

Возможности использования космической техники для управления освещением земной поверхности

Е.И. СТАРОВОЙТОВ

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева», Московская обл., г. Королёв
E-mail: post@rsce.ru

Аннотация

Приведён обзор состояния разработки в России и за рубежом космической техники, для управления освещением земной поверхности. Описаны основные технические проблемы, возникающие при выборе конструкции, развёртывании и завершении эксплуатации космических отражателей и экранов. Приведены предварительные оценки избыточного уровня освещения, способного влиять на человека и другие живые организмы. Представлены технико-экономические аспекты создания систем управления освещением земной поверхности. Обоснована необходимость дополнительных исследований условий нахождения людей в освещаемых районах.

Ключевые слова: Солнце, орбитальное освещение, отражатель, экран, солнечно-парусный корабль, световое загрязнение, экология

Введение

Известно, что к числу глобальных экологических проблем относятся большие расходы углеводородного топлива на выработку электрической энергии для наружного освещения в тёмное время суток (ТВС) и, предположительно, связанные с этим изменения климата.

Обе эти проблемы могут решаться с использованием космической техники, позволяющей изменять освещённость земной поверхности. Для этого могут использоваться отражатели и непрозрачные экраны, размещаемые на околоземной орбите и в точках либрации¹ систем Земля-Солнце и Зем-

¹ В точках либрации (точках Лагранжа) третье тело, испытывающее воздействие только гравитационных сил со стороны двух других массивных тел, может оставаться неподвижным относительно этих двух тел

ля-Луна, что предполагает решение нетривиальных инженерных задач. При этом ещё полностью не выполнена разносторонняя оценка последствий изменения световой обстановки на Земле.

Цель данной работы состоит в анализе инженерных проблем использования средств космической техники для управления освещением земной поверхности и его вероятных побочных последствий для экологии и жизнедеятельности человека.

Обзор проектов по управлению освещением земной поверхности из космоса

Для наружного освещения отдельных районов земной поверхности в ночное время может использоваться свет Солнца, направляемый с помощью системы космических аппаратов (КА) – отражателей, расположенных на околоземной орбите (рис. 1). Применение таких космических отражателей предлагалось ещё пионерами космонавтики (Ю.В. Кондратюк, Г. Оберт) в начале XX в.

Особую актуальность орбитальное освещение имеет для регионов за полярным кругом, в которых имеет место явление «полярной ночи», а также в зонах стихийных бедствий и чрезвычайного положения.

В конце 1960-х гг. в США был опубликован проект системы орбитального освещения, предназначенной для военного и гражданского применения [1].

Дальнейшее развитие эти предложения получили в 1970-х гг. в предложенной К.А. Эрике программе «Космический свет» [2], которая подразумевала развёртывание на орбите Земли нескольких систем космических отражателей.

С учётом этих и других аналогичных проектов разрабатывалась система орбитального освещения территории США и сопредельных государств

(густонаселённых индустриальных районов, Аляски, Панамского канала) с отражателями площадью 780 000 м² (научно-исследовательский центр НАСА Лэнгли) [3].

В конце 1980-х гг. становится актуальной проблема изменений климата Земли. Для борьбы с парниковым эффектом предлагалось снизить на 2% поток солнечного излучения, падающего на земную поверхность, с помощью экрана диаметром 2000 км, размещённого в точке либрации L_1 системы Земля-Солнце (рис. 2) [4].

В отечественной работе 1992 г. [5] описана аналогичная конструкция с переменной прозрачностью, состоящая из модулей, в которых может осуществляться наклон плоскости экрана к направлению солнечного излучения.

Для понижения уровня солнечного излучения на 1,8% вместо монолитного экрана также могут использоваться 800 000 автономных малых КА-экранов общим весом 2,0·10⁷ т (США, 2006 г.) [6]. Сложность заключается в управлении таким количеством объектов и их последующей утилизации.

В России проводился большой объём работ по созданию космической техники для управления освещением земной поверхности.

В 1992–1993 гг. совместно с Исследовательским центром им. М.В. Келдыша разрабатывалась система из 100 космических отражателей (т.н. КА-рефлекторов) площадью 30 000 м² для

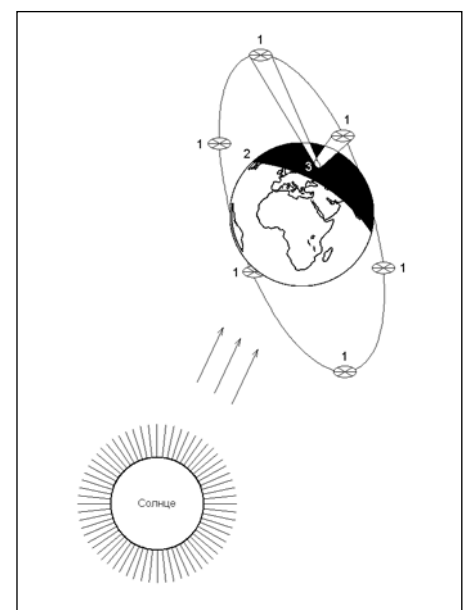


Рис. 1. Система орбитального освещения: 1 – космические отражатели; 2 – терминал (линия светораздела); 3 – освещаемый район

орбитального освещения приполярных городов, расположенных на географической широте $70 \pm 2^\circ$ Северного полушария (Мурманск, Норильск) [7, 8].

