

УДК 66.045.53

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МАЛОГАБАРИТНЫХ АППАРАТАХ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ

Бондарь К.Е., Иванов С.П., Сулейманов Д.Ф., Варисова Р.Р.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, филиал, Стерлитамак,
e-mail: kristina88_08@mail.ru*

Настоящая статья посвящена повышению эффективности тепломассообменных процессов охлаждения оборотной воды на химических предприятиях с разработкой новой конструкции малогабаритного аппарата охлаждения оборотной воды с закрученным воздушным потоком. Также предлагается классификация эксплуатируемых в настоящее время конструкций вентиляторных малогабаритных градирен по основным признакам. Показана зависимость для расчета времени взаимодействия фаз, из которой следует, что в аппарате с закрученным воздушным потоком время взаимодействия теплообменивающихся фаз более продолжительно, чем в аппарате с противотоком. Выведен показатель увеличения коэффициента теплоотдачи, который показывает во сколько раз разность температуры воды на входе и на выходе мини-градирни с закрученным потоком больше разности температуры воды на входе и на выходе противоточной мини-градирни.

Ключевые слова: водооборот, градирня, малогабаритный аппарат охлаждения оборотной воды, полимерный ороситель, аэродинамика, полимерная сетчатая оболочка

INCREASE IN EFFICIENCY OF MASS-HEAT-TRANSFER PROCESSES IN SMALL-SIZED DEVICES OF COOLING OF REVERSE WATER

Bondar K.E., Ivanov S.P., Suleymanov D.F., Varisova R.R.

Ufa State Petroleum Technological University, branch, Sterlitamak, e-mail: kristina88_08@mail.ru

This article is devoted to improving the efficiency of heat and mass transfer processes circulating water cooling in chemical plants with the development of new designs of small-sized cooling circulating water with the swirling air flow. It is also proposed the classification of currently operating structures fan compact cooling towers in the main features. The dependence for calculation of time of phase interaction, which implies that in the apparatus with a swirling air flow interaction time teploobmennika phase longer than in the apparatus with counter. Displayed increased heat transfer coefficient which shows how many times the temperature difference between water inlet and outlet minigarden twisted stream more of temperature difference between water inlet and outlet of the counterflow minigarden.

Keywords: water recirculation, cooler, small-sized device of cooling of reverse water, polymeric sprinkler, aerodynamics, polymeric mesh cover

В процессах химической технологии используются различные аппараты и оборудование: компрессорные установки, теплообменные аппараты, ректификационные колонны, реакторы и т.д.

Для поддержания регламентированного температурного режима в технологических процессах, как правило, требуется отведение образующегося низкопотенциального тепла от аппаратов и оборудования (рис. 1).

В основном для отведения низкопотенциального тепла в промышленности используют наиболее доступный хладагент – воду, а охлаждение самой оборотной воды осуществляется на градирнях [1].

Градирни применяются для охлаждения оборотной воды, циркулирующей по замкнутому контуру системы. При этом вентиляторная градирня признана одним из наиболее эффективных и экономичных способов охлаждения воды в водооборотных системах предприятий.

К вентиляторным градирням предъявляется ряд жестких требований, определяющих специфичность их использования. В частности, они должны обладать повышенной надежностью с тем, чтобы обеспечивать непрерывное функционирование всей системы. Кроме того, необходимо, чтобы они были максимально долговечными – их замена в отдельных случаях может быть сопряженной с некоторыми сложностями [2, 3].

Также важно, чтобы градирни характеризовались достаточной производительностью – в противном случае циркуляция жидкости в контуре будет меньше необходимой, и температура жидкости будет снижаться слишком медленно, в результате чего интенсивность и эффективность работы всей системы снизится. Экономичность в энергопотреблении – еще одно требование, которое является важным ввиду того, что зачастую эти устройства используются непрерывно на протяжении больших периодов времени.

