

4. Лесной фонд [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mlh.by/ru/forestry/resources.html>. – Дата доступа: 25.10.2016.
5. Врублевская, В.И. Износостойкие самосмазывающиеся антифрикционные материалы и узлы трения из них / В.И. Врублевская, А.Б. Невзорова, В.Б. Врублевский – Гомель: БелГУТ, 2000. – 324 с. – ISBN 985-6550-2-9.
6. Врублевский, В.Б. Исследование процесса торцово-прессового деформирования древесины и создание высокопроизводительного оборудования для изготовления из нее подшипников скольжения: автореф. дис. канд. техн. наук. – Минск, 2002. – 20 с.
7. Полуавтомат для торцово-прессового деформирования древесных заготовок: пат. ЕА/0069 (BY), МПК В27М 1/02 / А.Б. Невзорова, Н.В. Врублевский, В.И. Врублевская, Г.А. Гафт, Ю.А. Журавлев – № 022215; заявл. 21.08.2012; опубл. 30.11.2015.
8. Карманов, А.П. Оценка термодинамической гибкости лигнина / А.П. Карманов, В.А. Демин, В.Д. Давыдов [и др.] // Химия древесины. – 1989. – № 3. – С. 28–32.
9. Карманов, А.П. Разветвленность полимерных цепей лигнина / А.П. Карманов, В.А. Демин, В.Д. Давыдов // Химия древесины. – 1990. – № 3. – С. 114–116.
10. Пектиновые вещества [Электронный ресурс] / Энциклопедия Wikipedia/ URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пектины> – Дата доступа: 10.10.2016.
11. Браунинг, Б.Л. Химия древесины / Б.Л. Браунинг [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1967. – 415 с.

Материал поступил в редакцию 23.12.2016

KYZNETSOVA V.V., ANIKEYEVA M.V., VRUBLEVSKAYA V.I. Wear resistance self-lubricating plain bearings from natural composite

Plain bearings from pressed and impregnated with lubricants and high-molecular additives wood better than rolling bearings from bronze, babbitt, iron, polymers and others during the work in identical conditions. During their creation and tests pressed wood is considered as a block material. It's physicomechanical properties are studied. The new class of self-lubricating plain bearings with butt-pressing deformation wood cards to sleeve is created. Capillaries are directed on radius in the sleeve. PB are interchanged with all standard sizes of rolling bearings and work in abrasive-aggressive environments. Serviceability of self-lubricating plain bearings with butt-pressing deformation the sleeve is proved theoretically. The molecular structure of wood substance, orientation it's components in walls of capillar is studied. The submicroscopic model is constructed. All this has allowed to prove high serviceability and wear resistance of PSS TPD in abrasive-aggressive environments.

УДК 628.165

**Бирюк В.В., Благин Е.В., Елисеев Ю.С., Курсанов Ю.Г.,
Лукачев С.В., Шиманов А.А., Новиков А.В.**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ВАКУМИРОВАНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ ИСПАРИТЕЛЯ-КОНДЕНСАТОРА НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ВАКУУМНО-ДИСТИЛЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

Введение. Одной из основных проблем человечества становится проблема получения пригодной для питья пресной воды. Растущий мировой дефицит пресной воды может быть скомпенсирован опреснением солёных (солеосодержание более 10 г/л) и солоноватых (2–10 г/л) океанических, морских и подземных вод, запасы которых составляют 98% всей воды на земном шаре.

Возможные пути воспроизводства пресной воды на планете, такие как переброска каналами многоводных рек и транспортировка айсбергов, весьма ограничены. В то время как по всей ее территории имеются минерализованные, сбросные и морские воды, опреснение которых при создании высокоэффективных технологий опреснения могут устранить существующую проблему дефицита воды.

Решение проблемы водоснабжения за счет опресненных морских и соленых вод возможно при условии изыскания и создания экономичных технологических схем, способных получать воду по стоимости сопоставимой с природной и высокого питьевого качества [1].