В 1994 г. был проведён эксперимент («Знамя-2») по раскрытию в условиях космического полёта плёночного отражателя с алюминиевым покрытием [9].

В 2009–2013 гг. публиковались предложения по созданию космической системы регулирования температурного режима земной атмосферы, предназначенной для решения энергоклиматических проблем [10, 11]. Основой этой системы является солнечно-парусный корабль (СПК), расположенный в точках либрации фотогравитационного поля² систем Земля-Солнце или Земля-Луна. СПК позволяет снижать или увеличивать температуру атмосферы путём изменения освещения земной поверхности Солнцем. Для его изготовления используется алюминиевая фольга, производимая с использованием ресурсов Луны.

В настоящее время промышленность не имеет опыта изготовления космической техники с массой и размерами вышеописанных конструкций. Поэтому при их создании необходимо решить ряд принципиальных технических проблем.

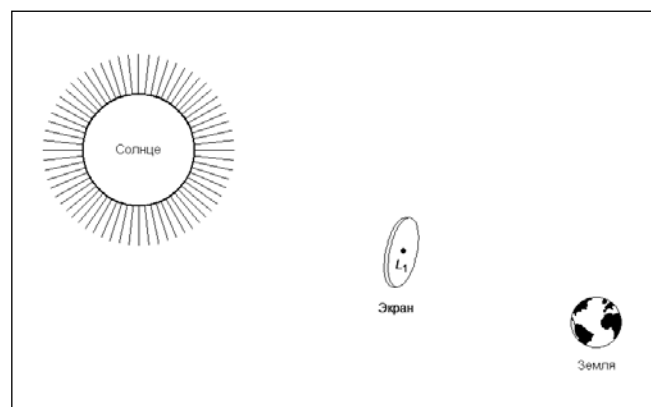
Основные технические проблемы при создании крупногабаритных космических отражателей и экранов

Основные требования к конструкции КА-рефлектора – стабильность геометрии отражателя, недопустимость образования складок и провисания плёнки. Не менее важны проблемы снижения массы конструкции, а также эффективного и надёжного развёртывания отражателя в условиях космического полёта.

Выглядит перспективным использование бескаркасной конструкции отражателя, формируемой центробежными силами. Но, несмотря на малую удельную массу отражателя, в настоящее время бескаркасные конструкции не обеспечивают точность поддержания требуемой формы поверхности, подвержены влиянию сил Кориолиса

² В фотогравитационном поле учитывается действие гравитационных сил и давления солнечного света.

Рис. 2. Экран в точке либрации системы Земля-Солнце, используемый для уменьшения инсоляции земной поверхности



при переориентации и требуют демпфирования колебаний от гироскопических сил [8].

Вибрации КА-рефлектора могут приводить к колебаниям его отражателя, которые, в свою очередь, приводят к смещению светового пучка относительно освещаемого района (отклонение на $2'$ соответствует смещению светового пятна на 1 км). Поэтому к стабилизации КА-рефлекторов предъявляются жёсткие требования.

Управление поворотом КА-рефлекторов относительно собственного центра масс может выполняться за счёт гироскопического эффекта. При этом в проекте [7] предпочтение отдавалось тросовому кольцевому маховику, позволяющему снижать массу конструкции.

Однако, как показывают исследования [12], пока ещё не решены проблемы, связанные с активным демпфированием нутационных колебаний вращающегося паруса и тросового маховика. Поэтому практически может использоваться только гиромаховик ферменной конструкции.

Для поддержания работоспособности отражателя КА-рефлектора в условиях космического полёта было предложено выполнять напыление металлического покрытия с помощью соответствующего агрегата и запаса напыляемого материала на борту [7]. Но в настоящее время ещё не отработано автоматическое нанесение металлического покрытия на борту. Поэтому, исходя из фактического уровня развития космической технологии, необходимы исследования по сохранности оптических свойств отражателей КА-рефлекторов при их продолжительном наземном хранении.

Принципиально значима сохранность плёнки и покрытия отражателя под влиянием внешних воздействую-

щих факторов космического полёта, что проверяется лишь длительными лётными испытаниями.

СПК будет самой крупной космической конструкцией, созданной людьми (диаметр экрана – 1500–1960 км, а масса – около $5,6 \cdot 10^7$ т [10, 11]). Поэтому, кроме общих проблем, возникающих при создании отражателя КА-рефлектора, необходима разработка методов управления конструкцией с такими массой и размерами.

Для обоснования характеристик конструкции СПК при светотехнических расчётах должны учитываться все факторы, способные влиять на окончательный результат. При этом исследовано влияние эффекта потемнения диска Солнца к краю на ослабление его потока излучения с помощью СПК и показано, что для уменьшения солнечной постоянной на 0,50% достаточно размещённого по центру диска Солнца СПК диаметром 1500 км (вместо 1690 км) [13].