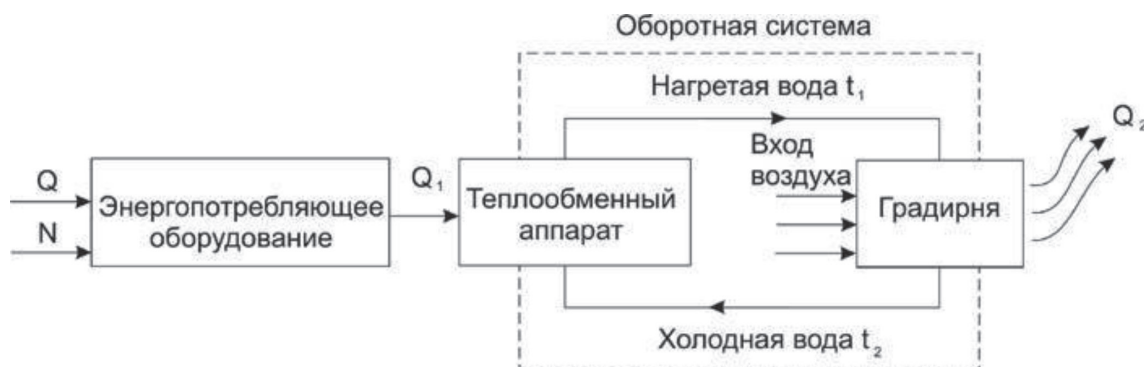


Рис. 1. Замкнутый контур системы охлаждения: N и Q – потоки энергии и теплоты от внешних источников; Q_1 – поток теплоты, перенесенный воде при рабочем процессе; Q_2 – поток теплоты, переданный атмосфере при охлаждении воды в градирне; t_1 – температура нагретой воды на входе; t_2 – температура охлажденной воды на выходе

Несмотря на эффективность вентиляторных градирен, они имеют ряд недостатков: большая протяженность трубопроводных систем, связанная с удаленностью блоков вентиляторных градирен от технологического оборудования; высокое энергопотребление насосного оборудования; наличие значительных выбросов в атмосферу [4, 5].

Целью является поиск научно-технических и конструкторских решений, позволяющих перевести промышленные предприятия на локальные системы охлаждения оборотной воды (малогабаритные аппараты охлаждения оборотной воды), которые более мобильны, обслуживают конкретные технологические установки или аппараты химических производств, менее энергоемки, эффективны, экологически безопасны. Переход на локальные системы охлаждения исключает необходимость дорогостоящей эксплуатации протяженных сетей трубопроводов, минимизирует выбросы в атмосферу.

В настоящее время эксплуатируются следующие конструкции вентиляторных малогабаритных аппаратов охлаждения оборотной воды, которые предлагается классифицировать по следующим основным признакам:

1. По расположению вентилятора:
 - расположение вентилятора под прямым углом,
 - расположение вентилятора тангенциально,
 - нижнее расположение вентилятора,
 - верхнее расположение вентилятора,
 - боковое расположение вентилятора.
2. По количеству вентиляторов:
 - одновентиляторные,
 - двухвентиляторные,
 - трёхвентиляторные.

3. По движению фаз:

- противоток,
- перекрёстный ток,
- комбинированный (смешанный ток).

4. По производительности:

- малой ($5\text{--}50\text{ м}^3/\text{ч}$),
- средней ($50\text{--}100\text{ м}^3/\text{ч}$),
- высокой (от $100\text{ м}^3/\text{ч}$ и выше).

Одна из распространенных малогабаритных градирен это градирня «Росинка». Она предназначена для охлаждения используемой в теплообменных аппаратах воды при обратном способе водоснабжения, применяется в системах охлаждения промышленных холодильных установок, компрессорных станций, систем кондиционирования воздуха и другого технологического оборудования, требующего водяного охлаждения.

В наименовании градирни дробным числом обозначен диапазон оптимального расхода циркуляционной воды в метрах кубических в час.

Вода, охлаждаемая градирней, не должна содержать самовозгорающихся примесей. Содержание в воде жиров, смол и нефтепродуктов не должно превышать 25 мг/л , количество взвешенных веществ – 80 мг/л .

Градирня представляет собой устройство, работающее по принципу противотока воды и атмосферного воздуха.

Охлаждение воды осуществляется передачей тепла атмосферному воздуху за счёт поверхностного испарения воды и теплоотдачи соприкосновением (теплопроводности и конвекции).

