



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
«КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА,
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ
КОМПЛЕКСЫ» имени А.Г. ИОСИФЬЯНА»
(АО «Корпорация «ВНИИЭМ»)



Хорошный тупик, д. 4, стр. 1, Москва, 107078
Тел.: (495) 608-84-67, (495) 365-56-10; Факс: (495) 624-86-65, (495) 366-26-38
e-mail: info@vniiem.ru; http://www.vniiem.ru
ОКПО 04657139; ОГРН 5117746071097; ИНН/КПП 7701944514/770101001

09.09.2019 № ВТ-34/6730/В

На № _____ от _____

Ученому секретарю
диссертационного совета Д 212.125.10
ФГБОУ «Московский авиационный
институт (национальный
исследовательский университет)

к.т.н., доценту А.Р. Денискиной

125993, г. Москва, Волоколамское ш.,
д. 4, А-80, ГСП-3

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу М.Р. АХМЕДОВА
«Методика проектирования орбитальных и транспортных модулей с
солнечными батареями большой мощности», представленной на соискание
учёной степени кандидата технических наук по специальности: 05.07.02 –
Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов

Работа Муслима Ринатовича Ахмедова посвящена разработке методики проектирования и расчета модулей орбитальных станций (ОС) и электроракетных межорбитальных буксиров (ЭМБ) с системой электроснабжения (СЭС) на основе солнечных батарей большой мощности с повышенным ресурсом, а также выработке рекомендаций по определению оптимальных проектных решений с учетом комплекса факторов, влияющих на характеристики СЭС.

Рациональные проектные решения для организации СЭС напрямую определяют ее эффективность, а значит, имеют существенное влияние на функционирование всего космического аппарата. Крупные космические комплексы нуждаются в мощных системах электроснабжения, которые представляют собой сложные системы фотоэлектрических преобразователей, обладающих различными параметрами. Для моделирования и расчета таких систем необходима эффективная методика, которая позволит учитывать воздействие различных факторов космического пространства.

Характерным условием работы солнечных батарей космических комплексов является их периодическое частичное затенение – в этом случае выходная мощность значительно зависит от распределения электрического тока между элементами батарей. Существующие математические модели описывают работу СБ с разной степенью упрощения и не позволяют в полной мере учесть схему электрического соединения и вольтамперные характеристики. Другой важной задачей является учет деградации СБ от ионизирующего излучения радиационных поясов Земли (РПЗ). Опубликованные по этой теме работы позволяют сделать вывод о том, что существующие методы решения задачи приводят к получению результата с неустранимой методической погрешностью. Таким образом, разработка методики проектирования орбитальных и транспортных модулей с солнечными батареями большой мощности, а также выработка рекомендаций по определению оптимальных проектных решений с учетом затенения СБ и влияния ионизирующего излучения РПЗ является актуальной задачей.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и списка публикаций, изложенных на 186 страницах основного текста.

Во введении дано обоснование актуальности исследования, сформулированы его цели и основные задачи. Кроме того, отмечены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, а также приведены сведения об их апробации.

В первой главе изложен анализ опыта разработки и эксплуатации систем электроснабжения модулей орбитального комплекса «Мир», российского и американского сегментов МКС, станций «Салют». При исследовании поставлены следующие основные задачи:

- 1) Методически обеспечить проектную разработку научно-энергетического модуля российского сегмента МКС;
- 2) Обеспечить методически разработку СЭС ЭМБ в плане учета деградации СБ под действием ионизирующего излучения РПЗ.

Во второй главе приведена методика учета затенения СБ модулей орбитальной станции планетами и конструктивными элементами, методика вероятностного расчета мощности СБ при частичном затенении с учетом электрических процессов, исследование влияния изменения расстояния от Солнца на мощность СБ и способы учета такого влияния, способ учета потери энергии в буферных аккумуляторах орбитального модуля при неравномерном энергопотреблении, анализ влияния температуры на мощность СБ, а также методика учета влияния ионизирующего излучения РПЗ на работу многократного солнечного электроракетного межорбитального буксира.

В третьей главе описано применение методик при проектировании СЭС научно-энергетического модуля РС МКС.

