсивность теплопередачи обеспечивается турбулизацией воздуха вблизи теплообменной поверхности с помощью лопастей 4. Принцип действия нового аппарата, когда теплообменная труба вращается потоком жидкости, описан в патенте [1].

Рис. 1 – Схема аппарата для охлаждения обратной воды атмосферным воздухом

При проектировании нового теплообменника необходимо определить количество воды, которое самотеком стекает по одной трубе из верхней емкости 1 в нижнюю емкость 2, находящуюся под атмосферным давлением. Метод расчета расхода воды приведен в [2]:

$$\rho \cdot g \cdot H = \frac{\rho \cdot w^2}{2} \left(1 + \lambda \frac{L}{d} + \sum \zeta \right), \quad (1)$$

где H – разность уровней воды в верхней и нижней емкости, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; ρ – плотность воды, кг/м³; w – скорость жидкости в трубе, м/с; L – длина трубы, м; d – внутренний диаметр трубы, м; λ – коэффициент трения; ζ – коэффициент местного сопротивления.

По уравнению (1) выполнен расчет скорости стекающей по трубе воды при температуре 20 °С; $L=3$ м; $H=3,5$ м; $d=0,033$ м; $\lambda=0,022$; $\zeta=0,5$. Скорость равна: $w=4,43$ м/с. При этом расход воды составит $V=13,63$ м³/ч. Этого расхода достаточно, чтобы вращать плосколопастную крыльчатку вместе с трубой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бальчугов А.В., Кустов Б.О., Бадеников А.В. Теплообменник типа «труба в трубе» с вращающейся теплообменной поверхностью. Патент на изобретение РФ №2712706, 04.06.2019.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 1987. – 576 с.