

УДК 21474

Разработка высокоресурсного электронасосного агрегата для насосного регулятора модуля МКС

***Белоусова О.Н., студент**
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы автоматического управления»*

*Научный руководитель: Жарков М.Н.,
заместитель руководителя НТЦ ОАО РСК «Энергия» им. С.П. Королёва,
Россия, 141070, г. Королёв, ул. Ленина, 4а
rkt@bmstu.ru*

Одной из важнейших задач космонавтики является задача обеспечения условий жизнедеятельности экипажа космического аппарата в длительном космическом полёте. В систему жизнеобеспечения входит система обеспечения теплового режима, подсистемой которой является система терморегулирования. Одним из важнейших элементов системы терморегулирования является насосный регулятор, содержащий электронасосный агрегат.

Основной задачей системы обеспечения тепловых режимов является поддержание комфортных условий окружающей среды. Комфортные условия для длительных полетов определяются следующими численными значениями:

- температура 20 ± 3 °С;
- относительная влажность 40... 60 %;
- скорость циркуляции воздуха 0,2... 0,4 м/с;
- давление 101,3 кПа.

Обеспечить постоянство температуры сложно, а в продолжительном полете и нецелесообразно, так как длительное пребывание человека в стабильных условиях снижает адаптационные возможности организма. Поэтому обеспечиваемый современными системами терморегулирования температурный диапазон является более предпочтительным.

За обеспечение температурных режимов космического аппарата отвечает система терморегулирования.

Впервые системы терморегулирования были разработаны в ракетно-космической корпорации «Энергия» в конце 50-х годов для поддержания заданных температурных режимов отдельных приборов первых космических аппаратов – спутников связи «Молния». С появлением долговременных обитаемых космических аппаратов функции систем терморегулирования расширились и усложнились.

Основными задачами системы терморегулирования является выведение из космического аппарата в наружный космос тепла, выделяемого космонавтами и аппаратурой при ее работе, и поддержание заданных температур атмосферы в обитаемых отсеках.

Общую задачу системы терморегулирования можно условно разбить на внутреннюю и внешнюю. Внутренняя задача – это организация отвода тепла и регулирование температур атмосферы отсеков путем конвективного теплообмена с рабочим телом – теплоносителем системы терморегулирования. Внешняя задача – обеспечение передачи этого тепла путем излучения в наружное пространство в условиях космического полета.

Тепло из обитаемых отсеков выводится циркулирующим теплоносителем системы терморегулирования и подается на специальный радиатор-излучатель, расположенный снаружи герметичных отсеков. Температура радиатора может колебаться в зависимости от внутреннего и внешнего потока тепла и может принимать довольно низкие значения при попадании его в солнечную тень от космического аппарата или при полете космического аппарата в тени Земли. Поэтому схема системы терморегулирования обычно строится двухконтурной – в наружном контуре радиатора циркулирует низкотемпературный теплоноситель, во внутреннем контуре отсека циркулирует теплоноситель на основе водно-глицериновой смеси, главные требования к которому – нетоксичность, безопасность, негорючесть. Передача тепла от внутреннего контура к наружному осуществляется через специальный жидкостно-жидкостный теплообменник.

Спроектирован высокоресурсный центробежный электронасосный агрегат для наружного контура системы обеспечения теплового режима космического аппарата. Электронасосный агрегат показан на рисунке 1. Ресурс электронасосного агрегата составляет 25000 часов.

Рабочая жидкость системы терморегулирования – полиметилсилоксан (температура замерзания - минус 110°C).

Масса электронасосного агрегата составляет 10 кг.

Подача насоса (расход теплоносителя):	$Q = 11,4 \text{ л/мин} = 0,19 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с},$
Перепад давления:	$\Delta P = 1,0 \text{ кгс/см}^2 ,$
Давление в системе:	$p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па},$
Напор, создаваемый насосом:	$H = 12 \text{ м},$
Плотность рабочей жидкости:	$\rho = 855 \text{ кг/ м}^3,$
Частота вращения ротора насоса:	$n = 5900 \text{ об/мин},$
Угловая скорость:	$\omega = 618 \text{ 1/с}.$