В связи с этим остро встает вопрос о выборе оптимальных схем опреснения и их оптимизации. Однако оптимизация опреснительных установок невозможна без предварительного анализа влияния внешних факторов на работу и эффективность установок.

В качестве исследуемого фактора, влияющего на работу установки, была выбрана степень вакуумирования внутренних полостей, а в качестве исследуемой установки была выбрана установка, совместно разрабатываемая Самарским национальным исследовательским университетом им. академика С.П. Королева и АО «Металлист-Самара».

Описание установки. Предварительно подготовленная вода из водозаборного устройства (прошедшая предварительную очистку) с помощью насоса по двум трубопроводам с заданным соотношением расходов подаётся к подогревающим теплообменникам. Трубопровод первого потока проходит через теплообменник с дистиллятом, а второй – через теплообменник с рассолом. Пройдя через подогревающие теплообменники, два потока исходной воды нагреваются и вновь объединяются в один общий поток, который поступает в каждую ступень установки в определенных пропорциях.

Циркуляцию рассола в каждой из ступеней осуществляют циркуляционные насосы, обеспечивая подачу воды в межтрубное пространство теплообменника таким образом, что она стекает по наружным поверхностям трубок в виде тонкой плёнки.

Бирюк Владимир Васильевич, д.т.н., профессор кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева.

Благин Евгений Валерьевич, аспирант кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева.

Лукачев Сергей Викторович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева.

Новиков Артем Витальевич, аспирант кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева.

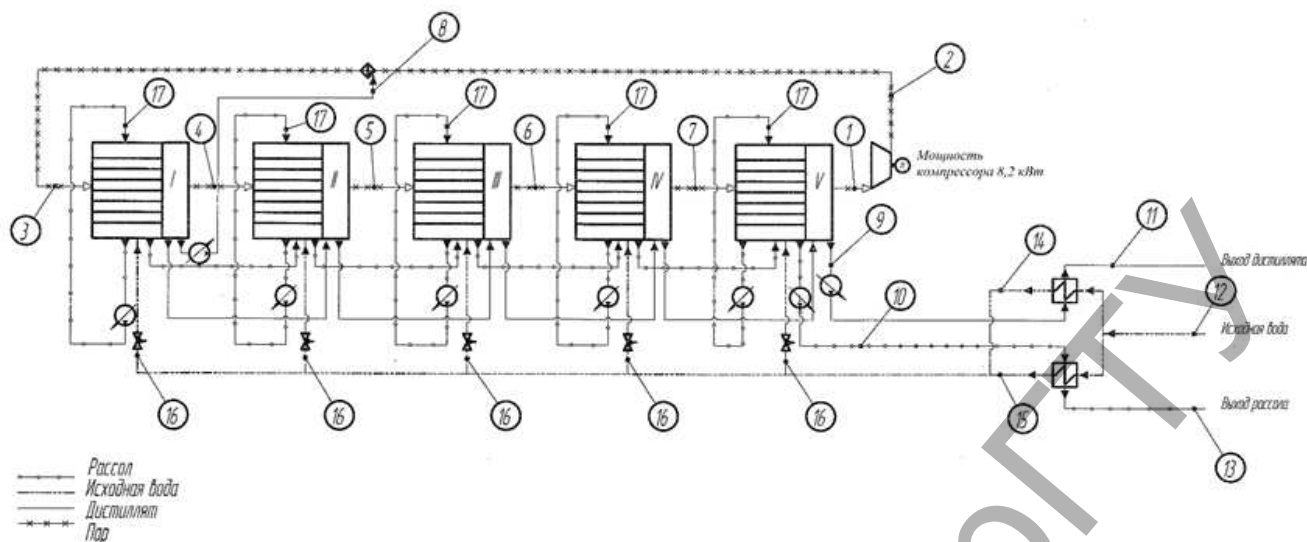
Шиманов Артем Андреевич, аспирант кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева.

Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34, корп. 15.

Елисеев Юрий Сергеевич, д.т.н., профессор, исполнительный директор АО «Металлист-Самара».

Курсанов Юрий Георгиевич, заместитель главного конструктора АО «Металлист-Самара».

