

результатам работы авторы заключили, что при  $T_{Г^*} > 1500$  К современные ТЗП блокируют существенную долю теплового потока за счёт термического сопротивления и более низкого значения степени черноты [4], что сдерживает рост температуры лопатки.

На основе анализа распределения температурных полей сделаны выводы о направлениях улучшения системы охлаждения блока сопловых аппаратов.

#### Библиографический список

1. Mayle R. "The role of laminar-turbulent transition in gas turbine engines", *Journal of Turbomachinery*, 113, с.509-537.

2. Schulz A.V. "Zum Einfluss hoher Freistromturbulenz, intensive Kühlung und einer Nachlaufströmung auf den äußeren Wärmeübergang einer konvektiv gekühlten Gasturbi-

nenschaufel" . Dissertation, Universität Karlsruhe, 1986.

3. Findeisen E., Woerz B., Wieler M., Jeschke P., Rabs M. "Evaluation of numerical methods to predict temperature distribution of an experimentally investigated convection-cooled gas-turbine blade", *Proceedings of ASME Turbo Expo 2017*. GT2017-64205, 2017.

4. Kumar N.A., Kale S.R., "Numerical simulation of Steady State Heat Transfer in Ceramic-Coated Gas Turbine Blades", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2002.

5. Akwaboia S., Mensah P., Diwan R., "Effects of Thermal Radiation on Air Plasma Spray (APS) Coated Gas Turbine Blade", *Proceedings of ASME Turbo Expo 2010*, 2010.

УДК 331.453

### ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА МЕТОДА ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКИХ ВОД ДЛЯ РЕГИОНА

©2018 Г.А. Сигора<sup>1</sup>, Т.Ю. Хоменко<sup>1</sup>, Л.А. Ничкова<sup>1</sup>, В.В. Бирюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Севастопольский государственный университет

<sup>2</sup>Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### OPTIMIZATION OF THE SELECTION OF THE METHOD OF SEA WATER DESALINATION FOR THE REGION

Sigora G.A., Khomenko T.Y., Nychkova L.A. (Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Sevastopol State University", Sevastopol, Russian Federation)

Biryuk V.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*Criteria for the choice of a way of desalting of sea water in the Crimean region – «study and reliability», «geographical», «industrial application», «economic», «an electric power expense», «ecological safety» and others are offered. Based on these criteria we selected the most optimal method of desalination of sea water for the Crimean region.*

Проблема дефицита пресной воды становится все актуальней для многих регионов мира. Её обострение связывают с ростом населения, климатическими изменениями и рядом других причин. По данным Всемирной организации здравоохранения более двух миллиардов человек в мире страдают сегодня от нехватки питьевой воды. В ближайшие 20 лет, учитывая современные тенденции роста населения и мирового хозяйства, следует ожидать увеличения потребности в пресной воде не менее чем на  $100 \text{ км}^3$  в год.

Естественные источники пресной воды не могут удовлетворить всё возрастающие потребности в ней. Следовательно, для решения этой проблемы необходимо искать другие, более эффективные пути.

В этой связи для многих стран и регионов крайне актуальной является задача искусственного получения пресной воды. Одним из наиболее перспективных путей обеспечения пресной водой является опреснение солёных вод Мирового океана.

Актуальность данной проблемы затрагивает и Крымский регион, учитывая, что на полуострове, помимо Чёрного и Азовского морей, есть ещё много и солёных озёр.

Выбор метода и технологии опреснения воды зависит от предъявляемых к воде требований по качеству и солесодержанию, а также технико-экономических показателей. В зависимости от реализуемого способа опреснения воды применяются различные типы опреснительных установок.

На сегодняшний день существуют такие методы опреснения морских вод как дистилляция, вымораживание, гелиоопреснение, ионный обмен, осаждения солей с помощью реагентов, электролиз, электродиализ, обратный осмос, экстракция органическими растворителями, газогидратная экстракция, адсорбция на пористых электролитах, биологические методы опреснения с использованием водорослей, живых организмов, бактерий.

Выбирая опреснительную установку для решения проблемы и поиска наиболее оптимального метода опреснения морских вод в конкретном регионе можно выделить критерии ограничения, которые помогут найти требуемый метод. Эти критерии следующие: применимость на практике, географический, применимость в промышленных масштабах, экономичность, лимитируемость и др. Рассмотрим некоторые из них при выборе метода опреснения воды для Крымского региона.

Метод должен быть хорошо изучен и применен на практике (поэтому не внедренные в производстве методы опреснения не рассматриваются).

*Географический критерий* ограничения (учитывает разные климатические особенности регионов) исключает методы гелиоопреснения, вымораживания и газогидратной экстракции для которых область практического применения ограничена вполне определёнными климатическими зонами. Опреснительная установка, работающая с использованием солнечной энергии не может работать круглый год. Метод замораживания требует сложного оборудования и энергоёмок. Поэтому на практике он используется чрезвычайно редко. Обладая всеми преимуществами контактного вымораживания, га-

зогидратный метод тоже исключается, так как его в принципиальной основе тоже есть вымораживание.

