



УДК 62-932.4

**^{1,3}В. В. Двирный, ¹С. Г. Кукушкин,
²В. В. Голованова, ^{1,3}Г. В. Двирный,
³М. А. Пискулина, ^{1,3}К. О. Плотников**

¹АО «Информационные спутниковые системы» им. акад. М. Ф. Решетнёва,
г. Железногорск, Красноярский край, Россия

²ФГУП КБ «Арсенал» им. М. В. Фрунзе, г. Санкт-Петербург, Россия

³Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

ВОЗМОЖНОСТИ ИННОВАЦИЙ В СИСТЕМАХ ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ИХ АГРЕГАТАХ

Рассматривается актуальность решения задачи инноваций на примере совершенствования систем терморегулирования (СТР) космических аппаратов (КА) и их агрегатов в современных условиях наукоёмких производств и производств оборонно-промышленного комплекса (ОПК).

Ключевые слова: КА, система терморегулирования, СТР, жидкостный контур.

**^{1,3}V. V. Dvirny, ¹S. G. Kukushkin, ²V. V. Golovanova,
^{1,3}G. V. Dvirny, ³M. A. Piskulina, ^{1,3}K. O. Plotnikov**

¹JCS «Academician M. F. Reshetnev» Information Satellite Systems»,
Zheleznogorsk, Russia

²The Arsenal Design Bureau named after M. V. Frunze, Saint-Petersburg, Russia

³Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

INNOVATIONS IN SPACECRAFT THERMAL CONTROL SYSTEMS AND THEIR HARDWARE

This paper covers the relevance of innovations implementation as exemplified by enhancement of spacecraft thermal control systems and hardware in science-based enterprise and defence industry complex.

Key words: spacecraft, thermal control system, industrial production, military-industrial complex, fluid loop.

Повышение производительности в промышленности является сложной и многогранной проблемой, которую необходимо решать совместными усилиями государства, предприятий и рабочих. Это относится в том числе и к космической отрасли. Перспективные средства телекоммуникаций в настоящее время в нашей стране развиты так, что, за исключением производства космических аппаратов, мы отстаём на 5–10 лет от ведущих стран мира.

Наибольшее отставание (более 10 лет) сложилось в области информационных технологий и автоматизированного управления.

В настоящее время к России применены экономические санкции, что, тем не менее, оказывает стимулирование развития собственной промышленности на базе инноваций и импортозамещения. Если в США и странах Европы автоматизированные производственные линии уже полностью отлажены, то в нашей стране только сейчас сложились условия для создания собственных современных производств, позволяющих обе-

спечить инновационный прорыв. Хорошим примером может служить мировой лидер в производстве спутников связи, навигации и геодезии (около 8 % всех спутников на орбитах) – АО «Информационные спутниковые системы» им. акад. М. Ф. Решетнёва».

Главным требованием при создании КА, в том числе их СТР [3], обеспечивающих комфортные рабочие температуры всех элементов КА в условиях эксплуатации на околоземных орбитах, является создание конкурентоспособного по научно-техническим и экономическим показателям продукта, для чего необходимо обеспечить приемлемое соотношение показателей цена/качество.

С точки зрения СТР это условие выполняется, если степень совершенства СТР $S_{СТР}$ ($S_{СТР}$ – это отношение теплоотводящей способности – холодопроизводительности СТР (Q_1) в условиях орбитального функционирования к её массе ($M_{СТР}$)) равна более 30 Вт/кг при одновременном выполнении требуемых условий по ресурсу (15 лет), надёжности (вероятности безотказной работы) не менее 0,999. В настоящее время при создании конкурентоспособных спутников среднего класса, например КА «AMOS-5» [4], «TELKOM-3» [5] (с мощностью 6,6 кВт), вышеуказанное требование было выполнено: $S_{СТР} = 30\text{--}37$ Вт/кг.

Дальнейшее развитие КА в части СТР характеризуется неуклонным ростом требуемой холодопроизводительности и требованием создания СТР со степенью совершенства $S_{СТР} = 45$ Вт/кг, что реализовано, например, для вновь создаваемых КА серии типа «Экспресс-АМ5» с мощностью 14,5 кВт.

Указанные конкурентоспособные КА, представляющие из себя короб из сотовых панелей, разработаны с применением комбинированных СТР, включающих подсистемы тепловых труб (более 100 штук), встроенных в трёхслойные сотовые приборные панели, дублированный жидкостный контур (с циркулирующим в нём однофазным жидким теплоносителем на основе изооктана), встроенный в сотовые панели, где нет тепловых труб, и прикреплённый к поверхностям внутренних обшивок сотовых панелей с встроенными тепловыми трубами.

