

УДК 628.165

Исследование влияния процесса накипеобразования в теплообменниках предварительного подогрева дистилляционной опреснительной установки на эффективность их работы

Е. В. БЛАГИН¹, А. А. ШИМАНОВ², канд. техн. наук М. Ю. АНИСИМОВ³,
канд. техн. наук Д. А. УГЛАНОВ⁴, Р. А. ПАНЬШИН⁵

¹evgenyblagin@gmail.com, ²tema444st@mail.ru, ³anis_micle_63@mail.ru,
⁴dmitry.uglanov@mail.ru, ⁵teplotex_ssau@bk.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева
(Самарский университет)

Представлена оценка влияния процесса накипеобразования на эффективности и срок работы теплообменников предварительного подогрева в дистилляционной опреснительной установке. Разработан алгоритм поверочного расчета пластинчато-ребристых теплообменников, выявлены расчетные зависимости для разработанной дистилляционной установки. Рассмотренная установка используется для обессоливания морской воды. Это достигается за счет последовательного процесса испарения и конденсации в ступенях испарителей-конденсаторов. Процесс происходит при пониженном давлении в целях уменьшения массогабаритных характеристик теплообменников предварительного подогрева. Установлено, что теплообменники предварительного подогрева работают в относительно агрессивной среде, что приводит к образованию накипи на пластинах теплообменников. Наличие слоя накипи толщиной в 0,1 мм приводит к снижению подогрева исходной воды на 15%. Слой накипи снижает коэффициент теплопередачи за счет добавления дополнительного термического сопротивления, а также увеличивает гидравлические потери рабочего тела. Результаты исследования направлены на разработку более эффективных способов противостояния процессу накипеобразования на пластинах теплообменника.

Ключевые слова: дистилляционная опреснительная установка, образование накипи, пластинчато-ребристый теплообменник, пленочное испарение.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 15.11.2018, принята к печати 11.02.2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-2-37-42

Язык статьи — русский

Ссылка для цитирования:

Благин Е. В., Шиманов А. А., Анисимов М. Ю., Угланов Д. А., Панышин Р. А. Исследование влияния процесса накипеобразования в теплообменниках предварительного подогрева дистилляционной опреснительной установки на эффективность их работы // Вестник Международной академии холода. 2019. № 2. С. 37–42.

The influence of limescale formation on the performance of preliminary heat exchangers in distillation desalination plant

E. V. BLAGIN¹, A. A. SHIMANOV², Ph. D. M. Yu. ANISIMOV³, Ph. D. D. A. UGLANOV⁴, R. A. PANSHIN⁵

¹evgenyblagin@gmail.com, ²tema444st@mail.ru, ³anis_micle_63@mail.ru,
⁴dmitry.uglanov@mail.ru, ⁵teplotex_ssau@bk.ru

Samara National Research University

The article concerns the influence of limescale formation on the efficiency and lifetime of preliminary heaters in distillation desalination plant. The algorithm of checking calculation for plate-fin heat exchangers is presented, calculation dependencies for the distillation plant in question are shown. The plant in question is used for seawater desalination by consecutive evaporation and condensation of the working fluid in the stages of evaporator-condensers. The process takes place at decreased pressure to reduce the dimensions of preliminary heat exchangers. Preliminary heat exchangers operate in hazard media which causes limescale formation on the plants. Limesclae of 0.1 mm results in reducing the heating of incoming water by 15%. Limescale decrease heat transfer ratio by adding additional thermal resistance and increase working fluid hydraulic losses. The research results aimed at the development of more effective ways to prevent limescale formation on the plates of heat-exchangers.

Keywords: distillation desalination plant, limescale formation, plate-fin heat exchanger.

Article info:

Received 15/11/2018, accepted 11/02/2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-2-37-42

Article in Russian

For citation:

Blagin E. V., Shimanov A. A., Anisimov M. Yu., Uglanov D. A., Panshin R. A. The influence of limescale formation on the performance of preliminary heat exchangers in distillation desalination plant. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2019. No 2. p. 37–42.

