

УДК 629.7.048

Регенерация воды в системе СРВ-К2М Российского сегмента МКС: состояние и перспективы

Бобе Леонид Сергеевич¹

l_bobe@niichimmash.ru

Сальников Николай Александрович¹

salnikov@niichimmash.ru

Рукавицин Сергей Николаевич¹

ruckavicin@niichimmash.ru

Павлов Александр Васильевич¹

pavlov@niichimmash.ru

Запругайло Елена Дмитриевна²

Natalya.Shamshina@rsce.ru

¹ АО «НИИХиммаш», Москва, Россия² ПАО «РКК «Энергия», Королёв, Московская обл., Россия

Аннотация. Рассмотрена эксплуатация системы регенерации воды из конденсата атмосферной влаги СРВ-К2М, функционирующей на Российском сегменте МКС. Приведены характеристики системы, дана оценка эффективности работы. Представлены результаты применения модернизированных ранее блоков, рассмотрены способы дальнейшей модернизации отдельных узлов и применения новых физико-химических процессов, позволяющих повысить эффективность очистки конденсата.

Ключевые слова: системы жизнеобеспечения, регенерация воды, конденсат атмосферной влаги, сорбционная очистка, газожидкостная смесь, микрогравитация

Длительные космические полеты предполагают использование систем водоснабжения (СВО) регенерационного типа, которые позволяют проводить извлечение и регенерацию воды из продуктов жизнедеятельности человека, обеспечивая экономию воды запасов. В Российском сегменте МКС успешно функционируют система регенерации воды из конденсата атмосферной влаги СРВ-К2М, позволяющая перерабатывать конденсат и техническую воду до состояния питьевой воды [1].

Система СРВ-К2М основана на процессе многоступенчатого сорбционно-каталитического окисления, что обеспечивает 100 %-ное извлечение воды из конденсата. Регенерированная вода перед потреблением проходит пастеризацию и подается экипажу в горячем или охлажденном виде. Процессы осуществляются при атмосферном давлении и температуре на станции, затраты энергии (без учета нагрева воды) составляют 2 Вт·ч/л. Среднесуточная потребляемая мощность на трех членов экипажа с учетом нагрева составляет 30 Вт. Удельные затраты массы составляют 0,08 кг на 1 литр регенерированной воды. В период с ноября 2000 г. по октябрь 2025 г. системой СРВ-К2М на РС МКС регенерировано из КАВ более 30 тонн воды, что составляет 56 % от общего потребления питьевой воды. Конструктивно система состоит из отдельных блоков, что позволяет проводить их замену по мере выработки ресурса или при их модернизации.

Для перспективных полетов предусмотрена модернизация системы, заключающаяся в повышении эффективности процесса регенерации и увеличения ресурса блоков, что обеспечит снижение массо- и энергозатрат на водообеспечение станции. В течение эксплуатации система прошла ряд усовершенствований, которые позволили ей обеспечить большую надежность, повысить эффективность очистки и увеличить ресурс работы. Значительным усовершенствованием системы является использование с 2009 года мембранного фильтра-разделителя (МФР), который позволил увеличить ресурс узла сепарации системы более чем в 10 раз, при этом удельная масса аппарата составляет 0,0015 кг/л регенерированной воды. Разработан и внедрен узел мембранной бактериальной очистки (УБО), позволяющий проводить удаление бактериальной микроорганики в случае невозможности проведения пастеризации очищенной воды. Узел позволил обеззаразить и использовать более 5 т воды из американского сегмента и более 1 т загрязненной воды из российского сегмента.

В настоящее время в АО «НИИхиммаш» ведутся работы по усовершенствованию процесса сорбционно-каталитического окисления недиссоциирующих органических соединений и разработка соответствующей аппаратуры, которые позволят повысить эффективность и увеличить ресурс узла каталитической очистки, что повлечет снижение удельных затрат массы системы [2, 3].

В докладе приведены результаты эксплуатации системы на борту РС МКС, дана оценка баланса по воде, рассмотрены результаты работ по модернизации системы, сформулированы дальнейшие задачи исследований.

Список источников

- [1] Бобе Л.С., Кочетков А.А., Романов С.Ю. Перспективы развития регенерационного водообеспечения пилотируемых космических станций. *Пилотируемые полеты в космос*, 2014, № 2 (11), с. 51–60.
- [2] Бобе Л.С., Кочетков А.А., Павлов А.В. Увеличение ресурса СРВ-К2М РС МКС по очистке конденсата. *XXII Науч.-техн. конф. ученых и специалистов, посв. 60-летию полета Ю.А. Гагарина: сб. тез.* Королёв, ПАО «РКК «Энергия», 2021, с. 705–707.
- [3] Павлов А.В., Трофимов С.А., Шамшина. Электрохимическая сорбционно-каталитическая регенерация воды из конденсата атмосферной влаги для космической станции. *XXIII Науч.-техн. конф. ученых и специалистов, посв. 60-летию полета Ю.А. Гагарина: сб. тез.* Королёв, ПАО «РКК «Энергия», 2024, с. 404–406.