Россия, г. Самара, улица Промышленности, 278.



- | | |
|---|---|
| 1 – Канал подвода к компрессору | 10 – Отвод рассола к теплообменнику подогрева |
| 2 – Канал подвода пара от компрессора к смесителю | 11 – Отвод дистиллята |
| 3 – Канал подвода пара в первую ступень | 12 – Подвод исходной воды |
| 4 – Канал подвода пара во вторую ступень | 13 – Отвод рассола |
| 5 – Канал подвода пара в третью ступень | 14 – Канал подачи исходной воды в водо-дистиллятный подогреватель |
| 6 – Канал подвода пара в четвертую ступень | 15 – Канал подачи исходной воды в водо-рассольный подогреватель |
| 7 – Канал подвода пара в пятую ступень | 16 – Канал подачи исходной воды в ступени |
| 8 – Канал подвода дистиллята к смесителю | 17 – Канал рециркуляции воды в ступенях |
| 9 – Отвод дистиллята к теплообменнику подогрева | |

Рисунок 1 – Схема и значения основных параметров установки

Пар, образовавшийся в межтрубном пространстве первой ступени испарения, пройдя через каплеуловитель, поступает в трубное пространство первого хода второй ступени, где начинает конденсироваться, образуя дистиллят, передавая при этом тепло конденсации через внутренние поверхности трубок к их наружным поверхностям. Так как рассол течёт по наружным поверхностям трубок, то часть его испаряется, превращаясь в пар, а другая часть стекает в виде более концентрированного рассола в герметичный поддон соответствующей ступени. К этому пару добавляется пар, образовавшийся при частичном испарении рассола, перетекшего из первой ступени. Не сконденсировавшийся пар и пар, образовавшийся при частичном испарении дистиллята, перетекшего из первой ступени, поступают в трубное пространство второго хода второй ступени, где начинают конденсироваться, образуя дистиллят.

Таким образом, в трубном пространстве второй ступени конденсацией пара получен дистиллят во второй ступени, а в межтрубном пространстве испарением части исходной воды получен греющий пар для третьей ступени. В третьей, четвертой и пятой ступенях испарения происходят те же процессы, что и в первой, и во второй ступенях.

Особенностью процесса в пятой ступени является то, что пар, образовавшийся в её межтрубном пространстве, далее поступает на вход в пароконденсатор, который за счёт подвода внешней работы обеспечивает увеличение давления и температуры пара. Для увеличения количества пара он смешивается в камере смешения с дистиллятом из первой ступени, подаваемого насосом. Далее пар подается во внутритрубное пространство первой ступени установки, замыкая тем самым весь цикл работы установки.

Получившейся дистиллят в ступенях с первой по четвертую перетекает в последующую. Из пятой ступени дистиллят откачивается насосом и подается в первый подогревающий теплообменник подогрева исходной воды.

Рассол в ступенях с первой по четвертую перетекает в последующую. Из пятой ступени рассол откачивается насосом и подается во второй подогревающий теплообменник подогрева исходной воды.

Для поддержания уровня рассола в ступенях используются краны, регулирующие поток рабочего тела, которые протекает как в

ступень, так и из неё. Давление в ступенях поддерживается блоком водо-эжекции.

Оценка влияния степени вакуумирования на эффективность работы. Основное достоинство вакуумных дистилляционных установок – осуществление процессов кипения и конденсации при относительно более низких температурах, чем при давлении окружающей среды. Однако вопрос выбора оптимального давления представляет собой комплексную задачу, которая требует одновременно учета влияния степени вакуумирования на процессы в испарителе-конденсаторе, подогревателе, пароконденсаторе и эжекторе.

Для анализа необходимо ввести понятия степени вакуумирования. В данной работе под степенью вакуумирования подразумевается отношение атмосферного давления к давлению, при котором осуществляется кипение в последней ступени испарителя-конденсатора:

$$\epsilon_{\text{вак}} = \frac{P_{\text{атм}}}{P_n^I}$$

Исследование влияния степени вакуумирования внутренней полости испарителя-конденсатора на энергоэффективность вакуумно-дистилляционной установки и диапазон допустимых температур исходной воды

В испарителях-конденсаторах влияние давления, при котором осуществляется кипение и конденсация, в основном выражается в изменении тепловой мощности (как следствие изменения теплоты парообразования в зависимости от давления) и влияния на теплообмен (через такие величины, как теплопроводность и вязкость).