Введение

Недостаток пресной воды в ближайшее время станет одной из основных проблем человечества. Согласно проведенным исследованиям о состоянии мирового запаса пресной воды, к 2025 г. около половины государств будут испытывать дефицит пресной воды [1]. Таким образом, производство пресной воды станет одной из основных задач, которые должны быть решены для обеспечения экологической безопасности на планете. Существует несколько способов получения пресной воды. Одним из наиболее обещающих является опреснение морской или сточной воды. Существует несколько способов опреснения. Они включают в себя обратный осмос [2], электродиализ [3], заморозку [4, 5] и дистилляцию [6–8]. Кроме того, одним из перспективных способов получения пресной воды является ее выработка из атмосферного воздуха [9]. Установки обратного осмоса обладают наибольшей эффективностью, однако требуют частой замены мембран. Установки электродиализа применимы в случаях опреснения воды с малой соленостью. Замораживающие опреснительные установки в настоящее время находятся на этапе активной разработки и позволят в дальнейшем использовать низкопотенциальную энергию сжиженного природного газа для получения пресной воды. Дистилляционные установки с механической компрессией пара обладают приемлемой энергетической эффективностью, но требуют особо внимательного подхода к проектированию парокompрессора.

Дистилляционные опреснительные установки с механической компрессией пара состоят из следующих элементов: ступени испарителей-конденсаторов, теплообменники предварительного подогрева, блок парокompрессора и блок вакуумирования. Блок вакуумирования создает разрежение в ступенях испарителя-конденсатора, блок парокompрессора повышает давления пара, выходящего с последней ступени и поступающего в первую ступень, в самих ступенях происходит одновременный процесс конденсации пара в трубках и испарения соленой воды на наружной поверхности трубок. Теплообменники предварительного подогрева служат для нагрева морской воды до температур, близких к температурам кипения, за счет использования температурного потенциала получающегося дистиллята и концентрированного рассола.

Теплообменники предварительного подогрева в опреснительных установках служат для повышения температуры исходной воды до величин, близких к температуре кипения. Длительная эксплуатация теплообменников без прочистки может привести к образованию накипи на поверхности, которой касается исходная вода. Образовавшаяся накипь влияет на несколько факторов:

— увеличивает термическое сопротивление пластин теплообменника;

— уменьшает проходное сечение тракта исходной воды.

Уменьшение проходного сечения тракта исходной воды с одной стороны приводит к увеличению ее скорости и коэффициента теплоотдачи, с другой — увеличивает гидравлические потери в тракте.

В итоге, рост слоя накипи приведет к такому режиму, что либо насосное оборудование будет неспособно обеспечить прокачку теплоносителя через теплообменники, либо температура исходной воды на выходе будет ниже необходимой. Это означает что при достижении определенного уровня слоя накипи работа теплообменников предварительного подогрева становится невозможной, установка требует остановки и прочистки.

Определение времени, за которое теплообменники станут не работоспособны важно для определения периодичности обслуживания установок, чем и обуславливается актуальность данной работы.

Целью исследования является определение влияния процесса накипеобразования на эффективность работы теплообменников предварительного подогрева.

В задачи исследования включены: разработка алгоритма поверочного расчета теплообменников (в данном случае пластинчато-ребристых); выявление расчетных зависимостей для разработанной дистилляционной установки и вывод на их основе.

Алгоритм расчета

Рассмотрим влияния образования слоя накипи на изменение параметров теплообменника предварительного подогрева. Расчет проводился по методике, предложенной в работе [10].

Исходные данные для расчета взяты из [11] и представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета

Table 1

Source data for calculation

$T_{\text{исх. вх}}$, °C	$T_{\text{исх. вых}}$, °C	$T_{\text{дист. вх}}$, °C	$T_{\text{дист. вых}}$, °C	$G_{\text{рас}}$, кг/с
4	58	6	60	1,389

Основные этапы расчета включают в себя определение ряда параметров.

Среднеарифметическое значение температуры исходной воды:

$$\bar{T}_{\text{исх}} = \frac{T'_{\text{исх}} + T''_{\text{исх}}}{2} = \frac{4 + 58}{2} = 31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Среднеарифметическое значение температуры рас-сола:

$$\bar{T}_{рас} = \frac{T'_{рас} + T''_{рас}}{2} = \frac{60 + 6}{2} = 33 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Теплофизические свойства исходной воды и рассола при температуре представлены в табл. 2.