В четвертой главе представлено экспериментальное исследование корректности методики расчета производительности СБ модулей. Приведен сравнительный анализ расчетной и экспериментальной производительности СБ служебного модуля РС МКС.

Приводится список литературы из 68 и список публикаций из 8 наименований.

В работе получены следующие научные результаты:

- 1) Предложена методика вероятностного расчета мощности СБ при частичном затенении с учетом электрических процессов, а также выполнена верификация математической модели работы СБ при частичном затенении с использованием телеметрии служебного модуля РС МКС;

2) Предложена математическая модель и методика для расчета мощности СБ ЭМБ с учетом деградации под воздействием ионизирующего излучения РПЗ, а также разработано специальное ПО;

3) Выполнен комплексный анализ деградации СБ ЭМБ в РПЗ с учетом параметров траектории ЭМБ и толщины защитного покрытия ФЭП, а также проведена оценка эффективности способов снижения деградации СБ ЭМБ в РПЗ;

4) Предложены эмпирические формулы для проектного расчета деградации СБ ЭМБ в РПЗ;

5) Выработаны рекомендации по проектированию и расчету мощности СЭС модулей с учетом изменения температуры СБ;

6) Исследовано влияние на производительность СЭС изменения расстояния до Солнца, предложена методика его учета;

7) Предложены формулы для расчета среднесуточных потерь энергии в буферных аккумуляторах;

8) Предложены оригинальные методики учета требований теплового режима при расчете допустимой нагрузки на СЭС и проектного расчета освещенности интерьера пилотируемого КА с учетом отраженного света.

Практическая значимость работы подтверждена использованием в ПАО «РКК «Энергия» предложенных методик при проектировании научно-энергетического модуля (НЭМ) для российского сегмента МКС.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечена непротиворечивостью исходных теоретических положений, а также применением методов, достоверно описывающих сущность изучаемого явления. Корректность методики расчета производительности СБ орбитального КА с учетом частичного затенения подтверждена экспериментально телеметрическими данными СМ российского сегмента МКС. Выводы о влиянии температуры на производительность СБ подтверждены экспериментально телеметрией космического корабля «Прогресс МС».

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1) Автором проведены обширные исследования и разработан комплекс методик проектирования и расчета модулей ОС и ЭБМ с системой электроснабжения на основе солнечных батарей большой мощности (СБ). Вместе с тем, в названии самой работы упоминание о системе электроснабжения отсутствует, что может вызвать ожидания рассмотрения в работе других задач, например, связанных с динамикой управления ОС с учетом упругости СБ.

2) При подробном рассмотрении автором вопросов, связанных с частичным затенением СБ, не акцентировано внимание на возникновении нескомпенсированных электромагнитных моментов от взаимодействия токов, протекающих в СБ, с магнитным полем Земли. При засветке части СБ может возникать момент, для компенсации которого, возможно отключение также другого участка СБ. Это может оказывать существенное влияние на работу СБ при реализации требований о минимизации магнитного момента и при управлении в части направления вектора тяги.

Отмеченные недостатки, безусловно, не снижают общей положительной оценки работы, ее практической ценности и не влияют на обоснованность защищаемых положений. Основные результаты получены автором самостоятельно, а там, где это необходимо, имеются ссылки на работы соавторов.

Публикации автора, в том числе 6 из них в изданиях, рекомендованных ВАК, достаточно полно отражают содержание диссертации. Содержание диссертации соответствует заявленной научной специальности.

Структура и объем автореферата достаточны для понимания основных положений диссертации, вынесенных на защиту.

Таким образом, диссертация М.Р. Ахмедова на соискание ученой степени кандидата технических наук является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно и на достаточно высоком уровне, в которой содержится решение задачи о разработке методики проектирования и расчета модулей орбитальных станций и электроракетных

межорбитальных буксиров с системой электроснабжения на основе солнечных батарей большой мощности с повышенным ресурсом и удельными характеристиками, в также о выработке рекомендаций по определению оптимальных проектных решений с учетом комплекса факторов, влияющих на характеристики СЭС. Работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ

Заместитель генерального директора по научной работе АО «Корпорация «ВНИИЭМ»,
доктор технических наук, профессор



[Handwritten signature]
06.09.19

Владимир Яковлевич Геча