Из рисунка 2 видно, что при увеличении степени вакуумирования внутренней полости (далее степени вакуумирования) и, как следствие, уменьшении давления величина теплоты парообразования возрастает. При этом заметно, что процесс возрастания происходит

нелинейно при $\frac{d^2 r}{dp^2} < 0$.

Уменьшение температуры кипения с 60°C до 50°C приводит к увеличению потребной тепловой мощности примерно на 1%, что является довольно незначительным изменением.

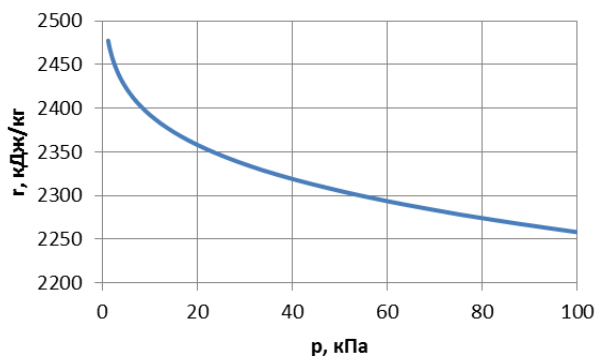


Рисунок 2 – Влияние давления на величину теплоты парообразования

Влияние степени вакуумирования на остальные теплофизические свойства заметно выше (рисунок 3): вязкость воды при аналогичном изменении температуры кипения изменяется с $463 \cdot 10^6$ н сек/м² до $544 \cdot 10^6$ н сек/м² или на 17,5% [2]. Аналогичное изменение для вязкости пара составляет -4,76%. Изменение теплопроводностей для жидкости и пара составляет 1,5 и 3,2% соответственно.

Ввиду того, что плотность воды можно условно принять константой, наибольшее влияние на кинематическую вязкость окажет изменение плотности водяного пара, которая логично уменьшается при увеличении степени вакуумирования.

При уменьшении температуры кипения с 60°C до 50°C (рис. 4) кинематическая вязкость воды и водяного пара возрастает на 16,9% и 49,4% соответственно. От кинематической вязкости зависит значение числа Рейнольдса, которое является одним из определяющих критериев для коэффициента теплоотдачи [3].

Таким образом, в результате исследования влияния степени вакуумирования на рабочий процесс в испарителе-конденсаторе можно сделать следующие выводы:

- изменение тепловой мощности вследствие изменения теплоты парообразования незначительно влияет на рабочий процесс испарителя-конденсатора;
- влияние изменения теплопроводности на рабочий процесс испарителя-конденсатора также незначительно;

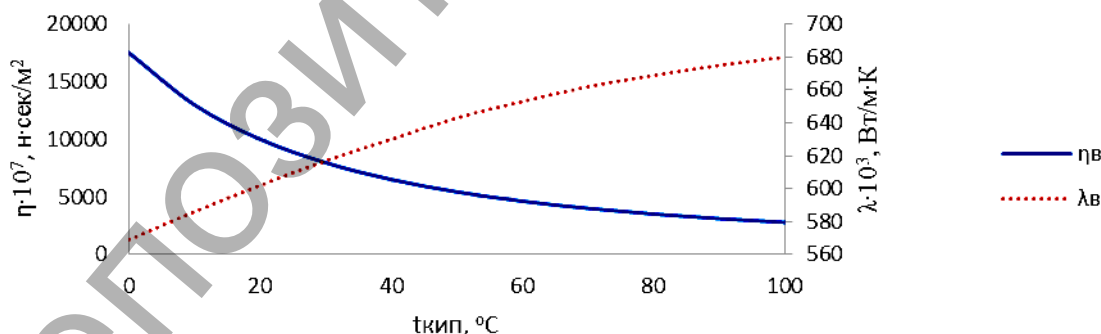


Рисунок 3 – Влияние степени вакуумирования на динамическую вязкость и теплопроводность воды