Таблица 2

Теплофизические свойства исходной воды и рассола

Table 2

Thermophysical properties of incoming water and brine

$\bar{T}_{исх}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$C_{p,исх}, \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\rho_{исх}, \text{ кг/м}^3$	$\bar{T}_{рас}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$C_{p,рас}, \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\rho_{рас}, \text{ кг/м}^3$
31	4081,64	995,06	33	3996,8	1020

Расход рассола через теплообменник составляет 1,389 кг/с, тогда, при его охлаждении с 60 до 6 $^{\circ}\text{C}$, количество теплоты составит:

$$Q_1 = C_{p,рас} G_{рас} (T'_{рас} - T''_{рас}) = 3996,8 \cdot 1,389 \cdot (60 - 6) = 299784 \text{ Дж.}$$

Тогда производительность подогрева исходной воды до 59 $^{\circ}\text{C}$ составит:

$$G_{исх} = \frac{Q_1}{C_{p,исх} (T''_{исх} - T'_{исх})} = \frac{299784}{4081,64 \cdot (58 - 4)} = 1,36 \text{ кг/с.}$$

Определим основные геометрические характеристики рабочих поверхностей теплообменников. Гидравлический диаметр непрерывного канала набивки теплообменника вычисляется по формуле

$$d_{гидр_1} = \frac{4F_1}{\Pi_1}.$$

Для четной схемы набивки расчет фронтального сечения набивки теплообменника, максимально приближенного к геометрии $x=y$.

Размер матрицы набивки теплообменника:

$$H_{m_1} = h + N_h [h + (N_h + 1) \cdot \delta].$$

Для всех типов теплообменников зададим количество матриц $N_m=9$. Размеры сторон прямоугольного параллелепипеда найдем по формулам:

$$y_1 = H_{m_1} N_m + 2\delta + h;$$

$$x_1 = y_1.$$

Целое количество шагов гофров:

$$N_{s_n} = \text{целая часть} \left(\frac{x_n}{S_n} \right) + 1.$$

Площади живых сечений набивки теплообменника по исходной воде $F^*_{исх}$, по рассолу $F^*_{рас}$ и их смоченные периметры $\Pi_{исх}$, $\Pi_{рас}$:

$$F^*_{исх_n} = 2F_{1_n} N_{s_n} N_m N_h$$

$$F^*_{рас_n} = 2F_{1_n} N_{s_n} (N_m + 1)$$

$$\Pi_{исх_n} = 2\Pi_{1_n} N_{s_n} N_m N_h$$

$$\Pi_{рас_n} = 2\Pi_{1_n} N_{s_n} (N_m + 1)$$

Количество тепла, которое должно быть передано исходной воде от рассола, было вычислено выше и равно $Q_1=299784 \text{ Дж}$

Далее необходимо определить коэффициенты теплоотдачи в исходной воде $\alpha_{исх}$ и рассола $\alpha_{рас}$.

Плотность исходной воды при температуре 31 $^{\circ}\text{C}$ и рассола при температуре 33 $^{\circ}\text{C}$ соответственно равны: $\rho_{исх}=995,06 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_{рас}=1020 \text{ кг/м}^3$.

Тогда скорость течения теплоносителей можно найти из уравнения:

$$u_{исх_n} = \frac{G_{исх}}{\rho_{исх} F^*_{исх_n}};$$

$$u_{рас_n} = \frac{G_{рас}}{\rho_{рас} F^*_{рас_n}}.$$

Число Рейнольдса:

$$Re_{исх_n} = \frac{\rho_{исх} u_{исх_n} d_{гидр_n}}{\mu_{исх}};$$

$$Re_{рас_n} = \frac{\rho_{рас} u_{рас_n} d_{рас_n}}{\mu_{рас}}.$$

При данных числах Рейнольдса течение будет ламинарным. Тогда критерий Нуссельта при ламинарном течении можно найти по формуле [12]:

$$Nu_{исх_n} = 0,33 Re_{исх_n}^{0,5} Pr_{исх_n}^{0,33},$$

$$Nu_{рас_n} = 0,33 Re_{рас_n}^{0,5} Pr_{рас_n}^{0,33}.$$

Тогда коэффициенты теплоотдачи будут равны:

$$\alpha_{исх_n} = \frac{Nu_{исх_n} \lambda_{исх}}{d_{гидр_n}};$$

$$\alpha_{рас_n} = \frac{Nu_{рас_n} \lambda_{рас}}{d_{гидр_n}}.$$

Далее нужно найти глубину набивки теплообменника. Температурный напор ΔT составляет 2 К, тогда глубина теплообменника будет равна:

$$\bar{z}_n = \frac{Q_1}{\Delta T} \left(\frac{1}{\alpha_{исх_n} \Pi_{исх_n}} + \frac{\delta_{нак}}{\lambda_{нак} \Pi_{исх_n}} + \frac{2\delta_{нак}}{\lambda_{нак} \Pi_{рас_n}} + \frac{1}{\alpha_{рас_n} \Pi_{рас_n}} \right);$$

$$z_n = l_n \cdot \left[\text{целая часть} \left(\frac{\bar{z}_n}{l_n} \right) + 1 \right].$$

Для расчетов потерь давления потоками необходимо найти коэффициенты сопротивления, учитывающие потери давления потоком теплоносителя на гидравлическое трение, на вход и выход из набивки теплообменника:

$$\xi_{исх_n} = 10,5 \left(\frac{d_{гидр_n}}{l_n} \right)^{1,26} Re_{исх_n}^{-0,52} \left(\frac{d_{гидр_n}}{l_n} \right)^{0,29};$$

$$\xi_{рас_n} = 10,5 \left(\frac{d_{гидр_n}}{l_n} \right)^{1,26} Re_{рас_n}^{-0,52} \left(\frac{d_{гидр_n}}{l_n} \right)^{0,29}.$$

Потери давления исходной воды и рассола в набивке теплообменника:

$$\Delta P_{исх_n} = \xi_{исх_n} \frac{z_n}{d_{гидр_n}} \cdot \frac{\rho_{исх_n} u_{исх_n}^2}{2};$$

$$\Delta P_{рас_n} = \xi_{рас_n} \frac{z_n}{d_{гидр_n}} \cdot \frac{\rho_{рас_n} u_{дист_n}^2}{2}.$$

Площадь фронтального сечения:

$$F_{фр_n} = x_n \cdot y_n.$$

Внешняя поверхность объема, занимаемая набивкой теплообменника:

$$F_{V_n} = 2(x_n \cdot y_n + x_n \cdot z_n + y_n \cdot z_n).$$

Площади поверхностей теплообмена в трактах исходной воды и дистиллята набивки теплообменника:

$$F_{исх_n} = \Pi_{исх_n} \cdot \bar{z}_n;$$

$$F_{рас_n} = \Pi_{рас_n} \cdot \bar{z}_n.$$

Коэффициент компактности набивки теплообменника:

$$\Omega_n = \frac{F_{исх_n} + F_{рас_n}}{x_n y_n z_n}.$$

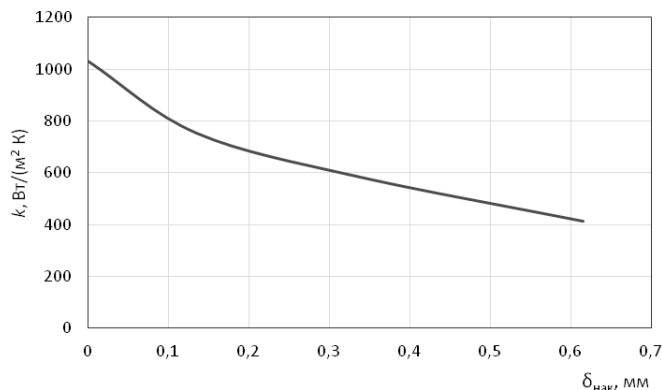


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопередачи в зависимости от толщины слоя накипи

Fig. 1. The dependence of heat transfer coefficient on limscale thickness

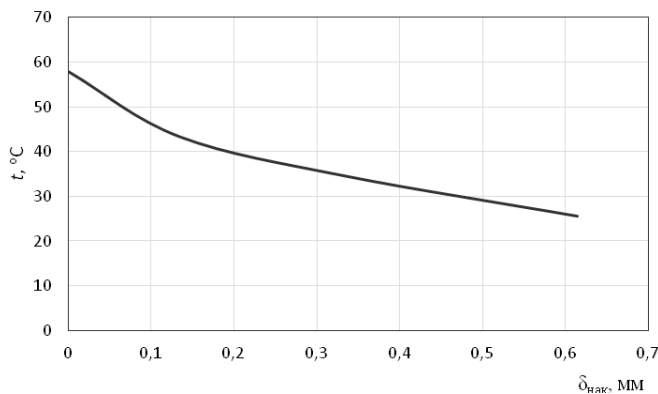


Рис. 2. Зависимость температуры исходной воды на выходе в зависимости от толщины слоя накипи