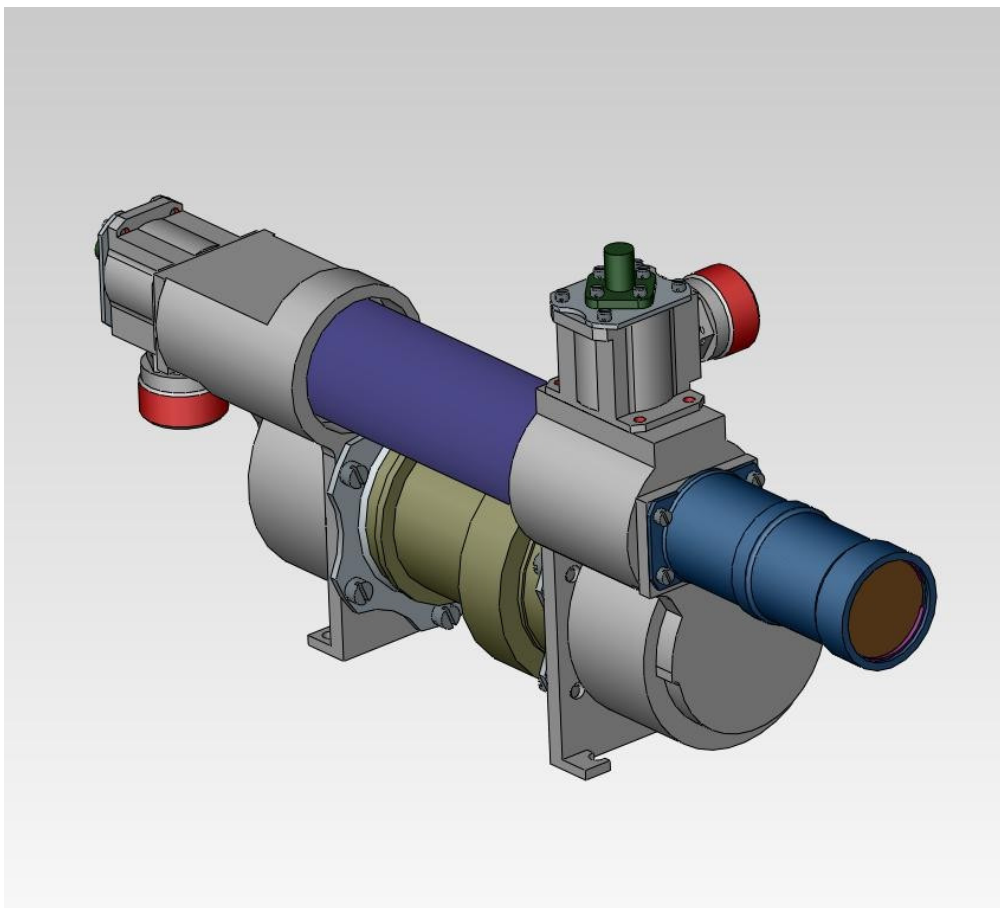


Рис. 1. Спроектированный высокоресурсный электронасосный агрегат

Данный электронасосный агрегат обладает большей мощностью, чем его существующий аналог, представленный на рисунке 2, благодаря использованию электродвигателя большей мощности.