Основные технические и экономические преимущества разработанных СТР:

1. Для КА с мощностью более 4 кВт обеспечивают более меньшие габариты спутников и, следовательно, более низкие массы

их по сравнению с СТР с одними тепловыми трубами. Для КА с мощностью менее 3–4 кВт предпочтительно применение СТР с одними тепловыми трубами, например КА «Луч-5А» [6].

2. Вышеуказанные СТР позволяют обеспечить оптимальные рабочие температуры элементов КА при его эксплуатации с минимально возможными колебаниями их в пределах до ± 5 °С, что повышает надёжность и срок службы элементов КА в целом.
3. Обеспечивается относительная простота и технологии изготовления, а также удобство и мобильность компоновки спутников с различной мощностью и различной конфигурацией.

С учётом предыдущего этапа развития КА и их СТР можно предположить, что в ближайшей перспективе до 25–35 лет большинство СТР вновь разрабатываемых КА будут созданы на основе вышеуказанных типов СТР (КА «TELKOM-3», «Луч-5А»).

В то же время следует отметить, что в случае разработки в перспективе КА с мощностью более 20–30 кВт необходимо применять более эффективные (но более сложные в технологии изготовления) СТР с циркулирующим двухфазным теплоносителем – аммиаком (в зоне подвода тепла от приборов происходит кипение (парообразование) теплоносителя и съём избыточного тепла, а в излучательных радиаторах – конденсация теплоносителя (превращение пара теплоносителя в жидкую фазу) и отдача избыточного тепла радиатору и излучение с него в космическое пространство).

В зависимости от эксплуатационных условий, температурных и конструктивных требований выбирают рабочее тело, тип нагнетателя, способ отвода тепла, системы охлаждения аппаратуры, устанавливают режим и параметры холодильника излучателя. Таким образом, параметры нагнетателя определяются совокупностью всех конструктивных и энергетических характеристик объекта.

Для замкнутой теплоэнергетической автономной системы за основной параметр часто принимают уровень температуры теплоносителя при заданных тепловых нагрузках. Величина внутреннего теплового потока оценивается по затратам мощности в узлах аппарата и зависит от программы работы оборудования, энергоустановок и системы

управления объектом. Наибольшее количество тепла выделяется радиоэлектронной аппаратурой, элементами энергетических и двигательных установок. При этом уровень температуры в системе тепловода изменяется от 20 °С (в системах с особо точными приборами) до 800 °С (в системах энергетических установок) и оказывает решающее влияние на выбор нагнетателя и тип теплоносителя [7].

В космической технике широко применяются системы с отводом тепла при помощи жидкого теплоносителя. Тепло с приборов снимается потоком газа, создаваемым вентилятором, через теплообменник, представляющий собой набор трубок, по которому движется подаваемый насосом теплоноситель. Газ, обдувая трубки, передаёт своё тепло теплоносителю, направляя его далее по гидромагистрالي на радиационную поверхность, которая располагается на какой-либо части КА, изолированной от корпуса гермоотсека.

Проходя по системе трубок по радиационной поверхности, теплоноситель отдаёт своё тепло, которое излучается в космосе. Если в результате охлаждения температура в гермоотсеке становится низкой, специальный датчик подаёт сигнал перепускному клапану и теплоноситель движется в обход теплообменника.

Таким образом, для решения актуальных задач систем терморегулирования необходимо совершенствовать и развивать компьютерные технологии и автоматизированное управление, а также стимулировать развитие собственной промышленности.

Библиографические ссылки

1. Российский военно-промышленный комплекс. Дайджест материалов (5–9 декабря). № 47 (85). Информационное агентство ТС ВПК, 2011.
2. Кандыбко Н. В. Система размещения государственного оборонного заказа: современное состояние и перспективы развития. М. : ВУ, 2011.
3. Чеботарёв В. Е., Косенко В. Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения : учеб. пособие / Сиб. гос. аэрокосм. ун-т. Красноярск, 2011. 488 с., [24] с. ил.
4. Классификация конструкций АМОС-5 / И. Чайкина, М. Кармакова, Е. Шугурова [и др.] // Сибирский спутник. 2010. № 19 (213). С. 3.
5. Поставка полезной нагрузки КА TELKOM-3 / И. Чайкина, М. Кармакова, Ю. Щербакова [и др.] // Сибирский спутник. 2011. № 3 (244). С. 1.
6. «Экспресс-АМ» нового поколения / И. Чайкина, М. Кармакова, Е. Шугурова [и др.] // Сибирский спутник. 2010. № 21 (215). С. 3.
7. Двирный В. В., Краев М. В. Малорасходные автономные нагнетатели. Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, 1985. 152 с.

*Статья поступила в редакцию
13.02.2015 г.*