

УДК 621.362/.472

Проекты системы энергообеспечения лунных баз

Соловьев Герман Александрович

solovevga@laspace.ru

Клименко Николай Николаевич

klimenkonn@laspace.ru

АО «НПО Лавочкина», Химки, Московская обл., Россия

Аннотация. В работе рассматриваются особенности создания и применения существующих систем энергоснабжения проектов зарубежных лунных баз. Приведены работы по систематизации и выделению отдельных направлений работ в рамках существующих актуальных проектов. Детально анализируются возможности систем энергоснабжения по проектам «Kilopower» и «Artemis» в части ядерных энергетических установок и установок с использованием солнечных батарей. Дополнительно рассмотрены мобильные источники энергии с применением лазерной дистанционной передачи. На основе указанных характеристик предлагаются варианты увязки различных источников электропитания для лунного полигона на начальных этапах его развертывания.

Ключевые слова: лунная база, система электроснабжения, ядерный реактор, солнечная батарея

Введение. Изучение Луны приобретает систематический характер и переходит на уровень долгосрочных исследовательских миссий с применением автоматических космических аппаратов. Актуальность данной работы заключается в проведении анализа существующих проектов источников электрической энергии на основе обзора публикаций результатов начальных этапов их проектирования и наземной экспериментальной отработки.

Материалы. Проведенный анализ существующих проектов лунных баз показал, что концепты организации энергетической инфраструктуры заметно изменились ввиду миниатюризации силовой и управляющей бортовой аппаратуры. В работе рассмотрены проекты с использованием ядерных источников энергии, солнечных батарей, тепловых аккумуляторов, а также проекты лазерных мобильных установок [1–5].

Наибольший опыт в создании модульных энергетических установок на основе использования ядерной энергии был наработан в рамках проекта KRUSTY (Kilopower Reactor Using Stirling TechnologY) в марте 2018 года. Мощность прототипа установки на основе реактора массой 134 кг, включая 28 кг уранового топлива, достигла уровня 1 кВт. В состав установки, помимо реактора, входят отражатели, радиатор с тепловыми трубами, преобразователи Стирлинга [1]. Также был рассмотрен вариант создания высокоэнергетической установки с электрической мощностью до 40 МВт [2].

В рамках проекта «Artemis» прорабатывается также система энергоснабжения на основе технологий вертикальных СБ VSAT (Vertical Solar Array Technology (VSAT)). Проект VSAT направлен на разработку технологий использования солнечных батарей для обеспечения постоянного присутствия на

поверхности Луны к 2030 году. По данным технического портала НАСА в августе 2022 проекты достигли уровня готовности технологий (УГТ) 6 и перешли в стадию изготовления прототипов [3–5].

В работе было рассмотрено два сценария реализации лунного полигона: в полярной и околоэкваториальной зоне. Исходя из условий освещенности были проведены математические оценки как суммарной выработки электрической энергии, так и для случаев с различной нагрузкой потребителей на энергосеть.

Заключение. По результатам работы было подтверждено, что использование источников на основе солнечной энергии рационально в приполярных областях, где продолжительность лунной ночи составляет до 7 земных суток. Однако, при повышении мощности, ночное потребление должно компенсироваться альтернативными источниками энергии — ядерным реактором или орбитальной группировкой аппаратов с лазерными установками передачи энергии. Развертывание в околоэкваториальной зоне возможно только с использованием ядерных источников энергии, остальные типы источников могут быть использованы только как вспомогательные.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] *Kilopower Project: The KRUSTY Fission Power Experiment and Potential Missions*. URL: https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20205008482/downloads/02-Kilopower%20Project_%20The%20KRUSTY%20Fission%20Power%20Experiment%20and%20Potential%20Missions.pdf (accessed 20.09.2025).
- [2] *A Deployable 40 kWe Lunar Fission Surface Power Concept*. URL: https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20220004670/downloads/40%20kW%20Deployable%20FSP%20Paper_FINAL.pdf (accessed 24.11.2025).
- [3] *Vertical Solar Array Technology (VSAT)*. URL: <https://techport.nasa.gov/projects/116305> (accessed 18.08.2025).
- [4] *Powering the Moon: Vertical Solar Arrays Charge the Way*. URL: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2025/powering-the-moon-vertical-solar-arrays-charge-the-way.html> (accessed 21.05.2025).
- [5] *European Charging Station Pre-phase A*. URL: https://nebula.esa.int/sites/default/files/neb_study/3137/C4000138633FP.pdf (accessed 20.11.2025).