К настоящему времени, по сравнению с технической стороной создания космических экранов и отражателей, в меньшей степени разработаны вопросы побочного воздействия изменений световой обстановки на экологию Земли и жизнедеятельность человека.

Предварительная оценка экологических последствий изменения освещения земной поверхности

Оценка влияния на экологию избыточного освещения, создаваемого КА-рефлекторами и СПК, тесно связана с проблемой светового загрязнения, создаваемого искусственными источниками света в городах и промышленных зонах.

Из работ по исследованию светового загрязнения [14–17] следует, что использование искусственного освеще-

Характеристики отражённого излучения Солнца для разных металлических покрытий

	Металлическое покрытие				
	алюминий	серебро	титан	медь	золото
Коррелированная цветовая температура, К	5200	5180	5130	3655	3650
Суммарная освещённость в спектральном диапазоне 0,36–0,83 мкм, лк*	7,2	7,6	4,7	5,2	6,1
Энергетическая освещённость в спектральном диапазоне 0,28–0,38 мкм, мВт/м ² *	1,8	1,4	1,1	0,7	0,7
Энергетическая освещённость в спектральном диапазоне 0,44–0,48 мкм, мВт/м ² *	4,3	4,4	2,7	2,1	2,0

* На земной поверхности в условиях чистой атмосферы

щения в ТВС может нарушать фото-биологические реакции у разных живых организмов, в том числе у людей. В работах [14,18,19] рекомендуется с осторожностью применять в ночное время источники излучения с высоким содержанием синей доли света (0,44–0,48 мкм).

Некоторые организмы используют небесные тела для ориентации в пространстве [20, 21]. Этот биологический механизм пока мало исследован, поэтому влияние на него изменений внешнего освещения оценивать трудно.

Слабое УФ излучение в УФ-В диапазоне (0,28–0,32 мкм) жизненно важно для многих организмов. Годовой цикл этого излучения в средних и высоких широтах можно рассматривать как побудителя к сезонным миграциям и спячке животных [22].

Ещё один важный аспект изменения естественной световой обстановки связан с поляризацией света небесных тел в атмосфере. Световое загрязнение создаётся неполяризованным излучением наземных источников света, что дополнительно затрудняет ориентацию некоторых живых организмов [23]. Таким образом, освещение с помощью КА-рефлекторов ближе к естественному.

В работе [24] анализировались характеристики отражателей и безопасность эксплуатации КА-рефлекторов системы орбитального освещения. Рассматривались отражатели с алюминиевым, серебряным, титановым, золотым и медным покрытиями.

Расчёт коррелированной цветовой температуры показал, что наилучшее восприятие зрительной обстановки оператором в ночное время обеспечивается при использовании на КА-реф-

лекторах отражателей с золотым или медным покрытиями.

В статье [25] выполнен анализ спектральных характеристик отражённого излучения Солнца для вышеуказанных пяти покрытий отражателей КА-рефлекторов. Для снижения уровня отражаемого УФ-В излучения подходят отражатели с серебряным покрытием, а для одновременного снижения этого уровня и синей доли света (0,44–0,48 мкм) могут использоваться отражатели с медным или золотым покрытиями.

Спектральные характеристики отражённого излучения Солнца для разных металлических покрытий отражателей КА-рефлекторов приведены в табл. 1.

По результатам оценок [24, 25], для уменьшения нагрузки на органы зрения оператора и нежелательного экологического воздействия рекомендуется применять разные металлические покрытия отражателя КА-рефлектора в зависимости от местного времени суток в освещаемом районе земной поверхности.

Принципиальным вопросом для безопасности эксплуатации систем орбитального освещения является постоянный контроль за уровнем освещения земной поверхности. Поэтому должна быть принципиально предусмотрена возможность быстрого отворота отражателей от земной поверхности для восстановления естественного уровня освещённости.

По степени воздействия на окружающую среду СПК значительно превосходит систему орбитального освещения. Функционирование одного из вариантов СПК предполагает снижение освещённости земной поверхности на 0,5% [10,11], что достаточ-

но для регулирования температурного режима атмосферы. Для обеспечения безопасности также необходимо предусматривать возможность быстрого возвращения к естественному уровню освещения.

Конструкция с регулировкой ослабления, предложенная в [5], сложна из-за большого количества подвижных частей и исполнительных механизмов. Поэтому, с большей вероятностью, гарантированное и оперативное восстановление естественного освещения выполнимо лишь путём экстренного демонтажа конструкции СПК.

В научном сообществе нет единства мнений по тенденциям и причинам изменений климата Земли, а также – антропогенному вкладу в этот процесс. Кроме широко известной и много обсуждаемой гипотезы глобального потепления существует контргипотеза глобального похолодания. Количественные оценки вклада каждого из факторов, определяющих климат, являются приблизительными [26]. Поэтому любое искусственное воздействие на климат должно приводить к непредсказуемым и необратимым его изменениям.