Fig. 2. The dependence of incoming water temperature at the heat-exchanger outlet on limscale thickness

Результаты расчета

В результате расчета были получены зависимости различных параметров в зависимости от толщины слоя накипи на стенках теплообменника. Как выяснилось, накипеобразование значительно влияет как на процесс теплопередачи через стенки теплообменника, так и на гидравлические процессы в тракте теплообменников.

Влияние накипеобразования на процесс теплопередачи заключается в появлении дополнительного термического сопротивления при передаче тепла от горячего теплоносителя к холодному. Теплопроводность накипи относительно мала (порядка 0,1 Вт/(м·К)), что приводит к значительному увеличению термического сопротивления, даже при незначительной толщине слоя накипи.

Изменение коэффициента теплопередачи в зависимости от толщины слоя накипи показано на рис. 1.

Из графика видно, что при толщине накипи на стороне исходной воды 0,2 мм коэффициент теплопередачи снижается на 30%, 0,4 мм — 45%, 0,6 мм — 60%. При этом видно, что величина $\partial k / \partial \delta$ при малых значениях толщины слоя накипи по значению больше, чем при больших. Это говорит о том, что наличие даже небольшого слоя накипи приводит к значительному уменьшению коэффициента теплопередачи.

На практике это означает, что на уже установленном теплообменнике за счет уменьшения коэффициента теплопередачи будет уменьшаться реальная тепловая мощность, которую горячий теплоноситель передает холодному. Уменьшение тепловой мощности приводит к тому, что на выходе исходная вода будет иметь пониженную температуру по сравнению с проекторочным значением, что приведет к дополнительным потерям тепла в испарителе-конденсаторе и итоговому уменьшению производительности установки.

На рис. 2 показана зависимость температуры исходной воды на выходе в зависимости от толщины слоя накипи.

По графику видно, что наличие даже небольшого слоя накипи резко снижает температуру воды на выходе.

Влияние накипи на гидравлические процессы в тракте теплообменника заключаются в уменьшении проходного сечения для рабочего тела за счет увеличения слоя накипи. Уменьшение проходного сечения означает уменьшение гидравлического диаметра сечения и увеличение

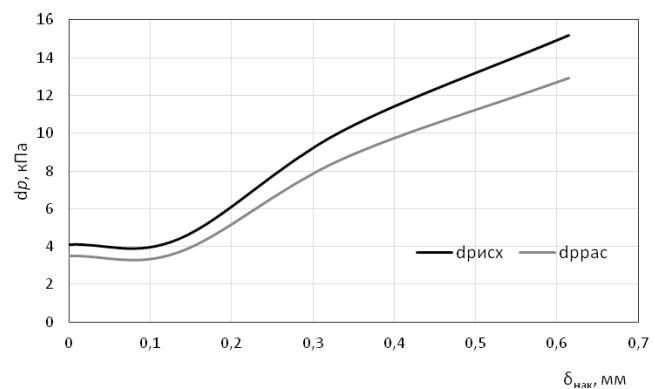


Рис. 3. Зависимость гидравлического сопротивления тракта теплообменника от толщины слоя накипи

Fig. 3. The dependence of hydraulic resistance in heat exchanger circuit on limscale thickness

скорости потока при том же расходе. Как уменьшение диаметра, так и увеличение скорости в свою очередь согласно формуле Дарси — Вейсбаха приводят к увеличению потерь давления.

На рис. 3 показана зависимость гидравлического сопротивления тракта теплообменника от толщины слоя накипи.

Очевидно, что при малых значениях толщины накипи величина гидравлических потерь давления практически не меняется, а затем практически линейно возрастает. Это говорит о том, что минимальное наличие накипи не влияет на работу насосного оборудования, а при значительном слое накипи придется либо использовать более мощное насосное оборудование, либо останавливать работу установки и чистить теплообменники.