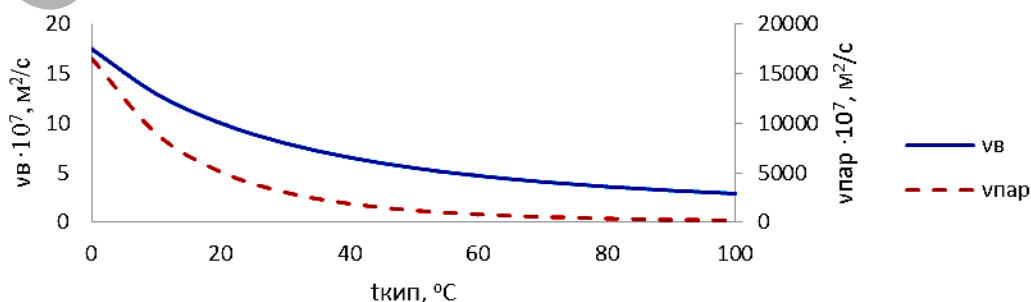


Рисунок 4 – Влияние степени вакуумирования на кинематическую вязкость воды и водяного пара

- наибольшее влияние оказывает изменение кинематической вязкости воды и водяного пара, которое составляет 16,9% и 49,4% соответственно. Это влияние может негативно сказываться на эффективности теплообмена и, как следствие, может привести к необходимости увеличения площади теплообмена.

Влияние степени вакуумирования на работу подогревателей. На работу пластинчато-ребристых подогревателей влияние степени вакуумирования проявляется через изменение потребной тепловой мощности (ввиду уменьшения температуры, до которой необходимо подогреть исходную воду) и через влияние изменения теплофизических параметров (теплопроводности и вязкости).

В предлагаемой установке температура, до которой подогревается исходная вода, определяется температурой кипения в последней ступени. Соответственно, при уменьшении температуры кипения вследствие увеличения степени вакуумирования значение температуры, до которой необходимо догреть исходную воду, снижается.

Следствием этого является уменьшение потребной тепловой мощности теплообменника и, как следствие, уменьшение его площади теплообмена. Если предположить что коэффициент теплоотдачи не изменится, то изменение потребной площади теплообмена будет зависеть от температуры кипения практически линейно.

Влияние степени вакуумирования на процесс теплоотдачи за счет изменения теплофизических свойств рабочего тела в принципе схоже с изменением свойств воды, описанным ранее, но проявляется в значительно меньшей степени, так как среднее значение вязкости при нагреве от 15 до 60°C составляет $6,92 \cdot 10^{-7}$ м/с², а при нагреве от 15 до 50°C – $7,64 \cdot 10^{-7}$ м/с², что соответствует уменьшению числа Рейнольдса на 10,46%, что меньше значения 16,9%, которое наблюдается в испарителе-конденсаторе. Уменьшение числа Рейнольдса приводит к уменьшению коэффициента теплопередачи и, как следствие, к увеличению потребной площади теплообмена. Однако коэффициент теплоотдачи, как правило, зависит от числа Рейнольдса в виде степенной зависимости

$$\alpha = C \cdot Re^m,$$

где $m < 1$.

Например, при значении $m = 0,8$, что соответствует турбулентному режиму теплопередачи [4], уменьшение числа Рейнольдса на 10% приводит к уменьшению коэффициента теплопередачи на 8%. Это говорит о меньшей степени влияния изменения вязкости на изменение коэффициента теплоотдачи. Чем меньше m , тем меньше будет это влияние.