По этой причине был проработан вариант СПК для усиления освещения земной поверхности [11]. Он имеет двустороннюю отражающую поверхность диаметром 1960 км и размещается в точках либрации L_4 или L_5 системы Земля-Луна (рис. 3).

Оценка энергетической освещённости на земной поверхности от этого СПК [27] показывает, что:

1. Отражённое УФ излучение не представляет прямой опасности для людей, и специальных мер для защиты от него не требуется.

Освещённость и энергетическая освещённость от СПК с диаметром отражателя 1960 км, расположенного в точках либрации L_4 или L_5 системы Земля-Луна (в условиях чистой атмосферы)

Показатель	Значение
Коррелированная цветовая температура, К	5200
Суммарная освещённость в спектральном диапазоне 0,36–0,83 мкм, лк: зеркальная составляющая диффузная составляющая	1,7·10 ⁴ 0,1
Энергетическая освещённость в спектральном диапазоне 0,28–0,38 мкм, Вт/м ² *	4,2
Энергетическая освещённость в спектральном диапазоне 0,44–0,48 мкм, Вт/м ² *	10,1

* Зеркальная составляющая

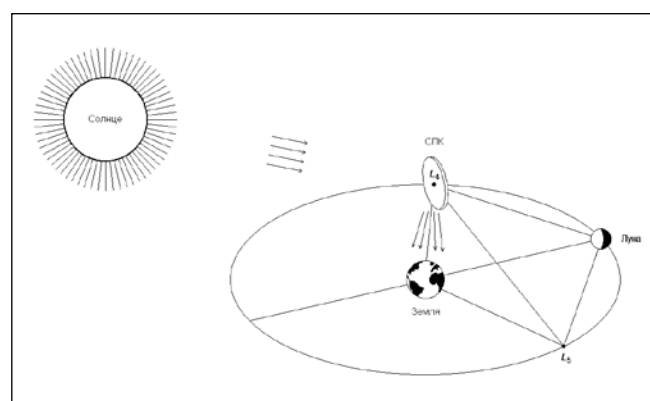


Рис. 3. Размещение СПК в точке либрации L_4 системы Земля-Луна

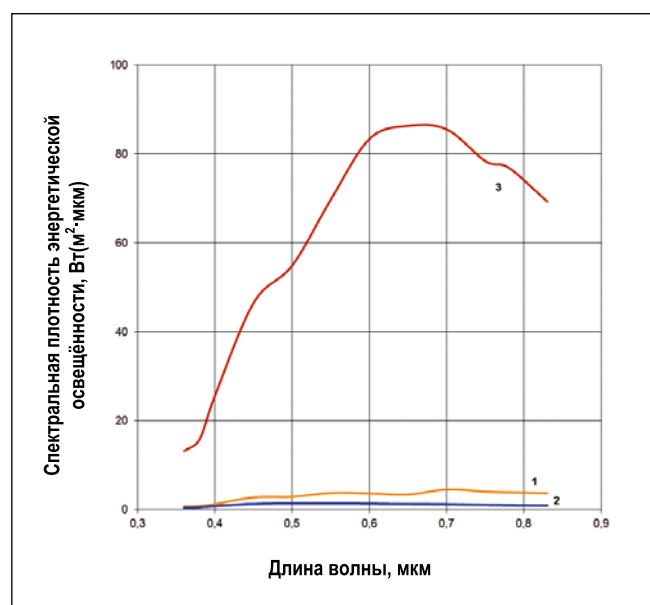


Рис. 4. Спектры излучения для полной Луны (1), СПК (диффузная составляющая) (2) и КА-рефлектора с медным покрытием отражателя (3)

2. Энергетическая освещённость в УФ- и видимом диапазонах спектра избыточна в ТВС (т.к. превышает естественную на 5–8 порядков при зеркальном отражении), а по энергетической яркости СПК, наблюдаемый с Земли, будет соизмерим с Солнцем и Луной.

3. Спектр отражённого излучения может создавать дискомфорт при работе операторов в ТВС.

Результаты расчётов освещённости от СПК приведены в табл. 2.

С помощью рис. 4 можно судить о спектре видимого излучения для полной Луны, КА-рефлектора с медным покрытием отражателя и СПК (диффузная составляющая) в условиях чистой атмосферы. А на рис. 5 представлены спектры видимого излучения для Солнца и СПК (зеркальная составляющая) в тех же условиях.

При развёртывании систем орбитального освещения и СПК также должно быть исследовано влияние изменений освещения на процессы образования озона в атмосфере и связанные с ними изменения погоды [13].

Окончательное обоснование режимов светового воздействия может быть сделано только по результатам реальных испытаний. Необходимо отметить, что по известным данным для негативного воздействия на природу и человека необходимо воздействие за долгий период времени, как это происходит при световом загрязнении в больших городах и промышленных зонах.

Таким образом, космические эксперименты по кратковременному облучению земной поверхности маломощными потоками отражённого излучения Солнца опасности для человека и природы не представляют.

После определения безопасных границ изменения освещения земной поверхности должен быть проведён технико-экономический анализ разработки используемой для этих задач космической техники.

