

УДК 69

DOI 10.21661/r-117842

*A.B. Веселова, A.B. Веселов*

## РАЗРАБОТКА ВЫСОКОТОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Аннотация:* авторами данной статьи отмечено, что при конструировании космических аппаратов основным направлением в создании высокоэффективных конструкций является оптимизация распределения удельной прочности, жесткости материала по объему детали или конструкции в соответствии с полем действующих нагрузок. Эта задача решается либо рациональным распределением изотропного материала, либо регулированием жесткости, прочности и деформативности материала по объему изделия. Именно такими материалами, упруго-механические характеристики которых можно регулировать в широких пределах, в том числе и по телу конструкции, являются полимерные композиционные материалы (ПКМ).

*Ключевые слова:* космический аппарат, полимерные композиционные материалы, разработка конструкций из ПКМ.

*A.V. Veselova, A.V. Veselov*

## THE DEVELOPMENT OF HIGH-PRECISION DESIGNS FROM POLYMERIC MATERIALS

*Abstract:* according to the authors, when designing a spacecraft, the main direction in the development of highly efficient designs is to optimize the distribution of specific density, the stiffness of the material according to the size of a component or construction in accordance with the field of existing loadings. This problem can be solved either by rational distribution of isotropic material, or by regulation of stiffness, strength and deformability of the material by the volume of the product. Such materials

*are polymeric composite materials (PCM) and their elastic-mechanical characteristics can be adjusted within a wide range, including body structure.*

**Keywords:** *spacecraft, polymer composite materials, developments of PCM constructions.*

Спецификой создания конструкции из ПКМ следует назвать одновременное проектирование конструкций из ПКМ и материала для нее, т. е. определение геометрии элементов, структуры материала и способов изготовления конструкции. Основная особенность ПКМ – это возможность создания из них материалов и элементов конструкций с заданными свойствами, наиболее полно удовлетворяющими характеру и условиям работы изделий.

В настоящее время в ракетно-космической технике существует три основных конструктивно-технологических концепции производства из ПКМ – подкрепленная, трехслойная и сетчатая конструкции.

Принципиальное отличие первых двух концепций заключается в том, что нагрузка в основном воспринимается обшивкой, а ребра или наполнитель обеспечивают изгибную жесткость и сопротивляемость потере устойчивости. К таким конструкциям относятся сотовые панели, обечайки, фюзеляжи, гофрированные оболочки и др. Конструкции получаются путем скрепления между собой относительно простых в изготовлении деталей.

К третьей концепции относятся получившие широкое применение сетчатые (изогридные, анизогридные) конструкции, имеющие форму цилиндрической или конической оболочек, пологих оболочек двойной кривизны или плоских элементов, состоящих из системы однонаправленных ребер. К таким конструкциям относятся габаритные силовые конструкции корпусов ракет, корпусов КА, отдельные элементы ферменных конструкций спиц, штанг и др. Конструкции изготавливаются методом непрерывной намотки из однонаправленного углепластика.

Для получения мотаных деталей габаритных размеров, необходимо иметь специальные большие площади, станки, намоточные машины и др. технологическое оборудование.

Одним из наиболее важных моментов при создании космических конструкций является оценка их эффективности не только по критерию снижения массы, но и по, все чаще используемому, критерию снижения себестоимости. Серьезной проблемой является разработка технологических процессов и технологической оснастки, позволяющих изготавливать и собирать наиболее эффективные по массе, высокоточные и стабильные по геометрии несущие композитные конструкции, предназначенные для размещения на них различной целевой аппаратуры и приборных блоков. Также существенное значение при создании конструкций из композиционного материала имеет технологический фактор. Различные технологические возможности, а также методы решения технологических задач переработки композиционных материалов требуют принятия решений, отвечающих требованиям технологии их формирования известными методами при наименьших затратах труда, средств и времени.