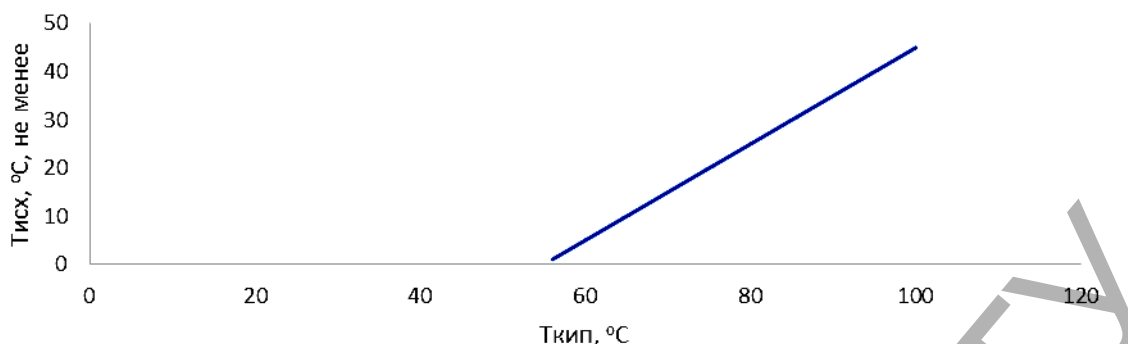


Рисунок 5 – Влияние степени вакуумирования на температурный диапазон исходной воды

Таким образом, в результате оценки влияния степени вакуумирования на рабочий процесс в подогревателях можно сделать следующие выводы:

- тепловая мощность подогревателей линейно зависит от потребной температуры кипения, соответственно потребная суммарная площадь теплообмена также линейно зависит от температуры кипения;
- изменение степени вакуумирования наиболее сильно влияет на процесс теплопередачи вследствие изменения вязкости воды;
- увеличение степени вакуумирования приведет к уменьшению массогабаритных характеристик, так как уменьшение тепловой мощности оказывает большее влияние на изменение площади теплообмена, чем изменение теплофизических свойств.

Влияние степени вакуумирования на работу парокompрессора. Увеличение степени вакуумирования неоднозначно влияет на работу компрессора, так как, с одной стороны, работа сжатия пропорциональна температуре рабочего тела, которая уменьшается с понижением давления. С другой стороны, если необходимо сохранить конфигурацию испарителей-конденсаторов (это требует сохранения температурных напоров на ступенях), увеличится степень сжатия в компрессоре. Например, отношения давлений, соответствующих температурам кипения в 60 и 70°C, – 1,57. Аналогичное отношение, соответствующее температурам кипения, равным 50 и 60°C, – 1,61. Это говорит о нелинейном характере зависимости мощности компрессора от степени вакуумирования. Если определять мощность по формуле для адиабатического сжатия [5]:

$$N_{\text{комп}} = G'_{\text{ни}} \frac{k}{k-1} RT_{\text{куп}} (p'_n) \left[\left(\frac{p''_1}{p'_n} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right],$$

то можно отследить зависимость мощности, которая будет практически обратно зависеть от температуры кипения в последней ступени. При понижении температуры кипения с 60 до 50°C, удельная работа возрастает на 4,3%.

Вывод: увеличение степени вакуумирования приводит к увеличению необходимой мощности компрессора.

Влияние степени вакуумирования на работу эжектора. Изменение степени вакуумирования может осуществляться двумя способами:

- а) изменение производительности насоса, питающего рабочую среду эжектора;
- б) заменой эжектора на другой, более подходящий данному давлению.

Степень вакуумирования при использовании одного и того же эжектора можно регулировать за счет изменения скорости рабочей среды в эжекторе и, как следствие, изменения массового расхода среды. Изменение массового расхода приводит к изменению производительности насоса, который питает рабочую среду, и, соответственно, изменению энергозатрат на его привод. Увеличение скорости рабочей среды ограничено величиной скорости звука, так как в конструкции эжектора применяется сужающийся конфузур.

Механизм явления следующий: при повышении давления рабочей среды на входе увеличивается площадь сечения эжектирующей

среды в сечении запираания, но при этом уменьшается кольцевая площадь эжектируемой струи в этом сечении. Вместе с тем скорость эжектируемого газа не может превысить скорость звука в сечении запираания $\lambda_1 \geq 1, v = a, \lambda_2 = 1$, что и определяет предельные значения скорости и расхода эжектируемого газа [6].