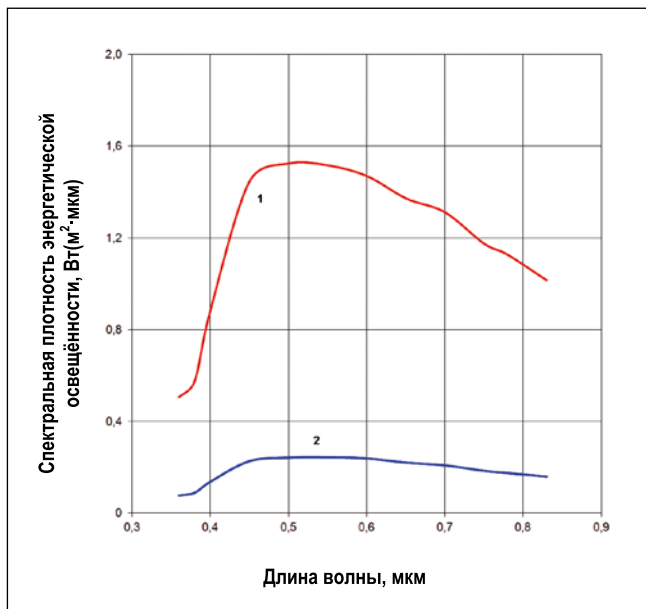
Технико-экономические аспекты развёртывания систем орбитального освещения и СПК

Развёртывание систем орбитального освещения в ближайшем будущем будет связано с применением перспективных ракет-носителей сверхтяжёлого класса, способных за один пуск выводить большое количество КА-рефлекторов.

Результаты проведённых в Пенсильванском университете исследований (2013 г.) показывают, что созданные системы орбитального освещения экономически целесообразно, если затраты на выведение будут лежать в пределах нескольких сотен долларов за 1 кг полезного груза [28].

Для изготовления отражателей по комплексу физико-механических характеристик и технологичности лучше всего подходят два вида полимерных плёнок, выпускаемых промышленностью: полиэтилентерефталатная (ПЭТФ, лавсан, майлар) и полиимидная (ПИ-1ЭУ, каптон) [7, 8, 28].

Рис. 5. Спектры излучения для Солнца (1) и СПК (зеркальная составляющая) (2)



Алюминий, титан и медь широко используются в космической технике, поэтому при производстве на их основе покрытий отражателей КА-рефлекторов трудностей быть не должно. Ограничения могут возникать из-за высокой стоимости покрытий на основе золота и серебра, но, согласно предложенной концепции [24, 25], в системе орбитального освещения должны использоваться отражатели разного типа. Таким образом, золотое и серебряное покрытия могут наноситься только на часть отражателей.

Развёртывание систем орбитального освещения приведёт к изменению условий жизни и труда большого количества людей, поэтому кроме воздействия на экологию также должны быть тщательно изучены социальные, психологические и медицинские стороны проблемы.

Необходима оценка воздействия изменений освещения на повседневный быт людей, режим их труда и отдыха, устройство жилых и производственных помещений, время и продолжительность нахождения на улице. Так как наблюдается связь некоторых социальных явлений с продолжительностью светового дня и фазами Луны, то необходимо исследовать теоретически возможное влияние изменений освещённости на поведение отдельных социальных групп, количество правонарушений, частоту психических заболеваний и т.д. среди населения освещаемых районов Земли.

Глубокое исследование механизмов влияния наружного освещения на фотобиологические реакции разных жи-

вых организмов открывает широкие возможности для целенаправленного воздействия на природу в интересах хозяйственной деятельности человека. Создаются основы для разработки технологии светового управления экосистемами, а также – создания благоприятных условий для проживания и трудовой деятельности человека.

С помощью данной технологии можно повышать продуктивность морских и сухопутных организмов, управлять их миграцией, создавать неблагоприятные условия для вредных и опасных организмов в зоне освещаемого района. Одновременно может создаваться световая обстановка, способствующая высокой производительности труда, улучшению быта, профилактике заболеваний и психических расстройств у людей.

В статье [2] описана система орбитального освещения для управления климатом и повышения продуктивности сельского хозяйства на больших площадях земной поверхности (т.н. «Биосолетта»). Система орбитального освещения [7, 8] обслуживает круговой район диаметром 15–17 км, что обеспечивает большую экологическую безопасность по сравнению с «Биосолеттой».

В таком ограниченном районе можно применять разные световые воздействия на живые организмы, не опасаясь глобальных экологических последствий.

Световой канал воздействия на экосистему имеет следующие преимущества перед другими средствами воздействия (химическими, радиа-

ционными и т.д.): безынерционность управления, универсальность, относительная безопасность (нежелательные эффекты возникают только при продолжительном воздействии).

Переходя к СПК, необходимо заметить, что для его развёртывания в точках либрации систем Земля-Луна или Земля-Солнце в первую очередь должны быть решены проблемы, связанные с освоением Луны, построением там постоянной базы с соответствующей инфраструктурой и созданием в окололунном пространстве сборочного производства. При этом мощностей последнего должно быть достаточно для производства элементов конструкции СПК из непрозрачного стекла [4] или алюминиевой фольги [10, 11], полученных на основе лунного грунта.