Для реализации проекта по созданию легкой, жесткой, крупногабаритной опорной конструкции, служащей для крепления исполнительных механизмов управления формой рабочей поверхности зеркал оптических систем, авторами была предложена конструкция силового крупногабаритного шпангоута выполненного из отдельных сегментов. Сегменты шпангоута соединяются между собой клеомеханическим способом. Для увеличения прочности и жесткости конструкции сегменты дополнительно замыкаются оболочками, основаниями и лентами.

Конструкция сегментов представляет собой кессон по форме напоминающий многогранную усеченную пирамиду. Сегменты изготавливаются из углеволокна путем намотки или путем выкладки из препрега. Варьируя формой и размерами сегментов, этажностью их расположения, можно получать габаритные конструкции цилиндрической или конической формы.

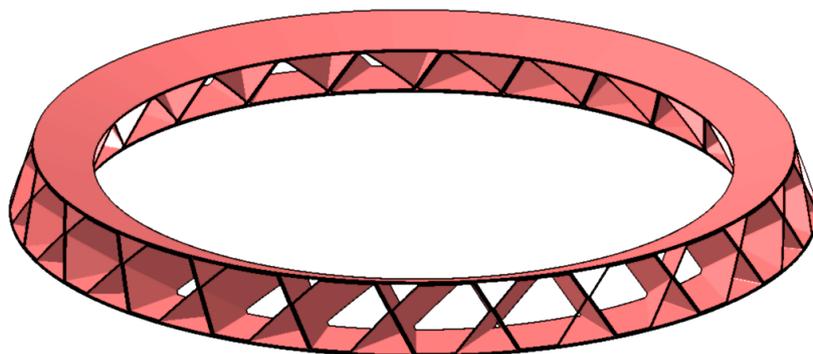


Рис. 1. Силовая конструкция крупногабаритного шпангоута

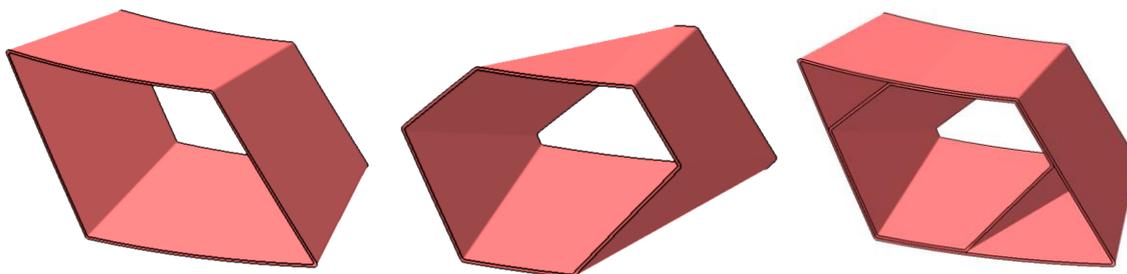


Рис. 2. Конструкция составных сегментов шпангоута

Представленная конструкция сочетает в себе концепцию подкрепленных и сетчатых конструкций. Помимо технологических преимуществ и себестоимости изготовления, преимуществами таких конструкций является большая радиальная жесткость за счет возможности формоизменения сегментов и ориентации укладки композиционного материала.

### ***Список литературы***

1. Васильев В.В. Анизогридные композитные сетчатые конструкции – разработка и приложение в космической технике / В.В. Васильев, В.А. Барынин, А.Ф. Разин, С.А. Петроковский, В.И. Халиманович // Композиты и наноструктуры. – 2009. – №3. – С. 38–50.

2. Парафесь С.Г. Конструкция космических летательных аппаратов: Учебно-методический комплекс. – Калуга – М.: Эйдос, 2011. – 247 с.

**Веселова Алёна Вячеславовна** – инженер-конструктор 3 категории АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнёва», Россия, Железногорск.

**Veselova Alena Vyacheslavovna** – engineer-constructor of the third category, JSC «Information satellite systems» named after academician M.F. Reshetnev, Russia Zheleznogorsk.

**Веселов Андрей Викторович** – мастер-испытатель на огневых стендах АО «Красмаш», Россия, Красноярск.

**Veselov Andrey Viktorovich** – master-test operator on test-firing stands of JSC «Kras mash», Russia, Krasnoyarsk.

---