При замене эжектора на эжектор, спроектированный под более низкое давление, происходит увеличение массогабаритных характеристик его элементов (например, камеры смешения), что приводит к увеличению металлоемкости конструкции.

Вывод: увеличение степени вакуумирования приводит к увеличению затрат на привод насоса рабочей среды эжектора с возможной заменой самого эжектора на более габаритный.

Влияние степени вакуумирования на допустимый диапазон температур исходной воды. Как было описано выше, изменение степени вакуумирования приводит к изменению температуры кипения в полостях.

Рассмотрим подогревающий теплообменник. Так как расходы исходной воды, а также дистиллята с рассолом не меняются, коэффициент теплопередачи в теплообменнике можно принять неизменным. Рассмотрим работу теплообменника в квазистационарном режиме и примем постоянным температурный напор. Учитывая вышеперечисленное, а также неизменность площади теплообмена, принимаем постоянную мощность теплообмена.

Как было показано ранее, для каждого подогревающего теплообменника существует диапазон исходной воды, который определяется его максимальной тепловой мощностью. Определяется минимальная температура исходной воды, при которой система подогревателей будет работать:

$$T_{\text{исх}} = T'_{\text{куп5}} - \frac{\sum Q_{\text{под}}}{G_{\text{исх}} \cdot c_{\text{исх}}}.$$

Так как тепловые мощности подогревателей условно принимаем постоянными, расход и теплоемкость исходной воды также равны, получаем линейную зависимость минимальной температуры исходной воды от температуры кипения в последней полости и соответственно степени вакуумирования (рисунок 5).

Данная зависимость корректна для заданной системы подогревателей. При переразмеривании подогревателей в область большей площади теплообмена, а следовательно, и максимальной тепловой мощности, данная зависимость сдвинется правее, а при переразмеривании в сторону меньшей площади теплообмена – левее.

Заключение. Изменение степени вакуумирования по-разному влияет на работу элементов дистилляционной установки. На ряд элементов (парокompрессор, эжектор) увеличение степени вакуумирования оказывает явный негативный эффект, так как приводит к увеличению энергозатрат и металлоемкости конструкции. На подогревающие теплообменники увеличение степени вакуумирования оказывает положительное влияние, так как приводит к уменьшению потребной площади теплообмена и, следовательно, уменьшению массогабаритных характеристик. На работу испарителей-конденсаторов увеличение степени вакуумирования производит незначительное

негативное воздействие ввиду некоторого увеличения тепловой мощности и вязкости рабочих тел.

Увеличение степени вакуумирования позволяет уменьшить температуру исходной воды.

Однако все вышеперечисленное относится к установившемуся режиму установки. На режиме запуска увеличение степени вакуумирования приводит к значительному уменьшению мощности теплоэлектронагревателей.

Таким образом, увеличение степени вакуумирования может рассматриваться как один из способов уменьшения энергозатрат для высокопроизводительных установок с частыми циклами включения-выключения.

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.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Desalination markets 2005–2015, a global assessment & forecast. – Global Water Intelligence, 2005.
2. Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей [Текст] / Н. Б. Варгафтик. – М.: Наука, 1972. – 720 с.
3. Mu, X Experimental study on overall heat transfer coefficient of sea-water on three tube arrangements for horizontal-tube falling film evaporator / X. Mu, S. Shen, Y. Yang, G. Liang, X. Chen, J. Zhang // Desalination and Water Treatment. – Volume 57. – Issue 21, 2 May 2016, Pages 9993-10002.
4. Михеев, М.А. Основы теплопередачи [Текст] / М.А. Михеев, И.М. Михеева – М.: Энергия, 1977. – 343 с.
5. Белоусов, А.Н. Теория и расчет авиационных лопаточных машин [Текст] / А.Н. Белоусов, Н.Ф. Мусаткин, В.М. Радько. – Самара: ФГУП Издательство «Самарский Дом печати», 2003. – 336 с.
6. Цегельский, В.Г. Двухфазные струйные аппараты [Текст] / В.Г. Цегельский – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 408 с.

