УДК 539.3

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ТЕПЛОВЫХ МАКЕТОВ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИХ МОДУЛЕЙ АКТИВНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛОСКИХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ

П. О. ПОЛЯКОВ
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Р. В. ГОРЮНОВ
ПАО «Радиофизика», г. Москва, Российская Федерация

Ю. О. СОЛЯЕВ
Институт прикладной механики РАН, г. Москва, Российская Федерация

Изготовлены варианты конструкции макетов приемо-передающих модулей активной фазированной антенной решетки, выполненных с применением плоских тепловые труб, и проведены тепловые испытания для организации эффективного локального охлаждения и перераспределения тепла в приемо-передающем модуле (ППМ) активной фазированной антенной решетки (АФАР) с применением плоских тепловых труб (ТТ). Испытания проводились для аналогичных типовому модулю мощностей тепловыделения тепловых эквивалентов для двух вариантов расположения теплообменника: в зонах конденсации и испарения. Для определения эффективности работы ТТ проведено сравнение, в котором вместо ТТ установлены аналогичные по габаритам медные пластины. Использован корпус теплового макета с внешним расположением ТТ. Плоские тепловые трубы обеспечивают более эффективный отвод тепла, по сравнению с медными пластинами, во всех вариантах пространственного расположения теплового макета, включая вертикальное расположение и работу против сил гравитации. В рассматриваемых конструкциях применение ТТ является одним из наиболее предпочтительных вариантов реализации системы охлаждения, так как расстояние между приёмо-передающими модулями в системах высокочастотного диапазона оказывается чрезвычайно малым, и реализация, например воздушного охлаждения, может быть затруднительна. Применение встроенных тонких каналов жидкостного охлаждения в корпусах ППМ, потенциально, может быть альтернативой к предлагаемому решению, однако требует применения сложных технологических способов изготовления, например, методами 3D-печати. Сопоставление эффективности таких альтернативных методов реализации систем охлаждения ППМ является задачей для дальнейшей работы авторов в области исследований и разработок теплоотводящих конструкций летательных аппаратов.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного проекта Министерства образования и науки РФ код проекта «Современные технологии экспериментального и цифрового моделирования и оптимизации параметров систем космических аппаратов», код проекта FSFF-2020-0017.

УДК 539.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ЭКРАННО-ВАКУУМНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

П. Ф. ПРОНИНА, О. В. ТУШАВИНА
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Исследование планет с использованием имитаторов солнечного излучения в ряде случаев является трудноразрешимой задачей. Сложности обусловлены прежде всего тем, что часто возникает необходимость воссоздания в экспериментальной установке нестационарных во времени и в пространстве лучистых полей, формируемых одновременно и Солнцем, и планетой, например Землей. По ряду причин технического характера имитатор солнечного излучения является неподвижным. Следовательно, для воспроизведения возможного изменения ориентации испытуемого объекта относительно потока солнечного излучения необходимо оснащение тепловакуумной установки устройствами, позволяющими поворачивать испытуемый объект по крайней мере относительно двух осей.

Экспериментальное исследование теплового состояния космических аппаратов в условиях, максимально приближенным к натурным, сопряжено с большими трудностями, несмотря на то, что имитационная техника позволяет воспроизводить в экспериментальной установке и поле излучения Солнца, и поле излучения планет (в соответствии с принятыми радиационными моделями) в отдельности. Поэтому важное значение приобретают приближенные методы и средства математического моделирования внешних тепловых нагрузок (в том числе и тепловое воздействие планет). Предлагается математическая модель и метод решения задачи теплопереноса в многослойной конструкции экранно-вакуумной теплоизоляции под действием солнечной радиации. Здесь ставится задача о нестационарном распределении температур по толщине и внутренней теплоизоляции, которая сводится к решению нормальной системы нелинейных дифференциальных уравнений с уравнением теплопроводности в теплоизоляции с ограничением, накладываемым на температуру внутренней поверхности экранно-вакуумной теплоизоляции. Приводятся результаты расчетов.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного проекта Министерства образования и науки РФ код проекта FSFF-2020-0016.

УДК 539.3

НЕСТАЦИОНАРНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ЛИНЕЙНО-ВЯЗКОУПРУГОГО КУСОЧНО-ОДНОРОДНОГО СЛОЯ

С. Г. ПШЕНИЧНОВ
НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

При изучении нестационарной динамики кусочно-однородных вязкоупругих тел одним из важных направлений является проведение исследований с использованием аналитических и численно-аналитических методов. Несмотря на то, что этой темой начали заниматься еще в прошлом веке [1–6] и продолжают заниматься в последнее десятилетие [7–11], исследования не являются завершенными. Это относится, в первую очередь, к случаю произвольного количества границ раздела однородных вязкоупругих составляющих тела. В данной работе рассмотрена задача о распространении нестационарных продольных волн в кусочно-однородном слое с плоскопараллельными границами раздела однородных линейно-вязкоупругих составляющих.

Рассмотрим плоский бесконечный слой толщины L, ограниченный плоскостями $x=0$ и $x=L$ (x – декартова координата), который изначально находится в недеформированном состоянии и покоится. Граница $x=0$ жестко заделана, а на границу $x=L$ в момент $t=0$ действует равномерно распределенная нормальная нагрузка $P(t)$. Слой состоит из N однородных изотропных линейно-вязкоупругих составляющих (слоев) с плоскопараллельными границами контакта $x=x_m$, $m=1,2,...,N-1$, причем $0<x_1<x_2<...<x_{N-1}<L$. Введем безразмерные величины ($n=1,2,...,N$):

$$\tilde{x}=\frac{x}{L},\quad \tilde{t}=\frac{t}{t_0},\quad \tilde{x}_m=\frac{x_m}{L},\quad \tilde{u}^{(n)}(\tilde{x},\tilde{t})=\frac{u^{(n)}(x,t)}{L},\quad \tilde{\sigma}_x^{(n)}(\tilde{x},\tilde{t})=\frac{\sigma_x^{(n)}(x,t)}{2G_0^{(n)}},$$

$$\tilde{T}_s^{(n)}(\tilde{t})=t_0T_s^{(n)}(t),\quad \tilde{T}_\upsilon^{(n)}(\tilde{t})=t_0T_\upsilon^{(n)}(t),\quad a_n(\tilde{t})=\frac{1}{3(1-\nu_0^{(n)})}[(1+\nu_0^{(n)})\tilde{T}_\upsilon^{(n)}(\tilde{t})+2(1-2\nu_0^{(n)})\tilde{T}_s^{(n)}(\tilde{t})],$$

$$P_0f(\tilde{t})=\frac{P(t)}{2G_0^{(N)}},\quad \kappa_n=\frac{c_N}{c_n},\quad w_n=\frac{1-\nu_0^{(n)}}{1-2\nu_0^{(n)}},$$

где $t_0=L/c_N$; при этом $u^{(n)}(x,t)$, $\sigma_x^{(n)}(x,t)$ – перемещение вдоль оси x и соответствующее нормальное напряжение в n-й однородной составляющей; $G_0^{(n)},\nu_0^{(n)}$ – мгновенные значения модуля сдвига и коэффициента Пуассона, c_n – скорость продольных упругих волн, $T_s^{(n)}$, $T_\upsilon^{(n)}$ – ядра сдвиговой и объемной релаксации, относящиеся к n-й однородной составляющей; P_0 – безразмерная константа. Далее знак тильды над безразмерными величинами опустим.