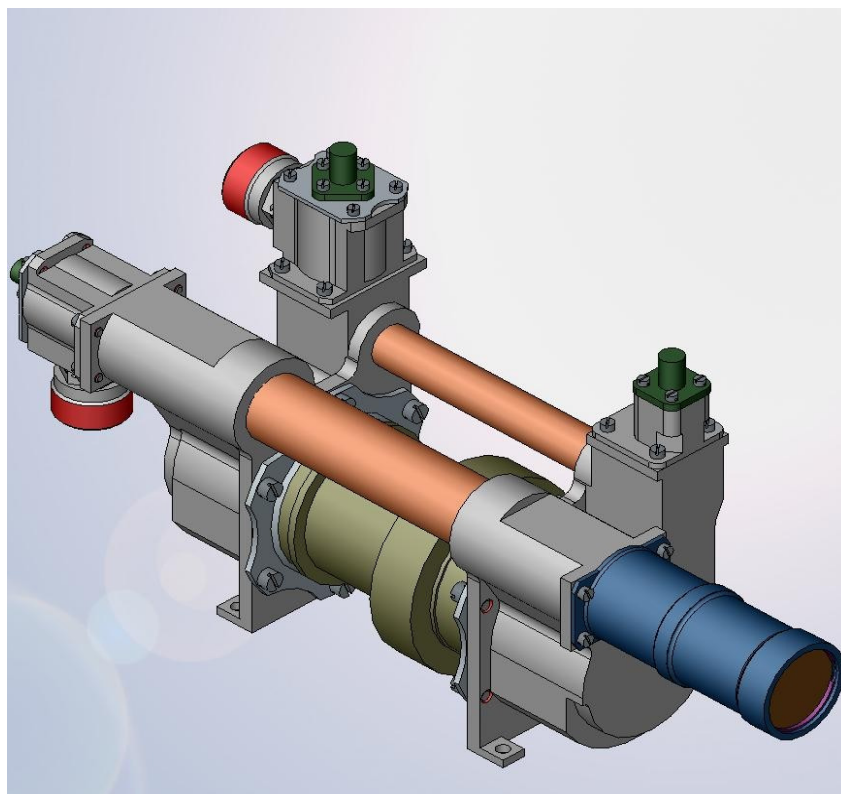


Рис. 2. Существующий аналог – электронасосный агрегат служебного модуля
Международной космической станции

Разработка конструкции электронасосного агрегата проведена на основе анализа основной и резервной системы терморегулирования служебного модуля Российского сегмента Международной космической станции.

Теплоносителю, циркулирующему по внутреннему контуру с помощью электронасосного агрегата, передается тепло из отсеков как при помощи вентиляторов, обеспечивающих циркуляцию воздуха через внутренние теплообменники (или теплообменники-осушители), так и с термоплат, на которых установлены приборы различного назначения. Затем через промежуточный жидкостно-жидкостный теплообменник тепло передается теплоносителю наружного контура, имеющему более низкую температуру. Нагретый теплоноситель после теплообменника подается отдельным электронасосным агрегатом на радиационный теплообменник, излучающий тепло в наружное пространство. Регулирование температуры теплоносителя на входе в теплообменник осуществляется по датчику температуры контура охлаждения, выдающему сигнал о фактическом значении температуры в систему управления системы обеспечения тепловых режимов. Фактическое значение температуры в системе

управления сравнивается с заданным значением, и вырабатывается сигнал рассогласования (ошибки). Если сигнал рассогласования превышает заданную точность поддержания температуры, то, в соответствии со знаком сигнала, электронный регулятор выдает командный сигнал на электромеханический регулятор расхода жидкости, который перераспределяет общее количество жидкости, прокачиваемой электронасосным агрегатом через жидкостный теплообменник, между гидролинией, идущей через радиационный теплообменник и перепускной (байпасной) гидролинией. Оба потока затем поступают в смеситель, из которого теплоноситель снова направляется в жидкостный теплообменник. Например, если фактическая температура меньше заданной, то регулятор расхода жидкости уменьшает количество холодной жидкости, идущей через радиационный теплообменник и, следовательно, уменьшает вынос тепла из внутреннего контура. Через заданное время происходит сравнение нового значения с заданным значением, и, при необходимости, вновь производится корректировка расхода теплоносителя через теплообменник. При этом сигнал на коррекцию противоположного направления регулятор выдает при попадании значения ошибки в узкую трубку точности $\pm 0,5$ °C.

При изменении уставки (заданного значения температуры) система аналогичным образом перенастраивается на поддержание нового значения температуры.

Анализ структуры системы терморегулирования показывает, что она содержит три типа электромеханических агрегатов: электронасосные агрегаты, регуляторы расхода жидкости и вентиляторы. От степени совершенства этих агрегатов в значительной мере зависят энергомассовые характеристики систем терморегулирования, показатели надежности систем терморегулирования и акустическая обстановка в отсеках, что также немаловажно при длительном космическом полете.

Агрегаты внутреннего контура доступны для обслуживания и замены в случае их отказа. Агрегаты наружного контура расположены за пределами герметичных отсеков, и любые манипуляции с ними требуют выхода в открытый космос – планирования и реализации внекорабельной деятельности.

В качестве приводного двигателя электронасосного агрегата применяют электродвигатели серии БК2 (мощность на валу до 40 Вт) и ДБ (мощность на валу до 90 Вт). Эти электродвигатели постоянного тока с электронной коммутацией обмоток возбуждения, имеющие повышенный ресурс работы, были специально разработаны для применения в насосах и вентиляторах систем терморегулирования. Конструктивной

особенностью электродвигателей БК2 и ДБ, используемых для электронасосных агрегатов, является наличие герметизирующей гильзы, которая выполняет функцию разделителя сред: гидравлической, в которой расположен ротор с рабочим колесом, и воздушной, в которой расположен статор с обмотками. Электронный коммутатор обмоток двигателя ДБ выполнен в виде отдельного блока.