*Критерий промышленного применения* учитывает, что объём получаемой пресной воды для решения поставленной задачи необходим большой, поэтому исключаются методы экстракции и биологического опреснения морских вод. Процесс электродиализа в меньшей степени используется в промышленности, потому что при помощи электродиализа из раствора можно удалять только ионы.

*Критерий экономический*, который включает затраты на водоподготовку, реагенты, дополнительные очистные сооружения также исключает метод опреснения с помощью химического осаждения.

*Критерий лимитируемости* исходного уровня солесодержания обрабатываемой воды для метода опреснения воды, *критерий временной* (учитывает срок возможной эксплуатации опреснительных установок) и *критерий расхода электроэнергии* на опреснение морской воды требует детального сравнения методов дистилляции и обратного осмоса.

При опреснении воды методом обратного осмоса пресную воду отделяют от растворённых в ней солей при помощи мембраны, проницаемой для воды, но непроницаемой для солей. Уровень обессоливания определяется селективностью мембран. Качество исходной воды, подаваемой на мембраны, должно соответствовать определённым жёстким требованиям, что влечёт за собой необходимость организации сложной предварительной очистки, стоимость которой иногда в два-три раза превышает стоимость самой установки обратного осмоса и наличие которой удваивает энергопотребление. Реальный срок службы мембран составляет порой три-четыре года. Всё это становится причинами высоких эксплуатационных расходов при использовании обратноосмотических и электродиализных (мембранных) методов. Метод обратного осмоса влечёт за собой высокую зависимость от производителей мембран.

Дистилляция воды основана на различии в составе воды и образующегося из неё пара. Важнейшие преимущества дистилля-

ционных установок: минимальное количество используемых химических реагентов, низкие эксплуатационные расходы, большой срок службы — около 30 лет. Термический метод позволяет обессолить воду практически с любыми видами загрязнений и с любым солесодержанием, получая в результате качество, труднодостижимое другими методами.

Анализ методов опреснения морской воды показал, что дистилляционный метод опреснения является самым оптимальным для опреснения вод Чёрного моря, так как относится к наиболее дешёвым крупномасштабным способам получения опреснённой воды высокого качества. Эти критерии также можно применять при выборе метода опреснения воды в других регионах.

УДК 621.45

## РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ БЛОКОВ САТЕЛЛИТОВ РЕДУКТОРА ТВД

© 2018 Е.В. Аксенов

ПАО «Кузнецов», г. Самара

### DEVELOPMENT OF THE OPTIMUM CONSTRUCTIONS OF BLOCKS SATELLITES OF TURBOSHAFT ENGINE'S REDUCER

Aksenov E.V. (JSC «Kuznetsov», Samara, Russian Federation)

*This topic is focused on the choose of the optimum constructions of blocks satellites of turboshaft engine's reducer. To eliminate the possibility of destruction of the reducer, changes were made taking into account the design, strength and technological requirements. As a result, the technological process of manufacturing the construction was worked out. The selected option is ready for use in the engine.*

Дифференциальный трёхпоточный однорядный редуктор со сдвоенными сателлитными шестернями устанавливается на двигатели НК–12МА (МВ, МП, МПМ) и служит для передачи избыточной мощности от турбины к воздушным винтам и для распределения передаваемой мощности между передним и задним винтами. Блок сателлитов состоит из двух шестерён, напрессованных на шестерню–вал. В местах соединения этих шестерён запрессованы штифты для передачи мощности.

За время эксплуатации объекта неоднократно происходили случаи разрушения редуктора. Во всех случаях причиной дефекта являлось усталостное разрушение сателлитных шестерён с началом развития усталостной трещины в отверстиях под штифты крепления шестерни на шестерню–вал. Результаты исследований показали, что возникновение и развитие микротрещин произошло ввиду совокупного воздействия нескольких факторов:

– несоответствие групп размеров штифтов группам размеров отверстий под штифты;

– множественные кольцевые риски и сечения на внутреннем диаметре и доньшках отверстий под штифты;

– наличие конусных выточек от сверла на поверхности доньшек отверстий, являющихся начальными зонами разрушения [1].

С целью исключения проявления дефекта разработан комплекс технологических и конструктивных мероприятий для ремонтных и вновь изготавливаемых блоков сателлитов. Работа проводилась в несколько этапов.

На первом этапе на основе метода конечных элементов проведён анализ влияния натяга штифтов и наличия конусной выточки на напряжённо–деформируемое состояние конструкции. Превалирующее влияние на НДС доньшка отверстий под штифты оказывает конусная выточка (рис. 1) [2, 3].