Постройка СПК из никелистого железа с использованием ресурсов астероидов [5] сегодня выглядит более сложной задачей.

С инженерной точки зрения необходима детальная проработка используемых в СПК конструктивных решений и способов его развёртывания на орбите.

Заключительный вопрос – утилизация космической техники, выработавшей свой ресурс.

Завершение эксплуатации КА-рефлекторов и СПК

КА-рефлекторы системы орбитального освещения [7, 8] по окончании ресурса планировалось уводить на более высокую орбиту захоронения с помощью отражателя, частично сохранившего свойства солнечного паруса.

Говоря об СПК, следует отметить, что практически ещё не решена проблема утилизации крупногабаритных космических конструкций, размещаемых выше низкой околоземной орбиты.

Большая масса СПК создаёт риски от потери управления такой огромной конструкцией. Таким образом, целесообразно постоянное или периодическое присутствие экипажа на борту СПК для контроля и поддержания его работоспособности.

По окончании ресурса СПК планировалось его возвращение на сборочное производство [10], однако большие резервы массы позволяют иметь необходимые для периодического ремонта запасы материалов, а постепенный расход массы можно компенсировать постепенной доставкой

«балласта» разными космическими транспортными системами. Таким образом, можно, в принципе, говорить о большом ресурсе такой конструкции.

С точки зрения безопасности эксплуатации выигрывает конструкция СПК, состоящая из отдельных секций. С учётом большой массы СПК меры безопасности могут заключаться в технических решениях, обеспечивающих быстрый демонтаж и ропуск элементов конструкции (например, с использованием пиротехники).

Для оперативной утилизации отражателей большой площади представляет интерес методика, изначально предложенная для захоронения в космосе радиоактивных отходов [29]. Дальнейшее развитие эти предложения получили в концепции двигательной установки КА, использующей в качестве топлива утилизируемый материал (космический мусор) [30]. Использование этой технологии позволит «сворачивать» отражатель и при этом управлять движением СПК (например, направлять его траекторию на сборочное производство).

Заключение

Приведённый обзор показывает современный мировой уровень разработки космической техники для управления освещением земной поверхности. Представлены оценки избыточного освещения, способного влиять на человека и другие живые организмы, описана технико-экономическая сторона разработки систем управления освещением земной поверхности и обоснована необходимость дальнейших исследований возможных побочных последствий изменений световой обстановки на Земле.