Основной причиной низкой эффективности эксплуатируемых малогабаритных аппаратов охлаждения оборотной воды является непродолжительное время контакта охлаждающего воздушного потока и охлаж-

даемого водного потока и противоточный режим взаимодействия теплообменивающихся фаз [6].

Предлагается конструкция малогабаритной градирни с закрученным воздушным потоком для повышения эффективности теплообменного процесса (рис. 2).

Градирня содержит корпус 1 с установленным в нижней части вентилятором 2 с тангенциальным патрубком 3, оросителем 4 и водосборным резервуаром 5 с выходным патрубком 6. В верхней части корпуса находится водораспределительная система 7 для равномерного орошения воды по площади орошения, водоуловители 8 в виде слоев цилиндрических полимерных ячеистых труб, согнутых с радиусомгиба, равным их диаметру и сваренных в местах соприкосновения торцевых концов с образованием мембраны жесткости, выходные тангенциальные патрубки 9.

Градирня работает следующим образом. Нагретая в технологическом процессе вода из оборотной системы подается в водораспределительную систему 7, при помощи которой равномерно распределяется по оросителю 4, на поверхности которого происходит теплообмен водного потока с закрученным воздушным потоком, нагнетаемым вентилятором 2. Вода стекает

на ороситель 4, где охлаждается в капельно-пленочном режиме и далее стекает в водосборный резервуар 5.

Повышение эффективности данной градирни обуславливается тем, что воздушный поток «закручен», за счет чего увеличивается время контакта воздушного и водного потоков.

Для расчета времени взаимодействия теплообменивающихся фаз были получены следующие зависимости:

Длина закрученного воздушного потока $L_{\text{общ}}$, м, определяется по формуле

$$L_{\text{общ}} = N\sqrt{(\pi d)^2 + h^2}, \quad (1)$$

где d – диаметр одного витка, м,

h – шаг витка, м,

N – количество витков.

Время взаимодействия фаз в миниградирне с закрученным воздушным потоком, τ , с рассчитывается по формуле

$$\tau = \frac{L_{\text{общ}}}{V}, \quad (2)$$

$$\tau = \frac{N\sqrt{(\pi d)^2 + h^2}}{V}, \quad (3)$$

где V – скорость воздушного потока, м/с.

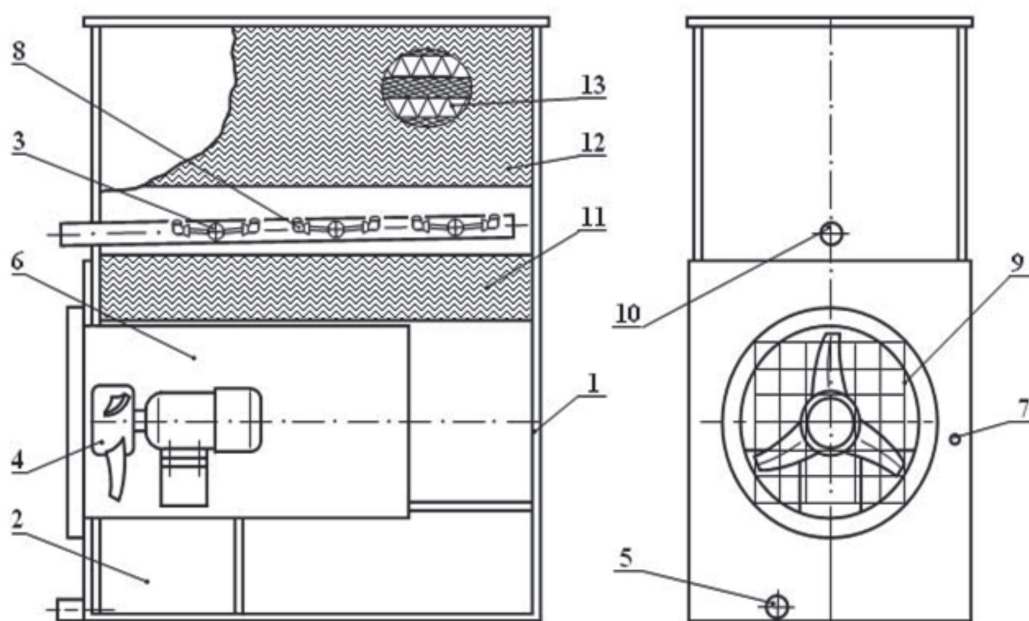


Рис. 2. Схема устройства градирни «Росинка»: 1 – корпус, 2 – бак, 3 – водораспределитель, 4 – вентилятор, 5 – патрубок сливной, 6 – обечайка вентиляторная, 7 – патрубок ввода электрокабеля, 8 – сопло водоразбрызгивающее, 9 – ограждение вентилятора, 10 – патрубок напорный, 11 – ярус оросителя нижний, 12 – ярус оросителя верхний, 13 – призма решётчатая ПР-50