Заключение

Анализ влияния процесса накипеобразования в теплообменниках предварительного подогрева дистилляционной опреснительной установки на эффективность их

работы показал, что наличие даже небольшого слоя накипи приводит к ухудшению их работы. Наличие слоя накипи толщиной в 0,1 мм приводит к снижению подогрева исходной воды на 15%. Теплообменники, рассчитанные на длительную работу на соленой воде должны проектироваться с большим запасом площади теплообмена, которая будет востребована за счет снижения коэффициента теплопередачи. Кроме того, при значительном слое накипи, понадобится более мощное насосное оборудование. Основными направлениями дальнейшего исследования видятся разработки более эффективных способов противостояния процессу накипеобразования, например, более эффективного антинакипина, который позволит установкам дольше обходиться без обслуживания.

Работа выполнена в организации Главного исполнителя НИОКТР при финансовой поддержке Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках реализации постановления Правительства РФ от 09.04.2010 г. № 218 по договору об условиях предоставления и использования субсидии от 01 декабря 2015 г. № 02. G25.31.0150.

Литература

1. Кушнаренко А. Дефицит пресной воды: проблемы и способы решения. // The W&LL. 28.05.2015. [Электронный ресурс]: <http://thewallmagazine.ru/lack-of-fresh-water/>
2. Sarai Atab M., Smallbone A. J. and Roskilly A. P. An operational and economic study of a reverse osmosis desalination system for potable water and land irrigation // *Desalination*. 2016. No 397. P. 174–184.
3. Largier T. D., Wang D., Mueller J., & Cornelius C. Improving electrodialysis based water desalination using a sulfonated Diels-Alder poly (phenylene) // *Journal of Membrane Science*. 2017. No 531. P. 103–110.
4. Cao W., Beggs C. and Mujtaba I. M. Theoretical approach of freeze seawater desalination on flake ice maker utilizing LNG cold energy // *Desalination*. 2014. No 355. P. 22–32.
5. Антипов С. Т., Овсянников В. Ю., Кондратьева Я. И., Корчинский А. А. Эксергетический анализ концентрирующей вымораживающей установки / С. Т. Антипов // Вестник Международной академии холода. 2017. № 2. С. 78–83.
6. Maghsoudi K., Aliasghari M. and Mehrpanahi A. Thermo-economic investigation of coupling MED-TVC with a combined cycle power plant // *Desalination and Water Treatment*. 2016. No 57 (38), P. 17707–17721.
7. Alasfour F. N., Darwish M. A. and Bin Amer A. O. Thermal analysis of ME — TVC+MEE desalination systems // *Desalination*. 2005. No 174 (1). P. 39–61.
8. Zimerman Z. Development of large capacity high efficiency mechanical vapor compression (MVC) units // *Desalination*. 1994. No 96. P. 51–58.
9. Железняк К. Е., Угланов Д. А., Воротынцев И. Е., Чертыковцев П. А. Определение энергетических параметров эффективности атмосферных генераторов воды // Вестник Международной академии холода. 2017. № 4. С. 46–51.
10. Отчет о научно-исследовательской, опытно-конструкторской и технологической работе по теме: «Создание семейства импортозамещающих энергосберегающих установок, основанных на применении инновационных технологий для опреснения морской воды и получения дистиллята

References

1. Kushnarenko A. Shortage of fresh water: problems and solutions. *The W&LL*. 28.05.2015. [Electronic resource]: <http://thewallmagazine.ru/lack-of-fresh-water/> (in Russian)
2. Sarai Atab M., Smallbone A. J. and Roskilly A. P. An operational and economic study of a reverse osmosis desalination system for potable water and land irrigation. *Desalination*. 2016. No 397. P. 174–184.
3. Largier T. D., Wang D., Mueller J., & Cornelius C. Improving electrodialysis based water desalination using a sulfonated Diels-Alder poly (phenylene). *Journal of Membrane Science*. 2017. No 531. P. 103–110.
4. Cao W., Beggs C. and Mujtaba I. M. Theoretical approach of freeze seawater desalination on flake ice maker utilizing LNG cold energy. *Desalination*. 2014. No 355. P. 22–32.
5. Antipov S. T., Ovsyannikov V. Yu., Kondrateva Ja. I., Korchinskij A. A. Exergy analysis of freeze concentration unit. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2017. No 2. p. 78–83. (in Russian)
6. Maghsoudi K., Aliasghari M. and Mehrpanahi A. Thermo-economic investigation of coupling MED-TVC with a combined cycle power plant. *Desalination and Water Treatment*. 2016. No 57 (38), P. 17707–17721.
7. Alasfour F. N., Darwish M. A. and Bin Amer A. O. Thermal analysis of ME — TVC+MEE desalination systems. *Desalination*. 2005. No 174 (1). P. 39–61.
8. Zimerman Z. Development of large capacity high efficiency mechanical vapor compression (MVC) units. *Desalination*. 1994. No 96. P. 51–58.
9. Zheleznyak K. E., Uglanov D. A., Vorotintsev I. E., Chertykovtsev P. A. Determination of the energy parameters of the efficiency of atmospheric water generators. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2017. No 4. p. 46–51. (in Russian)
10. Report on research, development and technological work on the topic: «Creation of a family of import-substituting energy-saving plants based on the use of innovative technologies for desalination of sea water and distillate from wastewater with a capacity of up to 10 cubic meters/hour»