Материал поступил в редакцию 28.12.2017

BIRIUK V.V., BLAGIN E.V., YELISEYEV Yu.S., KIRSANOV Yu.G., LUKACHEV S.V., SHIMANOV A.A., NOVIKOV A.V. Research of influence of extent of pumping out of the internal cavity of the evaporator condenser on energy efficiency of vacuum and distillation installation

A growth in need of fresh water supply for citizens and industry was observed during last years. This problem can be solved by application of vacuum desalination plants. Design optimization of such plants is carried out dependently on plenty of external factors which change can significantly influence operation of plant. This article deals with investigation of vacuum level influence on desalination plant elements operation. A conclusion about vacuum level increase efficiency is made.

УДК 628.165

**Бирюк В.В., Благин Е.В., Горшкалев А.А., Лукачев С.В.,
Ничкова Л.А., Сигора Г.А., Хоменко Т.Ю., Шиманов А.А.**

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ УСТАНОВОК ДЛЯ ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ В КРЫМСКОМ РЕГИОНЕ

Одной из основных проблем человечества является проблема получения пригодной для питья пресной воды. Водопотребление увеличивается в связи с увеличением населения и ростом экономики. Еще в 1997 г. Дж. Родда [1] экстраполировал растущую кривую глобального водопотребления и падающую кривую экономически доступных водных ресурсов (рис. 1). Следует отметить, что при экстраполяции учитывались только сложившиеся тенденции, уже действующие факторы негативного антропогенного воздействия на водные источники (загрязнение, истощение вследствие недопустимо высокого водозабора, осушение верховых болот, иссякание малых рек, сведение лесов на водосборе и т. д.). В результате получилось, что кривые водопотребления и доступных ресурсов пересекаются в 2035–2045 г. (в зависимости от сценария). Однако в реальности выходит, что потребление растет «круче», чем в самом неблагоприятном сценарии, а объем доступных ресурсов сокращается быстрее – при соответствующих корректировках пересечение приходится уже примерно на 2025–2030 гг.

Конечно, в реальности подобное пересечение вообще неосуществимо, кривая водопотребления не может подняться выше уровня предельно доступных запасов. Продолжение роста водопотребления с темпами, характерными для второй половины XX в., уже невозможно [2].

Возможные пути воспроизводства пресной воды на планете весьма ограничены. В то время как по всей ее территории имеются

минерализованные и морские воды, опреснение которых при создании высокоэффективных технологий опреснения могут устранить существующую проблему дефицита пресной воды.

Полуостров Крым омывается двумя морями практически со всех сторон. После перекрытия Северо-Крымского канала полуостров столкнулся с острой нехваткой питьевой воды. Эту проблему можно решить за счет внедрения инновационных технологий для очистки и опреснения морской воды.

Важным параметром морской воды при опреснении является солёность, под которой подразумевается масса (в граммах) сухих солей (преимущественно NaCl) в 1 кг морской воды. В разных морях содержание солей в единице объема воды может сильно колебаться (так, например, Черное море, Каспийское и Азовское считаются слабосолеными – около 16–17 г/кг). Средняя солёность вод мирового океана постоянна и составляет 35 г/кг морской воды.

Опреснение воды, то есть удаление из воды растворённых в ней солей с целью сделать её пригодной для питья или для выполнения определённых технических задач является актуальной задачей на Крымском полуострове.

В технологии опреснения сточных, солоноватых и соленых подземных вод, вод морей и океанов можно выделить классификационную структуру, построение которой определяется следующими признаками [3]:

Горшкалев Алексей Александрович, аспирант кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, e-mail: Agorsh@bk.ru.

Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34, корп. 15.

Ничкова Лариса Александровна, к.т.н., доцент, заведующая кафедрой техносферная безопасность Севастопольского государственного университета

Сигора Галина Анатольевна, к.б.н., доцент кафедры техносферная безопасность Севастопольского государственного университета.

Хоменко Тамара Юрьевна, магистрант кафедры техносферная безопасность Севастопольского государственного университета.

Россия, г. Севастополь, улица Гоголя, 23.