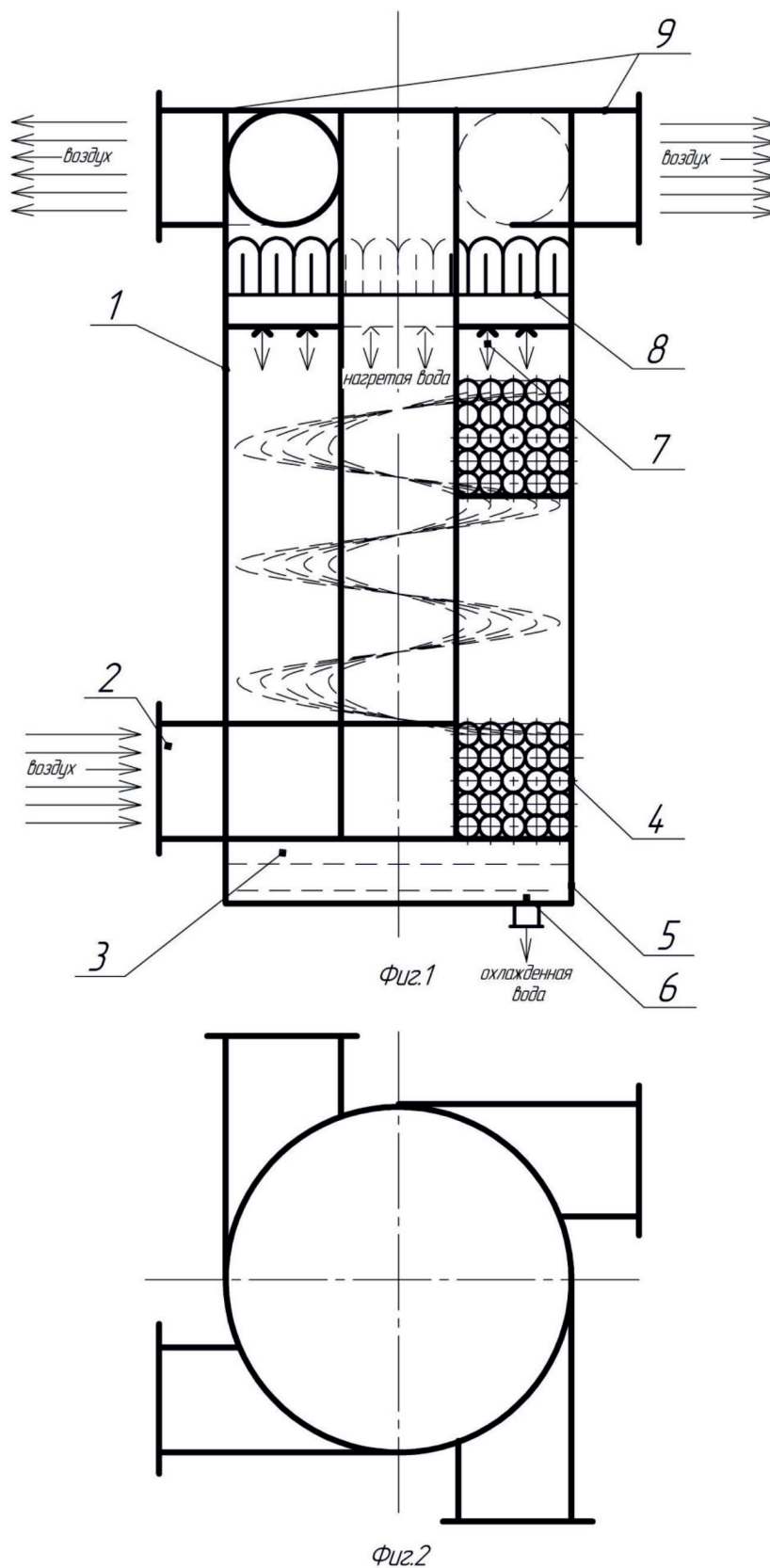


Рис. 3. Малогабаритная градирня с закрученным воздушным потоком: 1 – корпус, 2 – вентилятор, 3 – тангенциальный патрубок, 4 – ороситель, 5 – водосборный резервуар, 6 – выходной патрубок для воды, 7 – водораспределительная система, 8 – водоуловители, 9 – выходные патрубки для воздуха

Таким образом:

$$\frac{N\sqrt{(\pi d)^2 + h^2}}{V} > \frac{H}{V}, \quad (4)$$

где H/V – время взаимодействия фаз в противоточной градирне.

Из полученной зависимости видно, что время контакта фаз в миниградирне с закрученным потоком более продолжительно, чем время контакта фаз в миниградирне с противотоком.

Предположим, что площадь рабочей зоны миниградирни с закрученным потоком больше площади рабочей зоны противоточной миниградирни:

$$S_{\text{эсп.}} > S_{\text{прям.}}, \quad (5)$$

где $S_{\text{эсп.}}$, $S_{\text{прям.}}$ – площадь рабочей зоны градирен, соответственно с закрученным потоком и противоточной, м^2 ,

$$PD_3z > ПН, \quad (6)$$

где $П$ – периметр канала воздушного потока, м , D_3 – эквивалентный диаметр воздушного потока, м ,

z – шаг витка спирального воздушного потока, м , $Н$ – высота градирни, м .

$$D_3z > Н, \quad (7)$$

$$D_3z = kН, \quad (8)$$

где k – показатель увеличения коэффициента теплоотдачи.

$$k = \frac{D_3z}{Н}, \quad (9)$$

$$k = \frac{\Delta T_{\text{эсп.}}}{\Delta T_{\text{прям.}}}, \quad (10)$$

где $\Delta T_{\text{эсп.}}$ – разность температуры воды на входе и на выходе миниградирни с закрученным потоком, $^{\circ}\text{C}$,

$\Delta T_{\text{прям.}}$ – разность температуры воды на входе и на выходе противоточной миниградирни, $^{\circ}\text{C}$.