Электронасосный агрегат двухпоточный, к электродвигателю с 2 сторон присоединены корпуса насосов, входные и выходные полости которых соединены между собой соединительными патрубками. По входному патрубку поступает рабочая жидкость системы, а из выходного патрубка жидкость перекачивается из электронасосного агрегата через выходной штуцер. В конструкциях электронасосных агрегатов, используемых в системах терморегулирования служебного модуля Международной космической станции, входной и выходной патрубки выполнены эксцентрично друг другу, а особенностью предлагаемой конструкции спроектированного электронасосного агрегата является то, что патрубки выполнены концентрично, одна внутри другой. Выходной патрубок является внешним, а входной – внутренним. Разрез по плоскости симметрии входного и выходного патрубков разработанного электронасосного агрегата показан на рисунке 3.

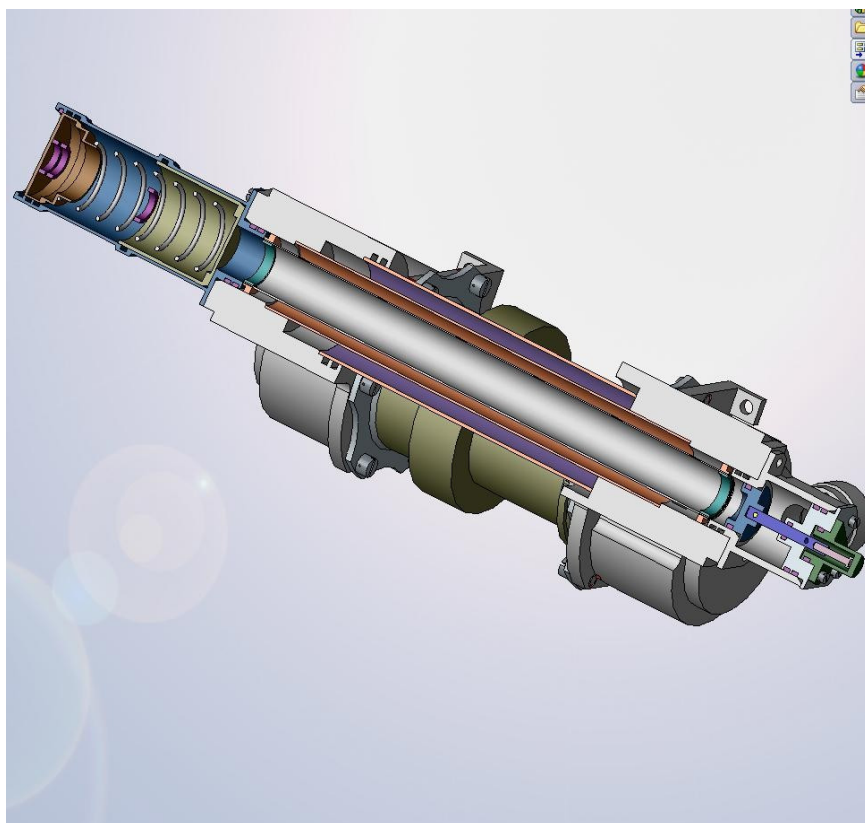


Рис. 3. Разрез электронасосного агрегата по входному и выходному патрубку

Разработана принципиально новая конструкция, благодаря которой были снижены массогабаритные характеристики. В отличие от существующего варианта электронасосного агрегата, в новом варианте конструкции уменьшены размеры корпусных деталей, а также изменена конструкция и местоположение выходного патрубка. К преимуществам работы электронасосного агрегата для насосного регулятора следует отнести высокий ресурс работы вследствие бесконтактного вращения ротора электродвигателя с крыльчатками, возможность глубокого регулирования частоты вращения, а, следовательно, и производительности насоса.

Список литературы

1. Ломакин А.А. Центробежные и осевые насосы. 2-е издание. М.:Машиностроение, 1966. 358 с.
2. Малоземов В.В. Тепловой режим космических аппаратов. М.:Машиностроение, 1980. 228 с.
3. Гряню Л.П., Папир А.Н. Лопастные насосы. М: Машиностроение, 1975. 432 с.