из сточных вод производительностью до 10 м куб./час» (Этап 1. Промежуточный) / договор от 20 июля 2015 года № 77/15 на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ; рук. С. В. Лукачев; исполн. В. В. Бирюк [и др.]. Самара, 2016. 275 с.

11. Ведерникова М. И. Таланкин В. С. Расчет пластинчатых теплообменников. Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. 29 с.
12. Михеев М. А. Михеева И. М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977. 343 с.

Сведения об авторах

Благин Евгений Валерьевич

старший преподаватель кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета им. академика С. П. Королева, 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, evgenyblagin@gmail.com

Шиманов Артем Андреевич

старший преподаватель кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета им. академика С. П. Королева, 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, tema444st@mail.ru

Анисимов Михаил Юрьевич

к. т. н, доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета им. академика С. П. Королева, 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, anis_micle_63@mail.ru

Угланов Дмитрий Александрович

к. т. н, доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета им. академика С. П. Королева, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34, dmitry.uglanov@mail.ru

Паньшин Роман Андреевич

студент кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета им. академика С. П. Королева, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34, teplotex_ssau@bk.ru

(Stage 1. Interim) / agreement of July 20, 2015 № 77/15 for the implementation of research, development and technological works; hands. S. V. Lukachev; performance. V. V. Biryuk [and others]. — Samara, 2016. 275 p. (in Russian)

11. Vedernikov M. I. Talankin V. S. Calculation of plate heat exchangers. Yekaterinburg: USFEU, 2008. 29 P. (in Russian)
12. Mikheev M. A., Mikheeva I. M. Fundamentals of heat transfer. Moscow, Energy, 1977. 343 p. (in Russian)

Information about authors

Blagin Evgeny Valerievich

Senior lecturer of the Department of Heat engineering and thermal engines of the Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia, evgenyblagin@gmail.com

Shimanov Artem Andreevich

Senior lecturer of the Department of Heat engineering and thermal engines of the Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia, tema444st@mail.ru

Anisimov Mikhail Yurievich

Ph. D., associate professor of the Department of Heat engineering and thermal engines of the Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia, anis_micle_63@mail.ru

Uglanov Dmitry Aleksandrovich

Ph. D., associate Professor of the Department of heat engineering and thermal engines of the Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia, dmitry.uglanov@mail.ru

Panshin Roman Andreevich

student of the Department of heat engineering and thermal engines of the Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia, teplotex_ssau@bk.ru



The 19th China (Guangzhou) International Food Exhibition & Import Food Exhibition 2019

26-28 June 2019

China (Guangzhou) International Food Exhibition and Import Food Exhibition (IFE China) is one of the Informa trade events under Informa GE Asia's portfolio. The 19th edition will be held on 26-28 June in Guangzhou, an industrial base and import and export hub for food business. The event presents extensive opportunities to all participants to get in touch with prospective business partners in China. It is a must-attend platform for overseas food companies to enter the China market.

Contact us:

Guangzhou Informa Yi Fan Exhibitions Co., Ltd.

Address: Room 1103-1104, No.996 Xin Gang East Road, Guangzhou, 510000, China

Tel: 86-020-29191521. Fax: 86-020-29191501

E-mail: info@ifechina.com

<http://www.ifechina.com>