$$\frac{\Delta T_{\text{эсп.}}}{\Delta T_{\text{прям.}}} = \frac{D_3z}{Н}, \quad (11)$$

$$\Delta T_{\text{эсп.}} = \Delta T_{\text{прям.}} \frac{D_3z}{Н}. \quad (12)$$

Таким образом, полученная зависимость позволяет определить основные технологические параметры процесса охлаждения оборотной воды в малогабаритных градирнях с закрученным воздушным потоком, с целью их проектирования и оптимального использования в водооборотных системах для процессов нефтехимических производств.

Список литературы

1. Иванов С.П., Ибрагимов И.Г., Бондарь К.Е., Иванов О.С. Повышение эффективности тепломассообменных процессов в водооборотных циклах промышленных предприятий // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2014. – № 12. – С. 31–34.
2. Шулаев Н.С., Боев Е.В. Методика расчета эффективности оросителей промышленных градирен // Бутлеровские сообщения. – 2011. – Т. 27, № 12. – С. 791–83.
3. Боев Е.В. Разработка конструкции полимерного капельно-пленочного оросителя градирен // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2007. – № 10. – С. 5–6.
4. Иванов С.П., Ибрагимов И.Г., Бондарь К.Е., Иванов О.С. Экспериментальная установка для исследования гидроаэротермических характеристик оросителей и водоприемников градирен // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2015. – № 1. – С. 3–5.
5. Шулаев Н.С., Стороженко В.Н. Сетчатая оболочка из полимерных материалов и некоторые аспекты ее практического применения // Химическая промышленность сегодня. – 2003. – Т. 80, № 6. – С. 31–33.
6. Пушинов А.С., Каган А.И., Рябушенко А.С. Реконструкция малогабаритных вентиляционных градирен // Химическая техника. – 2005. – № 11 – С. 23–26.