Дальнейшие исследования должны определить целесообразность использования орбитального освещения и регулирования инсоляции земной поверхности с помощью СПК с учётом рисков изменений климата и его возможных последствий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Buckingham A.G., Watson H.M.* Basic concepts of orbiting reflectors // *Journal of Spacecraft*. – 1968. – Vol. 5, No 7. – P. 852–853.
2. *Ehricke K.A.* Space Light: Space Industrial Enhancement of the Solar Option // *Acta Astronautica*. – 1979. – Vol. 6, Dec. – P. 1515–1633.
3. *Canady J.E., Allen J.L.* Illumination from Space with orbiting Solar-reflector Spacecraft. URL: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19820025545.pdf> (дата обращения: 11.07.2017).
4. *Early J.T.* Space-Based solar Shield to offset Greenhouse effect // *Journals of The British Interplanetary Society*. – 1989. – Vol. 42. – P. 567–569.
5. *Лукьянов А.В.* Экранирующий диск в точке светогравитационного равновесия против перегрева Земли и планет // *Космические исследования*. – 1992. – Т. 30. Вып. 1. – С. 127–135.
6. *Angel R.* Feasibility of cooling the Earth with a cloud of small spacecraft near the inner Lagrange point (L1) // *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103, no. 46 17184–17189; doi: 10.1073/pnas.0608163103. URL: <http://www.pnas.org/content/103/46/17184.full> (дата обращения: 11.07.17)
7. *Семёнов В.Ф., Сизенцев Г.А., Сотников Б.И., Сытин О.Г.* Система орбитального освещения приполярных городов // *Известия РАН. Энергетика*. – 2006. – № 1. – С. 21–30.
8. *Райкунов Г.Г., Комков В.А., Мельников В.М., Харлов Б.Н.* Центробежные бескаркасные крупногабаритные космические конструкции. – М.: Физматлит, 2009. – 448 с.
9. *Семёнов Ю.П., Бранец В.Н., Григорьев Ю.И., Зеленицков Н.И., Кошелев В.А., Мельников В.М., Платонов В.Н., Севастьянов Н.Н., Сыромятников В.С.* Космический эксперимент по развёртыванию плёночного бескаркасного отражателя D = 20 м («Знамя-2») // *Космические исследования*. – 1994. – Т. 32, Вып. 4–5. – С. 186–193.
10. *Сизенцев Г.А., Сотников Б.И.* Концепция космической системы регулирования термического режима земной атмосферы // *Известия РАН. Энергетика*. – 2009. – № 2. – С. 91–100.
11. *Сизенцев Г.А.* Космический комплекс для решения энергоклиматических проблем на Земле // *Космическая техника и технологии*. – 2013. – № 3. – С. 82–95.
12. *Богданов К.А.* Задачи управления движением космического аппарата с вращающимся солнечным парусом: монография / Под ред. С.Н. Тимакова. – Королёв: РКК Энергия, 2016. – 116 с.
13. *Старовойтов Е.И.* Оценка ослабления излучения Солнца космической системой регулирования температурного режима земной атмосферы // *Наука и образование (МГТУ им. Н.Э. Баумана)*. 2014. № 7. Электронное научно-техническое издание. DOI: 10.7463/0714.0719558. URL: <http://technomag.edu.ru/jour/article/view/651/653> (дата обращения 11.07.2017).
14. *Бармасов А.В., Бармасова А.М., Яковлева Т.Ю.* Биосфера и физические факторы. Световое загрязнение окружающей среды // *Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. – 2014. – № 33. – С. 84–101.
15. *Meyer L.A., Sullivan S.M.P.* Bright lights, big city: influences of ecological light pollution on reciprocal stream–riparian invertebrate fluxes // *Ecological Applications*. – 2013. – 23(6). – P. 1322–1330.
16. *Yorzinski J.L., Chisholm S., Byerley S.D., Coy J.R., Aziz A., Wolf J.A., Gnerlich A.C.* Artificial light pollution increases nocturnal vigilance in peahens // *Yorzinski et al.* (2015), PeerJ, DOI 10.7717/peerj.1174.
17. *ffrench-Constant R.H., Somers-Yeates R., Bennie J., Economidou T., Hodgson D., Spalding A., McGregor P.K.* 2016. Light pollution is associated with earlier tree budburst across the United Kingdom. *Proc. R. Soc. B* 283: 20160813. URL: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.0813> (дата обращения: 11.07.2017).
18. *Аладов А.В., Закгейм А.Л., Музеров М.Н., Черняков А.Е.* О биологическом эквиваленте излучения светодиодных и традиционных источников света с цветовой температурой 1800–10000 К // *Светотехника*. 2012. № 3. С. 7–10.
19. *Капцов В.А., Сосунов Н.Н., Шищенко И.И., Викторов В.С., Тулушев В.Н., Дейнего В.Н., Бухарева Е.А., Мурашова М.А., Шищенко А.А.* Функциональное состояние зрительного анализатора при использовании традиционных и светодиодных источников света // *Гигиена и санитария*. – 2014. – № 4. – С. 120–123.
20. *Animal Spatial Cognition: Comparative, Neural & Computational Approaches*. Edited and Published by *Michael F. Brown and Robert G. Cook* In cooperation with Comparative Cognition Press of the Comparative Cognition Society. November, 2006 / *Bingman V., Jechura T., Kahn M.C.* Behavioral and Neural Mechanisms of Homing and Migration in Birds. URL: <http://www.pigeon.psy.tufts.edu/asc/Bingman/Default.htm> (дата обращения: 11.07.2017).
21. *Dacke M., Baird E., Byrne M., Scholtz C.H., Warrant E.J.* Dung Beetles Use the Milky Way for Orientation // *Current Biology*. 2013. DOI: 10.1016/j.cub.2012.12.034.
22. *Панюшин С.К.* Ультрафиолет как оператор гормональных биоритмов // *Электронный научно-образовательный вестник Здоровье и образование в XXI веке*. – 2012. – Т. 14, № 10. – С. 289–291. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_21484245_44344308.pdf (дата обращения: 11.07.2017).
23. *Cuba C.C.M., Ruhtz T., Fischer J., Hölkner F.* Lunar Skylight Polarization Signal Polluted by Urban Lighting // *Journal of Geophysical*

24. Старовойтов Е.И., Поклад М.Н. Проблемы реализации систем орбитального освещения земной поверхности // Инженерный журнал: наука и инновации. Электронное научно-техническое издание. – 2017. – № 5(65). DOI: 10.18698/2308–6033–2017–5–1622. URL: <http://engjournal.ru/articles/1622/1622.pdf> (дата обращения: 11.07.2017).

25. Старовойтов Е.И. Выбор металлизации для отражателей космической системы орбитального освещения поверхности Земли // Электронный журнал «Труды МАИ». – 2017. – Вып. 94. URL: http://trudy.mai.ru/upload/iblock/477/starovoytov_rus.pdf (дата обращения: 11.07.2017).

26. Диневич Л., Каплан Л., Бадахова Г., Каплан Г. К вопросу об изменении климата // Современные наукоёмкие технологии. – 2013. – № 2. – С. 60–63.

27. Старовойтов Е.И. Оценка освещённости земной поверхности космическим отражателем, предназначенным для стабилизации температурного режима атмосферы // Инженерный журнал: наука и инновации. Электронное научно-техническое издание. – 2017. – № 4 (64). DOI: 10.18698/2308–6033–2017–4–1605. URL: <http://engjournal.ru/articles/1605/1605.pdf> (дата обращения: 11.07.2017).

28. Lior N. Mirrors in the sky: Status, sustainability, and some supporting materials experiments // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2013. – Vol. 18. – P. 401–415.

29. Мухамеджанов М.Ж., Чекалин С.В. Перспективы космической изоляции особо опасных отходов ядерной энергетики // Космос и экология. – 1991. – № 7. – С. 42–55.

30. Lei Lan, Jingyang Li, Hexi Baoyin. Debris Engine: A Potential Thruster for Space Debris Removal. URL: <https://arxiv.org/vc/arxiv/papers/1511/1511.07246v1.pdf> (дата обращения: 11.07.2017).



Старовойтов Евгений Игоревич, кандидат техн. наук. Окончил в 2008 г. Московский государственный открытый университет. Старший научный сотрудник

ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева». Область научных интересов – бортовые опто-электронные и светотехнические приборы космических и летательных аппаратов

Глобальная энергия на «ПМЭФ – 2017»

С 1 по 3 июня 2017 г. в Санкт-Петербурге на площадке КВЦ «ЭКСПОФОРУМ» с огромным успехом прошёл ежегодный XXI Петербургский международный экономический форум / ПМЭФ / под девизом « В поисках нового баланса в глобальной экономике».

Он побил рекорды предшествующих 20 форумов. В нём приняло участие свыше 14000 человек из 143 стран мира, руководители 76 субъектов РФ, глав 700 российских компаний и 400 иностранных. Интересно, что, несмотря на политическую конъюнктуру, делегация из США была самой многочисленной и состояла из 560 человек, представлявших 140 компаний. Чёткую работу Интернета обеспечивали 1000 спутников. Было проведено 127 мероприятий, подписано 475 инвестиционных соглашений на сумму 2 трлн руб.

Свыше 900 модераторов и спикеров выступило по вопросам социально-экономического развития, энергетики, транспорта, экологии и здравоохранения, культуры и туризма, образования и науки.

Прошли заседания «Деловой двадцатки», конференции БРИКС и ШОС, специальная секция, посвящённая предстоящему в октябре этого года XIX Всемирному фестивалю молодежи и студентов в Сочи.

Наряду с напряженной деловой программой Форума состоялось 88 культурных и спортивных мероприятий. Одна из многочисленных и актуальных, жизненно важных тем, рассмотренных на нём, посвящалась «глобальной энергии» будущего. При этом в день открытия Форума состоялась большая пресс-конференция под названием «Глобальные энергетические тренды XXI века». Ведущий пресс-конференции И.М. Лобовский

(РФ), президент ассоциации « Глобальная энергия», сообщил, что в юбилейный год – 15 лет с даты учреждения Премии «Глобальная энергия» – решено заглянуть в будущее и представить доклад «ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО: перспективы развития мирового топливно-энергетического баланса», обозначающий основные тенденции развития энергетики на ближайшие годы. При этом известно, что основой нынешнего топливно-энергетического баланса являются нефть, газ и уголь. Однако к середине нынешнего века они начнут терять своё значение в пользу получения «чистой энергии». Примерные доли мирового топливно-энергетического баланса по данным указанного доклада будут выглядеть через 15, 50 лет и в начале 2100 года, соответственно, так:

Нефть и ее продукты – 28,1; 12,5; 2,1.
Газовая энергетика – 27,5; 23,6; 21,2.
Угольная энергетика – 17,2; 10,6; 0,9.
Энергия Солнца – 7,4.; 18,8; 25,5.
Атомная энергетика – 5,6.; 6,4; 7,4.
Гидроэнергетика – 5,5; 6,5; 9,4.
Биоэнергетика – 4,1; 9,5; 5,2.
Ветряная энергетика – 3,8; 9,1; 12,8.
Геотермальная энергетика- 0,0; 0,5; 1,1.
Термоядерная энергетика – 0,0; 1,5; 11,3.
Преобразование тепловой энергии океана, водородная энергия – 0,8; 1,0; 0,0.
Переработанная кинетическая энергия – 0,0; 0,0; 3,1.

Таким образом, по мнению экспертов, будущее за солнечной и, чуть меньше, газовой энергетикой, а с середины века своё развитие получит и термоядерная энергетика.

Е.А. Лесман, инж.-энергетик, корреспондент журнала «Светотехника» в Санкт-Петербурге

BL Group на «ЭКСПО 1520»

В Щербинке (под Москвой) завершился VI Международный железнодорожный салон техники и технологий «ЭКСПО 1520». Важное событие объединило на одной площадке новейшие разработки и передовые технологии

в железнодорожной сфере и определило ключевые тенденции отрасли на два года.

Крупнейшее выставочное пространство занимало площадь в десять футбольных полей.

Лучшие российские и зарубежные производители презентовали на нём свою продукцию для железнодорожной отрасли. Холдинг BL Group принял участие в экспозиции с типовыми решениями для железнодорожных объектов – продукцией «GALAD» и «OPORA ENGINEERING», выпускаемой предприятиями Холдинга. Светотехнические изделия этих ТМ уже хорошо зарекомендовали себя и широко используются для освещения объектов железной дороги.

bl-g.ru
04.09.2017

